



Fachausschuss Musikalische Akustik in der DEGA

Zur Geschichte der Musikalischen Akustik

Oktober 2011

Tagungsband zum Seminar des FAMA in der DEGA

Markneukirchen/Zwota, 28. - 29.10.2011

Zur Geschichte der Musikalischen Akustik

Seminar des Fachausschusses Musikalische Akustik in der DEGA

Tagungsleitung: Dr.-Ing. Gunter Ziegenhals

Herausgeber: Dr.-Ing. Gunter Ziegenhals

Tagungsorte: Westsächsische Hochschule Zwickau, Studiengang Musikinstrumentenbau
Adorfer Str. 38, 08258 Markneukirchen
Institut für Musikinstrumentenbau an der Technischen Universität Dresden
Klingenthaler Straße 42, 08267 Zwota

Verlag: IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der Technischen Universität
Dresden
Klingenthaler Straße 42, 08267 Zwota
post@ifm-zwota.de

Bezug. Gedruckte Version über IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V.
Elektronische Version über Internetseite der DEGA
www.dega-akustik.de

Zitierhinweis: Seminar des FAMA in der DEGA 2011

ISBN 978-3-00-039795-0

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist unzulässig und strafbar. Insbesondere gilt dies für die Übersetzung, den Nachdruck sowie die Speicherung auf Mikrofilm, mit vergleichbaren Verfahren oder auf Datenverarbeitungsanlagen.

Kontakte:

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.
Voltastraße 5 Gebäude 10-6
13355 Berlin
dega@dega-akustik.de
<http://www.dega-akustik.de>

Dr.-Ing. Gunter Ziegenhals
c/o Institut für Musikinstrumentenbau
Klingenthaler Str. 42
08267 Zwota
post@ifm-zwota.de

Vorwort

Der 1990 gegründete Fachausschuss Musikalische Akustik (FAMA) in der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) veranstaltet in loser Folge Veranstaltungen verschiedener Formen mit dem Ziel, neben Mitgliedern des Fachausschusses und DEGA-Mitgliedern auch Herstellern von Musikinstrumenten, Musikern und anderen interessierten Gruppen Inhalte und Ergebnisse der Musikalischen Akustik nahe zu bringen. Die Organisation übernehmen typischerweise einzelne Mitglieder in Verbindung mit den Institutionen in denen sie tätig sind. Für die Veranstaltung 2011 entschieden sich die Mitglieder des FAMA, die Veranstaltung wieder einmal im IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V. (IfM) durchzuführen. Das 60. Gründungsjubiläum des IfM bot hierfür einen würdigen Anlass.

Das Seminar sollte einen ersten Schritt für das Zusammentragen von Fakten über die Entwicklung des Fachgebietes insbesondere auch des Fachausschusses und der darin vertretenen Personen und Einrichtungen darstellen. Bislang waren keine Aktivitäten zu einer zusammenfassenden Darstellung der entsprechenden Arbeiten bekannt. Da mit dem Ausscheiden konkreter Persönlichkeiten immer Wissen um bestimmte Vorgänge und Zusammenhänge verloren geht und dieser Prozess zwangsläufig stetig voranschreitet, erschien es an der Zeit, hier einen ersten Schritt zu tun.

Wie schon zu früheren Veranstaltungen bieten wir mit der Erstellung eines ISBN-gelisteten Tagungsbandes den Autoren die Möglichkeit einer zitierfähigen Veröffentlichung. Wir möchten den Referenten damit nicht zuletzt für ihre Bemühungen danken, die eine solche Veranstaltung erst möglich machen.

Ebenfalls in dieser Stelle möchten wir uns beim Studiengang Musikinstrumentenbau der Westsächsischen Hochschule Zwickau bedanken, die das IfM schon zum wiederholten Male bei der Organisation und Durchführung einer FAMA-Veranstaltung im IfM tatkräftig mit Raum und Zeit (im wahrsten Sinne der Worte) unterstützte.

Im Rahmenprogramm besichtigten die Tagungsteilnehmer das historische Tonholzsägewerk in Markneukirchen sowie die Zungeninstrumentensammlung Zwota, die um in der Region früher gefertigten elektronischen Musikinstrumente erweitert wurde.



Zwota im Oktober 2012

Gunter Ziegenhals

Inhaltsverzeichnis

Antonio Bagatella und Hermann Meinel –

zwei Geigenbaumeister und Akademiepreisträger: Padua 1782 / Berlin 1936

P. Költzsch

„ ... ein ganz anderes Studium, welches außer den nöthigen praktischen Musikkennntnissen noch theoretische und akustische erfordert“ –

Akustische Spurensuche in der Markneukirchner Instrumentenmacher-Ausbildung des 19. und frühen 20. Jahrhunderts

E. Weller

Geschichte der Stimmungssysteme

E. Zenetti

Wo liegt der Vorteil der Vitruvschen Schallgefäße? Energieabsorption oder Nachklingen?

J. Fricke

Musikalische Akustik in der PTB

K. Wogram

Musikalische Akustik und Musikinstrumentenbau im Vogtland – Das erste Jahrzehnt

G. Ziegenhals

Analyse der Antriebsmotorik beim Klarinettenspiel

R. Hoffmann, D. Mehnert, D. Kühn

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

H. Schiema

Antonio Bagatella und Hermann Meinel – zwei Geigenbaumeister und Akademiepreisträger: Padua 1782 / Berlin 1936

Peter Költzsch

TU Dresden, E-Mail: peter@koeltzsch.com

Einleitung, das Preisträgersgeschehen im 17. bis 20. Jahrhundert

Preisaufgaben auszuschreiben und damit den wissenschaftlichen Wettbewerb zu inszenieren, das war für wissenschaftliche Akademien im 17. bis 20. Jahrhundert eine zeitgemäße akademische Angelegenheit.

Die erste Preisaufgabe ist 1671 von der Académie française gestellt worden. Preisfragen sind dann u. a. von den wissenschaftlichen Akademien in Paris, Toulouse und Bordeaux, St. Petersburg, Göttingen und München bekannt. Seit 1744 schrieb auch die Berliner Akademie Preisfragen aus; bei ihr sind aus dem Zeitraum zwischen 1744 bis 1939 insgesamt 83 Preisaufgaben mit über 700 Preisbewerbungsschriften in den Archiven der Akademie von den Historikern erkundet worden [1], [2].

Unter den Einsendern von Preisschriften an die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften befanden sich die „größten Geister“ der damaligen Zeit, so z. B. der französische Mathematiker d'Alembert, der deutsche Dichter, Theologe und Literaturwissenschaftler Johann Gottfried Herder und der Philosoph Immanuel Kant.

Inhaltlich ging es bei den Preisfragen um Problemstellungen aus allen Wissensgebieten. Aus den Preisaufgaben lassen sich auch wissenschaftliche Auseinandersetzungen der damaligen Zeit ablesen, wie z. B. der Streit zwischen den Cartesianern und den Anhängern von Newton über die Gestalt der Erde an den Polen oder der Streit um den Ursprung der menschlichen Sprache.

Interessant ist die Höhe der Preisgelder. Für die Münchner und die Berliner Akademie werden anfangs Preisgelder von 50 Dukaten genannt, für die Petersburger Akademie 100 Dukaten. Als Preisgeld in Prag ist beispielsweise eine Preisaufgabe mit der Frage nach der besten Methode der Eisenverhüttung ein Betrag von 150 Dukaten zu finden. Sophie Germain erhielt 1816 von der Pariser Akademie für ihre Preisschrift 3.000 Fr; dieselbe Preishöhe wurde bei der Preisverleihung an Jean-Daniel Colladon 1826 genannt. Die erfolgreiche Lösung der Preisaufgabe der Preußischen Akademie der Wissenschaften für 1936 zur Klangfarbe von Saiteninstrumenten wurde mit 5.000 Reichsmark honoriert (Preisträger Hermann Meinel, Markneukirchen).

Die Preisträger/in auf dem Fachgebiet Akustik

Zum Fachgebiet der Akustik sind 9 Preisträger und eine Preisträgerin erkundet worden [3], [4].

• Abbé Jean de HAUTEFEUILLE (1647 – 1724)

1718 stellte die Königl. Akademie der Literatur, der Wissenschaften und der Kunst zu Bordeaux (l'Académie Royale des Belles-Lettres, Sciences et Arts) eine Preisfrage nach der Erklärung der Ursache des Echos. Der Preis wurde 1718 dem französischen Physiker und Mechaniker Abbé Jean de Hautefeuille zugesprochen.

• Claude-Nicolas Le CAT (1700 – 1768)

1756 stellte die Königl. Akademie der Wissenschaften, Literatur und Sprache zu Toulouse (Académie Royale des

Sciences, Belles-Lettres et Inscriptions) eine Preisfrage nach einer Theorie des Gehörs. Den Wettbewerb gewann 1757 der französische Chirurg u. Urologe Claude-Nicolas Le Cat.

• Urban Nathanael BELTZ (1703 – 1776)

1760 bzw. 1762 stellte die Königl. Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin die Preisfrage nach der „Erklärung des Gehörs“. Den Preis erhielt 1763 der Stadtphysikus und praktische Arzt aus Neustadt-Eberswalde, Dr. Urban Nathanael Beltz.

• Johann Gottfried HERDER (1744 – 1803)

1769 stellte die Königl. Preußische Akademie der Wissenschaften zu Berlin die Preisaufgabe *„Haben die Menschen, ihren Naturfähigkeiten überlassen, sich selbst Sprache erfinden können? Und auf welchem Wege wären sie am füglichsten dazu gelangt?“*. 1770 gewann Johann Gottfried Herder den Preis der Akademie für die beste Abhandlung über den „Ursprung der Sprache“.

• Christian Gottlieb KRATZENSTEIN (1723 – 1795)

Die Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg stellte im Jahre 1779 die Preisaufgabe: *„Welches ist die Natur und der Charakter des Klanges der Vokale a, e, i, o, u und wodurch unterscheiden sie sich? Kann man ein Instrument in Art der vox humana genannten Orgelpfeifen konstruieren, das den Klang dieser Vokale exakt nachbildet?“*. Den Preis erhielt 1780 der Experimentalphysiker und Mediziner Christian Gottlieb Kratzenstein (geb. in Wernigerode).

• Antonio BAGATELLA (um 1718 – um 1790) (s. u.)

• Ernst Florens Friedrich CHLADNI (1756 – 1827)

Die Fürstlich Jablonowskische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig (eine Vorläuferin der heutigen Sächsischen Akademie der Wissenschaften) stellte 1797 die Preisaufgabe *„Entwurf einer allgemeinen Theorie der Akustik“*. Chladni beteiligte sich daran mit einer Abhandlung von 21 Seiten in lateinischer Sprache. Seine Arbeit wurde 1799 preisgekrönt. Als Preis erhielt er eine goldene Medaille im Wert von 24 Dukaten.

• Sophie GERMAIN (1776 – 1831)

Die akustische Preisaufgabe der französischen Akademie von 1809 war durch die Vorführungen der Klangfiguren des deutschen Physikers Chladni in Paris, vor Kaiser Napoleon, angeregt worden. Der Preis sollte *„für die beste Abhandlung über die mathematische Theorie der Schwingungen einer Fläche“* und deren Vergleich mit der Erfahrung vergeben werden. Die Akademie sprach 1816 der französischen Mathematikerin Sophie Germain den Preis für die beste Lösung der Aufgabenstellung zu.

• Jean-Daniel COLLADON (1802 – 1893)

1825 stellte die französische Akademie der Wissenschaften in Paris eine Preisaufgabe mit der Fragestellung nach einem Verfahren zur Messung der Kompressibilität von Flüssigkeiten. Der Preis wurde 1826 dem Schweizer Physiker Jean-Daniel Colladon zugesprochen, der diese Aufgabe mit Hilfe der Messung der Schallgeschwindigkeit im Wasser des Genfer Sees gelöst hatte.

• Hermann MEINEL (1904 – 1977) (s. u.)

Der italienische Geigenbauer Antonio Bagatella (um 1718 – um 1790)

Antonio Bagatella war ein italienischer Instrumentenbauer, über dessen Leben wenig bekannt ist. Er wurde um 1718 in Padua geboren und ist um 1790 gestorben. Zu seinem Lebensablauf fast nichts bekannt. Man weiß, dass er in Padua und Venedig gearbeitet und gemeinsam mit seinem Sohn Pietro eine Geigenbauwerkstatt in Venedig betrieben hat. Von ihm stammen hervorragende Saiteninstrumente, die mit den Herstellungsdaten zwischen 1745 ... 1771 versehen sind [5].

1782 stellte die Akademie der Wissenschaften und Künste zu Padua eine Preisfrage nach der Theorie und Konstruktion von Saiteninstrumenten (Geigen).

Der Preis wurde 1783 Antonio Bagatella aus Padua zugesprochen. Die Preisschrift wurde 1786 von der Akademie gedruckt. Bereits 1806 erschien eine deutsche Übersetzung von Schaum bei Peters in Leipzig. In Abbildung 2 ist eine deutsche Ausgabe von 1896 zu sehen.

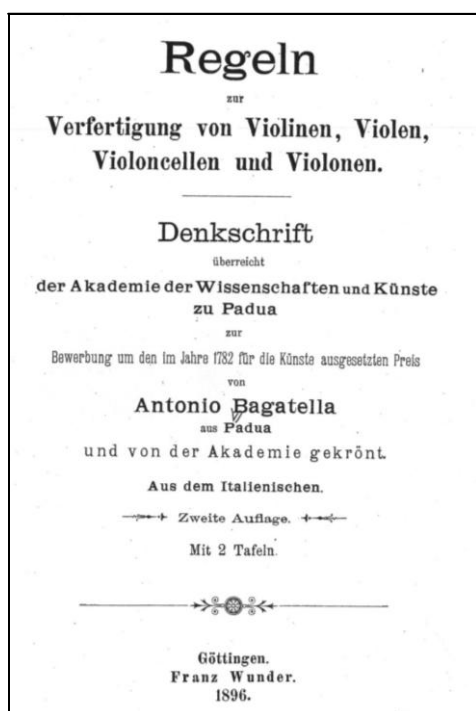


Abbildung 1: Preisschrift von Antonio Bagatella aus dem Jahre 1786, deutsche Version von 1896 [6]; Quelle: SLUB Dresden

Im Vorwort dieser Übersetzung (siehe Abb. 1) heißt es (geschrieben von J. G. Hübner in Göttingen): „Bei dem gänzlichen Mangel an einer gründlichen Anleitung zum Bau von Violinen und den verwandten Streich-Instrumenten ist es umso auffallender, dass ein so berühmtes, man kann wohl sagen in seinem Fache einziges Werk, wie das nachfolgende, noch nicht in einer deutschen Übersetzung erschienen ist. (...) Schon Mozart beklagte sich in seiner berühmten Violinschule bitter darüber, dass noch kein gelehrter Mathematiker bestimmte Regeln über die Höhe, die Dicke u. s. w. der einzelnen Teile der Violine zu bestimmen versucht habe. Einige Jahre später erschien Bagatella's Preisschrift in Padua (...) Dieselbe gibt eine mathematisch genaue, vollständige, anschauliche und bewährte Anleitung, nach welcher sämtliche Streichinstrumente gearbeitet werden müssen (...)“

Die Preisschrift enthält als Vorspann einen Auszug aus den Sitzungsberichten der Akademie zu Padua über die Begutachtung der Preisschrift und den Ablauf des Verfahrens zur Findung des Preisträgers. Die Schrift selbst befasst sich mit der Konstruktion von Violinen, neben der detaillierten Beschreibung von Regeln enthält sie auch zwei Tafeln mit den Konstruktionsunterlagen (Abb. 2, Abb. 3).

Bagatella analysierte die Maßverhältnisse von Violinen der Gebrüder Amati, die „für die besten in der ausübenden Musik gelten“ [6, S. 6]. Wie die Gutachter feststellten, sei es „ihm gelungen, das Grundgesetz selbst, oder ein ebenso bewährtes zu entdecken, nach welchem diese berühmten Künstler die Umrisse ihrer Instrumente, die Größe der Böden und der Decken, die Höhe der Zargen, die Anlegung der FF-Löcher und die Einsetzung des Halses bestimmten, dergestalt, dass ein anderes nach diesem Verfahren gearbeitetes Instrument auch denselben Effekt hervorbringen muss“ [6, S. 6/7].

Die Gutachter halten zwar diese Vorgehensweise, wie sie bekunden, für unwissenschaftlich, da eine Begründung für die Vollkommenheit der Amati-Violinen einerseits und für das zwangsläufig vorzügliche Gelingen eines Nachbaus andererseits nicht gegeben wird. Trotzdem können die Gutachter in der Denkschrift „ein gewisses anerkennenswertes Verdienst“ [6, S. 7] des Verfassers feststellen. Dieses besteht darin, dass neben den Ursachen vor allem die Wirkung, d. h. der optimale Klang des Instruments, von Bedeutung ist, „auch wenn der Grund des trefflichen Erfolges selbst unerklärt bleibt“ [6, S. 7]. Außerdem liegen bisher keine Konstruktionsanleitungen für den Bau von optimalen Violinen vor: nicht einmal in den Ländern, wo hochwertige Violinen angefertigt werden, sind solche Regeln bisher verfasst und veröffentlicht worden. Die Gutachter wenden sich an die Akademie zu Padua mit der Bitte, dass sie mit dem Einreicher der Denkschrift Kontakt aufzunehmen wünschen, um „ihn zu bestimmten Proben zu veranlassen“ [6, S. 10]. Die Akademie gestattet dieses Vorgehen und empfiehlt außerdem, dass weitere Musik- und Instrumentensachverständige hinzugezogen werden. Die Proben fanden am 26. Mai 1783 statt: Die Violinen wurden von Herrn Meneghini, dem ersten Violinisten an der Kapelle Basilica del Santo, in Gegenwart von Maestro Ricci, dem Direktor und Meister an der wohllöblichen Kapelle Basilica del Santo, und den beiden Gutachtern gespielt. „[Die Violinen] erwiesen sich als vervollkommenet, trefflich und den Bestrebungen des Künstlers, der sie bearbeitet, entsprechend aus“ [6, S. 11]. Abschließend stellen die beiden Gutachter fest, dass „die Denkschrift des Verfassers eine praktische, neue, durch Erfahrung als erfolgreich bewährte Methode an die Hand gibt sowohl zur Abänderung der von andern gearbeiteten Violinen, als auch zur Verfertigung ganz neuer(...)“ [6, S. 12]. Die Akademie hat daraufhin positiv für Antonio Bagatella entschieden. Die Denkschrift mit den Regeln zur Konstruktion der Saiteninstrumente geht dann außerordentlich ins Detail, hier eine Kostprobe dazu: „Kommen wir nun zu der *u n w a n - d e l b a r e n* und *k o n s t a n t e n* Regel, einen jeden Bau, sei es einer Violine, Viole (Bratsche), eines Violoncells oder Basses, so zu konstruieren, dass die Dicke der einzelnen Teile mit der Größe des Instruments im Verhältnis steht. Nächst dieser von dem Risse der Herren Gebrüder Amati abgenommenen Regel werde ich eine zweite für den Riss folgen lassen, welcher in allen seinen Teilen in numerischer

Proportion steht; (...) Man ziehe zuerst eine Linie von der Länge, welche man dem Instrumente geben will, und teile sie in 72 gleiche Teile. Dieses wird die Basis der ganzen Arbeit bilden: diese Einteilung muss präzise und möglichst genau sein, da hiervon alles abhängt (...) (Tafel I.). Man ziehe sieben Querlinien: wohl zu merken, dass sie vollkommen einen rechten Winkel bilden müssen mit dem Diameter, wodurch der Bau richtig und genau wird. Die erste dieser Linien muss den Punkt 14, die zweite den Punkt 20 (...) schneiden“ usw. usf. [6, ab S. 19].

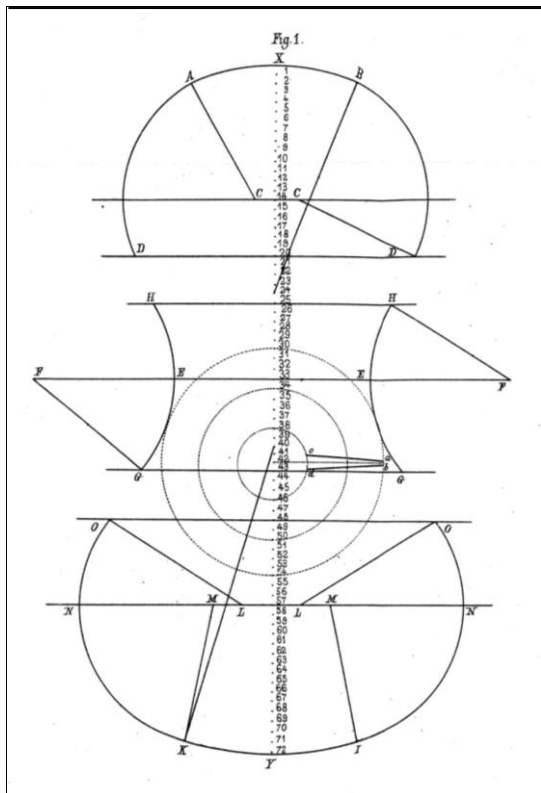


Abbildung 2: Aus Tafel I der Preisschrift von A. Bagatella

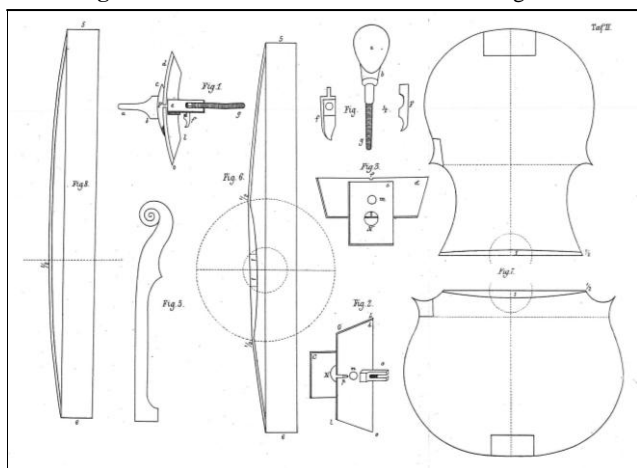


Abbildung 3: Tafel II der Preisschrift von A. Bagatella

„Die Ausführung der bisher gegebenen Vorschriften ist auf Tafel II. Fig. 5. 6. 7. 8. (...)“ [6, S. 25] angegeben.

Den Geigenbauregeln ist in der Denkschrift von Bagatella eine Bemerkung angefügt. Hier werden – in Auszügen – nur die Bemerkungen über die Auswahl des Holzes wiedergegeben: „(...) Mannigfache Aufmerksamkeit nimmt auch die Auswahl des Holzes in Anspruch. Das ältere wird im allgemeinen auch das bessere sein, wenn es wenigstens

schon seit drei Jahren geschnitten und an einem trockenen Orte aufbewahrt worden war, wo es vor Feuchtigkeit geschützt blieb (...). Die Seite des Holzes nach der Rinde zu, welche der Sonnenhitze ausgesetzt gewesen, lieferte nach meinem Urteil das beste Holz, vorausgesetzt, dass es nicht zu hart ist. Im Allgemeinen bedarf es einer nur mäßigen Härte und Dichtigkeit, und man hat sich vor beiden Extremen zu hüten, sowohl vor übermäßig hartem, wie vor zu weichem und losem Holze, da beides den Schwingungen gleich nachteilig ist und eine klanglose und dumpfe Stimme hervorruft, schwach im Klange und unangenehm im Tone (...) Alle trefflichen Meister in dieser Kunst haben sich zu dem Boden, den Zargen und dem Halse des Ahorns bedient und zu der Decke der Tanne (...) Schließlich achte man darauf, dass es eine gleichmäßige Elastizität besitze, resoniere und eine seiner Art nach mittelmäßige Konsistenz habe“ [6, S. 29].

Hohes Lob wird dem A. Bagatella im „Lehrbuch der Geigen- und Bogenmacherkunst“ von G. A. Wettengel 1828 gezollt [7]: „Unter diesen Vorschriften [zur Nachahmung der alten Meister] hat keine sich in so hohem Grade den Beifall der Geigenmacher und der Musiker erworben, wie die des Geigenmachers Antonio Bagatella in Padua. (...) In der Tat haben auch die Geigen Bagatella's in der musikalischen Welt einen sehr ehrenvollen Ruf und es ist nicht zu bezweifeln, dass Geigen, welche genau nach den Vorschriften Bagatella's gefertigt sind, (...) denen der Amati, Stainers und anderer alten Meister ebenbürtig zur Seite zu stellen sind“ [7, S. 69].

Und Apian-Bennewitz schreibt in seinem Buch „Die Geige“ [8] 1892: „Es ist unbestreitbar ein großes Verdienst Bagatella's, die Konstruktion der Geige auf eine mathematische Grundlage gestellt zu haben.“

Und zum Abschluss zu Bagatella: ein Zitat des Geigenbau-meisters Hermann Meinel: „Antonio Bagatella entwickelte in seiner (...) Abhandlung eine graphische Methode zur Gestaltung der Geigenform. Die Akademie fand in seinem Werk keine wirkliche Lösung des Problems. Sie beschloss aber, ihm den Preis zu geben, weil keine bessere Arbeit zur Lösung des Problems eingereicht worden war“ [9, S. 147].

Der Geigenbauer und Physiker H. Meinel aus Markneukirchen (Vogtland) (1904 – 1977)



Abbildung 4: Hermann Meinel Quelle: Archiv Meinel

Hermann Meinel wurde 1904 in Markneukirchen (Vogtland) geboren. Er lernte in der Werkstatt des Vaters, er legte 1928 die Meisterprüfung als Saiteninstrumentenbauer ab.

„Die mir immer klarer zum Bewusstsein kommenden engen Grenzen des empirischen Arbeitens der Saiteninstrumentenbauer und die Fortschritte der Schwachstromtechnik bewogen mich, den Versuch zu machen, mir die wissenschaftlichen Grundlagen des Instrumentenbaus an der Hochschule anzueignen“ (aus seinem Lebenslauf von 1936, Quelle: Meinel-Archiv).



Abbildung 5: Promotionsurkunde; Quelle: Archiv Meinel

Hermann Meinel studierte von 1929 bis 1935 in Leipzig, Greifswald und Karlsruhe Physik, Mathematik, Chemie und Musikwissenschaft. Er promovierte 1935 an der Universität Leipzig zum Dr. phil., wobei er die wesentlichen Grundlagen seiner Dissertation bei Prof. H. Backhaus in Greifswald und Karlsruhe erarbeitet hatte.

Ab 1935 arbeitete Hermann Meinel am Institut für Schwingungsforschung in Berlin, dem 1928 gegründeten Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, unter der Leitung von Prof. Erwin Meyer (1899 – 1972), dem späteren Direktor des Dritten Physikalischen Instituts der Universität Göttingen.



Abbildung 6: Hermann Meinel (in den 1950-er Jahren)
Quelle: Archiv Meinel

Nach dem zweiten Weltkrieg, von 1945 – 1950, war Hermann Meinel als selbständiger Handwerksmeister für Musikinstrumentenbau in Markneukirchen tätig. Seinen Aktivitäten ist es zu verdanken, dass 1951 das Forschungsinstitut für Musikinstrumentenbau gegründet worden ist. Für Hermann Meinel war der Aufbau dieses Forschungsinstituts die Erfüllung seiner Vorstellung, den handwerklichen Instrumentenbau mit den wissenschaftlichen, insbesondere den physikalischen Grundlagen zu verschmelzen, jene Vorstellung also, mit der er einst aus der väterlichen Werkstatt zum Studium an die Universitäten gegangen ist.



