

Schallmessung im Pulverschnee oder wie ersetze ich einen nicht vorhandenen reflexionsarmen Raum

Holger Schiema

IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der TU Dresden, 08267 Zwota, post@ifm-zwota.de
Seminar des FAMA in der DEGA 2011 ISBN 978-3-00-039795-0

Einleitung

Im Jahre 1951 wurde federführend vom Physiker und Handwerksmeister für Saiteninstrumentenbau H. Meinel die Forschungs- und Entwicklungsstelle des Deutschen Amtes für Material- und Warenprüfung der DDR in Markneukirchen zunächst in der eigenen Wohnung ins Leben gerufen. 1952 zog man dann in das jetzige Gebäude des IfM in Zwota. Schon in den 1930er Jahren konnte H. Meinel am Institut für Schwingungsforschung (ehemals Heinrich Hertz Institut) Messungen zu den Teiltönen und Resonanzkurven an Geigenkörpern mit dem Luftschallmessverfahren in einem für diese Zeit neuartigen reflexionsarmen Raum durchführen [1]. Herman Meinel war sich der Vorteile eines solchen Raumes bewusst und er plante für das neue Forschungsinstitut in Zwota von Anfang an einen reflexionsarmen Raum zu bauen. In Ermangelung geeigneter schallschluckender Materialien, bedingt durch die Nachkriegszeit musste er bis zur Fertigstellung des Raumes jedoch auf eine „improvisierte Messmethode“ zurückgreifen. Er kam auf die Idee, frisch gefallenen Pulverschnee als Schallabsorber zu benutzen.

Der Schallabsorptionsgrad von Schnee

Auf der Suche nach geeigneten schallschluckenden Materialien für die Auskleidung des reflexionsarmen Raumes des IfM wurden umfangreiche Messungen im Kundt'schen Rohr durchgeführt. Es war also kein Zufall, dass man damals von der schallschluckenden Wirkung von Pulverschnee wusste.

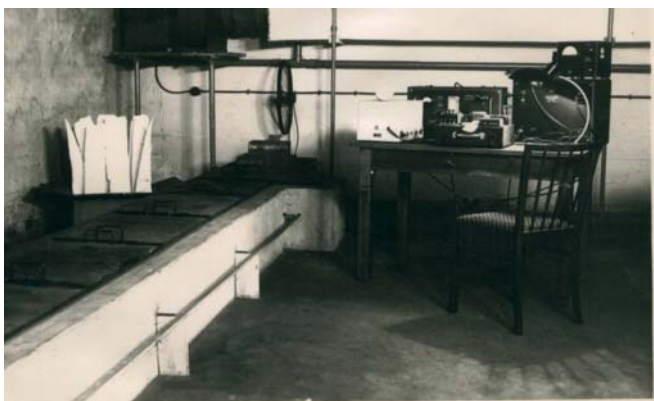


Abbildung 1: Kundt'sches Rohr im IfM (1954)

Neueste Messungen am Fraunhofer Institut für Bauphysik und dem WSL- Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF bestätigen das sehr gute Schallabsorptionsverhalten von porösem Pulverschnee. Der Schallabsorptionsgrad α kann in bestimmten Frequenzbereichen Werte nahe 1 annehmen, wobei der Wert 1 das Maximum an Schallabsorption darstellt. Das Absorptionsvermögen für senkrechten Schalleinfall wird im Allgemeinen im Kundt'schen Rohr ermittelt, indem man darin das so genannte Stehwellenverhältnis n

ausmisst und damit den Schallabsorptionsgrad α (0) ermittelt. [2]

$$\alpha(0) = 1 - \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad \text{und} \quad n = \frac{p_{\max}}{p_{\min}}$$

Formel 1 Ermittlung des Schallabsorptionsgrades im Kundt'schen Rohr

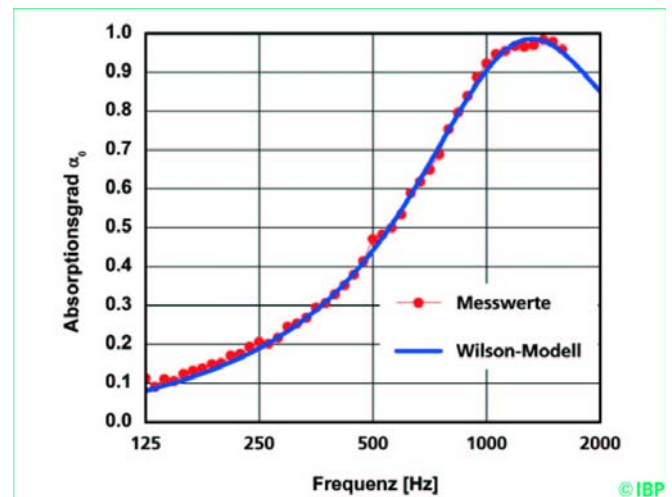


Abbildung 2: Schallabsorptionsgrad von Schnee mit 88% Porosität [3]

