

Akustischer Einfluß lösemittelarmer, wachshaltiger oder öliger Beschichtungssysteme auf Resonanzholz

DIETMAR KLUCK

Institut für Musikinstrumentenbau Zwota

1. Aufgabenstellung

Die Untersuchungen zur Oberflächenbeschichtung von Resonanzholz für den Musikinstrumentenbau mit Hilfe alternativer Materialien sind u.a. unter der zunehmenden Forderung des Einsatzes lösemittelarmer Beschichtungsprodukte erwachsen. Die in der EG-Richtlinie vom 11.03.1999 des Rates der Europäischen Union über „Die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen“ festgelegten Reduzierungen bzw. Begrenzungen des Ausstoßes an Lösemitteln dienen dazu, geeignete Vorschriften anzuwenden, um ein hohes Schutzniveau für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sicherzustellen.

Lösemittelverordnungen verschiedener Länder schränken u.a. den Gebrauch von Nitrocellulose-Lacken drastisch ein, so daß es erforderlich wurde, nach Alternativen zur Oberflächenbeschichtung zu suchen.

Die auf dem Markt seit einigen Jahren anzutreffenden wasser verdünnbaren Lacke, auf Basis von Acrylat- und/ oder Polyurethanverbindungen werden in der metallverarbeitenden Industrie erfolgreich angewendet. Holz als hygroskopischer Werkstoff reagiert aufgrund seiner Sorptionseigenschaften durch Dimensionsänderung (Quellung) auf den Auftrag wasser verdünnbaren Lackes auf seine Oberfläche. Es wird gezeigt, welche akustischen und mechanischen Veränderungen der Auftrag von wasser verdünnbarem Lack auf Resonanzholz bewirkt. Vergleichsweise hierzu wurden derzeit angebotene spiritus-, wachs- oder ölhaltige Produkte ebenfalls auf ihre akustischen Einflüsse untersucht.

2. Untersuchungen

Für Resonanzplatten besaiteter Musikinstrumente wird vorrangig das Holz der Gemeinen Fichte (*Pinus abies carst.*) verwendet. Für die Beurteilung des Einflusses einer Oberflächenbeschichtung auf die Akustik (E-Modul, Dämpfung, Rohdichte, Schallgeschwindigkeit) wurde visuell ausgesuchtes Resonanzholz eines Stammes verwendet. Hierdurch können Parameterschwankungen, die im Holz immer enthalten sind, minimiert werden.

Die Auswahl geeigneter Oberflächenbeschichtungsmaterialien für den Korpus von Zupf- und Streichinstrumenten ist von einer Reihe von Faktoren abhängig: Alterung/Härtung des Lackes, Trocknung, Oberflächenhärte, Glanzgrad, Farbe/Tönung, Geruch und Verarbeitbarkeit (Applikationsverfahren).

Um den Einfluß der Oberflächenbeschichtung im Langzeitverhalten beurteilen zu können, wurden Fichtenprobestäbe mit den Abmessungen 450 x 20 x 3 mm³ untersucht. Ermittelt wurden folgende Eigenschaften: Rohdichte, dynamischer Elastizitätsmodul, Dämpfung im hörbaren Frequenzbereich von 50 ... 6000 Hz, Schichtdicke. Die Messungen erfolgten am unbehandelten Holz und in den Zeitabständen nach der Beschichtung:

1 Tag, 14 Tage, 60 Tage, 150 Tage. Vor und zwischen den Messungen lagerten die Probestücke im Klimaschrank bei

$t = 25^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$, $\varphi = 35 \% \pm 3 \%$.

Untersucht wurden 10 wasser verdünnbare Lacke und 11 Oberflächenbeschichtungsmaterialien auf spiritus-, wachs- oder ölhaltiger Basis. Die Probestücke wurden allseitig dreifach beschichtet und auf dem im IfM entwickelten Dämpfungsmeßplatz als einseitig eingespannte Probekörper, zu Biegewellen in Faserlängsrichtung angeregt, untersucht.