Abbildung 7: Prof. N. N. Andreev (links), Dr. Hermann Meinel (Mitte) und Prof. A. V. Rimskij-Korsakov (im Bild: in Rückenansicht) am Institut für Musikinstrumentenbau in Zwota; Quelle: Archiv Meinel

In den 1950-er Jahren besuchten die sowjetischen Akustiker Prof. N. N. Andreev, Akustisches Institut Moskau, und Prof. A. V. Rimskij-Korsakov das Meinel'sche Institut in Zwota. Beide Professoren waren auch auf dem Gebiet der musikalischen Akustik tätig. [Andrej Vladimirovič Rimskij Korsakov (1910-2002), Enkel des russischen Komponisten Nikolaj Andreevič Rimskij-Korsakov (1844 – 1908)]

Hermann Meinel leitete dieses Forschungsinstitut von 1951 bis 1962. Er war dann von 1963 bis 1969 (wiederum!) im Heinrich-Hertz-Institut, diesmal in der Anbindung an die Deutsche Akademie der Wissenschaften (DDR), in Berlin-Adlershof tätig, baute ein Versuchslabor für Musikinstrumente und eine Geigenbauwerkstatt auf. Er starb 1977 in Woltersdorf (bei Berlin).

Hermann Meinel wurde 1957 in der DDR als Verdienter Techniker des Volkes ausgezeichnet; er war 1957 Jury-Mitglied der DDR beim 3. Wieniawski-Geigenbauer-Wettbewerb in Poznan. Er hielt Vorträge auf den ICA's (International Congress on Acoustics) in Delft (Niederlande 1953) und Cambridge (Mass., USA, 1956) sowie 1957 an der Akademie der Wissenschaften der Sowjetunion in Moskau.

Die akustische Preisaufgabe der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1936

Die Preußische Akademie der Wissenschaften hatte in der Leibniz-Sitzung 1934 für das Jahr 1936 die Preisaufgabe gestellt, nach der die physikalischen Bestimmungsgrößen der Klangfarbe von Saiteninstrumenten durch Versuche festzustellen sind und wie diese Bestimmungsgrößen mit der

Bauart der Instrumente zusammenhängen. Der ausgesetzte Preis war mit 5.000 Reichsmark dotiert. Bei der Akademie waren bis zum 31. Dezember 1935 insgesamt neun Arbeiten eingegangen. Drei Arbeiten wurden von der Akademie als preisfähig eingestuft und ausführlich schriftlich bewertet. Zur dritten dieser Arbeiten wird u. a. ausgesagt:

„Der Verfasser der Arbeit mit dem Kennwort „Linarolo“ hat sich in erster Linie das sehr wichtige, wenn auch die Preisaufgabe nicht erschöpfende Ziel gesetzt, Resonanzverhältnisse, Klang und zweckmäßigste Holzdicke der Geigenkörper zu untersuchen, um ihre Klangschönheit derjenigen der besten, künstlerisch anerkannten Geigenformen anzugleichen (...)

An den erzielten Ergebnissen wird der Physiker wie der Künstler gleiches Interesse nehmen. Ferner werden die wichtigsten Resonanzgebiete der Geigenkörper festgestellt; sie bestimmen die Stärke der Grundtöne, die nach dem Verfasser für die Klangschönheit entscheidend ist (...)

Es liegt hier eine so sorgfältige, vielseitige und wertvolle Arbeit vor, dass ihr unter den eingereichten preisfähigen Schriften der Preis zuzuerkennen ist“ [10].

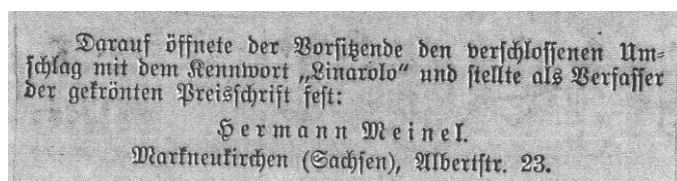


Abbildung 8: Mitteilung des Preisträgers

Die Mitteilung endet mit der Lüftung des Geheimnisses des Preisträgers [10]: „Darauf öffnete der Vorsitzende den verschlossenen Umschlag mit dem Kennwort ‚Linarolo‘ und stellte als Verfasser der gekrönten Preisschrift fest: *H e r m a n n M e i n e l*, Markneukirchen (Sachsen), Albertstr. 23“

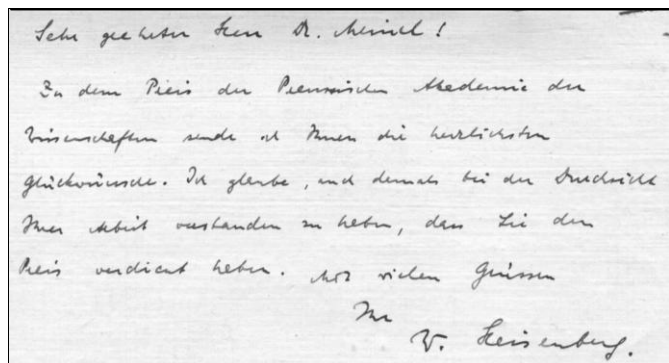


Abbildung 9: Glückwunsch von Werner Heisenberg

Im Meinel-Archiv ist zur Akademiepreisträgerschaft von Hermann Meinel u. a. das Glückwunschschreiben von Nobelpreisträger Prof. Werner Heisenberg vorhanden.

Im Folgenden werden einige Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Preisschrift, der Dissertation und den zugehörigen Publikationen kurz erwähnt:

- Die klangliche Güte einer Geige kann durch ihr Frequenzspektrum charakterisiert werden. Deshalb wird von Meinel mit der Frequenzanalyse des Geigenschalls der Einfluss der Geometrie- und Materialeigenschaften untersucht, u. a. der Einfluss des Lackes, der Stimme, der Wölbung und Zargenform des Geigenkörpers, der

Eigenfrequenzen des vom Geigenkörper eingeschlossenen Luftraumes und des Dämpfers.



Abbildung 10: Veröffentlichung von H. Meinel 1937 mit dem Auszug aus der Preisschrift; Quelle: Archiv Meinel

- Um die Klangfarbe unabhängig von den Anstrichbedingungen zu erhalten und damit exakte, reproduzierbare Versuchsbedingungen zu schaffen, entwickelte Meinel eine Anstreichvorrichtung mit zwei Kreisscheiben und ein darüber laufendes endloses Band. Die Kreisscheiben wurden von einem Elektromotor angetrieben; das Streichband bestand aus wenigen Seidenfäden, siehe dazu Abb. 11.

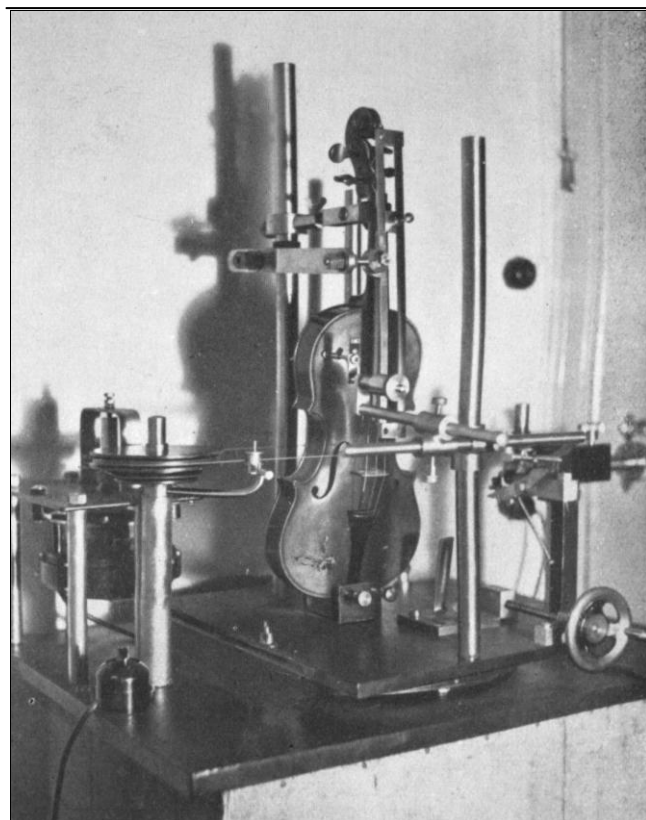


Abbildung 11: Mechanische Anstreichvorrichtung für Saiteninstrumente, entwickelt von H. Meinel; Quelle: Archiv Meinel

- Die Messungen wurden im reflexionsarmen Raum mit einem Kondensatormikrophon durchgeführt, die Frequenzkurven wurden mit dem Suchtonverfahren nach Grützmaker aufgenommen.

- Es wurden Geigen mit sehr unterschiedlicher Holzdicke untersucht.
- Der Lufthohlraum des Geigenkörpers besitzt Eigenfrequenzen, deren tiefste bei großen Amplituden für die Klangqualität einer Geige besonders bedeutungsvoll sind.
- Meinel behandelt auch die Frage des sog. „Einspiels“ einer Geige. Er schreibt dazu: „Die Geigen besitzen Eigenfrequenzen, so dass sich die zur Erzielung möglichst wohlklingender Klänge notwendigen Anstrichbedingungen dauernd mit der Frequenz ändern. Der Spieler braucht naturgemäß einige Zeit, bis er diese besten Anstrichbedingungen beherrscht. Dann klingt die Geige tatsächlich unter seinen Händen besser. Aber es hat sich nicht die Geige eingespielt, sondern der Spieler.“ [11, S. 122].

Meinel hat aus den Untersuchungen der Resonanzgebiete und Frequenzkurven sehr alter Geigen Beziehungen zwischen der Frequenzlage der Resonanzen und der Holzdicke festgestellt. Das verführte ihn zu der optimistischen Aussage, „dass die gestellte Aufgabe, die praktischen Anwendungsmöglichkeiten der gewonnenen Ergebnisse festzustellen, als gelöst betrachtet werden kann.“ Diese 1934 getroffene Aussage hat er dann 1971, also 37 Jahre später und am Ende seiner Berufslaufbahn, auf dem internationalen akustischen Kongress (ICA) in Budapest korrigiert.

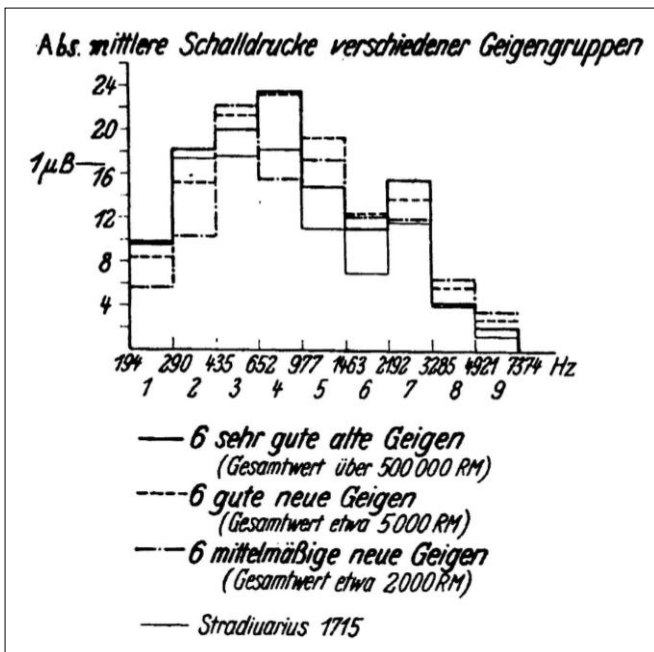


Abbildung 12: Vereinfachte Frequenzkurven von Geigen nach H. Meinel, die sog. Optimumskurve des Geigenklanges, aus: Akustische Zeitschrift 1939; Quelle: Archiv Meinel

Eine der großen wissenschaftlichen Leistungen von Meinel ist die Entwicklung der sog. **Optimumskurve als Charakteristikum klanglich guter Geigen**. Er vergleicht im Diagramm der Abb. 12

- sechs sehr gute alte Geigen (mit einem Gesamtwert über 500.000 RM), darunter drei Stradivari (1644 – 1737) von 1715, 1717, 1719, eine Guarneri-Geige (1698 – 1744) sowie eine Geige von Sancto Seraphin (1699 – 1758) und von Testore,

- sechs gute neue Geigen (Gesamtwert etwa 5.000 RM), darunter die klanglich besten Geigen vom Berufswettbewerb der Geigenbaumeister des Jahres 1938,
- sechs mittelmäßige neue Geigen (Gesamtwert etwa 2.000 RM) und
- eine Stradivari-Geige von 1715.

Zur Einschätzung der Meinel'schen Optimumskurven schreibt Lothar Cremer 1977:

„Wir können nicht sagen, dass Meinel der einzige war, der diese Kurven entwickelt hat (...) Aber Meinel war der Wissenschaftler, der am sorgfältigsten auch die Grenzen seiner Darstellungsart zeigte und das umfangreichste Material präsentierte“ [12, S. 12].

Meinel bezeichnet die Mittelwertskurve von erstklassigen altitalienischen Meistergeigen als die Idealkurve für das Frequenzspektrum der Geigen.

Eines der Lieblingsthemen von Hermann Meinel war die sog. Tonholzforschung. Eine Arbeit aus dem Jahre 1948 beginnt mit den schönen Worten:

„Viva fui in silvis, dum vixi tacui, mortua dulce cano!“ Frei übersetzt: 'Ehemals lebte ich in Wäldern und schwieg, gestorben singe ich lieblich': dieser Spruch auf den Zargen einer schönen, alten Geige kündete poetisch von den Eigenschaften des Holzes (...)

Der große Künstler spielt. In seiner Hand liegt die bezauberndste aller Geigen, ehrwürdigen Alters. Seit über 200 Jahren singt sie in der Hand gottbegnadeter Künstler von allem, was den Menschen bewegt. Beglückt und angeregt von so viel Bereitschaft und Hingabe, gibt der Künstler sein Innerstes preis, die Welt versinkt um ihn. Andächtig lauscht seine Gemeinde, hingegeben seinem seelenvollen Spiel, mit ihm eins. Ein zauberhaftes Fluidum scheint Spieler und Zuhörer zu umwogen und zu vereinigen. Was ist es in Wirklichkeit? Der Physiker stellt fest: nichts als Druckschwankungen der Luft, die sich bis an unser Ohr fortplanzen (...)“ [13, S. 67].

Eine der letzten Fachpublikationen von Hermann Meinel war sein Vortrag auf dem 7. ICA-Kongress in Budapest 1971: „Über Schwingungen von Geigenkörpern bei Eigenfrequenzen“ [14]. In diesem Vortrag befasst sich Meinel mit den experimentell ermittelten Knotenlinien auf dem Geigenkörper. Diese Moden- und gewisse Symmetriebetrachtungen führen Meinel zu der Schlussfolgerung, dass dies ein „Anreiz für nötige eingehendere Grundlagenforschung“ sei. Meinel schließt den Vortrag mit der Feststellung: „In Grundlagen- und Zweckforschung zeigt sich allein daraus ein Aufgabengebiet, das, erst angefangen, nur von einem geeigneten Team in jahrelanger Arbeit einigermaßen zu bewältigen ist“ [14, S. 568].

Den Nachruf auf Hermann Meinel verfasste einer der renommiertesten deutschen Akustiker, Prof. Lothar Cremer von der TU Berlin „Hermann Meinel 1904 – 1977. Nachruf“ [12]. Darin heißt es u. a:

„Hermann Meinel begann physikalische Akustik zu studieren, und er war der erste Meister des Geigenbaues, der diesen Weg beschritt. Er ging zu dem herausragendsten Fachmann in Deutschland, Hermann Backhaus, Professor in Greifswald und später in Karlsruhe. Hermann Meinel wechselte dann zu Erwin Meyer. (...) Diese zehn Jahre, die er unter dessen Leitung tätig war, gehörten wissenschaftlich zu den fruchtbarsten Jahren seines Lebens (...) Neben

seinen Forschungen und Prüfarbeiten baute er immer wieder Instrumente, entsprechend seinen Erfahrungen und Ideen, bis eine lange und tödlich endende Krankheit, die er mit großer Tapferkeit erlitt, seiner Kreativität ein Ende setzte.“

Und zur Geigenforschung sagte Cremer abschließend in diesem Nachruf:

„Wer immer diesen Weg in Zukunft beschreiten wird, er wird seine Untersuchungen auf Meinel's Pionierarbeiten gründen (...) Lothar Cremer, Juni 1977“ [12, S. 11/12].

Schlussbemerkungen

Die Lösung einer akademischen Preisaufgabe war in ihrer Zeit ein herausragendes wissenschaftliches und/oder erfinderisches Werk. Die Preisschriften sind von den größten wissenschaftlichen „Geistern“ der damaligen Zeit, den Regularien entsprechend fast ausschließlich von Mitgliedern wissenschaftlicher Akademien, beurteilt und als akademiepreiswürdig eingeschätzt worden (z. B. von Leonhard Euler). Wir sollten uns hüten, mit unserem heutigen Wissen inhaltlich diese Arbeiten, trotz ihrer Fehler und Begrenztheiten, bewerten zu wollen, es sei denn in ihrem historischen wissenschaftlichen Umfeld.

Es war mir eine Freude, mit diesem Vortrag einerseits einen Beitrag zum Problemkreis der Geschichte der musikalischen Akustik leisten zu können, andererseits aber damit auch zum 60-jährigen Jubiläum der Gründung des Instituts für Musikinstrumentenbau durch Hermann Meinel im Jahre 1951 beitragen zu können.

Danksagung:

Für Informationen, Hinweise und Dokumente bin ich zu großem Dank verpflichtet

- Herrn Prof. Dr. Mitchell Ash, Universität Wien: Informationen zu Bagatella und zur Akademie Padua,
- Herrn Prof. Dr. Armin Kohlrausch, Eindhoven: für den Hinweis auf Hermann Meinel als Akademiepreisträger in einer Ausgabe der „Akustischen Zeitschrift“ von 1937,
- Frau Christine Elßner, Woltersdorf bei Berlin, der ältesten Tochter von Hermann Meinel und Verwalterin des Meinel-Archives: umfangreiches Material zu Hermann Meinel, einschließlich des Bildmaterials,
- Herrn Dr. Gunter Ziegenhals, Zwota: Material zu H. Meinel.

Literaturverzeichnis

- [1] Knobloch, W.: Das Akademiearchiv und seine Bestände. BBAW, Berlin 2000
- [2] Höflechner, W.: Zur Entwicklung wissenschaftlicher Institutionen. Vorlesungen, Universität Graz, 2008
- [3] Költzsch, P.: Preisträger europäischer Wissenschaftsakademien im 18. bis 20. Jahrhundert – auf dem Gebiet der Akustik. Heft 3 der Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA), Berlin 2011. ISBN: 978-3-939296-01-0; (200 Seiten, 93 Abb.)
- [4] Költzsch, P.: Preisträger europäischer Wissenschaftsakademien auf dem Gebiet der Akustik im 18. bis 20. Jahrhundert. Prize winners of European Scientific Academies in the 18th to 20th Century in the Field of Acoustics. Acta Acustica united with Acustica, Vol. 97 (2011), Number 6, pp. 997 - 1024
- [5] Pio, Stefano: Liuteri e Sonadori, Venezia 1750 – 1870. Violin Makers and Players, Venice 1750 – 1870. Published by Venice Research. Castelfranco Veneto (Treviso) 2002
- [6] Bagatella, A.: Regeln zur Verfertigung von Violinen, Violon, Violoncellen und Violonen. 2. Auflage. Franz Wunder, Göttingen 1896
- [7] Wettengel, G. A.: Lehrbuch der Geigen- und Bogenmacherkunst. 2. Auflage, Bernhard Friedrich Voigt, Weimar 1869 (1. Auflage 1828)
- [8] Apian-Bennewitz, P. O.: Die Geige, der Geigenbau und die Bogenverfertigung. 1. Auflage, Weimar 1892, zweite, völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag von Bernhard Friedrich Voigt, Leipzig 1920
- [9] Meinel, H.: O naučnych osnovanijach konstruirovanija skripok - Obzor. Akustičeskij žurnal 6 (1960) 2, S. 147 – 161. [Über die wissenschaftlichen Grundlagen des Geigenbaus - Übersicht.] bzw. Meinel, H.: Scientific principles of violin making. Survey. Soviet Physics Acoustics, Vol. 6 (1960) 2, 149 – 161 (A Translation of „Akustičeskii Zhurnal“)
- [10] Preußen: Akademische Preisaufgabe für 1936. In: Deutscher Reichsanzeiger und Preußischer Staatsanzeiger, Nr. 183 vom 8. August 1936
- [11] Meinel, H.: Über die Beziehungen zwischen Holzdicke, Schwingungsform, Körperamplitude und Klang eines Geigenkörpers. Elektr. Nachrichten-Technik 14 (1937), Heft 4, 119 - 134 (siehe auch: Dissertation von H. Meinel)
- [12] Cremer, L.: “Hermann Meinel”. Nachruf. In: Catgut Acoustical Society Newsletter, Number 28, Nov. 1977, 11 – 12
- [13] Meinel, H.: Aufgaben und Ergebnisse der Tonholz-Forschung. Zeitschrift Holz (1948), Nr. 5, 67-69
- [14] Meinel, H.: Über Schwingungen von Geigenkörpern bei Eigenfrequenzen. Proceedings Seventh International Congress on Acoustics (ICA), Budapest 1971, Vortrag 19 S 4, S. 565 – 568

„... ein ganz anderes Studium, welches außer den nöthigen praktischen Musikkenntnissen noch theoretische und akustische erfordert“ – Akustische Spurensuche in der Markneukirchner Instrumentenmacher-Ausbildung des 19. und frühen 20. Jahrhunderts

Enrico Weller

*Gymnasium Markneukirchen/Verein der Freunde und Förderer des Musikinstrumenten-Museums,
08258 Markneukirchen, E-Mail: enricoweller@online.de*

Einleitung

Im Jahr 1875 reiste eine Gruppe Dresdener Musiker unter der Leitung des Königlichen Hoforganisten Theodor Berthold und des Flötisten und Bibliothekars Moritz Fürstenau nach Markneukirchen und Klingenthal. Auf Staatskosten und mit staatlichem Auftrag sollte man sich ein Bild verschaffen von der „Fabrikation musikalischer Instrumente im königlich-sächsischen Vogtlande“. Dieses Ereignis ist in die Annalen der regionalen Instrumentenbaugeschichte eingegangen, wertschätzende Zitate wie das von der „in Wahrheit staunenerregende[n] Industrie“ [1, S. III] werden bis heute gerne bemüht. Dabei gerät leicht in Vergessenheit, dass der Auslöser der Reise die Feststellung einer Krise, einer Stagnation im vogtländischen Instrumentenbau war. Denn die Qualität vogtländischer Erzeugnisse auf der sächsischen Gewerbe- und Industrieausstellung 1875 in Dresden gab offenbar zu denken und veranlasste das Innenministerium zum Handeln. Eine Kommission wurde ernannt, eine Studie bzw. Denkschrift in Auftrag gegeben – geblieben ist eine erste umfassende Darstellung mit Außenperspektive auf das Markneukirchner Gewerbe.

Dort wird ein Dr. E. Schebek aus seinem Bericht der Industrieausstellung zu Paris 1855 (Heft 26, Wien 1858) mit folgenden Worten zitiert: *„Der gute Reiter muß mit den Eigenschaften des Rosses, seinen Vorzügen und Fehlern vollkommen vertraut sein, und dasselbe nicht bloß zu tummeln, sondern auch zu satteln und zu zäumen verstehen [...] und der Gewerbsmann kann ohne genaue Kenntnis seines Handwerkzeuges auf Tüchtigkeit keinen Anspruch machen. Wie blind ist aber nicht selten der Musiker in Bezug auf sein Instrument! Er bläst hinein oder streicht es an, ohne dass er oft nur eine Ahnung hat, wie die Töne sich in demselben entwickeln und welche Momente diese oder jene Klangfarbe bedingen.“* Eigentlich galt dieser Aufruf den Konservatorien, damit sie sich auch der „Theorie der Instrumente und deren Geschichte“ widmeten, denn an den „wenigsten Instituten dieser Art [wurden] Vorträge über Akustik im Allgemeinen gehalten.“ [1, S. 42]. Was Schebek über die Konservatorien sagte, traf lt. Berthold und Fürstenau auch für den Musikinstrumentenbau in Markneukirchen zu.

Als Historiker, der sich mit der Geschichte des vogtländischen Musikinstrumentenbaus beschäftigt, findet man in verschiedenen Quellen immer wieder solche Klagen, kann aber als Folgeerscheinung Bildungsimpulse ausmachen, die den Instrumentenbau voranbringen sollten. Sie betrafen zunächst den allgemeinen Instrumentalunterricht, dann einen Unterricht an einer Gewerbe-, Fach-

oder Berufsschule, an dessen Anfang das Fachzeichnen stand. Aber bereits sehr früh, nämlich im Jahr 1828, fällt in diesen Kontexten auch der Begriff Akustik. Diese Impulse, namentlich die naturwissenschaftlich ambitionierten, sind – wie das so oft der Fall ist, wenn ein „Ruck“ durch irgendetwas gehen soll – zuweilen wieder verebbt, jedoch haben sie in der regionalen Wirtschafts- und Bildungsgeschichte Spuren hinterlassen, die bis heute wohl nur ungenügend wahrgenommen werden.

Da ich kein Naturwissenschaftler und auch kein Akustiker bin, kann ich diese Spuren nur als Quelle erfassen und in das jeweilige historische und biografische Umfeld einordnen. Damit sollte es immerhin gelingen, einem Seminar zur Geschichte der musikalischen Akustik vor dem regionalen Hintergrund der vogtländischen Instrumentenbaupraxis weitere, bisher unbekannte historische Bausteine hinzuzufügen.

Von der Werkbank zur Schulbank – Die Anfänge der formellen Instrumentenbauer-Ausbildung im 19. Jh. [vgl. 2 u. 3]

Die Geschichte der Instrumentenbauer-Ausbildung ist im oberen Vogtland so alt wie das Handwerk selbst. Sie gehörte anfangs in die Zuständigkeit der Innungen und war die Voraussetzung dafür, dass es in der Region über zweieinhalb Jahrhunderte ein stetiges Wachstum an Werkstätten und selbstständigen Handwerkern gab. Über die Regelungen zur Ausbildung sind wir durch die Satzungen verschiedener Instrumentenmacher-Innungen gut unterrichtet. Eine wichtige Fortbildungsmöglichkeit war dabei die Gesellenwanderschaft. Der Aufenthalt in der Fremde gab wertvolle Anregungen für die Weiterentwicklung des vogtländischen Instrumentenbaus.

Unter dem Eindruck der technischen Veränderungen gerade der Blasinstrumente und im Vergleich mit der internationalen Konkurrenz musste man im 19. Jahrhundert erkennen, dass die rein praktische Lehre an der Werkbank nicht mehr ausreichte. Zwar ist dieser informelle Wissenserwerb, dieses an der Werkbank lebendige „working knowledge“ auch heute noch eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung im Kunsthandwerk [4, 58ff.]. Es war jedoch zu erweitern um das formale Lernen – weniger geleitet durch Bücher und spezielle Lehrwerke, sondern vor allem durch einen begleitenden Unterricht an einer Gewerbeschule. Im Zusammenspiel beider Bereiche finden wir das heutige duale System der Lehrlingsausbildung vorgeprägt, welches durch die seit 1873 bestehende Fortbildungsschulpflicht für Knaben zum Gesetz wurde, sich

aber erst in der Weimarer Republik auf das weibliche Geschlecht ausdehnte.