In Abbildung 2 wird ersichtlich, dass Schnee mit hoher Porosität im Bereich zwischen 500 und 2000 Hz, gute bis sehr gute schallschluckende Wirkung zeigt.

Geigenmessungen im IfM , Anfang der 1950er Jahre

Der Bau des reflexionsarmen Raumes im IfM begann schon Anfang der 1950er Jahre zunächst mit der baulichen Hülle des Raumes, jedoch mangelte es an geeignetem Material für die Schallauskleidung. Man behalf sich in den ersten Jahren des Institutes mit einer Vorrichtung, welche in ein offenes Fenster gestellt wurde vor dem sich in ca. 15 m Entfernung ein Baum befand. Das Messmikrofon wurde an einer zum Baum hin gespannten Seilbahn befestigt. Die Messungen erfolgten bei frisch gefallenem Schnee. Die Anordnung bildete in erster Näherung einen akustischen Halbraum. Man war sogar in der Lage den Messabstand zu variieren Abbildung 3. Der Zustand nur im Winter bei frisch gefallenem Schnee messen zu können, war jedoch nicht zufrieden stellend. Abgesehen davon sind Messungen von Musikinstrumenten nur unter normalen Raumklimabedingungen sinnvoll. Trotz der

Nachteile dieser Messmethodik wurden zahlreiche Untersuchungen an Streichinstrumenten gemacht.



Abbildung 3: Messanordnung Geige im geöffneten Fenster (Anfang der 1950er Jahre)

In den ersten Untersuchungen zur Geigenabstrahlung Anfang der 1950er Jahre zählen Messungen zum $1/r$ – Gesetz. In Abbildung 4 ist erkennbar, dass der Effektivwert des Schalldrucks bei zunehmender Entfernung mit $1/r$ abnimmt.

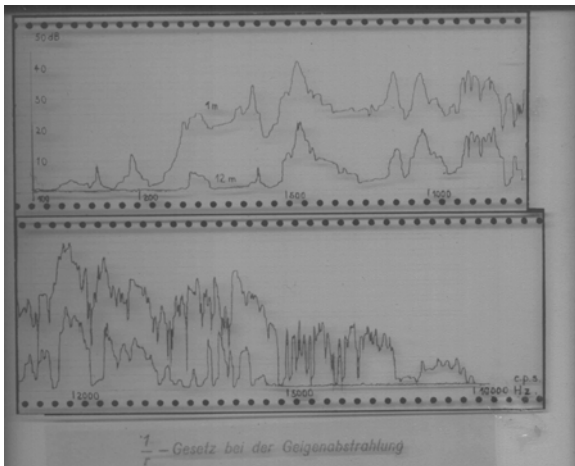


Abbildung 4: Messkurven einer Geige in 1 und 12m Entfernung (Kopie einer Fotoglasplatte um 1950)

Neben der Schallabstrahlung führte man Anfang der 1950er Jahre im IfM Resonanzkurvenmessungen an Geigen durch, Abbildung 5.

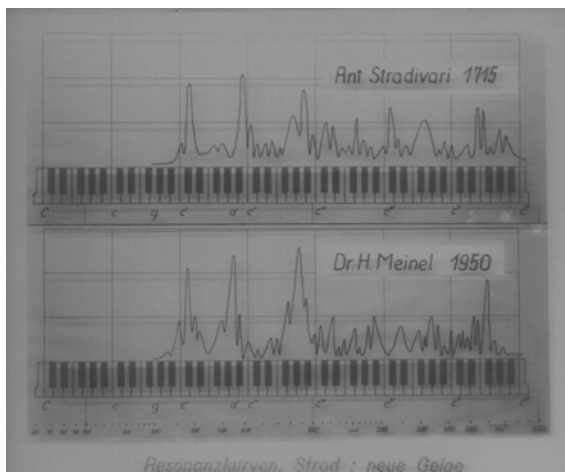


Abbildung 5: Vergleich einer Stradivarigeige und einer H. Meinel Geige (Kopie einer Fotoglasplatte um 1950)

Bau des reflexionsarmen Raumes

Mit dem Bau des reflexionsarmen Raumes begann man 1955. Hierbei wurde zunächst ein Raum mit den Dimensionen $H = 2,1$ m, $B = 2,7$ m und $T = 2,7$ m über dem schon vorhandenen Gitterrost der bis dahin baulich vorhandenen Außenhülle des späteren reflexionsarmen Raumes errichtet (Abbildung 6).