Die Messungen an Probekörpern stellen zur Beschreibung von diskreten Materialkennwerten eine geeignete Methode dar. Oftmals wirken sich die geometrischen oder Oberflächenveränderungen am Fertigprodukt anders als am Probekörper aus. Meist sind die Randbedingungen der Prüfkörpermessungen und die der Messungen am Fertigprodukt nicht vergleichbar, so daß es von Vorteil ist, objektive und/oder bei Bedarf subjektive Tests durchzuführen. Im vorliegenden Fall wurden aufgrund der akustischen Langzeittests am Probekörper 7 Beschichtungsmaterialien zur Lackierung von Gitarren ausgewählt. Die Messungen an den unbehandelten sowie behandelten Gitarren erfolgten im reflexionsarmen Raum des IfM. Ermittelt wurde die Übertragungskurve mit der Impuls-Hammer-Meßmethode. Vor und zwischen den Messungen lagerten die Instrumente in einem klimatisierten Raum bei $t = 21^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ K}$, $\varphi = 50 \% \pm 2 \%$. Die Anzahl der Beschichtungen war unterschiedlich - in Abhängigkeit vom Beschichtungsprodukt.

3. Ergebnisse

a) Wasser verdünnbare Lacke

Eine Übersicht zur Veränderung der Dämpfung in zeitlicher Abhängigkeit ist für die erste Schwingungsordnung des Probekörpers in Bild 1 wiedergegeben. Erwartungsgemäß steigt nach dem Lackauftrag die Dämpfung um das 1,5 ... 2fache an. Akustisch ist das als schlecht zu betrachten. Eine bemerkenswerte Ausnahme wurde für die Produkte von Wittol ermittelt, deren Dämpfung nach der Lackierung bereits geringfügig sinkt. Das widerspricht jeder bisherigen Erfahrung bei der Lackierung von Holz. Das allein auf die relativ geringe Schichtdicke beider Produkte (nach 3 Beschichtungen nur ca. 50 µm) zurückzuführen, ist nicht ausreichend. Bekanntlich hat die Schichtdicke einer Lackierung einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Dämpfung des Materials. Hier müssen jedoch strukturelle Veränderungen im Holz eingetreten sein. Möglich ist auch, daß das Lösemittel Wasser, welches mit steigender Konzentration im Holz eine steigende Dämpfung bewirkt, schneller das Trägermaterial durch Diffusion verlassen kann und dadurch die Dämpfung im gesamten Meßzeitraum fast konstant, Tendenz geringfügig sinkend, geblieben ist.

Weiterhin zeigt sich, daß bereits nach einer Lackalterung von 150 Tagen das Niveau der Dämpfung des unbehandelten Holzes für alle übrigen wasser verdünnbaren Produkte wieder erreicht wurde. Der Einfluß des wasser verdünnbaren Lackes auf die Werkstoffparameter E-Modul und Rohdichte ist im akustischen Sinne eher als schlecht zu bewerten.

b) Spiritus-, wachs- oder ölhaltige Beschichtungsmaterialien

Das Verhalten der Dämpfung in zeitlicher Abhängigkeit enthält das Bild 2. Auffallend ist, daß die meisten Produkte sofort nach dem Auftrag eine Verringerung der Dämpfung bewirkten. Das Produkt Cere Nat EL (Wachs/Leinölemulsion, wasser verdünnbar) und Le Tonkinois (Leinöl/Chinaholzöl) verursachten einen starken Anstieg der Dämpfung nach dem 1. Tag des Beschichtungsmittelauftrages. Nach 150 Tagen der Beschichtung sank diese unter den Ausgangswert des unbehandelten Holzes wie bei fast allen Produkten ab. Die Dämpfung nahm um 10 ... 20 % ab. 2 Produkte bewirkten eine völlig entgegengesetzte Veränderung des Dämpfungswertes. Beides sind Produkte auf Öl-(Leinöl)-basis. 1 Tag nach der Beschichtung nahm der Dämpfungswert, wie bei fast allen anderen Produkten um rund 10 ... 20% ab. Die Dämpfung

stieg im weiteren Verlauf bei beiden Beschichtungsmitteln kontinuierlich an (Bild 2). Alle Produkte wurden gemäß der Herstellerangaben mit entsprechenden Zwischentrocknungszeiten aufgetragen. Der Anstieg der Dämpfung kann nur darauf zurückgeführt werden, daß untere Schichten nicht ausreichend getrocknet waren und die Deckschicht eine weitere Trocknung der inneren Schichten verzögert bzw. verhindert hat. Das Beschichtungsmaterial blieb somit im Meßzeitraum stark elastisch und wirkte als Dämmittel, was den Anstieg der Dämpfung bewirkt haben kann. Der E-Modul hat sich im Wesentlichen nicht verändert.