Das Bemühen um eine Verbesserung der Berufsgrundlagen der Instrumentenbauer erfasste im Laufe des 19. Jahrhunderts alle Hauptorte des vogtländisch-westböhmisches Musikinstrumentenbaus. Als Basis späterer Gewerbeschulen entstanden dort zunächst Musikschulen (Markneukirchen 1834, Klingenthal 1843, Graslitz 1865, Schönbach 1873, weitere Musikschulen auch in Adorf 1860, Erlbach 1909, Schöneck 1911 sowie in Untersachsenberg und Brunddöbra). Diesen Einrichtungen ging es um die Ausbildung der Schulknaben im Instrumentalspiel, man orientierte die Innungen darauf, das Meisterrecht und den selbstständigen Gewerbebetrieb von Kenntnissen im praktischen Musizieren abhängig zu machen. Ergänzend wurden den angehenden Instrumentenmachern an der Sonntagsschule weiterführende Kenntnisse vermittelt, über die weiter unten noch zu reden sein wird.



Abbildung 1: Belobigungsurkunde der Markneukirchner Fachschule für den Zithermacher Richard Emil Berger, 1884.

Aus den Jahren 1854 bis 1859 datiert in Markneukirchen der erste Versuch, beide Bildungsgänge, d. h. die Musikpraxis und die Anfänge des theoretischen Unterrichts, in einer Spezialgewerbeschule zu vereinen. Eine endgültige Profilierung der Gewerbeschulen in den Instrumentenbauerorten ist in den 1870er Jahren als Folge der Reichsgründung und der Eigenständigkeit Österreich-Ungarns zu beobachten. Die Markneukirchner Musik- und Sonntagsschule wurden 1878 zu einer „Fachschule für Instrumentenbauer“ mit musikpraktischem und fachtheoretischem Unterricht zusammengefasst. Sie befand sich weiterhin in städtischer Trägerschaft und unterstand dem Direktor der Volks- bzw. Bürgerschule. Das Personal rekrutierte sich aus den festangestellten Volksschullehrern, die in Einzelfällen wie Paul Apian-Bennwitz (1847-1892) oder Felix Alexander Drechsel (1892-1945) eine erstaunliche fachliche Qualität entwickelten. Erst 1933 erfolgte in Sachsen die formale Trennung von der Volksschule mit eigenem Direktorat. Dagegen wurde die Graslitzer Musikschule 1873 als Staatsschule übernommen, besaß ab 1882 den Status einer „K. u. k. Fachschule für

Musikinstrumenten-Erzeuger“ und bezog 1902 ein eigenes Schulgebäude (ähnlich verlief die Entwicklung auch in Schönbach). An beiden böhmischen Schulen existierten spezielle Lehrwerkstätten, die im Vogtland systematisch erst in den 1930er Jahren eingerichtet wurden. Aus dem Umfeld der Gewerbeschulen kamen auch die Anregungen für das Sammeln von Musikinstrumenten. In Markneukirchen entwickelte sich aus dieser Lehrmittelsammlung des Gewerbevereins das heutige Musikinstrumenten-Museum.

Der Vollständigkeit halber sei angeführt, dass die Schulen in Markneukirchen, Klingenthal, Graslitz und Schönbach unter verschiedenen Bezeichnungen und in gewandelter rechtlicher Stellung bis zur Gegenwart Bestand haben. Sie sind jedoch nicht mehr eigenständig, sondern in größere Berufsschulzentren eingebunden und haben wie im Falle der tschechischen Schulen von Kraslice und Luby 2010 und 2006 ihre Standorte aufgeben müssen. Die heutige Struktur der Instrumentenbauer-Ausbildung im Vogtland ist die Folge von Konzentrationsprozessen, die in den Jahren der DDR lange Zeit nur im Hinblick auf die volkseigene Industrie erfolgt sind. Sie bietet derzeit folgende Möglichkeiten.

- Die Berufs- und Berufsfachschule „Vogtländischer Musikinstrumentenbau“ Klingenthal, als Außenstelle des Berufsschulzentrums Reichenbach mit dem Berufsschulunterricht für das duale System sowie einer Vollzeit-Ausbildung im Streich-, Zupf- und Handzuginstrumentenbau.
- Der 1988 gegründete Studiengang Musikinstrumentenbau, Teil des Fachbereichs für Angewandte Kunst der Westsächsischen Hochschule Zwickau mit einem Meisterstudium in den Bereichen Streich- und Zupfinstrumentenbau.
- Die Meisterlehrgänge für Instrumentenbauer, die unter der Regie der Handwerkskammer Chemnitz aller zwei Jahre in Markneukirchen ausgerichtet werden.

Akustikspuren

Für die geschilderte Entwicklung ergeben sich im 19. und frühen 20. Jahrhundert hinsichtlich der musikalischen Akustik folgende Fragen:

1. Wo blieb die Akustik im Fächer- und Bildungskanon für den Instrumentenmacher? Oder einfacher: Wo gab es naturwissenschaftliches Denken in Bezug auf den Klang, den Bau der Musikinstrumenten, wo wurde akustisches Denken vermittelt?
 2. Damit im Zusammenhang steht die Grundlagenfrage: Welche Quellen, welche Erkenntnisse, welche Methoden standen in dieser Zeit zur Verfügung?
 3. Letztlich folgt daraus die auch heute noch spannende Frage: Wo fand die „graue Theorie“ den Weg zur Werkbank? Wo konnte das wie auch immer vorhandene und gelehrte Wissen in die Praxis einfließen?
- Diese Fragen lassen sich nur in Ansätzen beantworten, indem auf verschiedene Spuren verwiesen wird.

1. Die Zeichenlehrer G. A. Wettengel und W. Petzold

In Markneukirchen erteilten der gelernte Bogenmacher Gustav Adolf Wettengel (1801-1873) und der Musiker Wilhelm Petzold (1812-1886) ab den 1830er Jahren Zeichenunter-

richt. In diesem Fach finden wir ein erstes wesentliches Anwendungsgebiet für die fachliche Qualifizierung des Instrumentenmacher-Nachwuchses. Die Wertschätzung des Fachzeichnens, die bis weit in das 20. Jahrhundert zu beobachten ist, spiegelt deutlich den konstruktiven Ansatz beim Bau von Musikinstrumenten wider. Ausgangspunkt war hierbei deren Proportionierung, die gerade bei der Geige über verschiedene Teilungsverhältnisse und letztlich über geometrisch-zeichnerisches Arbeiten erreicht wurde. In diesem Kontext hatte Wilhelm Petzold einen großen Einfluss auf das Design vogtländischer Metallblasinstrumente, das durch den Einbau der Ventile und die Gestaltung von Rohrverläufen großen Veränderungen unterworfen war. [5, S. 89]

Es ist anzunehmen, dass neben dem vordergründig konstruktiven Ansatz auch akustische Erkenntnisse bekannt waren, die weniger in praktisches Handeln, sondern zunächst zur Erklärung bestimmter Zusammenhänge führten. Dies können wir den schriftlichen Äußerungen der beiden ersten Zeichenlehrer entnehmen:

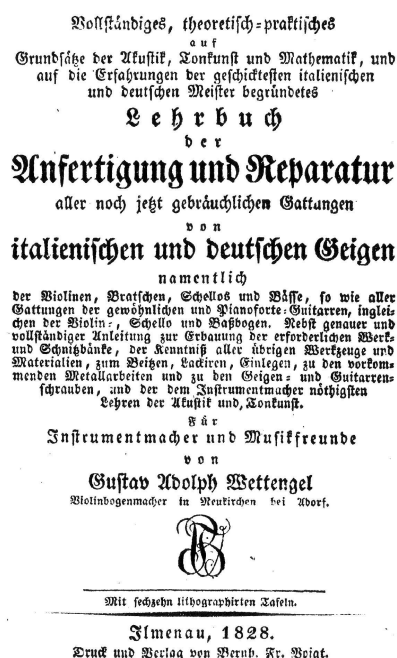


Abbildung 2: Titelseite des Lehrbuchs von G. A. Wettengel, 1828.

Wettengel verfasste 1828, und damit noch vor seiner pädagogischen Tätigkeit an der Sonntagsschule, im bemerkenswerten Alter von 27 Jahren sein „Vollständiges, theoretisch-praktisches [...] Lehrbuch der Anfertigung und Reparatur aller noch jetzt gebräuchlichen Gattungen von italienischen und deutschen Geigen [...]“ – das erste Lehrbuch zum Streichinstrumentenbau (und zum Gitarren- und Bogenbau) überhaupt, dessen Bedeutung als Meilenstein der organologischen Literatur erst in jüngster Zeit bewusst wird. (Auf ein Forschungsprojekt am Studiengang Musikinstrumentenbau sei hiermit verwiesen [6]). In seinem Vorwort geht Wettengel mit der Arbeitsweise seiner vogtländischen Zeitgenossen hart ins Gericht, denn diese befolgten „bei Ausarbeitung der Instrumente ganz irrige

Grundsätze und Verfahrensarten“, besäßen „nicht die mindeste Kenntniss von der Akustik, Mathematik und Tonkunst“, würden zuweilen keine einzige Note kennen. Nach seiner Einschätzung wäre „noch kein, auf die Grundsätze der Akustik und Tonkunst gegründetes Lehrbuch über die Anfertigung dieser Instrumente [vorhanden], das deren Theorie und Praxis in einen harmonischen Einklang vereinigt“ [7, S. IV]. In diesem Bewusstsein ist sein Buch entstanden, auf dem die Neuauflage von Gretzschel (1867) und das Geigenbaubuch von Paul Apian-Bennewitz (1892 [8]) aufbauen. Bevor Wettengel die Herstellung von Geige, Gitarre und Bogen genauer thematisiert, widmet er sich in einem Grundlagenkapitel den Gesetzen der Akustik und der Tonkunst.

Leider gibt es zur Rezeption des Werkes vor Ort keinerlei Anhaltspunkte, die Biografie des Verfassers lässt aber den Schluss zu, dass die von ihm gewollte Verbindung von Theorie und Praxis nicht realisiert werden konnte. Nur so ist zu erklären, dass man Jahrzehnte später noch immer dieselben Probleme ansprechen musste. Wilhelm Petzold beschreibt am 13. Februar 1845 in einer Stellungnahme zur beabsichtigten Gründung einer Blasinstrumentenbauer-Innung den Bildungsanspruch für einen Instrumentenbauer, der über Innungsregeln und den Musikschulbesuch hinaus erweitert sein sollte, „denn dieses ist wieder ein ganz anderes Studium, welches außer den nöthigen praktischen Musikkennntnissen noch theoretische und akustische erfordert, vor allem aber mancherlei, nur durch mehrjährige Beschäftigung und Versuche zu gewinnende Erfahrungen nöthig macht, welche sich theils auf Regeln der Akustik, theils auf zufällige Beschaffenheit der zu den Instrumenten verwendeten Materialien gründen.“ [9, fol. 11 v]. Noch 1875 wurde die Kommission von Theodor Berthold und Moritz Fürstenau von Wilhelm Petzold, inzwischen tätig als Steuereinnahmer, beraten. Deren Entwurf für die Reorganisation der Fachschule fordert neben dem Zeichenunterricht und dem Instrumentalunterricht: „Keine virtuose Ausbildung erstrebt, sondern das Augenmerk immer gerichtet auf genaue Kenntniss der Natur und Einrichtung der verschiedenen Instrumente, dem Bau und die vorkommenden verschiedenen Systeme u. s. w.“, als einen weiteren Lehrgegenstand die „leichtfassliche Darstellung der akustischen Gesetze, welche die Bildung des Tones bei Saiten- und Blasinstrumenten bedingen (Fortbildungsschule)“ [1, S. 46].

2. Stundenpläne, Lehr- und Lernmittel

Bei allen berechtigten Forderungen stellt sich erneut die Frage, wann und wie akustische Inhalte im Unterricht vermittelt wurden. Hierüber können die Stundenpläne der Markneukirchner Fachschule Aufschluss geben. Für das Schuljahr 1882/83 waren in ihren drei Klassenstufen jeweils mindestens acht Wochenstunden Unterricht (einschließlich des Instrumental- und Ensemblespiels) geplant. In der 3. (der untersten Klasse) finden wir zwei Stunden Physik, worauf in der 2. Klasse ebenfalls mit zwei Stunden das Fach Physik und Technologie aufbaute [2, S. 30-39]. 1914 ist ein Minimum von neun Wochenstunden vorgeschrieben, in der 3. und 2. Klasse gab es jeweils zwei Stunden Natur- und Materialkunde [10]. Es liegt nahe, dass wir nicht nur in

Physik, sondern auch in der allgemeiner bezeichneten Naturkunde akustische Inhalte finden. Der „Lehrbericht auf das Schuljahr 1882/83“ umreißt die Akustik-Inhalte des Faches Physik wie folgt: „*Lehre vom Schall: Entstehung und Fortpflanzung des Schalls. Stärke, Geschwindigkeit und Zurückwerfung des Schalls. Apparate, welche auf der Zurückwerfung des Schalls beruhen. Tonhöhe. Tonleiter. Schwingungszahlen. Sirene. Musikinstrumente.*“ [2, S. 36].

Interessanterweise ist das Fach Akustik im ältesten erhaltenen Lehrplan einer vogtländischen Instrumentenbauer-Schule dezidiert ausgewiesen. Nach dem „Regulativ der Special-Gewerbeschule“ von 1854 [2, S. 12-14] waren die theoretischen Fächer ausschließlich in der 3. und 2. Klasse geplant (neben dem wiederum grundlegenden Musikunterricht von jeweils vier Wochenstunden). In der 2. Klassenstufe gab es drei Stunden Zeichnen, zwei Stunden technische Mechanik und drei Stunden Akustik. Auf Wunsch der Geigenmacher-Innung, die eine Qualitätsverbesserung im Lackieren beabsichtigte, wurde 1856 noch das Fach Chemie aufgenommen. Als Direktor und Lehrer der naturwissenschaftlichen Fächer berief man Gustav Eduard Pörzler (1831-1859), der in Vorbereitung auf sein Amt für ein Jahr an der polytechnischen Schule zu Dresden studiert hatte. Dieser erste Bildungsimpuls verebte, weil ihm das zunfthandwerklich orientierte Gewerbe offenbar nur zum Teil das nötige Interesse entgegenbrachte und eine staatlich verordnete Berufsschulpflicht noch fehlte.

Vom Inventar, d. h. von den Lehrmitteln der Schule, ist nachweislich nichts mehr erhalten, aber archivarisches Unterlagen vermitteln interessante Einblicke [11, fol. 21v - 23v]. In der Rubrik Bücher und andere Lehrmittel ist die Wellenlehre der Gebrüder Weber aufgelistet, ferner Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie, 1855, No. 1-6. Das Verzeichnis „physikalischer Apparate“ umfasst 1855 immerhin 65 Positionen. Es belegt deutlich die bewusste Hinwendung zu den naturwissenschaftlichen Fächern, in starkem Maße sicherlich angeregt durch Eduard Pörzlers Kurzstudium in Dresden. Es ist an dieser Stelle in der originalen Schreibweise vollständig wiedergegeben:

1. 1 Sirene mit Zählerwerk
2. 1 Chladni Klangfigurenapparat
3. 1 Monochord
4. 4 div. Stimmgabeln
5. 1 Gebläse-Tisch mit 10 Pfeifen, Interferenzrohr, Einrichtung zum Glaskasten
6. 1 Trevelyan-Instrument
7. 1 Sprachrohr von Blech
8. 1 Gasentwickelapparat
9. 1 Mälzels Metronom
10. 1 Wellenapparat mit Quecksilber
11. 1 Parallelogramm der Kräfte
12. 1 Schiefe Ebene
13. Rollen und Flaschenzüge auf Stativ
14. 1 Hebel nebst 1 Satz Lothgewichte mit Henkeln
15. 1 Handwage mit Stativ und 1 Satz Pfund- und Lothgewichte
16. 1 Brückenwaage als Modell
17. 1 Elfenbeinkugel mit Steinplatte

18. 1 Apparat zur Lehre vom Keil
19. 1 Compressionspumpe von Glas
20. 3 div. communicierende Röhren
21. 1 [Nichalsansches] Aerometer mit Gewichten
22. 2 Aerometer und 1 Thermometer in Etui
23. 2 Systeme Kapillarröhren und Platten
24. 1 Barometerrohr mit Glastrichter
25. 1 Heberbarometer
26. 1 Luftpumpe mit 2 Glocken
27. 1 Pr. Magdeburger Halbkugeln
28. 1 Flügelrad
29. 1 Glasrohr zum Fallversuch
30. 1 Gefrierapparat mit Thermometer
31. 1 Glocke mit Hammer
32. 1 div. Heber von Glas
33. 1 Heronsbrunnen von Glas
34. 2 Modelle von Pumpen in Glas
35. 3 div. Balons
36. 1 Centrifugalapparat mit 6 Nebenapparaten
37. 1 Sekundenpendel mit Stativ
38. 1 Stoßmaschine
39. 1 Sammlung von Glaslinsen und Spiegeln
40. 2 Hohlspiegel auf Stativ mit div. Nebenapparaten
41. 1 Flintglasprisma auf Stativ
42. 1 Thermometer
43. 1 Kugel von Messing mit Ring
44. 1 Pyrometer
45. 1 Spirituslampe
46. 1 Magnetstab
47. 1 Hufeisenmagnet
48. 2 Glasstäbe für Electricität
49. 1 Magnethadel für Inclination
50. 1 dergl. für Declination
51. 1 Elektrometer
52. 1 Elektro [...]
53. 1 Electrisiermaschine
54. 1 Isolierschemel
55. 1 Auslader
56. 2 Leidner Flaschen
57. 1 Flugrad mit Stativ
58. 1 Blitztafel
59. 1 Funkenzieher Leitgs.-[Leitungs-?] batterien
60. 1 Glockenspiel
61. 1 Galvanometer
62. 1 Electromagnet mit Leitg. und Verbindungsdrichter
63. 2 Bunsensche Kohlenbatterien
64. 3 Pr. Kupfer- und Zinkplatten
65. 1 Darstellung des menschl. Ohres von Zeillon in München nebst Erklärung

Mit der Reorganisation der Fachschule wurden ab 1878 erneut umfangreiche Lehrmaterialien angeschafft. Der gedruckte Bericht des Direktors Carl Eduard Bachmann (1838-1888) aus dem Jahre 1883 gibt darüber genauere Auskunft, so dass hier nur darauf verwiesen sei [2, S. 42-44]. Mit dem Inventar des Jahres 1855 gibt es kaum Übereinstimmungen, offenbar wurde in der dazwischenliegenden, von einer gewissen Fachschulmüdigkeit geprägten Zeit nicht zu dessen Erhaltung beigetragen.

3. Gewerbeverein und Umfeld (Bibliotheksbestand, Zeitschriftenabonnements, Vorträge, Publikationen von Sammlungsdirektoren)

Ab den 1870er Jahren setzte in Markneukirchen nicht nur der staatlich geforderte Fachschulunterricht neue Akzente, sondern auch der 1872 gegründete Gewerbeverein. Ein wirtschaftlicher Aufschwung, der auf die Gründung des Deutschen Reiches folgte, war die Grundlage für ein neues bürgerliches Selbstbewusstsein; neben unleugbaren nationalistischen Tendenzen herrschte durchaus auch eine geistige Aufbruchsstimmung. Bei den etablierten Markneukirchner Geschäftsleuten führte das zu einem freiwilligen Zusammenschluss. Über das – wenn überhaupt noch vorhandene – Innungswesen hinaus ermöglichte eine Mitgliedschaft im Gewerbeverein neue und wertvolle Bildungsimpulse, letztlich Bausteine für ein lebenslanges Lernen.

Der Verein kaufte Bücher, abonnierte Zeitschriften wie die seinerzeit maßgebliche Zeitschrift für Instrumentenbau [12], die im Zirkular gelesen wurden. (Anmerkung: Die 1880 von Paul de Wit in Leipzig gegründete Zeitschrift ist in ihrer Aktualität, ihrer thematischen Breite und ihrer redaktionellen Kompetenz auch heute noch als beispielgebendes Spezialorgan der deutschen Musikwirtschaft zu bezeichnen. Gerade deswegen stellt sie eine unschätzbare Fundgrube für musikwissenschaftliche und instrumentenkundliche Forschungen dar, sicherlich auch – wenn man sich die Mühe einer entsprechenden Analyse machte – für historisch-technologische und akustische Fragestellungen.)

Letztlich initiierte der Gewerbeverein 1883 die Gründung des Gewerbemuseums, in welchem man das Anschauungsmaterial für den Fachschulunterricht, in der Regel also Musikinstrumente, ihre Teile und Ausgangsmaterialien, bereithalten konnte. Der Katalog des Museums aus dem Jahre 1908 erfasst nicht nur den Instrumentenbestand, sondern auch die Bibliothek des Gewerbevereins bzw. des –museums. In der Sachgruppe Akustik sind folgende acht Werke verzeichnet [13, S. 84]:

13. Ebrard, Dr. A.: System der musikalischen Akustik, Erlangen 1866.
14. Elsas, Dr. A.: Der Schall. Eine populäre Darstellung der physikalischen Akustik mit besonderer Berücksichtigung der Musik, Leipzig 1886.
86. Elsas, Dr. A.: Der Schall.
24. Helmholtz, H.: Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, 3. Auflage, Braunschweig 1870.
29. Mahillon, V. C.: Elemente der Akustik, Brüssel 1874.
43. Radau, R.: Die Lehre vom Schall.
51. Schafhäütl, Dr. von: Theorie gedeckter, zylindrischer und konischer Pfeifen und der Querflöten.
155. Türk, Daniel Gottlob: Anleitung zu Temperaturberechnungen, Halle und Leipzig 1806.

Ein zentrales Arbeitsfeld des Gewerbevereins waren regelmäßige Vorträge, die von Mitgliedern für Mitglieder, zuweilen aber auch von auswärtigen Referenten gehalten wurden. Für die Jahre 1872-1897 ist das vielfältige Spektrum dieser Vortagstätigkeit detailliert überliefert [14,

S. 19-25]: Man informierte sich zu handwerklichen Problemen des Instrumentenbaus (Material, Lacke, historische Instrumente, Maschineneinsatz auch in anderen Gewerben), behandelte Aspekte des Gewerberechts (Patent- und Musterschutz, auswärtige Konkurrenz, Steuern, Arbeitsteilung). Manche Mitglieder berichteten anschaulich von ihren Auslandsreisen, man thematisierte in gewisser nationaler Ehrfurcht historische Ereignisse, sprach mit entgegengesetzter Skepsis von der „sozialen Frage“ und den dahinterstehenden Sozialisten. Dem vereinseigenen Museum und der Ausbildung an der Markneukirchner Fachschule galt wiederholt das Interesse der Vortragenden, hierzu gab es wertvolle Anregungen. Dennoch stellten die Mitglieder des Gewerbevereins nicht das Auditorium dar, das sich neben populärwissenschaftlichen „Ausflügen“ in die Welt der Naturkunde und Technik mit akustischen Themen beschäftigen wollte, selbst wenn Tischler August Gläsel 1879 mit „Handwerk und Wissenschaft“ einmal einen gewissen Anspruch formulierte, über den wir im Detail nicht weiter unterrichtet sind (Anm.: Gläsel hatte den Spitznamen „Tierchen“, er war Hobby-Mineraloge und besaß eine reichhaltige Natursammlung). Manches Thema mag aus heutiger Sicht eher erheiternd klingen (Volksaberglaube, Luxus, Hautpflege durch Bäder, Zahnheilkunde, Einfluss des Alkohols auf den menschlichen Körper, Letzteres vermittelt durch Kantor Hellriegel), aber erst damit ist das aufklärerische Wirken des Gewerbevereins vor dem kleinhandwerklich-bürgerlichen Hintergrund der Stadt Markneukirchen in seiner ganzen Breite erfasst.

Die herausragende Persönlichkeit des Markneukirchner Gewerbevereins war dessen langjähriger Schriftführer, der Organist und Lehrer Paul Otto Apian-Bennwitz (1847-1892). In den Jahren 1877 bis 1892 hielt er 11 von insgesamt 109 Vorträgen. Mit dem von ihm logisch begründeten und konsequent verfolgten Aufbau des Gewerbemuseums sowie mit seinem 1892 erschienenen Buch „Die Geige, der Geigenbau und die Bogenverfertigung“ [8], welches bis heute im Reprint verlegt wird, hat er weit über sein kurzes Leben hinaus Spuren hinterlassen.



Abbildung 3: Paul Otto Apian-Bennwitz (1847-1892), Lehrer, Organist, Museumsgründer und Fachbuchautor

4. Initiativen auf dem langen Weg zur Boehmflöte

Das Bedürfnis, sich mit akustischen Problemen auseinander zu setzen, ist im 19. Jh. vor allem bei den Blasinstrumenten nachzuweisen, besonders deutlich bei den Holzblasinstrumenten. Denn hier galt es nicht nur, den guten und schönen Klang zu suchen, vielleicht zu verbessern. Ganz elementar hatte man zunächst damit zu tun, überhaupt stimmende, intonationssichere Instrumente herzustellen. Problematisch war das zum einen bei der Vielzahl vorliegender, regional verschiedener Grundstimmungen, zum anderen aber bei einem Instrumentarium, welches durch viele Klappen und Mechaniksysteme zwar prinzipiell eine durchgängige Chromatisierung ermöglichte, aber weiterhin mit zahlreichen Schwachstellen und Kompromissen einherging.

Auf diesem Wege war vor allem die Beschäftigung mit den Erkenntnissen Theobald Boehms entscheidend, wobei wir hier nicht nur vom Nachbau seines Flötenmodells, sondern punktuell auch vom Studium seiner Schriften ausgehen können. Der beschwerliche vogtländische Weg zur Boehmflöte, die Gründe für die lange deutsche Resistenz gegen das richtungsweisende Modell und die allmähliche Aufnahme des Boehmflötenbaus in Markneukirchen erst reichlich 50 Jahre nach Boehms erster konischer Ringklappenflöte bzw. 35 Jahre nach dessen zylindrischer Metallflöte wurden an anderer Stelle genauer besprochen [15].

1883 baute Otto Mönnig die erste Markneukirchner Boehmflöte, spätestens 1892 folgten ihm Carl August Schreiber und Oscar Adler. Entscheidende Begegnungen erfolgten oft auf der Gesellenwanderschaft; durch die Verleger vermittelte Markimpulse sind nicht auszuschließen. Wertvolle Anregungen für die zweite Generation Markneukirchner Boehmflötenbauer gaben dann Musterinstrumente des Gewerbemuseums, welches jedoch erst 1897 Boehmflöte und -piccolo von Emil Rittershausen (Inr. 0983 und 0985) und ab 1903 eine originale Flöte von Boehm (Nr. 73 von 1847, Inr. 1089) besaß. Wir können davon ausgehen, dass zu diesem Zeitpunkt in Markneukirchen einige schriftliche Dokumente von Theobald Boehm (1794-1881) bzw. seinem Mitarbeiter und Bewunderer Carl Emil von Schafhütl (1803-1890) greifbar waren. Aus ihnen gehen einerseits die wechselseitigen Anregungen der beiden Universaltalente hervor, andererseits lassen sich für den praktischen Instrumentenbau wesentliche Thesen über die Boehmflöte ableiten.