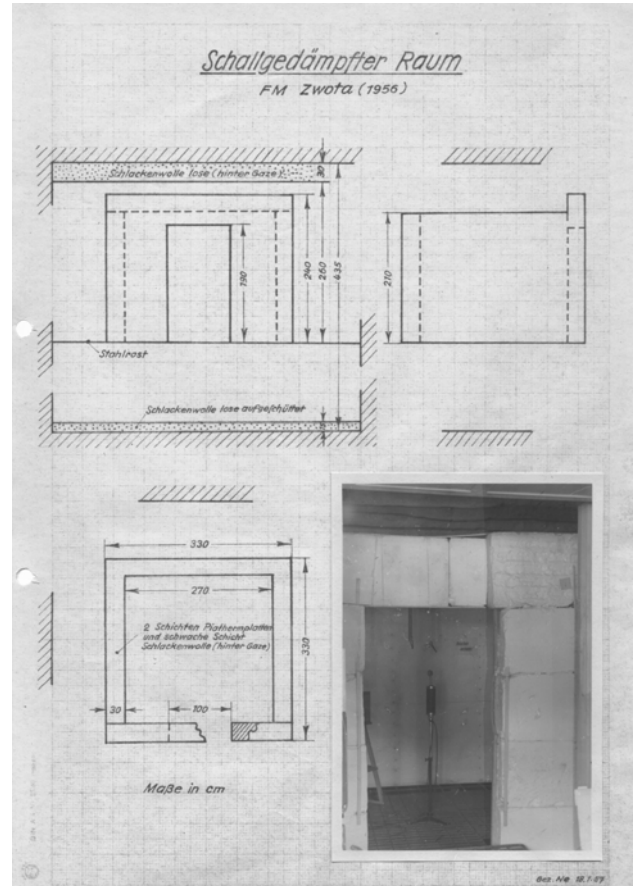


Abbildung 6: Provisorischer schallgedämpfter Raum (1955)

Die Auskleidung bestand aus 30 cm dicken Piathermblöcken und Schlackewolle. Die untere Grenzfrequenz lag für 1 m Messabstand bei 300 Hz und für 1,5 m bei 600 Hz.

Mitte der 1950er Jahre wurde auch die Methodik der Geigenanregung verbessert. So benutzte man Anfang der 1950er Jahre noch die Streichbandmethode, welche in den 1930er Jahren von H. Meinel entwickelt wurde. Die neue elektromagnetische Methode regte den Steg der Geige über kleine Metallplättchen an, welche im Bereich der g und e² Flanke angebracht waren. Als Anregesignal diente ein gleitender Sinus.

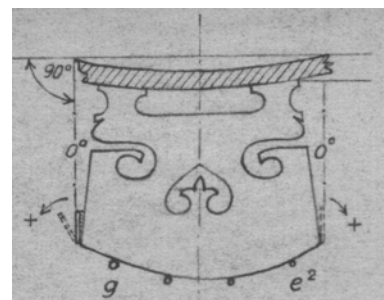


Abbildung 7: Elektromagn. Anregung des Geigensteges

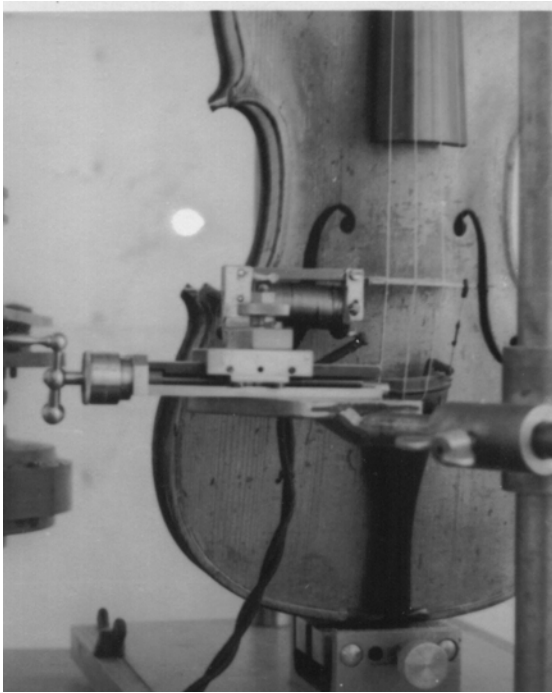


Abbildung 8: Anzeigevorrichtung für Geigen (Mitte 1950er Jahre)

Der Vorteil in der elektromagn. Anregung lag in dem reduzierten Messaufwand und der guten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse [4].