Gitarre 7 - Beschichtung mit Glasurit glänzend (Bild 3)

Eine geringfügige Veränderung nach der Lackierung wurde ermittelt. Sie liegt ebenso in der Nachweisgrenze, wie bei allen beurteilten Instrumenten. Die Frequenz der Hohlraumresonanz blieb unverändert. Der Übertragungspegel sank minimal. Die Eigenfrequenz der 1. Deckenresonanz stieg um 10 Hz - nach der 2. Messung. Das wird von Musikern als nicht vorteilhaft bewertet. Der Übertragungspegel sank geringfügig. Die 3. Deckenresonanz blieb weitestgehend unverändert. Insgesamt hat die Lackierung keine vorteilhaften Auswirkungen auf das Instrument gehabt.

Gitarre 4 - Beschichtung mit Cerol Hartwachs GE 140 (Bild 4)

Im Bild 4 ist zu ersehen, daß für die 3 betrachteten Eigenresonanzen die Frequenz nach der 2. Messung (≈ 12 Wochen nach der Lackierung) um 3 ... 10 Hz abgenommen hat. Der Aushärtungsvorgang dieser Wachse ist länger, so daß das Beschichtungsmaterial bzw. das Lösemittel tiefer in die Holzstruktur einwirkt und somit eine stärkere Beeinflussung von akustischen Parametern ausübt.

Der Übertragungspegel nahm bei den ersten beiden Eigenresonanzen (Hohlraum-, 1. Deckenresonanz) leicht ab und bei der 3. Deckenresonanz wurde eine minimale Zunahme ermittelt. Mit der Abnahme des Übertragungspegels sinkt konform (an der betrachteten Resonanzstelle) der Schalldruckpegel. Die Veränderungen des Übertragungspegels bewegen sich im Bereich von 1 ... 3 dB - d.h. an der Nachweisgrenze.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Einfluß der Lackierung auf die akustischen Veränderungen des Fertiginstrumentes meßtechnisch weitestgehend innerhalb der Nachweisgrenze liegt. Am deutlichsten trat eine meßbare Veränderung durch die Beschichtung mit Cerol Hartwachs auf, die aufgrund der Frequenzverschiebung nach unten und Meinung von Musikern eine positive Beeinflussung am Fertiginstrument hervorruft.

4. Schlußfolgerungen

Neuartige Oberflächenbeschichtungsmaterialien auf spiritus- oder ölhaltiger Basis stellen momentan die Alternative zu den herkömmlichen synthetischen Lösemittellacken dar. Die Beurteilung des akustischen Langzeitverhaltens wasserlackbeschichteter Probekörper belegt, daß klangliche Veränderungen bereits ca. 14 Tage nach der Beschichtung das Niveau des unbehandelten Holzes erreichen. Die Mehrzahl der geprüften Oberflächenbeschichtungsmaterialien auf Basis spiritus-, wachs- oder ölhaltiger Substanzen zeigten bereits 1 Tag nach dem Auftrag eine geringfügige Abnahme der Dämpfung, wodurch frühere Messungen mit Paraffinbehandlung bestätigt wurden. Wasserverdünnbare Lacke können aus akustischer Sicht für die Beschichtung von Resonanzplatten mit Stärken von > 8 mm (z.B. Klavierresonanzboden) eingesetzt werden. Am Korpus des Zupf/Streichinstrumentes treten Materialstärken des Holzes von 2 ... 5 mm auf, d.h. es kann zu starken Quellungsspannungen im Holz und evtl. bis zur Zerstörung des Instrumentes kommen, weshalb hier von einer Anwendung abgeraten wird.

Ein gefördertes Forschungsprojekt durch Mittel des Bundesministeriums für Wirtschaft