Boehms wegweisende Veröffentlichung „Ueber den Flötenbau und die neuesten Verbesserungen desselben“ [16] konnte der Verf. aus dem Nachlass des Markneukirchner Flötenmachers Bruno Schreiber (1889-1965) erhalten. Er war der Bruder des unter Flötisten nach wie vor hochgeschätzten Carl August Schreiber (1871-1931). Damit ist zumindest die Richtung für eine bewusste Boehm-Rezeption in Markneukirchen aufgezeigt, wenngleich wir immer noch nicht wissen, wie gerade Carl Schreiber nach 1890 wie Phönix aus der Asche zu einem der besten deutschen Boehmflötenbauer seiner Zeit aufstieg. Aus Boehms Schrift stammt das folgende Zitat, in dem er die

Herleitung seines Modells mit der Wertschätzung seines Freundes und Kollegen Schafhütl alias Pellisov verbindet.

„Es ist bei solchen Untersuchungen durchaus nothwendig, dass der Physiker zugleich tüchtiger durchgebildeter Musiker sei; denn durch die bloße Beiziehung eines Musikers wird kaum irgend ein nützliches Verständnis zwischen dem Physiker und dem Virtuosen hervorgebracht werden können, und dies ist wahrscheinlich die Ursache, dass ausser der von Dr. Carl Schafhütl, als Pseudonymus C. P. Pellisov, im Jahre 1833 in den Jahrbüchern der Chemie und Physik Bd. VIII erschienenen und auch besonders abgedruckten: ‚Theorie gedeckter konischer und cylinderischer Pfeifen und der Querflöten‘ wenigstens meines Wissens, kein einziger Versuch zur Entwicklung einer Theorie der Flöten-Instrumente gemacht worden ist, in welcher man durch Verhältniss und Zahl Rechenschaft zu geben versuchte über Wesen, den Bereich und die Verbindung der einzelnen Erscheinungen, auf welche sich unsere Querflöte basirt.“ [16, S. 32f.]

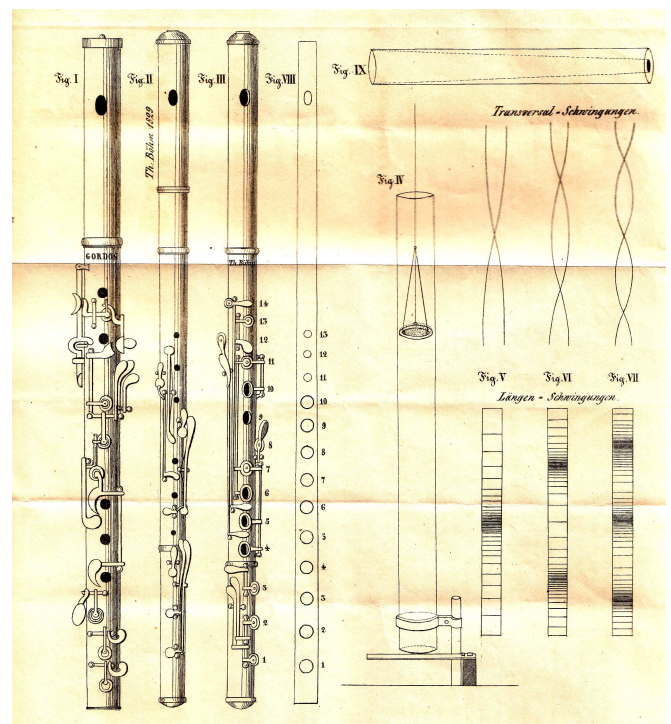


Abbildung 4: Bildtafel aus Boehms Flötenbaubuch von 1847. Diese Darstellung bezieht sich neben Schafhütl auch auf die Bestimmung der Lage der Knoten in offenen Röhren nach William Hopkins.

Schafhütls umfangreichste Wortmeldung zu Musikinstrumenten findet man dort, wo man sie nicht unbedingt vermutet: in seinem Bericht über die deutsche Industrie-Ausstellung in München 1854 [17]. Seine Besprechung der „musikalischen Instrumente“ umfasst mehr als drei Viertel des 6. Bandes der Beurteilungskommission und weist ihn, den Physiker und Geologen, als kenntnisreichen Musiktheoretiker aus. Am Anfang der Kapitel über die Instrumentengruppen stehen interessante historische Bemerkungen, die den damaligen Erkenntnistand über die Geschichte der Musikinstrumente, die Akustik und auch die Einschätzung aktueller Entwicklungen enthalten.

Hierbei werden die Leistungen von Václav František Červený und Theobald Boehm eingehend gewürdigt; auf Adolphe Sax, der nicht zu den Ausstellern zählte, wird beispielgebend verwiesen. Tabellen zu Stimmungen und zum Einsatz der Ventile (Claves) sollen den Lesern und den Ausstellern mit mangelhaften Erzeugnissen eine Orientierung geben. Der Münchner Ausstellungsbericht befindet sich mit der Erstschrift 110 im Altbestand der Markneukirchner Museumsbibliothek. Daraus folgender Auszug:

„Bei unsern deutschen Instrumentmachern ist dies [eine Angabe des klingenden Tonumfangs, wie es offenbar A. Sax handhabte, E. W.] leider nie der Fall; ja die meisten sind eben nicht einmal im Stande, die Prinzipien, worauf der Bau ihrer Instrumente fußt, anzugeben; und man fragt z. B. gewöhnlich vergebens: Wie lang ist Ihr Instrument, wenn Sie sich die gewundene Röhre gerade denken und wie weit ist es im Verhältnis zur Länge gebaut? Selbst die Angabe der Stimmung in Deutschland ist für den Theoretiker von keinem Nutzen. Der Instrumentenmacher bedient sich dazu immer der großen Buchstaben des Alphabets, mag es eine Octave höher oder tiefer stimmen, und bedient sich höchstens des Beisatzes hoch; er kennt die so einfache deutsche Tabulatur des Prätorius nicht, und spricht man mit ihm z. B. vom zweigestrichenen c, so denkt er an die Noten und ihre Streiche unter den Köpfen und durch dieselben und versteht natürlich den Ausdruck falsch.“ [17, S. 169]

Die von Schaffhütl formulierte Kritik muss von einem Markneukirchner Leser des Bandes erkannt worden sein, denn der erste Teilsatz der zitierten Stelle wurde rot unterstrichen, am Rande befinden sich Ausrufezeichen. Einsicht soll bekanntermaßen der erste Weg zur Besserung sein. Dennoch muss bezweifelt werden, dass aus dem Studium der zeitgenössischen Standardwerke wesentliche Impulse für das Anwenden akustischer Erkenntnisse, etwa für ein Berechnen des Tonlochnetzes, erfolgten. Wenn man sich aber der nach wie vor vorhandenen Defizite bewusst wurde – dafür stehen die Markierungen am Text –, dann konnte man diese durch Gesellenjahre in fremden Werkstätten oder durch das Vermessen und Kopieren von Musterinstrumenten kompensieren.

5. Felix Alexander Drechsel

Erst in den 1920er Jahren finden wir gesicherte Belege, die uns nicht nur zeigen, dass man akustische Erkenntnisse in die Instrumentenbauer-Ausbildung vermittelte, sondern die auch belegen, wie das systematisch, praxisorientiert und didaktisch geschickte geschah. Dieses besondere Moment in der Markneukirchner Gewerbeschulgeschichte wird durch den Lehrer Felix Alexander Drechsel verkörpert, über den bisher kaum biografische Angaben bekannt waren. Deshalb und weil er meist nur unter F. A. Drechsel publizierte, wird sein Name in der Neuauflage seines Akustik-Kompodiums von 1927 und auch an anderer Stelle meist mit Friedrich August angegeben. Der Sohn des Garnisonbackmeisters Albin Richard Drechsel, Militärbäckermeister des Proviantamtes Dresden, wurde am 9. Mai 1892 am Dienort seines Vater geboren. Eine Ausbildung zum Lehrer mit gleichzeitigen kirchenmusikalischen Qualifikationen müssen

wir angesichts seiner späteren Arbeitsstellen voraussetzen. Nach dem Ersten Weltkrieg dürfen wir seine Anstellung in Markneukirchen annehmen, wo er am 28. Mai 1921 Käthchen Pyrrhus, geb. Hums, heiratete. Von 1928 bis 1933 wirkte er als Oberlehrer und Kantor in Ursprung im Erzgebirge, danach in gleicher Position in Altmittweida. In manchen Familien seines letzten Dienortes ist die Erinnerung an seine Person noch wach.

Bis zur Trennung von Kirchen- und Schuldienst (im Freistaat Sachsen offiziell 1921) standen die ranghöheren Lehrerstellen oft in Personalunion mit dem Kantoren- oder Organistenamt. Im Nebenamt blieben diese Verbindung noch längere Zeit lebendig. Da beide Stellen in Markneukirchen schon besetzt waren, konnte Drechsel seine Laufbahn mit einem Aufstieg zum Oberlehrer nur an einem anderen Ort fortsetzen. Offenbar war das der Grund, weswegen er in erzgebirgische Landgemeinden wechselte. Damit fand sein in Markneukirchen begonnenes Interesse für den Instrumentenbau ein Ende. Mit Beginn des Zweiten Weltkrieges wurde Felix Drechsel zum Militärdienst eingezogen. Er verstarb am 20. April 1945 in Bautzen. Seine Frau, seine 1922 geborene Tochter Helga und weitere Nachfahren wohnen bzw. wohnten in Weimar.



Abbildung 5: Felix Alexander Drechsel (1892-1945).

In Markneukirchen war Drechsel an der Volksschule angestellt. Im Gegensatz zu Altmittweida versah er hier noch kein Kirchenmusikamt, ist aber 1924 als Dirigent der Sängerkapelle des Männerturnvereins genannt. Die in den 1920er Jahren bestehende strukturelle und personelle Einheit von Volks- und Gewerbeschule führte dazu, dass Drechsel auch die Instrumentenbauer unterrichtete und innerhalb weniger Jahre sogar entsprechendes Lehrmaterial herausgab. Darüber hinaus finden wir zwei Aufsätze, die ihn als Forscher zur Instrumentenbau-Geschichte ausweisen. 1927 verfasste er in der Jubiläumsschrift der Markneukirchner

Geigen- und Saitenmacher-Innung den Teil über die Geschichte der Saitenindustrie [18]. Ein Jahr später veröffentlichte die Zeitschrift für Instrumentenbau eine profunde Darstellung über die Geschichte des Musikinstrumentenbaus in der Landeshauptstadt Dresden [19].

Für seinen Unterricht in den Gewerbeschulklassen machte sich Felix Alexander Drechsel in besonderer Weise die Erkenntnisse des Belgiers Victor-Charles Mahillon (1841-1924) zunutze, der neben Boehm, Červený und Sax für den Blasinstrumentenbau des 19. Jahrhunderts ein wesentlicher Anreger war. Der Mitinhaber der väterlichen Musikinstrumentenfabrik C. Mahillon wirkte ab 1877 als Konservator der Musikinstrumentensammlung des Konservatoriums Brüssel und machte sich in dieser Eigenschaft als Vater der modernen Systematik der Musikinstrumente (1888) einen Namen (auf ihn geht die begriffliche Basis für die Hornbostel-Sax-Systematik von 1914 zurück).

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Teil: Die Zahl in Heimat und Gewerbe	5
I. Markneukirchen und seine Industrie	5
II. Aus den Naturwissenschaften	10
III. Aus der Praxis des Gewerbetreibenden	13
A. Allgemeines	13
B. Aus einzelnen Berufen	17
IV. Die Löhne und ihre Abzüge	26
V. Die Steuern des Gewerbetreibenden	32
VI. Die Post	35
Anhang zum I. Teil: Musterbeispiele und Tabellen	39
II. Teil: Kalkulationslehre	51
I. Die gewerbliche Kalkulation	53
A. Der Einkaufspreis	53
B. Der Herstellungspreis	56
C. Der Selbstkostenpreis	59
D. Der Verkaufspreis	63
II. Die Warenkalkulation	68
A. Die Einkaufskalkulation	68
1. einfache Kalkulationen	68
2. zusammengesetzte	68
B. Der Selbstkostenpreis	69
C. Der Verkaufspreis	69

Abbildung 6: Inhaltsverzeichnis des „Rechenbuches“ von Felix Alexander Drechsel.

Auf der Grundlage verschiedener Publikationen Mahillons, die z. T. auch in der Zeitschrift für Instrumentenbau abgedruckt waren, stellte F. A. Drechsel die Hauptthesen zur Akustik der Blasinstrumente in Form von 30 Paragraphen mit Vorbemerkungen, Anhang und 16 Zeichnungen zusammen. Herausgeber des Akustik-Kompandiums war der angesehene Leipziger Verlag von Paul de Wit, eingesetzt wurde es vor allem im Unterricht an der Markneukirchner Gewerbeschule [20]. Eine Neuauflage besorgte 1979 der Moeck-Verlag in Celle, der zum damaligen Zeitpunkt noch immer „einen ungenügenden Wissensstand bei vielen Praktikern“ feststellen konnte und vor diesem Hintergrund die

grundlegenden Arbeiten von Mahillon und deren Aufbereitung durch Drechsel würdigt [21, S. 3]. Eine Folge von Drechsels Arbeit war ein Qualitätssprung bei vogtländischen Blasinstrumenten, der ab den 1920er Jahren zu beobachten ist und sich u. a. bei der Überwindung der Weltwirtschaftskrise und durch die besondere Präferenz für die Militärblasmusik im Dritten Reich weiter fortsetzte.

Dennoch bliebe mit dem Akustik-Kompandium der Schritt zur Praxis nur theoretisch vorgegeben, wenn sich daran nicht entsprechende Übungen und konkrete Aufgaben angeschlossen hätten. An dieser Stelle setzte Drechsels „Angewandtes Rechnen für das Musikinstrumenten-Gewerbe“ an [21]. Es wurde bereits ein Jahr vor dem Akustikband im Eigenverlag der Stadt Markneukirchen und für den ausschließlichen Gebrauch an der städtischen Gewerbeschule herausgegeben, sollte aber auch „über die Schule hinaus ein Berater für den Gewerbetreibenden bleiben“ [21, S. 3]. Inhaltlich weist es seinen Verfasser nicht nur als versierten Fachmann und Kenner der Markneukirchner Verhältnisse, sondern auch als einen fähigen Pädagogen aus. Hierzu drei Beispiele:

Aufgabe aus Teil I (Markneukirchen und seine Industrie):

24. 1910 waren rund 4800 Bewohner Markneukirchens in der Musikinstrumentenindustrie beschäftigt, 1887 insgesamt 1446. Wieviel % der Bevölkerung waren das 1910 (8962 Einwohner) und 1887 (ca. 6100 Einwohner)?

Aufgabe aus Teil II (Aus den Naturwissenschaften)

17. Wie groß ist die Wellenlänge einer offenen Lippenpfeife von 0,4 m; 0,6 m; 1 m; 1,8 m; 2,6 m Länge?

Aufgabe aus Teil III (Aus der Praxis des Gewerbetreibenden)

5. Ein 21-jähriger Geigenbauer plant, sich selbständig zu machen, wenn er RM 1000,- gespart hat. Er arbeitet wöchentlich 54 Stunden zu RM -,62. Vom Wochenlohn werden ihm RM 3,53 Steuern usw. abgezogen. Er verbraucht wöchentlich RM 25,-. Wann geht sein Wunsch in Erfüllung? (ohne Zinsen)

Gerade der naturwissenschaftlich orientierte Teil II und der Teil III B („Aus der Praxis einzelner Berufe“) enthalten Anwendungsaufgaben zu den nach Mahillon erstellten Regeln des Akustik-Kompandiums. Hintergrund vieler Rechenaufgaben sind statistische Angaben aus dem Markneukirchner Musikgewerbe, die heute sogar einen gewissen historischen Quellenwert besitzen (Steueraufkommen, Menge der Postsendungen, USA-Exporte, Preise von Stradivari-Versteigerungen etc.). So wurden die allgemeine Mathematik, aber auch die Fachtheorie in einer anschaulichen Lebensnähe, in einer gewissen Fasslichkeit vermittelt. Als wichtige Quelle seiner Aufgaben nennt Drechsel die „Werkstatt des Musikinstrumentenmachers“ [21, S. 3]. Beide Bücher von Felix Alexander Drechsel hat man bis in die 1950er Jahre im Fachschulunterricht verwendet, sie sind noch heute in einigen Markneukirchner Werkstätten und Familien vorhanden.

Schlussbemerkung

Der vorliegende Beitrag sollte in die Anfänge des formellen oder formalisierten Wissenserwerbs für Instrumentenmacher in Markneukirchen führen. In diesem langen und nicht widerspruchsfreien Prozess kann man keinesfalls vollmundig von der Implementierung theoretischen Wissens, vom Einzug der Wissenschaft in den Instrumentenbau selbst sprechen. Realistisch betrachtet waren es (mitunter verzweifelte) Versuche, das tradierte Erfahrungswissen um die Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Beschreibung und um ein technisches Verständnis zu ergänzen. Hierbei wurde oft der Mangel an akustischen Kenntnissen betont, wir finden aber immer wieder Impulse, die diesem Mangel abhelfen sollten und dies z. T. auch konnten. Diesen „Akustikspuren in der Instrumentenbauer-Ausbildung“ könnte man mit Sicherheit noch weitere Erkenntnisse abgewinnen.

Literatur /Quellen

- [1] Berthold, Theodor; Fürstenau, Moritz: Die Fabrikation musikalischer Instrumente und einzelner Bestandtheile derselben im Königl.-Sächsischen Vogtlande, Leipzig: Breitkopf & Härtel 1876.
- [2] Bachmann, Eduard: Bericht über die Fachschule für Instrumentenbauer in Mark-Neukirchen. Markneukirchen ca. 1883.
- [3] Weller, Enrico: Schule, Orchester, Museen, Wettbewerbe – das Umfeld des Markneukirchner Instrumentenbaus, in: Werner Pöllmann; Enrico Weller: Einblicke in 650 Jahre Stadtentwicklung, Markneukirchen 2010.
- [4] Neudörfer, Sonja: Tradiertes Erfahrungswissen und arbeitsteilige Produktionsnetzwerke. Der Schönbacher Geigenbau im 19. und 20. Jahrhundert, Darmstädter Studien zu Arbeit, Technik und Gesellschaft, Band 2, Aachen: Shaker 2007.
- [5] Heyde, Herbert: Das Ventilblasinstrument. Seine Entwicklung im deutschsprachigen Raum von den Anfängen bis zur Gegenwart, Leipzig: Deutscher Verlag für Musik 1987.
- [6] Weller, Enrico: Lehrbuch im Visier der Forschung. Studiengang Musikinstrumentenbau beginnt Aufarbeitung des Geigenbau-Lehrbuchs von Gustav Adolph Wettengel, in: Instrumentenbau-Zeitschrift 65. 7/8 (2011), S. 18-19.
- [7] Wettengel, Gustav Adolph: Vollständiges, theoretisch-praktisches [...] Lehrbuch der Anfertigung und Reparatur aller noch jetzt gebräuchlichen Gattungen von italienischen und deutschen Geigen ..., Ilmenau: Bernh. Fr. Voigt 1828.
- [8] Apian-Bennewitz, Paul Otto: Die Geige, der Geigenbau und die Bogenverfertigung, Weimar: Voigt 1892.
- [9] Archiv des Musikinstrumenten-Museums Markneukirchen: Acta, die gesuchte Errichtung einer Innung der musicalischen Instrumentenmacher alhier betreffend, Stadtratsakte Rep. II, Cap. VIII, Lit. B, No. 4, 1843-1859.
- [10] Privatbesitz: Gewerbeschule für Musikinstrumentenbauer zu Markneukirchen Jahresbericht und Prüfungsordnung Ostern 1914.
- [11] Stadtarchiv Markneukirchen 1136 (alt 1001) Gewerbeschule betr. 1834[54]-1860 mit Verzeichnis der Unterrichtsmittel der Spezialgewerbeschule zu Markneukirchen von 1855.
- [12] Zeitschrift für Instrumentenbau, hrsg. von Paul de Wit u. a., Leipzig 1880-1945 (kurz: ZfI).
- [13] Hellriegel, Franz: Katalog des Gewerbemuseums zu Markneukirchen, Markneukirchen 1908.
- [14] Festschrift zum 25-jährigen Jubiläum des Gewerbevereins zu Markneukirchen und Katalog zur Markneukirchner Gewerbe- und Industrie-Ausstellung 8. bis 15. August 1897, hrsg. von R. Weller, Markneukirchen 1897.
- [15] Weller, Enrico: Vogtländischer Flötenbau im 18. und 19. Jahrhundert, in: Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der Querflöte. Michaelsteiner Konferenzberichte Band 74 (Symposium 2006), Augsburg/Michaelstein 2008, S. 131-151.
- [16] Boehm, Theobald: Ueber den Flötenbau und die neuesten Verbesserungen desselben, Mainz: Schott 1847.
- [17] Schafhütl, Karl von: Über musikalische Instrumente. in: Bericht der Beurtheilung-Commission bei der allgemeinen deutschen Industrie-Ausstellung zu München 1854. 6. Heft. Instrumente. München: Georg Franz 1854, S. 53-234.
- [18] Drechsel, F. A.: Geschichte der Saitenmacher-Innung, in: Festschrift anlässlich der gemeinschaftlichen Gedenkfeier der Saiteninstrumentenmacher- (früh. Geigenmacher-) Innung und der Saitenmacher-Innung zu Markneukirchen zur Erinnerung an ihre Gründungsjahre 1677 und 1777, Markneukirchen 1927, S. 59-97.
- [19] Drechsel, F. A.: Zur Geschichte des Instrumentenbaues in Dresden, in: Zeitschrift für Instrumentenbau 49 (1928), S. 995-1000.
- [20] Drechsel, F. A.: Zur Akustik der Blasinstrumente, Leipzig: Verlag von Paul de Wit 1927.
- [21] Drechsel, F. A.: Kompendium zur Akustik der Blasinstrumente nach Victor-Charles Mahillon, Celle: Moeck, 1979 (Sonderdruck, Beilage zur Tibia 2/1972).
- [22] Drechsel, F. A.: Angewandtes Rechnen für das Musikinstrumenten-Gewerbe, Markneukirchen: Verlag der Stadt 1926.

Geschichte der Stimmungssysteme

Esther Zenetti

Universität Regensburg, E-Mail: esther.zenetti@stud.uni-regensburg.de

Einleitung

In diesem Beitrag soll die historische Entwicklung der Stimmungssysteme näher beschrieben werden. Dazu wird ein Blick in die Geschichte der Stimmungssysteme geworfen und die jeweiligen Charakteristika aufgezeigt.

Definition

Als *Stimmung* wird die Tonhöhe (Frequenz) der Tonquelle bezeichnet. Es wird zwischen absoluter Tonhöhe (z.B. Normfrequenz) und relativer Festlegung (z.B. Stimmung von Streichinstrumenten) unterschieden. Als *Stimmungssystem* (Temperatur) wird das Tonhöhenverhältnis (Frequenzverhältnis) bezeichnet.

Antike und Mittelalter

Pythagoras teilte die Saiten eines Monochordes in ganzzahligen Saitenverhältnissen und erhielt dadurch die *Oberton-/Naturtonreihe*. In der Antike und im Mittelalter bevorzugte man *reine Intervalle*. Die Terz – damals als Summe von zwei großen Ganztönen (Ditonus) – galt als dissonant.

Mit der Zeit entwickelten sich die Intervalle. Zuerst bestand die Quarte aus Ditonus und Leimma. Der zweite große Ganzton des Ditonus wurde in einen kleinen Ganzton und das syntonische Komma aufgeteilt. Letzteres wurde zum Leimma addiert. So entstanden die heutige große Terz und die große Sekunde.

Renaissance

Die neugewonnene Terz wurde Harmonieträger im Dur-Moll-System. Infolge dessen wurde die *Mitteltönige Stimmung* mit leicht verkleinerten Quinten entwickelt. Konsequenz davon war die Beschränkung auf zentrale Tonarten.

Berechnungen

Eine vierfache Schichtung reiner Quinten ist um das syntonische Komma (ca. 21,51 Cent) größer als die Doppeloktav mit großer Terz. Will man Gleichheit erhalten, muss man die Quinte auf die mitteltönige Quinte (ca. 1,4953) leicht verkleinern.

Eine 12-fache Schichtung reiner Quinten ist um das pythagoräische Komma (ca. 23,46 Cent) größer als die 7-fache Oktav. Eine 12-fache Schichtung mitteltöniger Quinten ist um die kleine Diesis (ca. 41,06 Cent) kleiner als die 7-fache Oktav.

Wolfsquinte

Eine 11-fache Schichtung mitteltöniger Quinten ist um ca. 35,68 Cent größer als die 6-fache Oktav mit großer Terz. Dies ergibt die viel zu große sogenannte Wolfquint.

Die Umrechnungen von Frequenzen in Cent erhält man jeweils durch Multiplikation von 1200 mit dem Zweierlogarithmus des gewünschten Frequenzverhältnisses.

Barock

Damit die Wahl der Tonarten freier sein konnte, wurden sog. „Wohltemperierte Stimmungen“ eingeführt.

Weckmeister (III) zerlegte das pythagoräische Komma in vier gleiche Teile. Die Quinten c-g-d-a und h-fis werden um diese ca. 6 Cent verkleinert, die anderen Quinten sind rein. Alle Tonarten klangen möglichst gut.

Silbermann und Sorge zerlegten das pythagoräische Komma in sechs gleiche Teile. Elf Quinten werden um diese ca. 4 Cent verkleinert, die Quinte gis-es wird um ca. 20 Cent erweitert.

19. Jahrhundert

Ab dem 19. Jahrhundert verwendet man die gleichstufige/-temperierte/-schwebende Stimmung/Temperatur. Dabei wird die Oktave in 12 identische Halbtonschritte mit dem Frequenzverhältnis ca. 1,06 (100 Cent) aufgeteilt.

Zusammenfassung

Ein Vergleich der Stimmungssysteme zeigt durch Rechnung, dass in der Antike überwiegend reine Quinten, in der Renaissance überwiegend „unsere“ heutigen Terzen, im Barock eine Mischung davon und im 19. Jahrhundert ein Kompromiss aus allem verwendet wurde.

Dank an Sonja Koller, Johannes Kolb und OB.

Literatur

- [1] Brockhaus (Schlagworte)
- [2] Meyer (Schlagworte)
- [3] URL: <http://www.wikipedia.de> (Schlagworte)
- [4] Zenetti, E.: Akustik der Violine. Facharbeit, Regensburg, 1991

Wo liegt der Vorteil der Vitruv'schen Schallgefäße? Energieabsorption oder Nachklingen?

Jobst P. Fricke¹

¹ *Abt. Systematische Musikwissenschaft im Musikwissenschaftlichen Institut der Universität zu Köln,
50923 Köln; alm01@uni-koeln.de*

1 Der Anlass zu dieser Studie.

Beobachtungen im Renaissance-Theater an der Villa Imperiale, Pesaro/Umbrien.

Verdeckte Räume mit Öffnungsschlitzten, angekoppelte Säulenhalle mit Aula.

Bauhistoriker der TH Aachen, Lehrstuhl Prof. Jan Pieper, untersuchten in den letzten Jahren die Villa Imperiale Nuova (1530-1536) in Pesaro, Umbrien [2].



Abbildung 1: Ansicht des Innenhofes der Villa Imperiale Pesaro

Da historisch belegt ist, dass der Innenhof der Villa für Theater-, und Musikdarbietungen geplant war und später auch für Komödien und Singspiele genutzt wurde, gingen die Bauhistoriker auch der Frage nach, in welchem Umfang Vitruvs Bauanweisungen für den Theaterbau umgesetzt worden waren. Wie sich herausstellte, waren die bühnentechnischen Vorschläge in der als Proszenium dienenden Seitenwand des Hofes verwirklicht. Unter diesen Umständen war dann von besonderem Interesse zu erfahren, ob auch die die Akustik betreffenden Maßnahmen dort Anwendung fanden [9]. Insbesondere wurde nach den von Vitruv vorgeschlagenen Schallgefäßen und vergleichbaren Einrichtungen zur Verbesserung der Akustik gesucht. Um es vorweg zu sagen: bronzene Gefäße gab es offensichtlich nicht, aber Nachhall erzeugende Räume mit erstaunlich günstiger Wirkung auf die Hörsamkeit konnten gefunden werden. Auch wurden verdeckte Räume mit nicht-einsehbaren Öffnungsschlitzten entdeckt, die eine Reihe tiefliegender Resonanzen im Frequenzbereich der Sprache besitzen und offensichtlich für geheimnisvolle Theatereffekte geeignet waren.