Bau des vollwertigen reflexionsarmen Raumes

Alle bisherigen behelfsmäßigen „reflexionsarmen Räume“, ob die Pulverschneemethode oder der provisorische Raum, waren für genaue Messungen zur Schallabstrahlung von Instrumenten nur bedingt geeignet. Nach langer Wartezeit auf ein geeignetes Schallauskleidungsmaterial war es dann 1959 endlich möglich, eine ausreichende Menge von Glasfaserplatten (Gerrix-Platten) zu erwerben. Mit der Auskleidung wurde schleunigst begonnen. Es wurden Keilpakete aus jeweils 3 Keilen mit den Dimensionen: Höhe = 40 cm, Breite des Keils = 13,3 cm und einer Paketbreite von 40 cm in Eigenregie hergestellt. Der Raum konnte 1960 fertiggestellt werden. Die untere Grenzfrequenz betrug bei einem Raumvolumen von 125 m³ 125 Hz.

Ein letztmaliger Austausch der in den vielen Jahren langsam zerfallenen Keile erfolgte im Jahre 1996. Die akustischen Eigenschaften des Raumes wurden jedoch beibehalten.

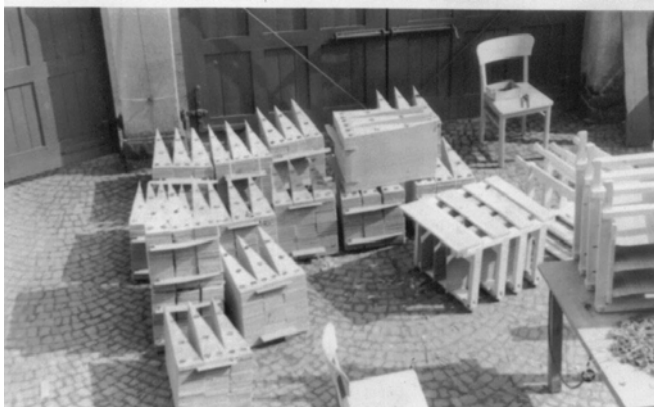


Abbildung 9: angefertigte Keilpakete

Derzeitiger Stand der Geigenmessungen

Bei heutigen Messungen regen wir den Steg der Geige zehnmal senkrecht zum Steg mittig und zehnmal im Winkel von 90° bassbalkenseitig mit Hilfe eines Impulshammers an. Die so gewonnenen 20 Messungen einer Geige werden über 3 Raumrichtungen gemittelt dargestellt. Die Auswertung der Frequenzkurven erfolgt anhand von Merkmalswerten.



Abbildung 10: heutige Messvorrichtung für Geigen im reflexionsarmen Raum des IfM

Zusammenfassung

Aus der heutigen Sicht einer sehr gut reproduzierbaren Messmethodik für Streichinstrumente mittels Impulshammer und der Nutzung eines vollwertigen reflexionsarmen Raumes ist es schon erstaunlich und bemerkenswert, wie der Gründer des Institutes für Musikinstrumentenbau und sein Team Untersuchungen an Geigen Anfang der 1950er Jahren durchgeführt haben. Grundsätzlich kam man schon damals zu ähnlichen Aussagen bezüglich zur Schallabstrahlung und dem Einfluss der Holzdicke und Lackierung von Geigen.

Literatur

- [1] Költzsch, P. 2011: Preisträger europ. Wissenschaftsakademien im 18. + 19. Jh. –auf dem Gebiet der Akustik. Berlin
- [2] Veit, I. 2007: Der Schallabsorptionsgrad alpha. Trockenbau Akustik 2/2007, S.34-35
- [3] Maysenhölder, V. und Schneebeli, M. 2004: Schnee schluckt Schall. Labor & more 5/2009 S. 22-23
- [4] Rohde 1956: Entw. und Erprobung einer elektr. Erregungsvorrichtung für Geigen. Interner Forschungsbericht IfM