2 Der historische Hintergrund.

Überlieferung von Vitruv-Texten und ihre Bedeutung in Mittelalter und Renaissance.

Vitruv ist ein nun schon über 2000 Jahre fleißig rezipierter Autor. Er war ein Zeitgenosse des Kaisers Augustus und dessen oberster Ballistikingenieur. Bekannt ist er durch seine "Zehn Bücher über Architektur" [13], die zwischen 33 und 22 v. Chr. verfasst worden sein sollen. Sie fanden durch wiederholte Abschriften weite Verbreitung und gehörten z. Zt. der Renaissance zur Standard-Literatur für Architekten. Nachweislich wurden sie studiert u.a. von Bramante, Michelangelo und Palladio. Abbildungen zu den akustischen Maßnahmen und ein Auszug aus dem Text sind in der *Musurgia Universalis* (1650) von Athanasius Kircher [10] zu finden. Heutzutage gibt es noch zahlreiche Zeugnisse von den von ihm empfohlenen Schallgefäßen, so z.B. in der ehemaligen Stiftskirche St. Walburga in Meschede [11], in St. Severin in Köln und in den von Desarnaulds [7] beschriebenen schweizer Kirchen. [8]

2.1 Vitruvs Angaben zu den Schallgefäßen in seiner Schrift: 10 Bücher über Architektur.

Anordnung im Halbrund der Ränge des Theaters. Abstimmung der Frequenzen und Aufstellung der Resonatoren in den Kammern.

Die Theaterpraxis war zur Zeit Vitruvs offenbar stark auf Effekte ausgerichtet. Die Akteure kannten die akustischen Möglichkeiten zur Erregung von Aufmerksamkeit und wussten - seinem Bericht zufolge - diese auch geschickt einzusetzen. Vitruv berichtet von Sängern, die sich, wenn sie einen besonders lauten Ton wirkungsvoll zur Geltung bringen wollten, zu den Holzflächen des Bühnenhauses hinwendeten und diese in Resonanz zum Mitschwingen brachten. Gerade für die Theater, in denen solche Wandflächen oder Türen aus Holz fehlen, weil sie ganz aus Stein gebaut sind, seien solche Verhältnisse durch Schallgefäße zu ersetzen [13].

Nach Vitruvs Angaben sind die Gefäße aus Metall gefertigt, vermutlich aus Bronze (*vasa aerea*). Sie sind im Halbrund der Sitzreihen des Theaters an 13 Positionen aufzustellen, und zwar von der Mitte aus an jeweils 6 Positionen bis zu den Enden des Halbkreises der Ränge hin. Für die Unterbringung sind Kammern unter den Sitzbänken mit Schlitzten an der Vorderseite der Stufen vorzusehen. In diese werden die Gefäße mit der Öffnung nach unten auf Holzkeilen gelagert aufgestellt. Die Gefäße sind nach dem griechischen Tonsystem auf 7 verschiedene Tonhöhen abzustimmen, beginnend mit dem höchsten Ton an den beiden äußersten Enden des Halbkreises bis zum tiefsten Ton in der Mitte. Die von Vitruv angegebenen Töne sind (in heutiger Transkription) a', e', d', h, a, e, H; sie ergeben, dem griechischen Tetrachordsystem entsprechend, die Folge der Intervalle Quarte, Quarte, Ganzton, Quarte, Quarte, wobei in

der zweiten Quarte noch ein d' eingeschoben ist. Das griechische Tonsystem, das insgesamt den Umfang von 2 Oktaven hat, wird hier also bis auf den untersten Ton A voll abgedeckt. Es kennt keine absoluten Tonhöhen, sondern orientiert sich an der Stimmlage der menschlichen Stimme. Man könnte demnach die Tonhöhen der 7 Töne etwa im Bereich 100 bis 400 Hz ansetzen.

Bei kleineren Theatern ist eine mittlere Sitzreihe mit solchen Schallgefäßen zu versehen, bei größeren werden 3 Reihen vorgeschlagen, die in der Tonhöhe um jeweils einen Ganzton oder Halbton versetzt abgestimmt sind.

2.2 Energiebetrachtung und Nachklingverhalten.

Eine Energiebetrachtung der Resonanzerscheinungen zeigt, dass die Energiebilanz negativ ist. Deshalb werden mitschwingende Wandelemente in der Raumakustik als Absorber eingesetzt. Eine Begleiterscheinung der Erregung zum Mitschwingen ist, dass die Bewegung noch ausklingt. Je nach Breite des Resonanzgebietes und der daran gekoppelten Dämpfung schwingen Resonanzgebilde noch nach, auch wenn die Erregung schon beendet ist.

So wie das baldige Nachfolgen von Reflexionen nach der ersten Wellenfront als vorteilhaft für die Hörsamkeit gewertet wird, so empfindet das Gehör auch die Auflösung harter Reflexionsfronten als angenehm. Die Reflexion der ersten Wellenfront an harten glatten Wänden verursacht aber ein (von einer Spiegelquelle ausgehendes) Abbild dieser Wellenfront. Die Mitbewegung (im Resonanzfall) bewirkt dagegen eine frequenzabhängige Phasenverschiebung, die sich allein schon positiv auswirkt, und liefert dazu noch einen Nachschub an Energie. Noch einige Millisekunden, in denen der Resonator nachklingt, strahlt der Resonator Schall ab. Auf diese Weise greift er - wenn auch nur für einige Millisekunden - in das Nachhallgeschehen ein.

Dies gilt für mitschwingende Platten wie für Hohlraumabsorber gleichermaßen. Auch Schallgefäße klingen hörbar nach, wenn man sie durch einen Impuls oder Schlag anregt. In dieser Begleiterscheinung dürfte der wahre Grund für die Wirkung der Vitruvschen Schallgefäße zu suchen sein. Der Einsatz solcher Hohlkörper beruhte zur Zeit der Antike allein auf Erfahrung. Vitruv beschreibt ihre Herstellung und ihre Anordnung im Theater. Ihre Wirkung kennzeichnet er durch den Vergleich mit resonierenden Holzverkleidungen und Türen im Bereich des Proszeniums.

3. Der physikalische Sachverhalt.

Schallgefäße oder auch Schalltöpfe sind Hohlraumresonatoren wie die sog. Helmholtz-Resonatoren. Ihr Resonanzverhalten bestimmen die folgenden Faktoren: Volumen, Öffnungsgröße, Halslänge und die Oberflächenbeschaffenheit der Wände innen.

Die Zusammenhänge von Einschwing- bzw. Abklingzeit, Güte und Dämpfung zeigen die folgenden bekannten Formeln:

Logarithmisches Dekrement	$\Lambda = \delta T = \delta / f_r$
f_r	Resonanzfrequenz = $1/T$
δ	Dämpfungsexponent
Güte	$Q = \pi / \Lambda = \pi \tau / T = A_{\max} / A_0 = f_r / H$
Zeitkonstante	$\tau = 1/\pi H$
τ	Abklingzeit, Zeitkonstante
H	Halbwertsbreite
A_{\max}/A_0	Verstärkung.

Die Dämpfung der Schwingungen im Resonator, die zur Nachklingzeit bzw. Zeitkonstanten umgekehrt proportional ist, setzt sich zusammen aus der Strahlungsdämpfung und den Reibungsverlusten. Das Absinken der Amplitude auf $1/e$ des Anfangswertes, für das τ definiert ist, entspricht einer Dämpfung um 8,68 dB. Die Umrechnung auf $1/1000$ des Anfangswertes wie bei der Nachhallzeit T_N ergibt (mit $\ln 1000 = 6,92$): $T_N = 6,92 \tau$.

Lothar Cremer [5] berichtet von einem Experiment zur Nachhallverlängerung, bei dem 80 Hohlraumresonatoren (Milchflaschen) den Nachhall eines (kleinen) Raumes, dessen Nachhallzeit ohne Resonatoren 0,5 sec betrug, im Frequenzbereich der Resonanzfrequenz der Resonatoren (230 Hz) auf 0,8 sec erhöhte. Cremer schrieb damals dazu: "Von schwach gedämpften Resonatoren ist also zu sagen, daß sie ein gewisses Nachklingen bei bestimmten Frequenzen ergeben. Ob diese Wirkung bei den antiken Theatern merklich und ob sie überhaupt beabsichtigt war, läßt sich aus den wenigen hierüber vorhandenen Anhaltspunkten nicht entscheiden." [5]

4. Schalltöpfe in Kirchen.

Kirchen, in denen man solche Vitruv'schen Schallgefäße gefunden hat, nennt man Schalltopfkirchen. Die Schalltöpfe sind meist irdene Gefäße in Form von Krügen oder Kannen, also Gebrauchsgeschirr der jeweiligen Zeit und Region [11].

Die Frage, welcher der beiden Aspekte - Absorption oder Nachklingen - in diesem Fall dominiert, wenn man Schalltöpfe in Kirchen installiert, ist schnell zu beantworten. In Kirchen, in denen meist ein Nachhall von mehr als 2 sec Dauer vorhanden ist, bleibt das Nachklingen der Gefäße in jedem Fall ohne Wirkung. Die gemessenen Nachklingzeiten sowohl der heute gebräuchlichen Tonkrüge, die uns zur Verfügung standen, als auch der in die Wände eingelassenen historischen Schallgefäße liegen in der Größenordnung von 300 bis 500 ms. Das ist ein Beitrag zum Nachhall, der in der Raumakustik der Kirche nicht zur Geltung kommt.

Der Absorptionseffekt der Gefäße, der immer vorhanden ist, kann nur bei einer großen Anzahl spürbar werden. Bei einer Öffnungsgröße von ca. $100 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$, die sich bei einem Öffnungsdurchmesser von 10 bis 12 cm ergeben, sind einzelne Gefäße praktisch wirkungslos. Denn das Flächenverhältnis der Öffnungsflächen zu den vorhandenen Wand- und Fensterflächen ist unbedeutend. Der Absorptionseffekt könnte also nur wirksam werden, wenn

die Summe aller Öffnungsflächen zusammen einen bedeutenden Anteil der gesamten Oberfläche der Wände und Fenster bilden würde. Dies ist jedoch nirgends belegt und dürfte kaum erreichbar sein.

So stellen wir fest, dass in Kirchen das Nachklingen aus prinzipiellen Erwägungen und die Absorption aus praktischen Gründen zu vernachlässigen ist.

4.1 Durchführung der Resonanzmessungen an den Schallgefäßen und Vasen

Die Messungen wurden durchgeführt mit Geräten der Firma Peutz Consult GmbH, die routinemäßig für raumakustische Untersuchungen im Einsatz sind. Speziell für die Messung des Resonanzverhaltens wurde ein Messlautsprecher Meyersound MM4 (getrieben durch einen Leistungsverstärker Alesis RA 150) in 40 cm Entfernung vor der Öffnung, ca. 10 cm versetzt aus der Richtung der Normalen vor der Öffnung, und ein Messmikrofon (Esper K4) mittig vor der Öffnung in der Öffnungsebene aufgestellt (Abb. 4). Ein digitaler Sinustongenerator (Cool Edit 96 mit Aurora-Plugin) erzeugte einen aufsteigenden Sinussweep mit ausreichend langsamem logarithmischem Frequenzvorschub (30 sec von 16 bis 1000 Hz), der vom Mikrofon aufgenommen, in einem Mikrofonvorverstärker im stage line MPA 1002 um 30 dB verstärkt und über die AD/DA-Wandlerkarte SEK'D Siena ebenfalls digital aufgezeichnet wurde. Aus dem Amplitudenverlauf wurden im Bereich der Resonanzfrequenz, in welchem die Amplitudenwerte hervortraten, die Frequenzwerte für die Halbwertsbreite H an den Stellen $2^{-1/2} = 70,7\%$ der Maximal-Amplitude abgelesen. Bei den heute handelsüblichen, innen und außen glasierten Krügen aus Ton (Abb. 2) wurde entsprechend vorgegangen, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.



Abbildung 2: Glasierter Krug aus Ton, handelsübliches Beispiel

4.2 Ergebnisse der Messungen

In St. Severin in Köln gibt es acht Schallgefäße, die in den Seitenwänden des Hochchores über dem Chorgestühl eingelassen sind, vier auf der Süd- und vier auf der Nordseite. Jeweils zwei befinden sich in einer Höhe von etwa 3,80 m über dem Boden, die oberen beiden in einer Höhe von etwa 5 m. Die Öffnungen sind Bestandteil von Wandgemälden, auf denen Engel dargestellt sind. Sie blasen Langtrompeten bzw. Posaunen, in deren Stürze die Öffnungen den Zugang zu den Hohlräumen bilden. Die Gefäße haben unterschiedliche Tiefe; das Aufmaß ergab bei den unteren uns zugänglichen Gefäßen Werte zwischen 35 und 39 cm, für die Öffnungsdurchmesser 8 bis 9 cm. Die

Resonanzfrequenzen liegen ziemlich einheitlich um 112 Hz (110 bis 114 Hz) und ihre Güte schwankt zwischen 18 und 22, so dass sich Zeitkonstanten von 51 bis 72 ms ergeben. Die daraus umgerechneten (auf 60 dB bezogenen) Abklingzeiten betragen demzufolge 350 bis 500 ms.



Abbildung 3: Ansicht der Gefäßöffnungen in St. Severin, Südwand des Chores

Für die Bewertung ihrer Wirkung sind also die oben erläuterten Gesichtspunkte in vollem Umfang zutreffend: Nachhall und Absorption sind ohne Bedeutung.

Bei den neuzeitlichen Krügen, von denen ein Exemplar in Abb. 2 dargestellt ist (Höhe 22 cm bzw. 25 cm, Außendurchmesser 17,5 cm bzw. 18,5 cm), ergaben sich Güten von 50 bzw. 55. Ihre Resonanzfrequenzen lagen zufällig beide bei 271 Hz. Demnach errechnen sich die auf 60 dB bezogenen Abklingzeiten zu 350 bzw. 380 ms.



Abbildung 4: Ansicht der Gefäßöffnungen in St. Severin, Nordwand des Chores

In der Kirche St. Walburga in Meschede befinden sich die meisten Schallgefäße im Erdreich des Bodens. Die Fundsituation wird im Einzelnen von Kottmann [11] beschrieben. Da die Gefäße abgedeckt sind mit den Platten des Fußbodens, kommt für sie eine akustische Wirkung also nicht in Betracht. Einige weitere Schallgefäße im Bereich der heutigen Empore im Westen der Kirche bleiben wegen ihrer geringen Zahl ebenfalls wirkungslos.

5. Lautheitssteigerung durch Erste Reflexionen.

In einem antiken Theater ohne Dach, in dem die Nachhallzeit praktisch gleich Null ist, kann das Nachklingen von Resonatoren aber durchaus vorteilhaft sein. Es wirkt dann wie ein "künstlicher Nachhall" und verbessert damit die Hörsamkeit. Für Nachhall und insbesondere für erste Reflexionen nach dem Direktschall sind die psychoakustischen Effekte gut erforscht. Die Lautheitssteigerung durch reflektierten (und dadurch später eintreffenden) Schall kann erklärt werden mit der Integrationsfähigkeit des Gehörs. Sie hängt mit der sog. Verwischungsschwelle [3] zusammen, unterhalb der die einzelnen Schallereignisse ihre Konturen verlieren. Sie liegt bei 50 bis 100 ms, je nach Zusammensetzung und Art des Schalls und einfallenden Schallrichtungen. Die Konturen der Schallereignisse (Wellenfronten von Silben oder Toneinsätzen des Direktschalls und der nachfolgenden Reflexionen), die zu schnell auf einander folgen, als dass sie noch deutlich getrennt werden können, wie es bei einem Echo der Fall wäre, werden aber nicht nur verwischt. Zwei dicht auf einander folgende Schallereignisse gleicher oder zumindest ähnlicher Zusammensetzung werden zusammengefasst. Es wird aus ihnen eine Summe gebildet. Dies erfolgt besonders gut innerhalb der Integrationszeit von 30 bis 50 msec (unter besonderen Bedingungen bis maximal 140 msec), auch wenn die Ereignisse aus verschiedenen Richtungen kommen. Genauere Untersuchungen darüber, wie stark dem "Primärschall" nachfolgende sekundäre Schallanteile sein dürfen, damit sie nicht getrennt wahrgenommen werden, führte Schodder [12] bei der Überprüfung des "subjektiven Rückwurf-Unterdrückungs-Effektes" durch, den Haas 1951 gefunden hatte.

Der Zuwachs an Energie, der durch die Gesamtheit aller Reflexionen dem Direktschall hinzugefügt wird, wird durch das Stärkemaß [6] definiert, das bis zu 10 dB betragen kann.

6.1 Die Aula der Villa Imperiale in Pesaro mit der Säulenhalle als Verbindungsstück als ein Vitruvscher Resonator.

Ein noch wirkungsvollerer Effekt als ein Schallgefäß und Helmholtzresonator ihn hervorbringen kann, zeigte sich in Form eines angekoppelten Raumes, der sog. Aula, im Teatro Imperiale in Pesaro.

Im Gegensatz zu einem Helmholtzresonator, der nur eine Resonanzfrequenz besitzt und mit Volumen und Öffnungsgröße auf diese abgestimmt werden kann, verfügt ein Raum über ein ganzes System von Eigenfrequenzen. Wenn er zudem noch wenig gedämpft ist, hat er die Tendenz zu einem Hallraum. In Pesaro ist dieser Raum, der mit zwei Apsiden und hoher gewölbter Decke ausgestattet ist, über eine niedrigere Säulenhalle an den Hof, der als Freilufttheater diente, angekoppelt.

Der nach oben offene Hof hat erwartungsgemäß eine kurze Nachhallzeit. Alle nicht waagrecht verlaufenden Schallstrahlen verlassen nach wenigen Reflexionen den umbauten Raum nach oben. Die "allseitig gleichmäßige Raumerfüllung" [4] ist deshalb nicht gewährleistet.

Dementsprechend ist die Nachhallzeit in geringem Umfang ortsabhängig, und zwar abhängig sowohl vom Sende- als auch vom Empfangsort bei etwa 1,4 sec [9].



Abbildung 5: Ansicht der Aula biapsidiale



Abbildung 6: Ansicht der Säulenhalle vom Hof zur Aula

In der Nähe der Säulenhalle wird sie beeinflusst vom angekoppelten Raum der Aula. Auf den damit verbundenen Hörerfahrungen gründet sich die These, dass sie die akustische Funktion eines Vitruvschen Resonators hat. Im Gegensatz zu diesem, der auf bestimmte Frequenzen abgestimmt ist, bietet diese Lösung den Vorteil, dass sie auf ein breites Frequenzspektrum reagiert. Es muss die Frage offen bleiben, ob bei dem Kenntnisstand der damaligen Zeit zu erwarten ist, dass eine solche Schallkonstruktion geplant war.

Immerhin lag der Traktat über die Baukunst von Leon Battista Alberti (1404-72) schon vor [1]. In diesem Traktat, dessen Entstehung in die Zeit von 1443 bis 1452 fällt und gegenüber der Bauzeit der Villa Imperiale Nuova gerade erst 50 Jahre zurückliegt, bezweifelt Alberti die Wirkung der Vitruv'schen Gefäße, während er grundsätzlich - und dabei beruft er sich auch auf Aristoteles - von der Tatsache

überzeugt ist, dass "jeder Hohlraum zur Resonanz der Stimme beiträgt" (S. 452, Übersetzung von "vasa quae vis vacua etiam et puteos" (Text von 1485), wobei mit puteus durchaus auch Hohlräume mit größeren Volumen gemeint sein können). Ob er dabei auch an umbaute Räume und sogar an einen Raum wie die Aula in Pesaro gedacht hat, muss offen bleiben. Nischen jedenfalls bezieht er in seine Empfehlungen ein. Er schlägt sie beim Entwurf für das Theater vor und bemerkt dazu, man könne dort, wenn man will, Bronzegefäße aufhängen. Das heißt aber, man könne es auch unterlassen und die Nischen allein zur Wirkung kommen lassen.

Begibt man sich schon auf den Boden der Spekulation, sind auf jeden Fall die protokollarischen Regeln im Auge zu behalten, die beim Auftreten des Fürsten große Bedeutung hatten. Das höfische Zeremoniell war in der Zeit der Renaissance sehr formell geprägt und konnte wohl kaum auf raumakustische Belange Rücksicht nehmen. Positionen und Anordnung der Personen waren festgelegt.

Da aber die Erweiterung der Villa Imperiale zur Imperiale Nuova zum Zwecke von Theater- und Musikdarbietungen erfolgte, kann man davon ausgehen, dass akustische Überlegungen in die Planung eingeflossen sind.

6.2 Erfahrungsbericht und Interpretation.

Umfangreiche Erprobungen des Teatro mit Sprache und Musik von verschiedenen Standpunkten aus, um auch praktische Erfahrungen über die Verwendbarkeit der Anlage zu erhalten, wurden von den Bauhistorikern in Zusammenarbeit mit Theaterwissenschaftlern anlässlich eines Symposiums an Ort und Stelle im Jahr 2009 durchgeführt.



Abbildung 7: Musikpraktische Experimente im Innenhof

Während der Darbietungen ergab sich eine überraschende Hörsituation für den Standpunkt des Hörers vor und in der Säulenhalle. Näherte man sich ihr, während die Musik ertönte, wurde die sonst trocken erklingende Musik mit Nachhall angereichert. Zugleich hatte man den Eindruck, dass die Musik lauter wurde. Diese Sende-Empfangs-Situation wurde deshalb mit dem Cello-Duo eingehender geprüft. Sendepositionen waren zunächst die Apsis gegenüber dem Eingang zum Hof und dann zum Vergleich eine Stelle innerhalb der Aula selbst. Das Spielen in der

Aula mit ihrem langen Nachhall, der bei tiefen Frequenzen bis 250 Hz eine Dauer von 2,6 sec erreicht und erst bei 1 kHz auf 2,3 sec sinkt, stellte an die Musiker besondere Anforderungen. Diese Aufführungssituation war unbefriedigend und kann praktisch ausgeschlossen werden. Sie wurde nur zum Vergleich gewählt, um zu erfahren, wie der mit Nachhall durchsetzte Klang in den offenen Theater-Raum hineinklingt. Die reguläre Anordnung mit der Schallquelle im Hof aber zeigte den Integrations-Effekt, nämlich das Lauterwerden des Klangs beim Betreten der Säulenhalle. Es ist der Effekt, den Vitruv wohl mit seinen Schallgefäßen beabsichtigt hatte. Die Hörbarkeit des Nachhalls und das Lauterwerden der Musik setzte wenige Meter vor dem Betreten der Halle ein und steigerte sich bis zu einer Position, die in der Ebene der ersten Säulenreihe lag. Weiter hinten in der Säulenhalle und im Inneren der Aula war der Klangeindruck verschwommen. Das Maximum der subjektiven Lautheitsempfindung war etwa an den Stellen zu finden, die noch vom Direktschall erreicht wurden und wo dieser Direktschall durch Nachhall ergänzt wurde.

Die Diskussionen anlässlich des Symposiums der Bauhistoriker ergaben, dass gerade hier der Ort zu vermuten ist, an dem der Fürst und die Spitzen der höfischen Gesellschaft sich befunden haben, um den Darbietungen im Hof vor der Proszeniumswand zu folgen (wenn sie nicht aus den Fenstern der darüber liegenden Räume schauten, wo man sich eher die Damen des Hofes vorstellen konnte).

7. Schlussfolgerung.

Schallgefäße sind Energiereservoir. Ihre Energiebilanz ist insgesamt negativ. Das Entscheidende ist die zeitliche Verschiebung zwischen den Zeitpunkten der Entnahme der Energie und der Rückgabe der Energie an das Schallfeld. Dank der psychoakustischen Fähigkeiten des Gehörs, innerhalb einer Zeitspanne von 30 bis 50 ms die Schallanteile zu integrieren, kann der Sekundärschall eine Lautheitserhöhung bewirken. In Räumen mit Nachhallzeiten T_N , die länger sind als die Nachklingzeiten der Resonatoren ($T_N > 6,92 \tau$), sind die Schallgefäße allerdings wirkungslos. Ihre Dämpfungseigenschaft kann nur zur Wirkung kommen, wenn sie in unrealistisch großer Zahl vorhanden sind. Der Sinn dieser Vitruvschen Schallgefäße bleibt also rätselhaft, wenn man nur die Energiebetrachtung anstellt. Der beabsichtigte Zweck der Resonatoren scheint vielmehr das Nachhallen bzw. Nachklingen gewesen zu sein, von akustischen Kuriositäten einmal abgesehen, zu denen Resonanzeffekte gelegentlich auch eingesetzt werden können. Entscheidend ist der subjektive Lautstärkezuwachs durch das Nachklingen und vielleicht das Vermeiden einer zu "trockenen" Akustik.

Für Literaturhinweise zu Schallgefäßen möchte ich Daniel Buggert und Peter Költzsch sehr herzlich danken. Ein ganz besonderer Dank gilt Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewicz, der mit den Geräten der Firma Peutz Consult und persönlichem Einsatz diese Messungen erst ermöglichte, auch die Formatierung im vorliegenden Layout ausführte und die Bilder zur Verfügung stellte.

Literatur

- [1] Alberti, L. B.: Zehn Bücher über die Baukunst, übersetzt von Max Theuer, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1991.
- [2] Buggert, D., Fricke, J. P., Lorenz-Kierakiewicz, K.-H.: Beispiel Villa Imperiale (Pesaro, Italien): Interdisziplinäre Betrachtung eines Hoftheaters der Renaissance, DAGA 2012 Darmstadt, Beitrag 140.
- [3] Cremer, L.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Bd. 1, Hirzel, Stuttgart 1948, S. 54 u. 73. 2. Auflage zusammen mit Müller, H. A., 1978, S. 55 u. S. 379.
- [4] Cremer, L.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Bd. 1, Hirzel, Stuttgart 1948, S. 29. 2. Auflage zusammen mit Müller, H. A., 1978, dort S. 312 u. S. 352 als "allseitig gleichmäßige Schallverteilung" bezeichnet.
- [5] Cremer, L.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Bd. 3, Wellentheoretische Raumakustik, S. Hirzel Verlag, Leipzig 1950, S. 84-85.
- [6] Cremer, L., Müller, H. A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Bd. 1, 2. Auflage, S. Hirzel, Stuttgart 1978, S. 343.
- [7] Desarnaulds, V.: De l'acoustique des églises en Suisse - Une approche pluridisciplinaire. Diss. EPF Lausanne 2002.
- [8] Desarnaulds, V. & Loerincik, Y.: Vases acoustiques dans les églises du Moyen Age, in: Zeitschrift des Schweizerischen Burgenvereins 6, 2001, S. 65-73.
- [9] Fricke, J. P., Lorenz-Kierakiewicz, K.-H., Buggert, D.: Akustische Eignung des Innenhofs der Villa Imperiale Nuova (Pesaro, Italien) als Hoftheater: Hörsamkeit, Sprachverständlichkeit und Vitruv'sche Gefäße, DAGA 2012 Darmstadt, Beitrag 141.
- [10] Kircher, Athanasius: Musurgia Universalis, Rom 1650. Nachdruck hrsg. von Ulf Scharlau, Georg Olms, Hildesheim/New York 1970.
- [11] Kottmann, A.: Die "Schalltöpfe" der ehemaligen Stiftskirche St. Walburga in Meschede, in: Keramik auf Sonderwegen, 37. Internationales Symposium in Herne 2004, Verlag Philipp von Zabern, Mainz 2007, S. 137-147.
- [12] Schodder, G. R.: Subjektive Effekte in der Raumakustik, in: Gravesano. Neunzehn Abhandlungen, hrsg. von Werner Meyer-Eppler, Ars Viva Verlag, Mainz 1955, S. 122-126.
- [13] Vitruv: Zehn Bücher über Architektur (Vitruvii de Architectura libri decem), übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Curt Fensterbusch, 5. Ausgabe, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1991.

Musikakustik in der PTB

Klaus Wogram

Die Entwicklung der „Musikakustik“, oder auch „Musikalische Akustik“, wie das Fachgebiet auch häufig genannt wird, in der „Physikalisch Technischen Bundesanstalt“ (PTB) ist ein sehr facettenreiches Geschehen, das sich über den Zeitraum 1936 bis 2005 erstreckt. Die PTB ist die Nachfolgeinstitution der PTR, die 1887 als „Physikalisch Technische Reichsanstalt“ mit Sitz in Berlin gegründet wurde.

Die Gründungsväter der PTR verfolgten das Ziel, eine unabhängige Fachinstitution zu gründen, die als Hauptziel die Unterstützung der Wirtschaft auf dem physikalischen bzw. technischen Sektor verfolgen sollte. Um dieses Ziel zu erreichen, mußten sowohl Grundlagenforschungen als auch eine Vereinheitlichung im Meßwesen betrieben werden. Die Abb. 1 zeigt die wichtigsten Zusammenhänge zwischen den Tätigkeiten, den Arbeitsgebieten und schließlich den Zielen der PTR. Dies ist auch bis heute nicht verändert worden, so daß die Ziele der heutigen PTB mit denen der Gründungsanstalt PTR übereinstimmen.

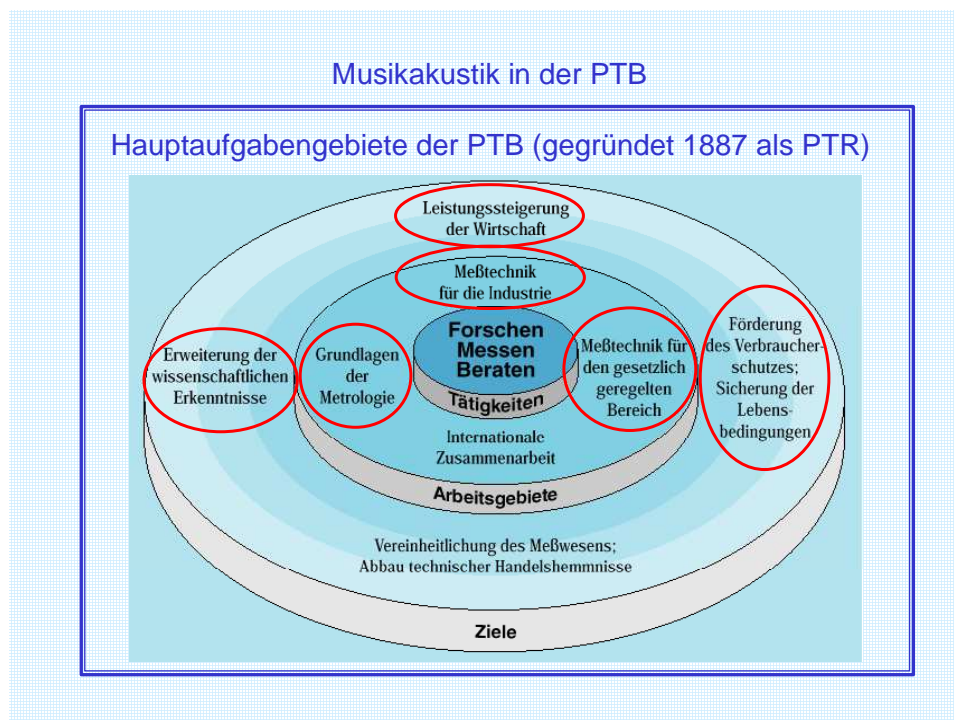


Abb. 1

Anfänglich war das später eingerichtete Fachgebiet der Musikakustik nicht vorgesehen; seine Notwendigkeit hat sich erst später erwiesen. Aber was bedeutet überhaupt „Musikakustik“? Es ist das Fachgebiet der Akustik, also der Lehre vom Schall, wenn immer sie mit der Musik in Verbindung steht. Und da die Musikbranche im wesentlichen durch Herstellerbetriebe für Musikinstrumente gekennzeichnet ist, kann man die Musikakustik auch „Musikinstrumentenakustik“ nennen. In Abb. 2 sind die wesentlichen Zusammenhänge in diesem Fachgebiet aufgelistet.

Musikakustik in der PTB

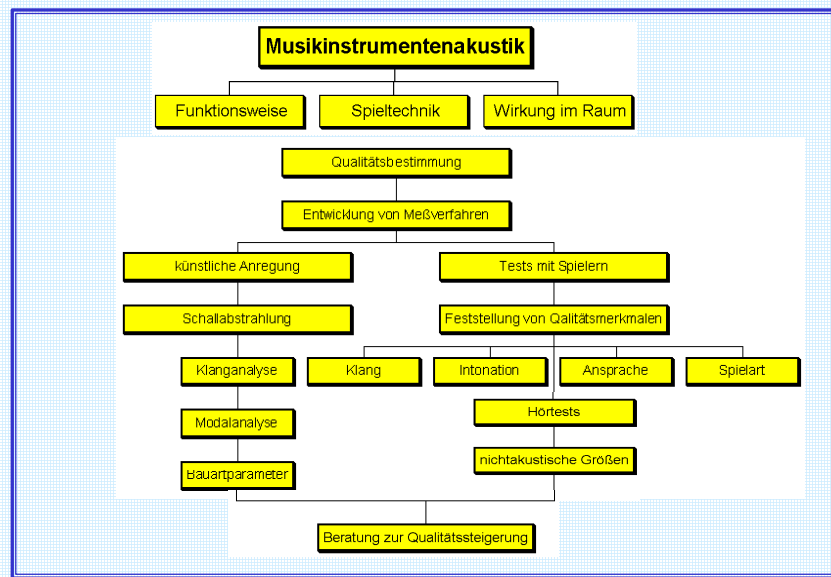


Abb.2

Um **Musikinstrumentenakustik** betreiben zu können, ist es notwendig, zunächst die Funktionsweise des zu untersuchenden Instrumentes zu kennen, daneben wie es gespielt wird und wie sich sein Klang im Raum auswirkt. Diese Kenntnisse führen unweigerlich zu einer subjektiven Bewertung und damit zu einer Aussage über ihre Qualität. Doch nur mit geeigneten Meßmethoden lassen sich die Qualitätsparameter bestimmen. Das kann zum einen über physikalisch-technische, und damit objektive Meßverfahren erreicht werden (linker Flügel in Abb.2) als auch durch subjektive Tests, d.h. Befragung von Musikern, die das untersuchte Instrument spielen können (rechter Flügel). Während im objektiven Feld mit Hilfe von künstlichen Anregungsgeräten die Parameter „Schallabstrahlung“, „Klanganalyse“, Schwingungs-/„Modalanalyse“ und die Bauart ermittelt werden, werden im subjektiven Teil die Qualitätsmerkmale „Klang“, „Intonation“, „Ansprache“ und „Spielart“ abgefragt. Da aber die Aussagen von Musikern oftmals sehr stark emotional unterlegt sind, empfiehlt sich auf diesem subjektiven Bereich zusätzlich noch die Berücksichtigung der individuellen Hörgewohnheiten („Hörtests“) sowie die sog. „nichtakustischen Größen“, d.h. die emotionale Stimmungslage der Probanden und ihre Vorurteile aus der Musikalischen Praxis!

Die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse auf objektive und subjektive Weise läßt Aussagen zu, die als „Beratung zur Qualitätssteigerung“ bezeichnet werden können. Das gilt sowohl für die Hersteller von Musikinstrumenten als auch für die ausführenden Musiker.

Schon im Jahre 1935 befaßten sich der damalige Leiter der Abteilung „Akustik“ in der PTB **Prof. Dr. Martin Grützmacher** sowie sein Mitarbeiter **Dr. rer. nat. Werner Lottermoser** mit Themen aus dem Bereich der Musikakustik, nämlich

über die Stimmung von Flügeln (1935) sowie über ein Verfahren zur trägheitslosen Aufzeichnung von Melodiekurven (1937). Die Notwendigkeit, auf diesem Gebiet auf Anraten der Industrie Forschungen zu betreiben, bei denen Grundkenntnisse der Musik sowie ihrer Ausübung erforderlich waren, führte 1936 zur Einrichtung eines „Laboratoriums für Musikalische Akustik“. Sein Leiter wurde Dr. Lottermoser, den neben seiner Ausbildung zum Physiker auch eine Organistenausbildung aufzuweisen hatte. Mit einer Unterbrechung in den Jahren 1945 bis 1952 leitete er das Labor bis 1971. In der frühen Nachkriegszeit, in der es keine zentrale PTR mehr gab, arbeitete Dr. Lottermoser an der Universität in Tübingen. Hier promovierte er 1936 mit einer Dissertation über „Klanganalytische Untersuchungen an Zungenpfeifen“.

Die Rückkehr von Dr. Lottermoser zur PTB war möglich geworden, nachdem die in der ganzen Welt verstreuten Mitarbeiter der ehemaligen PTR auf Initiative von Prof. Grützmacher in Braunschweig eine neue Heimat fanden. Hier wurde die Nachfolgeanstalt PTB als „Bundesanstalt“ auf dem Gelände der ehemaligen „Hermann Göring Reichswerke“ errichtet.


Musikakustik in der PTB		
Die Leiter des PTB-Laboratoriums für “Musikalische Akustik”		
1. Dr.rer.nat. Werner Lottermoser	1936 - 1971	
an Universität Tübingen	1945 - 1952	
Dissertation 1936 “Klanganalytische Untersuchungen an Zungenpfeifen”		
2. Dr.-Ing. Jürgen Meyer	1971 - 1985	
Dissertation 1960 “Akustik der Orgelpfeifen”		
3. Dr.-Ing. Klaus Wogram	1985 - 2005	
Dissertation 1972 “Ein Beitrag zur Ermittlung der Stimmung von Blechblasinstrumenten”		

Abb. 3

Ab 1971 wurde **Dr.-Ing. Jürgen Meyer** als Nachfolger von Dr. Lottermoser zum Leiter des Laboratoriums für Musikalische Akustik in der PTB. Er war lange Zeit sog. „zweiter Wissenschaftler“ in dem kleinen Labor und promovierte 1960 zum Dr.-Ing. mit seiner Dissertation „Akustik der Orgelpfeifen“ an der damaligen TH-Braunschweig. 1968 stieß **Dipl.-Ing. Klaus Wogram** zum Personal des Laboratoriums und bearbeitete ein aus Drittmitteln finanziertes Forschungsprojekt über Blechblasinstrumente. Die Ergebnisse faßte er zu seiner Dissertation mit dem Thema „Ein Beitrag zur Ermittlung der Stimmung von Blechblasinstrumenten“ an der damaligen TH-Braunschweig zusammen und promovierte 1972 zum Dr.-Ing..

Nach dem Ausscheiden von Dr. Lottermoser und der Übernahme des Labors durch Dr. Meyer wurde Dr. Wogram zweiter Wissenschaftler. 1985 wurde er Leiter des Labors, und Dr. Meyer wurde zum Leiter der Gruppe „Angewandte Akustik“ ernannt. Dr. Wogram behielt die Laborleitung bis zu seiner Pensionierung Ende 2005 inne.

Die Musikakustik in der PTB wurde über den gesamten Zeitbereich Ihrer Existenz durch 2 maßgebliche Faktoren geprägt. Neben der direkten Aufgabenstellung aus dem Herstellerbereich waren es die besonderen Interessen der Laborleiter, die sich aus ihrer aktiven Musizierpraxis ergaben.

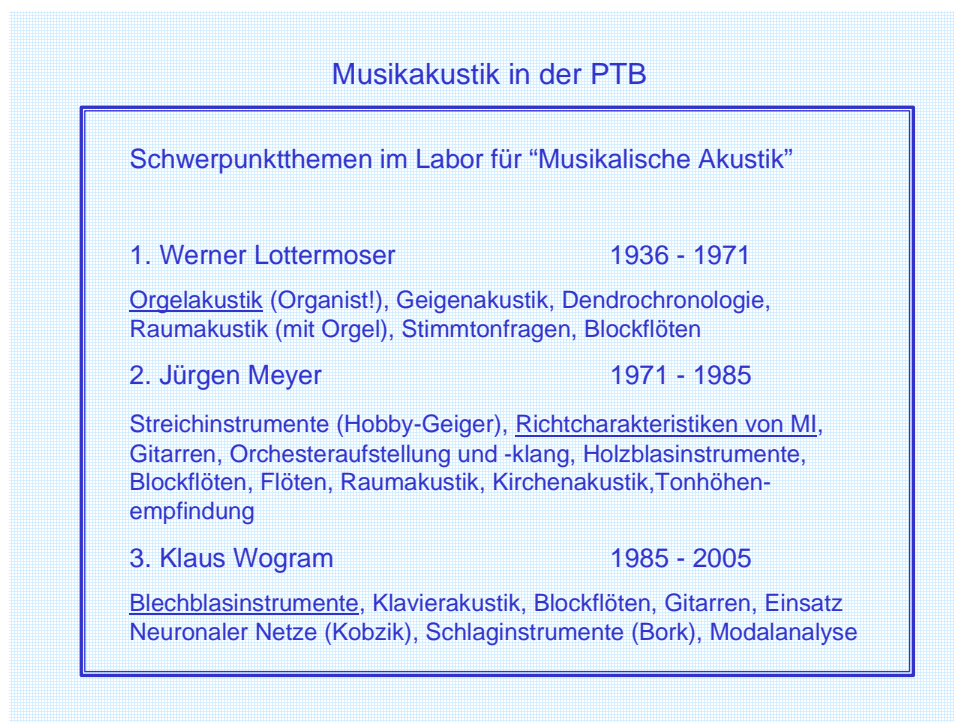


Abb. 4

So entstanden umfangreiche Untersuchungen zur Orgelakustik unter der Leitung von **Dr. Lottermoser**, der ja ein fundierter Organist war. In Zusammenarbeit mit Dr. Meyer wurde unter seiner Leitung die Meßtechnik an Geigen aufgegriffen und die Dendrochronologie für den Echtheitsnachweis altitalienischer Geigen eingesetzt. Bei dieser Methode wird der Jahresringabstand des Holzes der Geigendecke in logarithmischer Darstellung dazu verwendet, Instrumentenhölzer zu vergleichen, die angeblich in der gleichen Klimazone und im gleichen Zeitraum gewachsen sein sollten.

Weitere wichtige Forschungsprojekte betrafen die Raumakustik einer Kirche unter dem Einfluß einer Pfeifenorgel sowie allgemeine Fragen zum Stimmtong. Auch wurden Arbeiten zur Akustik von Blockflöten begonnen, deren Ergebnisse in die Dissertation des Mitarbeiters Christoph Mühle an der TH-Braunschweig einfließen.

Dr. Meyer, der selbst aktiver Geiger in mehreren Amateurorchestern war, führte während seiner Zeit als Laborleiter die Arbeiten an Streichinstrumenten weiter und vervollständigte die Meßtechnik an Geigen durch ein neues Verfah-

ren unter Einsatz von bis zu 6 Mikrofonen im reflexionsfreien Raum. Mit besonderer Hingabe untersuchte er die Schallabstrahlung von Musikinstrumenten und brachte die Ergebnisse bei seinen Vorlesungen an dem Tonmeisterinstitut in Detmold ein. Dr. Meyers weitere Schwerpunkte waren die Sitzordnung im Orchester und die damit verbundenen Klangveränderungen sowie die Raumakustik, insbesondere die von Kirchen. Andere Projekte beinhalteten die Akustik von klassischen Gitarren, Blockflöten, Querflöten sowie die Tonhöhenempfindung von Personen unterschiedlicher musikalischer Ausbildung und Praxis.

Mit der Übernahme der Leitung des Labors durch **Dr. Wogram** wurden neben den vorhandenen Meßtechniken an Geigen, Blockflöten und Gitarren vor allem die Untersuchung von Blechblasinstrumenten vorangetrieben und eine objektive Meßtechnik für den Einsatz in Herstellerbetrieben entwickelt. Dr. Wogram war immer schon leidenschaftlicher Amateurposaunist mit vielen Aktivitäten in allen Musikstilrichtungen, vorwiegend dem Jazz.

Daneben standen akustische Untersuchungen an Klavierresonanzböden im Vordergrund, bei denen erstmals auch die Modalanalyse eingesetzt wurde. Diese Methode zur Schwingungsanalyse und –animation war bislang ausschließlich in der Automobil- und Luftfahrtindustrie eingesetzt worden und konnte in der Musikakustik entscheidende Fortschritte beim Bau von Klavieren, Cembali und Schlaginstrumenten ermöglichen. Schließlich wurde während der Laborleiterzeit von Dr. Wogram versucht, Neuronale Netze einzusetzen, um die Beurteilung der Qualität von Musikinstrumenten durch Spieler zu objektivieren. Die Arbeiten an historischen Cembali fanden Niederschlag in der Dissertation von Dipl.-phys. Thomas Elfrath, die an den Schlaginstrumenten führten zur Promotion des Mitarbeiters Dipl.-Ing. Ingolf Bork, und die über den Einsatz Neuronaler Netze zur Promotion der Mitarbeiterin Dipl.-Ing. Barbara Kobzik. Aber auch die Dissertation von Dr.-Ing. Markus Kosfelder über die „schnelle Tonerkennung“ fiel in den Arbeitszeitraum von Dr. Wogram. Ebenso die unter seiner Leitung raffiniert ausgeklügelten Methoden zur Bestimmung der musikalisch-akustischen Qualität von Musikinstrumenten im Rahmen des Wettbewerbs „Deutscher Musikinstrumentenpreis“ des Bundeswirtschaftsministeriums.

Entsprechend den Aufgaben von Abb. 2 stand die **Entwicklung von objektiven Meßtechniken** an Musikinstrumenten immer im Fokus des Labors für musikalische Akustik der PTB. In Abb. 5 und 6 sind deshalb die wesentlichen Erfolge auf diesem Gebiet zusammengefaßt. Sie wurden bis zur Auflösung des Laboratoriums Ende 2005 verwendet und werden weiterhin an anderen Instituten und in Herstellerbetrieben eingesetzt. Außerdem sind noch die Arbeiten zur Entwicklung von Schallschutzschirmen für Musiker zu erwähnen, die eine Senkung der Schallbelastung am Arbeitsplatz im Orchester bewirken können.

Musikakustik in der PTB

Vorrichtungen für die praktische Messung akustischer Parameter

1. Shakeranregung von Streichinstrumenten

Bedämpfung der Saiten. Messung der Schallabstrahlung mit 6 Mikrofonen.

2. Künstliche Anblasvorrichtung für Blockflöten

Gebläse mit vorgewärmter Luft, das viele Hersteller dieser Instrumente übernommen haben.

3. Künstliche Anblasvorrichtung für Klarinetten

Gebläse mit vorgewärmter und mit Feuchtigkeit gesättigter Luft. Lippenpolster für Position und Druck auf Blatt. Alle Größen variabel.

4. Künstliche Anblasvorrichtung für Fagotte (wie Pkt.2)

Abb.5

Musikakustik in der PTB

Vorrichtungen für die praktische Messung akustischer Parameter

5. Künstliche Anblasvorrichtung für Blechblasinstrumente

Lochsirene mit Kugelkalotten-Adapter und "Drahtleitung"

6. Impedanzmeßkopf für Blechblasinstrumente

PC-gesteuerte Meßtechnik für Messung und Korrektur. Von den meisten deutschen Herstellern eingesetzt.

7. Künstliche Anblasvorrichtung für Querflöten

Definiert verstellbarer Anblasstrahl, Simultanmessung von Impedanz und Resonanz mit Mikrofon im Kopfstück.

8. Meßplatz für Klavierresonanzböden

Anregung mit Shaker und Impedanzmeßkopf an Stegen. Messung der Eingangsimpedanz und der Schallabstrahlung.

Abb. 6

Bei der Darstellung der Entwicklung der Musikakustik in der PTB dürfen wissenschaftliche Leistungen, vor allem **Dissertationen** nicht unerwähnt bleiben. Deshalb sind die wichtigsten Dissertationen in Abb. 7 aufgelistet:

Musikakustik in der PTB		
Dissertationen am Labor für "Musikalische Akustik"		
Meyer: Orgelpfeifen		1960
Vollmer: Impulsmeßverfahren		1965
Mühle: Blockflöten		1968
Wogram: Blechblasinstrumente		1972
Bork: Schlaginstrumente		1983
Elfrath: Cembali		1992
Kosfelder: Schnelle Tonerkennung		1996
Kobzik: Neuronale Netze		1999
Mori: Klavierunterschiede		2000

Abb. 7

Und last but not least dürfen wissenschaftliche Kontakte in Form von Aufenthaltungen von **Gastwissenschaftler** fremder Länder im Labor für Musikalische Akustik nicht fehlen.

Musikakustik in der PTB		
Gastwissenschaftler am Labor für "Musikalische Akustik"		
CSSR:	Melka, Bažant, Děkan	
DDR:	Krüger	
Ungarn:	Angster, Tarnószky, Pap	
USA:	Hansen, Rossing	
Japan:	Mori	
Australien:	Marshall	
Argentinien:	Serra	
Portugal:	Ribeiro	
Schweden:	Jansson	

Abb. 8

Wenn auch gegen Ende die Aufgabenstellung im Labor für Musikalische Akustik sowohl der Name als auch die Aufgabenstellung geändert wurde in „Raumakustische Simulation“ und „Raumakustik“, so spielt doch auch heute noch das in diesem Bereich entstandene „know how“ eine maßgebliche Rolle im Fachbereich der Akustik.

Musikalische Akustik und Musikinstrumentenbau im Vogtland – Das erste Jahrzehnt

Gunter Ziegenhals

IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der TU Dresden, 08267 Zwota, post@ifm-zwota.de

Einleitung

Im Rahmen des Seminars des Fachausschusses Musikalische Akustik in der DEGA 2001 anlässlich des 50. Gründungstages des Instituts für Musikinstrumentenbau (IfM) wurde, dem Jubiläum gerecht werdend, bereits ein Übersichtsvortrag zur Historie des IfM gehalten [1]. Nunmehr zum 60. Gründungstag war ein mehr auf Details ausgerichteter Bericht zu Forschungen und Entwicklungen im IfM vorgesehen. Recherchen im Archiv des IfM ließen aber recht bald erkennen, dass selbst bei Beschränkung auf besondere Highlights der Rahmen eines typischen Beitrages des FAMA-Seminars gnadenlos gesprengt werden würde. So kam schnell die Erkenntnis, sich auf einen eingeschränkten Zeitraum zu konzentrieren. Die Wahl fiel auf die Gründungsphase und das erste Jahrzehnt der Institutstätigkeit. Warum gerade dieser Abschnitt und nicht die jüngere Vergangenheit? In diese Zeit fallen nur relativ wenige Veröffentlichungen des IfM. Informationen kann man also nur aus dem Archiv des IfM sowie aus Gesprächen mit ehemaligen Mitarbeitern gewinnen. Die vorliegende Veröffentlichung soll diese Informationslücke schließen. Die im Folgenden dargelegten Sachverhalte wurden Einzelschriftstücken aus dem Archiv des IfM sowie den von H. MEINEL verfassten Jahresberichten des IfM entnommen (ebenfalls im Archiv des IfM).

Vorbereitung und Gründung des Instituts für Musikinstrumentenbau

Am 22. Juli 1948 lädt die IHK Sachsen zur 3. Sitzung des Landesfachausschusses „Musikinstrumente“ in den Saal der Musikfachschule Klingenthal ein. Im Ergebnis der Beratung bestätigten die beteiligten Fachkreise die Notwendigkeit eines Zentrallaboratoriums für Musikinstrumente. Die Gründung eines Ausschusses zur Vorbereitung der Errichtung eines staatlichen Forschungsinstitutes unter Leitung von Dr. Hermann MEINEL wird beschlossen. Nach dieser Sitzung findet man eine Reihe von Aktivitäten von H. MEINEL. So wendet er sich im Januar 1949 an die Deutsche Wirtschaftskommission, Abt. Forschung und Entwicklung, in Berlin mit der Bitte um Finanzierung seiner Tätigkeit und einer Schreibkraft bis zur Gründung. Im März 1949 fordert MEINEL die Deutsche Wirtschaftskommission, Gruppe Forschung und Technik, in Berlin auf, die DWK und die Hauptverwaltung der Leichtindustrie sollen die Gründung und die Finanzierung übernehmen, da Sachsen dazu nicht in der Lage wäre. Er schlägt die Aufnahme einer Anleihe vor, um die Institutsgründung weiter voranzutreiben.

1950 erhielt MEINEL vom Ministerium für Planung über die Akademie der Wissenschaften den Auftrag für ein erstes

Forschungsprojekt im Rahmen des noch nicht registrierten Instituts:

- **Erweiterung der wissenschaftlichen Grundlagen des Musikinstrumentenbaus (Nr. 410335/29871)**

Dieser grundsätzliche Forschungsauftrag zieht sich in modifizierter Form praktisch über das gesamte erste Jahrzehnt der Arbeit des IfM. Untersetzt wurde dieses Projekt zunächst mit zwei Aufträgen:

- Untersuchungen an Zungenbalginstrumenten¹ (15/16670)
Beginn 15.02.1950
- Forschungen an Musikinstrumenten (15/01390)
Beginn 01.04.1950

Die Arbeit an beiden Aufträgen zog sich bis in das Jahr 1952.

In einer Beratung am 11.09.1950 in der Hauptabteilung Wiss. und Technik, Perspektivische Planung, teilte man dem Hauptdirektor und dem Technischen Direktor der VVB (Vereinigung Volkseigener Betriebe) Musik und Kulturwaren (Musikkultur) sowie MEINEL mit:

- Das Institut wird der Hauptabteilung Wissenschaft und Technik unterstellt und dem Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung (DAMW) angegliedert. Der Investitionsträger ist die VVB Musikkultur.
- Durch Beschluss des Ministeriums für Planung, HA Wissenschaft und Technik vom 11. Sept. 1950 wird das geplante Forschungsinstitut für Musikinstrumentenbau in Markneukirchen als Dienststelle des DAMW in Berlin niedergelassen.
- Der Sitz des Institutes ist Markneukirchen.

Der Technische Direktor der VVB bezeichnete letzteres sogleich als Fehlentscheidung. Die Industrie braucht das Institut für Klingenthal.

Im Oktober 1950 kam es zu einer ersten Vorstellung von Arbeitsergebnissen. MEINEL demonstrierte eine einfache Vorrichtung zur Prüfung der klanglichen Beschaffenheit eines Akkordeons vor dem Betriebsleiter Harmonikawerke und Mitarbeitern der VVB Musikkultur in seiner Wohnung, Markneukirchen, Lutherplatz 4.

Das Ministerium für Planung, Hauptabteilung Wissenschaft und Technik informiert MEINEL im November 1950, dass von Seiten der Hauptabteilung Leichtindustrie des Ministeriums für Industrie und der VVB Musikkultur im Interesse

¹ Heute als Handzuginstrumente bezeichnet

des Musikinstrumentenbaus der Sitz des Institutes in Klingenthal gefordert wird.

Mit dem Registrierbescheid der Forschungsstelle des DAMW Prüfdienststelle 342 (Musikinstrumente) Markneukirchen, Lutherplatz 4 vom 25. Juni 1951 wird schließlich das Institut für Musikinstrumentenbau gegründet. Obwohl im Registrierbescheid Markneukirchen als Adresse angegeben ist, wird in weiteren Schriftstücken aber stets die Prüfdienststelle Zwota angeführt. Die Ursache für die Ortsangabe im Registrierbescheid lag wahrscheinlich in noch fehlenden Räumlichkeiten in Zwota. Im Verlaufe des Jahres 1951 stellt dann der VEB Klingenthaler Harmonikawerke das Gebäude der früheren Firma Glas und Schmidt in Zwota dem IfM zur Verfügung. Der vermögensrechtliche Übergang erfolgte mit Wirkung vom 01. Oktober 1951. Damit war der Sitz des Institutes in Zwota endgültig festgelegt. Gegen diese Entscheidung kämpfte MEINEL während seiner gesamten Amtszeit als Institutsdirektor immer wieder an. Sein Hauptargument dabei war die sehr ungünstige Verkehrslage.

Die Jahre 1951 bis 1953

Gemäß der beiden Hauptaufträge konzentrierten sich die Aktivitäten 1951 im IfM auf

- Untersuchungen an Zungenbalginstrumenten und
- Untersuchungen von Knotenlinien ebener homogener Kreisplatten mit freiem Rande in Abhängigkeit von verschiedener Berippung.

Die Arbeiten an den Zungenbalginstrumenten beinhalteten neben Verbesserungen an der Anblasapparatur Untersuchungen zum Einfluss des Spieldruckes auf Gesamtpegel und Teiltonverteilung, der Montage der Zunge (Orientierung von Zungenfuß und Zungenspitze zum Luftloch der Kanzelle), und zum Ansprechdruck (Ansprache). Es ergaben sich deutliche Unterschiede im Ansprechdruck von Ton zu Ton, die zunächst noch hypothetisch auf diverse Ursachen wie Zungenmaterial und Dimension der Kanzellen zurückgeführt wurden. Auch hinsichtlich Anblasdruck ergaben sich interessante Ergebnisse: Während der Gesamtschall linear mit der Erregung wächst, verschieben sich die Teiltonverhältnisse in sehr unterschiedlicher Art und Weise, aber stets nicht gleichmäßig, wie man aus dem ersten Teilergebnis erwarten könnte.

Während die beschriebenen Aktivitäten in Zusammenhang mit der Tonzunge von schon recht praktischer Natur waren, stellten die Arbeiten zu den Kreisplatten eher Vorlaufarbeiten dar. Unter Verwendung der Chladni-Methodik wurden Modenfrequenzen ermittelt und die zugehörigen Modenformen sichtbar gemacht. Auf die Kreisplatte wurde dann eine Leiste in verschiedenen Positionen aufgebracht und der Einfluss der Leiste bestimmt. Als wichtigstes Ergebnis ist wohl zu sehen, dass es gelang, mittels der Leiste die Ordnung des entstehenden Strahlers zu verändern.

1952 setzte man die Untersuchungen an Zungenbalginstrumenten fort. In den Arbeiten ging es um die Klangqualität, die Richtwirkung der Schallabstrahlung, das Spektrum von Tonzungen sowie erste Qualitätsvergleiche verschiedener Fabrikate. Weiterhin begann die Entwicklung eines elektro-

akustischen Akkordeons. Es handelt sich dabei um ein Akkordeon mit eingebautem Mikrofon sowie die entsprechende Verstärkertechnik. Mit dem Bau eines Normstimmtongerätes für Kammerton $a_1 = 440$ Hz begannen die Aktivitäten im IfM zur Problematik Stimmung von Musikinstrumenten. Diesem Sachverhalt maß H. MEINEL offenbar große Bedeutung bei. Im gleichen Jahr begann die Entwicklung eines elektrooptischen Stimmgerätes.

1952 endete das 1950 begonnene Hauptprojekt. 1953 wurden folgerichtig zwei neue initiiert und gestartet:

Erweiterung der wissenschaftlichen Grundlagen für den Musikinstrumentenbau und dessen Qualitätssicherung (099000-F3-45). Dieses Projekt ersetzte das ausgelaufene erste Projekt des IfM und stellt zugleich seine folgerichtige Fortsetzung dar. Es beinhaltete 1953 folgende Arbeiten:

- Untersuchungen über die Stimmung der Musikinstrumente, dazu Messungen an verschiedenen Instrumenten unter bewusster Einbeziehung von Musikern
- Arbeiten zu Spektren der Tonzungen
- Arbeiten zur Nutzung eines Hallraumes für Messungen an Musikinstrumenten
- Entwicklung einer Anblasapparatur für Holzblasinstrumente (Blockflöten)
- Entwicklung eines Messplatzes für Akkordeonzungen
- Entwicklung und Aufbau von Filterschaltungen (offensichtlich als Grundlage für Eigenbau-Analysatoren)

Das zweite 1953 startende Hauptprojekt betraf die Entwicklung und den Bau von drei elektrooptischen Stimmgeräten (099000-F3-77):

- ein Gerät, das der 1952 begonnenen Entwicklung entsprach
- ein Gerät insbesondere für den Klavierbau
- ein Universalgerät (für temperierte und reine Stimmung)

Das Jahr 1954

Das Jahr 1954 stellt zweifellos einen ersten Meilenstein in der Geschichte des IfM neben seiner Gründung dar. In diesem Jahr führten die bis dahin vorgenommenen Arbeiten zu ersten, deutlich greifbaren Ergebnissen. Zunächst gab es eine Reihe von Lösungen, die der Verbesserung der verfügbaren Untersuchungsmöglichkeiten dienten. Hier ist z.B. der „Klangvariator“ (Abbildung 1) zu nennen. Es handelt sich um einen Dreikanalfilter, den wir heute wohl als nicht ganz vollständigen, parametrischen Equalizer bezeichnen würden. Das Gerät verfügte über drei parallele Filterkanäle mit variabler Mittelfrequenz. Die Filterbereiche konnten abgesenkt oder verstärkt werden. Was aus heutiger Sicht fehlt, ist die Variationsmöglichkeit der Filterbandbreite. Mit Hilfe des Gerätes wurden aufgezeichnete oder über Mikrofon im Nachbarraum gespielte Instrumente abgehört und dabei der

Anteil verschiedener Frequenzbereiche variiert.



Abbildung 1: Klangvariator des IfM von 1954

Weitere Arbeiten zur Entwicklung und Vervollkommnung von Messmethoden und Technik waren

- der Aufbau eines provisorischen „reflexionsarmen“ Raumes
- die Installation eines ortsfesten Kundtschen Rohres
- Entwicklung und Aufbau einer Apparatur zur Untersuchung der Dämpfung schwingender Holzstäbe
- Entwicklung und Aufbau einer Anblasvorrichtung für Mundharmonikas
- die Erweiterung des Messplatzes für Akkordeon-zungen
- Entwicklung und Bau einer Anregevorrückung für Metallblasinstrumente (Abbildung 2)

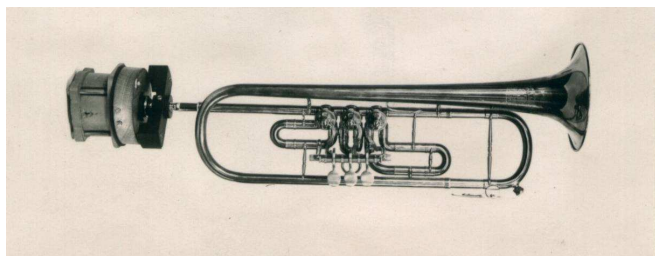


Abbildung 2: Anregevorrückung für Metallblasinstrumente, IfM 1954

Die Anregevorrückung besteht aus einem an das Mundstück anzukoppelnden Treiber, der mit einer Kolbenmembran ausgestattet ist. Um die Ankoppelbedingungen am Mundstück denen am Bläsermund anzugleichen, sind im Anschluss teil für das Mundstück Ausgleichskapillare vorhanden. Diese Lösung beseitigte jedoch nicht das Problem der Rückwirkung des Instrumentes auf den Treiber. Dies wurde letztlich erst 1974/76 durch die Idee von BACKUS [2], dem großen und frequenzunabhängigen Widerstand zwischen Treiber und Mundstück gelöst. Dieser Treiber ist für spezielle Messungen noch heute im Einsatz!

Die Forschungsarbeiten betrafen folgende Themen:

- Ermittlung der physikalischen Bestimmungsgrößen der Klangqualität der Musikinstrumente
- Studienarbeit über elektronische Musikinstrumente im In- und Ausland außer elektronischen Orgeln

- Fertigstellung Universalstimmgerät
- Berechnung der Frequenzen für verschiedene Stimmungen (Frequenztabellen) mittels 7-stelliger Logarithmen (teils auch mit Rechenmaschine)
- Experimente zur reinen und temperierten Stimmung anhand eines speziell zu diesem Zweck komponierten Musikstückes von Max Plank

Die Frequenztabellen dienten nicht zuletzt dem Bau bzw. der Kalibrierungen der Stimmgeräte. Sie listeten die Frequenzen der musikalischen Töne auf der Basis der gleichschwebend temperierten Stimmung jeweils im Bereich -50 cent ... +50 cent auf.

$c_1 - E_1$	c_1	c_{151}	D_1	D_{151}	E_1	F_1
1	32,7220	34,6678	36,7293	38,9134	41,2272	43,6788
2	32,7410	34,6879	36,7506	38,9360	41,2511	43,7041
3	32,7599	34,7077	36,7716	38,9581	41,2746	43,7290
4	32,7788	34,7278	36,7928	38,9807	41,2985	43,7543
5	32,7977	34,7479	36,8141	39,0032	41,3224	43,7796
6	32,8167	34,7680	36,8354	39,0258	41,3463	43,8049
7	32,8356	34,7881	36,8567	39,0484	41,3702	43,8302
8	32,8556	34,8082	36,8780	39,0709	41,3941	43,8556
9	32,8736	34,8283	36,8993	39,0935	41,4180	43,8809
10	32,8927	34,8486	36,9208	39,1162	41,4421	43,9064
11	32,9117	34,8688	36,9422	39,1388	41,4661	43,9318
12	32,9307	34,8890	36,9636	39,1615	41,4901	43,9573
13	32,9497	34,9088	36,9846	39,1838	41,5137	43,9825
14	32,9687	34,9291	37,0060	39,2065	41,5378	44,0078
15	32,9878	34,9493	37,0275	39,2292	41,5618	44,0332
16	33,0068	34,9695	37,0489	39,2519	41,5859	44,0587
17	33,0259	34,9897	37,0703	39,2746	41,6099	44,0842
18	33,0449	35,0099	37,0917	39,2973	41,6343	44,1096
19	33,0640	35,0301	37,1135	39,3199	41,6584	44,1351
20	33,0832	35,0505	37,1347	39,3428	41,6822	44,1607

Abbildung 3: Auszug aus den berechneten Frequenztabellen

1954 wurden nun offenbar drei Varianten des Stimmgerätes fertig gestellt, mit dessen Entwicklung 1952 begonnen worden war. Zur offenbar einfachsten, ursprünglichen Variante und der speziell für Klaviere liegen leider keinerlei Informationen vor. Das vorhandene Foto des Prototyps des Universalstimmgerätes (Abbildung 4) lässt jedoch eindeutig anhand der Bedienelemente erkennen, dass dieses die Grundlage der später in Serie gebauten Geräte bildet.

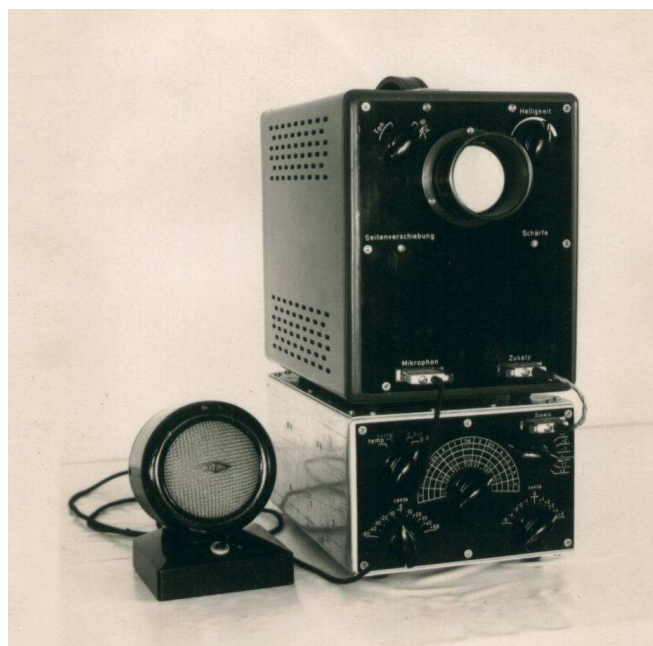


Abbildung 4: Universalstimmgerät, IfM 1954

Abbildung 5 zeigt das erste Serienmodell. Ab 1954 bemühte man sich offenbar um die Serienproduktion. Das Gerät sollte auf breiter Basis in den Musikinstrumentenbaubetrieben zum Einsatz kommen. Die Jahresberichte zeugen von zunächst bei der Produktionseinführung auftretenden Problemen. Wann es letztlich zum Produktionsstart kam, ist nicht mehr genau nachvollziehbar. Es liegt jedoch ein Datenblatt von 1960 vor, so dass eine Produktionseinführung im Jahre 1959 wahrscheinlich ist.

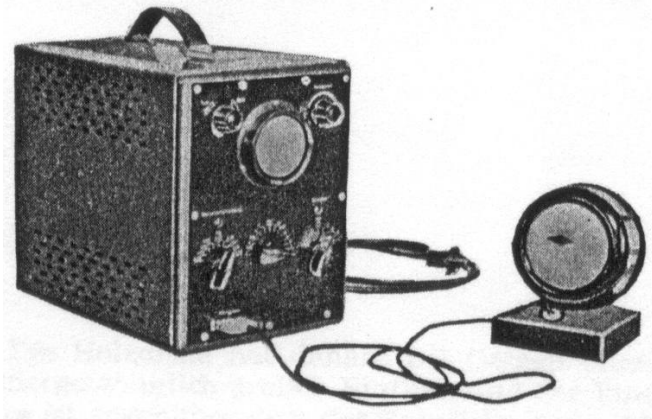


Abbildung 5: Erstes Serienmodell des elektrooptischen Stimmgerätes, VEB RFT-Messgerätewerk Zwönitz um 1960

Die Entwicklung wurde nach der ersten Einführung weiter vorangetrieben. Abbildung 6 stellt ein Folgemodell des Gerätes aus dem Jahre 1969 dar, welches in einer anderen Fertigungsstätte produziert wurde und noch heute, sowohl im IfM als auch einer Reihe von Instrumentenbaufirmen im Einsatz ist.



Abbildung 6: Variante des elektrooptischen Stimmgerätes von 1969, produziert in der PGH Rundfunk und Fernsehen Glauchau

Im Jahre 1954 beschäftigte man sich sehr intensiv mit elektroakustischen Musikinstrumenten. In diesem Zusammenhang erstellte MEINEL ein Gutachten zum „Mixturtrautonium“. Es sollte geprüft werden, ob die Voraussetzungen für den Bau eines elektroakustischen Musikinstrumentes gegeben sind. Die Konzentration auf das Mixturtrautonium war deshalb gegeben, weil offensichtlich sowohl der Rundfunk als auch Film und Theater auf dieses Instrument reflektierten. Im Gutachten wird zunächst

folgende Definition für elektro-akustische Musikinstrumente angegeben:

„Elektro-akustische Musikinstrumente erzeugen durch elektromechanische Anordnungen oder Röhrenschaltungen die verschiedensten Töne, welche durch eine geeignete Spielvorrichtung (Manual) ausgelöst werden können. Die Schallabstrahlung geschieht nach einer entsprechenden Verstärkung von einem oder mehreren Lautsprecher.“

Die damals vorhandenen Instrumente teilte MEINEL in drei Gruppen:

- Elektro-mechanische Saiteninstrumente
- Elektromechanische Musikinstrumente
- Rein elektrische Musikinstrumente mit Tonerzeugung durch Röhrenschaltungen

Die Elektro-mechanischen Saiteninstrumente kennzeichnet er als Experiment. Von den elektromechanischen Musikinstrumenten wäre nur noch die Hammond-Orgel nennenswert im Einsatz und „durch einen grossangelegten Werbefeldzug zur Zeit in Mode“. Von den rein elektrischen Musikinstrumenten erhält nur das Trautonium und insbesondere das Mixturtrautonium eine positive Einschätzung. Alle anderen hält MEINEL für zu aufwendig und zu störanfällig. Letztendlich wird für das Mixturtrautonium eine Herstellungsempfehlung ausgesprochen, allerdings mit einem warnenden Hinweis: MEINEL gibt zu Bedenken, dass aufgrund der sich abzeichnenden rasanten Entwicklung der Elektronik in spätestens 10 Jahren keine Bauteile (Ersatzteile) mehr für die aktuellen Entwicklungen zur Verfügung stehen werden. Die Einschätzung hinsichtlich der Elektronikentwicklung war außerordentlich weitsichtig, die hinsichtlich der Teileverfügbarkeit etwa zu pessimistisch. Noch heute könnte man Geräte aus dieser Zeit reparieren.

Die im Gutachten etwas vage Aussage zu den „Rein elektrischen Musikinstrumenten“ wird im Jahresbericht 1954 deutlicher fixiert. MEINEL formuliert, dass „der Kontakt, das Verwachsenkönnen des Künstlers mit dem Instrument eine wichtige Voraussetzung für künstlerisches Spiel ist“. Dieser Kontakt ist seiner Meinung nach bei den elektronischen Instrumenten nicht gegeben, weil diese eine zu geringe Modulationsfähigkeit des Klanges aufweisen. Er hält zwar entsprechende technische Entwicklungen zukünftig für möglich, stuft sie aber als wissenschaftlich-technische Spielereien ein. Er favorisiert deshalb die elektroakustischen Instrumente bei denen die Klangerzeugung auf klassische Weise erfolgt. Mit Hilfe hinzugefügter elektroakustischer Mittel (er nennt Mikrofone, spezielle Verstärker und Lautsprecher) lassen sich Klangfarbenreichtum, Klangfülle u. a. beachtlich vergrößern. In diese Richtung stößt auch die Entwicklung der elektroakustischen Akkordeons, die man ja bereits begonnen hatte. Glücklicherweise, muss man aus heutiger Sicht sagen, konnte sich MEINEL mit seiner Meinung hier nicht durchsetzen. Zwei Jahre später begann man an anderer Stelle im Vogtland mit der Entwicklung elektronischer Musikinstrumente. Der Ironie des Schicksals ist es geschuldet, dass diese Entwicklungsabteilung 1960 dem IfM und damit der Verantwortung MEINELs zugeordnet wurde.

Die personelle Entwicklung des IfM

Will man die Leistungen des Instituts verstehen, insbesondere in Relation zwischen gestellten Aufgaben und erzielten Ergebnissen, so ist unbedingt die jeweilige personelle Situation des IfM zu berücksichtigen. Die oben aufgeführten Aufgaben sind sehr anspruchsvoll, die erreichten Ergebnisse beachtlich. Wie viele Personen standen denn nun aber hinter der geleisteten Arbeit? Leider ist die personelle Entwicklung in den Jahresberichten nur verbal beschrieben. Stellenpläne werden erwähnt, aber nicht konkret dargelegt. Die folgende Tabelle 1 stellt einen Versuch einer Zusammenstellung für die Jahre 1951 bis 1961 dar. Fakt ist wohl, dass der Institutsgründer 1951 zunächst als Einzelkämpfer startete.

Tabelle 1: Entwicklung der Zahl der Mitarbeiter im IfM 1951 bis 1961

Jahr	WMA	Ing.	Techn.	Lab.	Verw.
1951	1	?			
1952	2 + 2 Honorarkräfte	-		2 Teilz.	?
1953	wie 1952				
1954	2	-	3	-	?
1955	4	-	3	2	?
1956	4	1	2	2	?
1957	7	-	1	3	1 Hon.
1958	6	-	1	3	?
1959	8	-	1	3	2
1960	9	19			
1961	9	21			

Diese Zahlen sind mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten. Sie belegen aber wohl, dass das erste Jahrzehnt des IfM in Sachen Personalentwicklung eine bewegte Zeit darstellte. Der Sprung in der Mitarbeiterzahl 1960 resultiert aus dem neuen Unterstellungsverhältnis des IfM und der in diesem Zusammenhang vorgenommenen Angliederung von vorhandenen Entwicklungseinrichtungen an das IfM. Darauf wird später noch ausführlicher eingegangen.

Die Jahre 1955 bis 1958

Das Jahr 1955 war gekennzeichnet durch Arbeiten zur Weiterentwicklung der Messtechnik des Instituts. Insbesondere wären zu nennen:

- Elektrodynamisches Anregesystem für Streichinstrumente
- Modifizierungen der Anblasvorrichtung für Metallblasinstrumente
- Erweiterung der Anblasapparatur für Holzblasinstrumente auf Klarinetten.

Es fanden Messreihen zur Güte von Stimmpfatten, insbesondere zum Luftspalt, zur Aufbiegung und zum Einfluss der Kanzellenausmaße statt. Zu erwähnen ist weiterhin, dass 1955 erstmals neben den Jahresberichten des Institutsleiters

umfangreiche, detaillierte wissenschaftliche Berichte durch die mit den Projekten beauftragten Mitarbeiter erstellt wurden. Damit wird die Institutsarbeit deutlich besser nachvollziehbar.

Zum Jahr 1956 bieten die Berichte wenig Aufregendes. Im Wesentlichen werden die Arbeiten aus 1955 fortgesetzt.

Ganz anders das Jahr 1957. Hier überschlagen sich die Arbeiten und Ergebnisse regelrecht. Der Arbeitsschwerpunkt lag zweifellos auf dem Gebiet des Akkordeons. Erstmals gelang der Nachweis, dass die Spitze der Zunge eine rein sinusförmige Bewegung ausführt. Man entwickelte Prüfmethoden für Akkordeons zu

- Luftdurchlässigkeit, Luftverluste durch Schließplatten, Registerschieber
- Tastendruckkräfte
- Balgbeweglichkeit
- Ansprechdruck, Ansprechluftverbrauch, Ansprechzeit
- Luftverbrauch
- Schallleistung
- Dynamik
- Stimmung

sowie speziell eine optischen Messmethode für den Luftspalt (Schlupf) von Akkordeonstimmpfatten. Mit Hilfe dieser nunmehr verfügbaren Methoden fand ein erster Weltstandsvergleich Akkordeon statt. Weiterhin absolvierten die Mitarbeiter Messreihen zum Einfluss der Kanzellenöffnung und Dämpfungsmessungen an Stimmzungenmessing für Mundharmonikas. Ausdrücklich wird darauf verwiesen, dass das Problem der Messung der Klangschönheit noch nicht gelöst werden konnte.

Die Entwicklung einer Anblasvorrichtung für Klarinette und Oboe, diesmal nicht mit akustischer Erregung sondern künstlichem Anblasen wurde vorangetrieben. Mit ihrer Hilfe fanden Untersuchungen zu Dämpfungsmechanismen an Rohrblättern und zur optimalen Stimmung der Klarinette statt. Ein Ergebnis besagt z.B. dass die Birne maximal 2 mm ausgezogen werden kann, ohne eine Verschiebung der Stimmung des Instrumentes in sich um mehr als 10 cent zu verursachen.

1957 erfolgten ebenfalls erste Messungen an Klavieren und Flügeln. Die Fragestellung hier lag darin, ob sich Lautstärke und Abklingverhalten als Gütekriterien eignen. Man arbeitete mit künstlichem Anschlag, wobei eine Anschlagkraft von 1250 p verwendet wurde.

Die Messungen zu Resonanzholz begannen (Zunächst noch ohne Dr. Holz!). Als Messobjekte dienten Holzstäbe der Abmessungen 400 mm x 20 mm x 3mm, wie noch heute. Bestimmt wurden die Biegeeigenfrequenzen und mit ihrer Hilfe Schallgeschwindigkeit und E-Modul berechnet. Werte für die innere Dämpfung lieferten die Abklingzeit bzw. Halbwertsbreite der Resonanzen. Die Strahlungsdämpfung wurde hier zunächst per Hypothese vernachlässigt. Dies änderte sich bereits 1958. Die Apparatur für die Resonanzmessungen an den Stäben wanderte in einen Rezipienten (Abbildung 7). Nunmehr konnte im Vakuum gemessene

werden. Das Ergebnis lautete: Die Strahlungsdämpfung kann bei derartigen Stabmessungen vernachlässigt werden.



Abbildung 7: Rekonstruktion der Vakuumapparatur 2002 mit Originalteilen

1958 kam es zu ersten Messungen an Saiten und natürlich kam auch das damalige Schwerpunktinstrument, das Akkordeon nicht zu kurz. Im Fokus standen die Weiterführung der Untersuchungen zur Wirkungsweise der Stimmplatte sowie die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen akustischen und mechanischen (eigentlich besser konstruktiven) Akkordeon-Eigenschaften, speziell Resonanzräume (Cassotto), und das Akkordeonverdeck.

Auf dem Gebiet der Blasinstrumente widmete man sich erneut der rückwirkungsfreien elektrodynamischen Anregung der Instrumente und erschuf nunmehr auch für Metallblasinstrumente eine Anblasvorrichtung (Abbildung 8). Die vorgenommenen Messungen widmeten sich dem Einfluss der geometrischen Abmessungen von Blasinstrumenten auf die Stimmung. Im Zusammenhang dieser Arbeiten entstanden spezielle Hilfsmittel zur Bestimmung der geometrischen Abmessungen der Objekte.

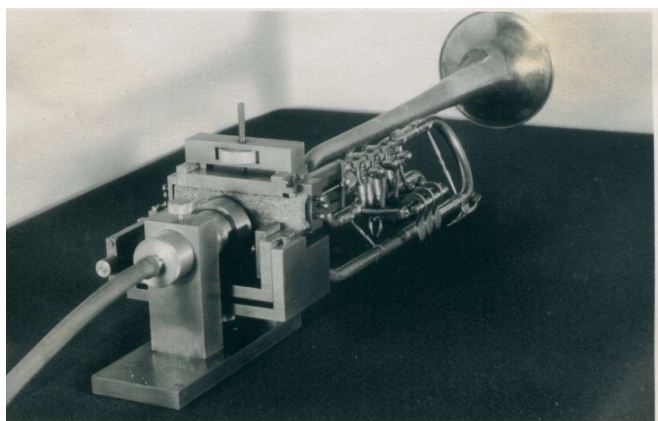


Abbildung 8: Anblasapparatur für Metallblasinstrumente von 1958

Die Jahre 1959 bis 1961

Betrachtet man die laufenden Forschungsprojekte, bot das Jahr 1959 nicht neues. Im Wesentlichen wurden die Arbeiten des Vorjahres weitergeführt. Aber hinsichtlich der Struktur

des IfM wurde ein wesentlicher Schritt unternommen: Per 08.04.1959 erfolgte ein Rechtsträgerwechsel des Instituts weg vom Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung der DDR hin zur VVB Musikinstrumente und Kulturwaren, also weg von der Behörde und hin zur Industrieforschung. Im gleichen Jahr konnte endlich mit der Auskleidung des reflexionsarmen Raumes begonnen werden. Die Fertigstellung erfolgte 1960.

1960 gelang die Fertigstellung eines Messplatzes für akustische Einschwingvorgänge auf der Basis eines Magnetbandgerätes (Bandschleife) und einer Filteranalyse in Terzbreite. Die Aufzeichnung der Ergebnisse fand mittels 9-Schleifen-Oszillograph statt. Parallel dazu konnte die Entwicklung des Luftspaltmessgerätes (damals als Schlupfmessung bezeichnet) auf der Basis der Messung der durch den Spalt tretenden Lichtmenge abgeschlossen werden (Abbildung 9).

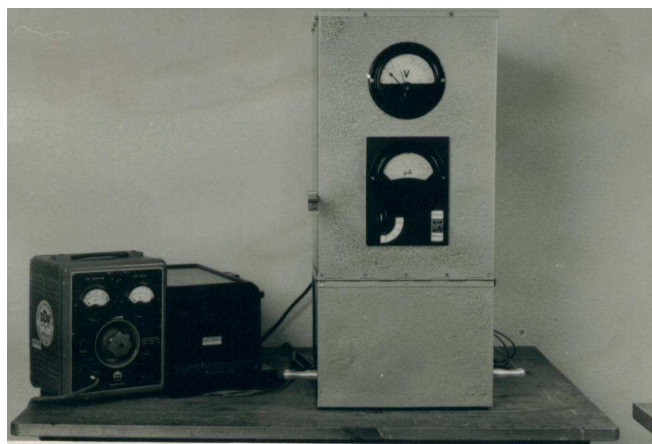


Abbildung 9: Lichtspaltmessgerät IfM 1960

Die robuste Funktionsweise ermöglichte einen problemlosen Einsatz auch in Produktionsbetrieben.

Auf der Basis der in den vergangenen Jahren erzielten Ergebnisse formulierte man Güteanforderungen an Akkordeons und Akkordeonstimmplatten. In Sachen Klaviere wurde das Systems Hammernuß-Hammernußkapsel zum Untersuchungsobjekt. Es galt die Ausführungen in Kunststoff ohne Achstuch und in Holz mit Achstuch zu vergleichen. Es kam zur Ausweitung der Arbeiten an Resonanzholz.

Im Zusammenhang mit dem Trägerwechsel des IfM gliederte man in der Region ansässige Entwicklungsabteilungen bzw. Konstruktionsbüros dem Institut an. So kam es zu einer ungewöhnlichen Personalaufstockung und völlig neuen Arbeitsgebieten. Eines davon waren die elektronischen Tasteninstrumente. 1960 vollendeten die beauftragten Mitarbeiter die 1956 begonnene Entwicklung eines elektronischen Tasteninstrumentes, polyphoner spielbar mit einem Manual. Es trug daraus folgend die Bezeichnung EMP 1. Aufgrund der zweifellos als genial zu bezeichnenden kontaktlosen Tastatur erhielt das Instrument den Markennamen „Ionika“ (Abbildung 10). Jeder Taste war eine Glühlampe zugeordnet, die knapp unter der Durchsteuerungsspannung betrieben wurde. Bei Betätigung der Taste verschoben sich kleine Abschirmbleche, so dass nun ein von entsprechenden Elektroden ausgesandtes HF-Feld in die Glühlampe einkoppeln konnte. Diese steuerte durch und der Kontakt war ausgelöst. Man kann heute ein Exemplar im Harmonikamuseum Zwota besichtigen.



Abbildung 10: Ionika mit Verstärker MV 2 und zugehöriger Box

1961 kam es zur Fortführung der Arbeiten auf nun schon traditionell zu bezeichnenden Gebieten

- Akkordeon / Mundharmonika
- Blasinstrumente
- Saiten
- Resonanzholz
- Klaviere
- Gitarren

Es begann die Entwicklung des EMP 2, ein elektronisches Musikinstrument mit zwei 2 Manualen und Pedal. Abgeschlossen wurden diese Arbeiten 1966.

Neu hinzu kam die Orgelakustik. Entsprechende Messverfahren wurden entworfen und erste Prüfungen an Orgeln in der Region vorgenommen. Nach 1961 kam es allerdings zu keiner Fortführung der Arbeiten. Eine offizielle Begründung dafür konnte in keinem vorhandenen Dokument gefunden werden. Es liegt jedoch nahe, dass die Ursache darin liegt, dass die Orgelbaubetriebe in der ehemaligen DDR zu keinem Zeitpunkt der VVB Musikinstrumente und Kulturwaren bzw. deren Nachfolger (1982) dem VEB Kombinat Musikinstrumente (VEB – Volkseigener Betrieb) angehörten. Das IfM, nunmehr die Forschungseinrichtung der VVB, arbeitet nur noch für die Mitgliedsbetriebe, bzw. beschäftigte sich nur mit deren Problemen.

Am 24.11.1961 verlässt Dr. Hermann Meinel das Institut für Musikinstrumentenbau und Edgar Lieber übernimmt kommissarisch die Leitung. Hiermit endet zweifellos die erste Phase der Existenz des IfM und zugleich das erste Jahrzehnt dessen erfolgreicher Arbeit.

Veröffentlichungen des IfM im ersten Jahrzehnt

Die bisherigen Ausführungen stützen sich, wie bereits eingangs erwähnt, auf die von MEINEL verfassten Jahresberichte 1951 bis 1960. Die angegebenen Literaturstellen [3] bis [28] geben die im Archiv des IfM vermerkten Veröffentlichungen des IfM der Jahre 1951 bis 1961 wieder. Stützt man sich nur auf diese Veröffentlichungen, so entsteht eigentlich ein falsches Bild der Arbeit des Instituts im ersten

Jahrzehnt. Die beiden Artikel von MEINEL zur Geigenforschung sind streng wissenschaftlich gehalten. Es wird der Eindruck einer intensiven Forschung an Streichinstrumenten im IfM erweckt. Beschrieben werden aber Arbeiten und Ergebnisse von MEINEL aus den 1930er Jahren (siehe hierzu den Beitrag von KÖLTZSCH im gleichen Tagungsband). Tatsächlich gab es im ersten Jahrzehnt keine nennenswerten Arbeiten zu Streichinstrumenten. Eine Ursache wurde mehrfach von MEINEL in den Jahresberichten angeschnitten: Das Fehlen eines reflexionsarmen Raumes. Der provisorisch eingerichtete Messraum brachte offensichtlich nicht die erhofften Ergebnisse. Es gab Versuche, bei frischem Pulverschnee am offenen Fenster zu messen. Dieser Versuchsaufbau führte zumindest zu Teilerfolgen (siehe hierzu den Beitrag von SCHIEMA im gleichen Tagungsband). Die Experimente wurden aber offenbar aus nahe liegenden Gründen nicht weitergeführt. Nach Fertigstellung des reflexionsarmen Raumes 1960 scheiterten die Arbeiten an fehlenden personellen Kapazitäten, wie es MEINEL selbst im Jahresbericht 1960 vermerkt und LIEBER im von ihm verfassten Bericht für 1961 bestätigt.

Der umgekehrte Fall liegt in Zusammenhang mit den Arbeiten zu Stimmung und Stimmgeräten vor. Wir finden hierzu zwar einige Veröffentlichungen, jedoch sind diese eher nichts sagend. Auf keinen Fall repräsentieren sie die große Aufmerksamkeit, die MEINEL ganz offensichtlich diesem Thema zukommen ließ und die sich in den oben geschilderten Arbeiten widerspiegelt.

Völlig unter den Tisch fallen bei den Veröffentlichungen die sehr umfangreichen Arbeiten zu Harmonikainstrumenten. Dies soll sich erst mit dem Erscheinen des Fachbuches zum Akkordeon von RICHTER 1964 grundlegend ändern. Aber das gehört schon zu den Geschichten des zweiten Jahrzehnts.

Literatur

- [1] Ziegenhals, G.: (Musikalische) Akustik im Dienste des Musikinstrumentenbaus. Tagungsband des Seminar des FAMA in der DEGA 2001 ISBN 3-00-009226-9
- [2] Backus, J.: Input impedance curves for the brass instruments. J. Acoust. Soc. Am. 60(1976), S. 470-480
- [3] Holz, D.: Diskussionsbeitrag zum Thema: Das Dämpfen von Furnierhölzern. Holzindustrie 14 (1961) 5, S. 125 und 142
- [4] Holz, D.; Plickat, H.: Über die Bestimmung der Darrdichte an kleinen Holzproben. Holz als Roh- und Werkstoff 19 (1961) 2, S. 55-60
- [5] Holz, D.: Über die Abhängigkeit physikalischer und mechanischer Holzeigenschaften von Holzfeuchtigkeit und Temperatur. Vortrag zum wiss. Symposium, Tharandt, Januar 1961
- [6] Holz, D.; Krug, W.: Über Ausbeute und Qualität bei der Furnierherzeugung. Holzindustrie 13 (1960) 10, S. 322-323; 11, S. 364-365; 12, S. 388-389

- [7] Lieber, E. Über die Möglichkeiten der Spielartbeeinflussung von Pianos. Fachbuch Junghanns – Der Piano- und Flügelbau 1960 S. 118-126
- [8] Meinel, H.: Scientific principles of violin making. Survey. Soviet Phys.-Acoust. 6 (1960) 2, S. 149-161
- [9] Kumichel, W.; Bruckner, K.; Holz, D.: Chemie des Holzes und der Cellulose. Herausgabe und Redaktion von A. S. Sergejeva, 1959: Th. Steinkopf. Übersetzung aus dem Russischen
- [10] Holz, D.: Rotkern, Ersticken und Verstocken – unerwünschte Verkernungserscheinungen des Buchenfaserholzes. Zellstoff und Papier 8 (1959) 11, S. 422-423
- [11] Holz, D.: Über das "Anfärben" der Jahrringe an Stammscheiben und Bohrspänen. Archiv für Forstwesen 8 (1959) 8, S. 743-749
- [12] Holz, D.; Bruckner, K.: Über gemeinsame und unterschiedliche Eigenschaften von Stiel-, Trauben- und Rot-eichenholz. Holzforschung und Holzverwertung 11 (1959) 4, S. 88-99
- [13] Meinel, H.: Musikinstrumentenbau und –Forschung in der DDR. Das Musikinstrument 8(1959) 2 S. 128-130
- [14] Meinel, H.: Die Arbeitsergebnisse des AA "Stimmton". Das Musikinstrument 8 (1959) 7, S. 314
- [15] Holz, D.: Die Bedeutung des anatomischen Holzaufbaus für Gewinnung und Eigenschaften von Papierzellstoffen. Zellstoff und Papier 7 (1958) 12, S. 355-363
- [16] Meinel, H.: Internationaler Wieniawski-Geigenbauer-Wettbewerb in Polen. Musik und Gesellschaft 3 (1958)
- [17] Meinel, H.: Musikinstrumentenstimmungen und Tonsysteme. Acustica 7 (1957) 3, S. 185-190
- [18] Meinel, H.: Regarding the sound quality of violins and a scientific basis for violin construction. J. acoust. Soc. Amer. 29 (1957) 7, S. 817-823
- [19] Meinel, H.: Zum "Verblasen" der Blasinstrumente und "Einspielen" der Streich- und Zupfinstrumente. Das Musikinstrument 6 (1957) 4, S. 147
- [20] Meinel, H.: Tone-Quality of Bowed-String Instruments and its Variation by Making. Journal of the Acoustical Society of America 28 (1956) 4, S. 768 - 769
- [21] Meinel, H.: Über den Normstimmton. Musik und Gesellschaft 6 (1956) 2, S. 17 – 19
- [21] Kumichel, W.; Holz, D.: Das Höppler-Konsistometer – ein Gerät zur Bestimmung der Kegeldruckhärte von Hölzern. Holz als Roh- und Werkstoff 13 (1955) 5, S. 188 – 193
- [23] Meinel, H.: Zum Einfluss der Tonsysteme auf den Normstimmton. Acustica 5 (1955) 5, S. 284-288
- [24] Meinel, H.: Elektronische Musikinstrumente. Musik und Gesellschaft, Februar 1955
- [25] Meinel, H.: Forschungsinstitut für Musikinstrumentenbau. Wissenschaft und Fortschritt, 5 (1955)
- [26] Meinel, H.: Zur Stimmung der Musikinstrumente. Acustica 4 (1954) 6, S. 233-236
- [27] Meinel, H.: Musikinstrumente in der Prüfung. Holz und Wohnraum, Februar 1953
- [28] Meinel, H.: Über das Werden und die Aufgaben des Forschungsinstitutes für Musikinstrumentenbau. Holz und Wohnraum, März 1953

Analyse der Antriebsmotorik beim Klarinettenspiel

- Atmung und intraoraler Druck -

Dieter Mehnert¹, Rüdiger Hoffmann¹, Diethelm Kühn²

¹ TU Dresden, Professur für Systemtheorie und Sprachtechnologie, 01062 Dresden,
E-Mail: di.mehnert@freenet.de, ruediger.hoffmann@tu-dresden.de

² Hochschule für Musik „Hanns Eisler“ Berlin, Professur für Klarinette, 10178 Berlin,
E-Mail: DiethelmKuehn@web.de

Einleitung

Die Einladung zu dem Seminar „Geschichte der Musikalischen Akustik“ hat die Autoren veranlasst, auf ältere Arbeiten [1] aus ihrem eigenen Umfeld zurückzukommen, für die eine Fortsetzung wünschenswert ist, und deren Durchführbarkeit mit heutiger Messtechnik zu demonstrieren.

Bekanntlich ist die physische Belastung im Musikerberuf hoch; davon ist besonders die Berufsgruppe der Bläser betroffen, so dass deren medizinische Betreuung nützlich, teils sogar notwendig ist. Dies gilt besonders für die Ausbildung des Nachwuchses.

Die musikalische Ausbildung der Bläser an Musikschulen und Hochschulen wird natürlich weitgehend von subjektiv-empirischen Methoden bestimmt. Es liegt nahe, nach Wegen zu suchen, die Ausbildung in angemessener Form mit objektiven Methoden zu unterstützen. Unsere früheren Versuche, die Spannung der zum Blasen eingesetzten Muskeln durch elektromyografische Messungen zu ermitteln, stellten einen Beitrag dazu dar. Der Vergleich der Anspannung der mimischen Muskulatur beim Blasen von Studenten verschiedenen Ausbildungsstandes und von Berufsmusikern gab Hinweise darauf, wie bei Schwierigkeiten eine Verbesserung erreicht werden kann. Wir hatten sogar vorgeschlagen, die Elektromyografie (EMG) als Routinemethode für die Verbesserung der Ausbildung der Bläser einzuführen.

Im Rahmen der älteren Untersuchungen war die Messung des Mundinnendruckes offen geblieben, weil zur damaligen Zeit entsprechend kleine Wandler noch nicht zur Verfügung standen. Heute bestehen diese technischen Möglichkeiten, und wir haben deren Nutzung speziell für das Instrument Klarinette demonstriert und zeigen im vorliegenden Beitrag erste Ergebnisse.

Mundinnendruckmessungen bei Bläsern wurden inzwischen vereinzelt in der Literatur beschrieben [2, 3]. Unser Beitrag soll diese verfügbaren Angaben nicht nur durch weiteres Material für die Klarinette ergänzen. Wir haben bei der Datenerhebung besonderen Wert darauf gelegt, Messungen sowohl an professionellen Musikern als auch an Studierenden durchzuführen. Wir zeigen damit einen Weg auf, wie die auditive/subjektive Beobachtung/Beurteilung der Studierenden durch ihren Lehrer durch messtechnische/objektive Mittel unterstützt werden kann.

Vorarbeiten I

Die bereits erwähnten Untersuchungen [1], die 1983 abgeschlossen wurden, nutzten die Elektromyografie. Dieses unblutige Verfahren misst die Muskelaktivität mit Hilfe von zwei Oberflächen Elektroden, die bipolar aufgeklebt werden und Signale liefern, die verstärkt und aufgezeichnet werden. Abbildung 1 zeigt die Messanordnung. Wie das Beispiel in Abbildung 2 verdeutlicht, führt die Integration der Signale zu einer besser auswertbaren Kurve. Deren Weiterverarbeitung musste im „analogen Zeitalter“ manuell erfolgen.

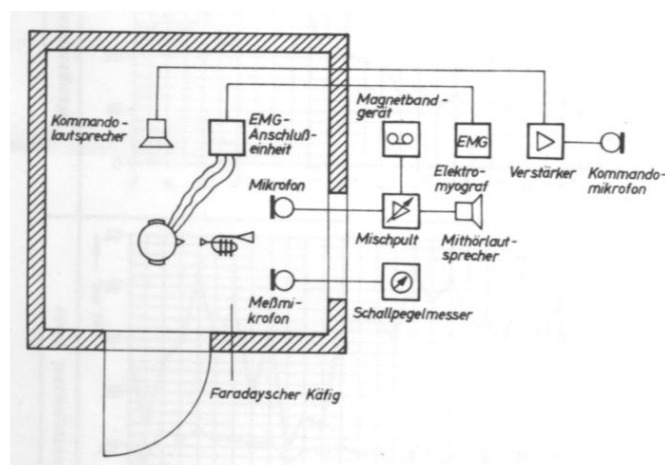


Abbildung 1: Messanordnung für die historischen EMG-Untersuchungen [1].

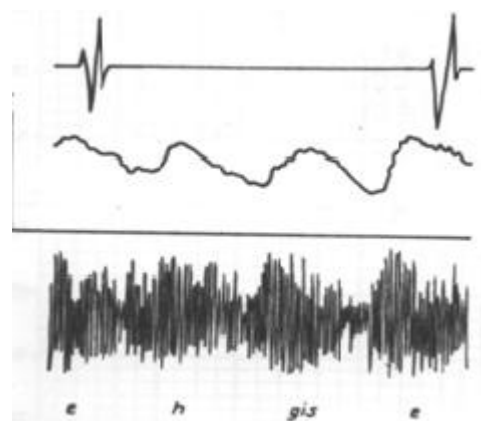


Abbildung 2: Ausschnitt aus einem Registrierstreifen der historischen EMG-Untersuchungen [1]. Von unten: direktes Signal, integriertes Signal (Intensität), Zeitmarken (vom Untersuchungsleiter gesetzt).

Vorarbeiten II

In einer zweiten gemeinsamen Studie der Hochschule für Musik „Hanns Eisler“ und der Phonetik-Professur der Humboldt-Universität zu Berlin (Sektion Rehabilitationspädagogik und Kommunikationswissenschaft), die 1989 abgeschlossen wurde und wegen der damaligen Umbrüche nicht mehr zur Veröffentlichung gelangte, wurden Notenbeispiele gewählt, die den gesamten Tonumfang der verschiedenen Blasinstrumente umfassen und die innerhalb des Studiums die meisten Komplikationen in Bezug auf Ansatzposition, Spieltechnik, Klangkultur, Atemtechnik und Registerübergänge bringen. Es wurden die Aktivitäten der Mundbodenmuskulatur und des Mundringmuskels (Oberlippe und Unterlippe) untersucht. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen ausgewählte Beispiele für die Klarinette.

Bild 4, das das Spielen einer F-Dur-Tonleiter darstellt, lässt gut erkennen, wie sich die Aktivität aller drei Muskeln beim Übergang vom Chalumeau- zum Clarin-Register verstärkt. Da an dieser Stelle ein Übergang von der kurzen zu der langen Röhre der Klarinette erfolgt, erhöht der Bläser seine Muskelaktivität, damit dieser Übergang nicht auffällt. Zwischen dem mittleren und dem oberen Register springt dagegen die Röhre nicht von kurz auf lang, so dass dort keine Erhöhung der Muskelaktivität erfolgt.

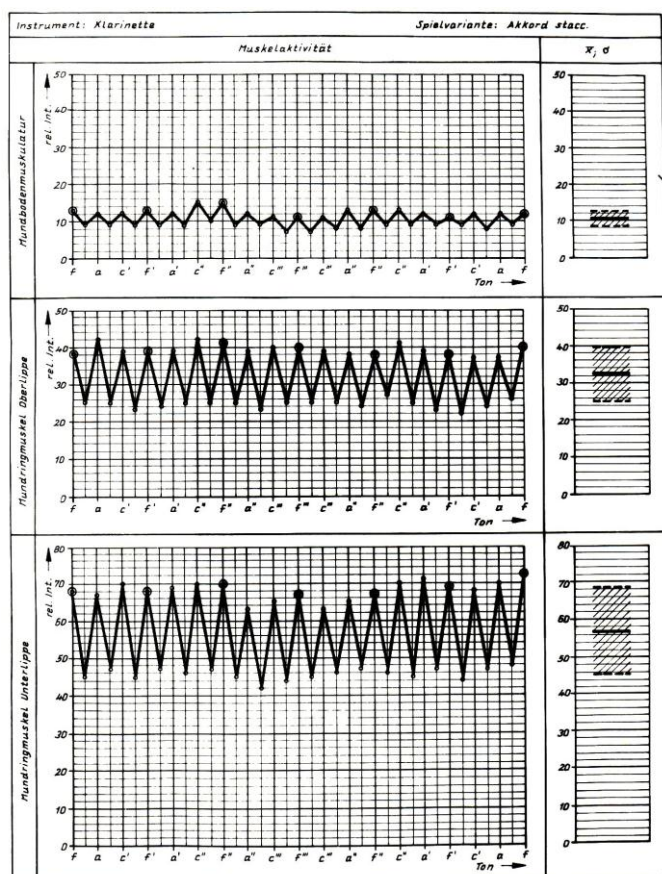


Abbildung 3: Muskelspannungskurven Klarinette (Mittelwerte). Aus der Studie von 1989, unveröffentlicht.

Klarinette als Untersuchungsobjekt

Während die beschriebenen Vorgängeruntersuchungen für eine Gruppe von unterschiedlichen Blasinstrumenten erfolgten, sollten die Messungen für den vorliegenden Beitrag auf einen Instrumententyp beschränkt werden, um den Aufwand in vertretbaren Grenzen zu halten. Gewählt wurde die Klarinette, deren Physik in der Literatur gut beschrieben ist [3, 4]. Es folgen einige erklärende Ausführungen zur Klarinette und den gewählten Testbeispielen.

Aus Sicht der Klarinette, die zu den Holzblasinstrumenten gehört, ist die Luftführung primär und das Hervorbringen der unterschiedlichen Tönhöhen, bedingt durch das Greifen und Herstellen verschieden langer Klangröhre, sekundär. Die Luftsäule innerhalb der fast zylindrischen Röhre, deren Form und Länge bestimmen den Klang und dessen Höhe.

Die Klarinette nimmt durch ihre fast zylindrische Bohrung die Eigenschaft einer gedackten Orgelpfeife an. Sie besteht darin, dass der Grundton in vergleichbarem kurzem Schallrohr sehr viel tiefer erklang als man erwartet. Damit wird die Klarinette nicht in die Oktave überblasen, sondern in die Duodezime und verfügt über einen sehr großen Tonumfang. Es entstehen beim Spiel von Oktaven immer zwei verschiedene Griffe mit jeweils unterschiedlichem Intonationsverhalten.

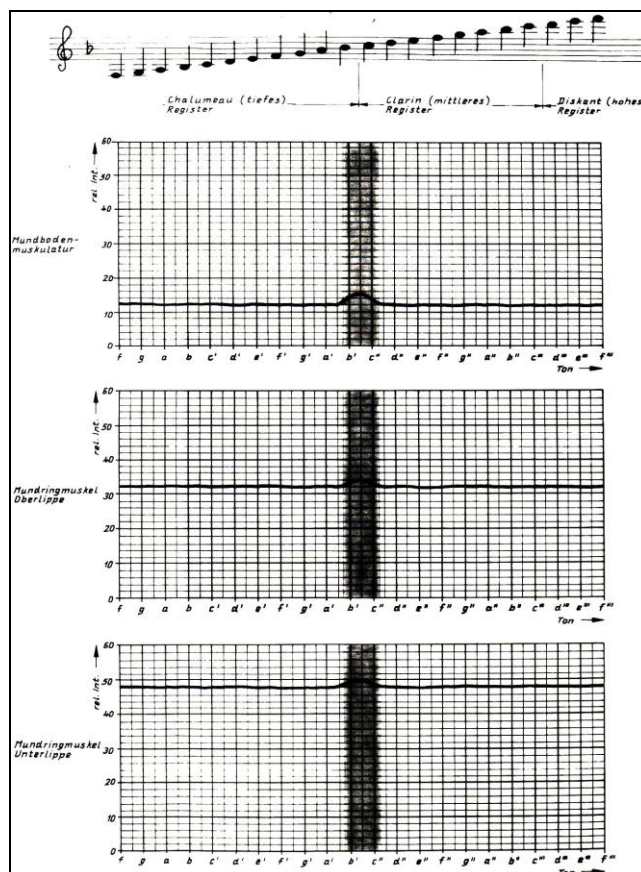


Abbildung 4: Registerübergänge bei der Klarinette. Aus der Studie von 1989, unveröffentlicht.

Die Impulse, die die Basis der Schwingungen in der Röhre abgeben, werden durch Verdichtung der Luftmoleküle mit unmittelbar anschließender, rascher Verdünnung infolge der Verschlusswirkung des zurückschnellenden Blattes gebildet. Der sogenannte Klangerreger, das Klarinettenblatt, funktioniert nur in Verbindung mit dem Mundstück. Man könnte es auch als Ventil bezeichnen, welches die Luftzufuhr zur Luft-/Schwingungssäule innerhalb der Klarinette regelt. Der Grund dafür ist in der Luftdynamik zu suchen. Allgemein und stark vereinfacht entstehen helle Töne durch stärkere Spannung und schnelle Wechsel des Zyklus, weichere, vollere durch Verlangsamung des Öffnungs- und Schließvorgangs.

Um das ventilartige Blatt in Schwingung zu bringen, muss die „Feder“ gespannt werden. Dieses erfolgt durch die Ansatzspannung, die beim beschriebenen EMG-Test gemessen und aufgezeichnet wurde. Bei der Wiederaufnahme unserer Versuche stellte sich die Aufgabe, mit der heutigen Technik die Druckverhältnisse im Mundraum zu messen, aufzuzeichnen und das zugehörige akustische Signal aufzunehmen. Somit war es von großem Interesse, die Notenbeispiele des EMG-Testes als Ausgangsmaterial zu verwenden und mit signifikanten Motiven aus der Klarinettenliteratur zu kombinieren.

Im besonderen Interesse dieser Untersuchungen stand der bereits bei Abbildung 4 erwähnte Lagenwechsel, also der Übergang vom kurzen zum langen Instrumentenrohr und der entsprechenden Schwingungssäule. Es ist die markante Druck-Ungleichheit zwischen den verschiedenen Registern und den verschiedenen Bohrungsabschnitten, die u. a. das Zentrum unserer Untersuchungen bildeten. Die sogenannten leeren kurzen Töne g1, as1, a1 und b1 sind keine Überblastöne und die Schwingungssäule ist sehr kurz, sowie die Druckverhältnisse niedrig.

Man kann die Klarinette durchaus von unten bis oben einheitlich klingen lassen, aber nur, wenn man ihre unausgeglichene Druckverhältnisse berücksichtigt. Ob diese Blasweise immer musikalisch-klanglich anzustreben ist, liegt im Ermessen eines jeden einzelnen Bläasers. Verschiedenen Maßnahmen, wie Verstärken der allgemeinen Druckkomponente bzw. Einbeziehen der Körper-Resonanz, bilden die Grundlage eines für die variable Tongestaltung nötigen Balance-Verhaltens.

Spielprogramm

In Abbildung 5 ist das verwendete Spielprogramm wiedergegeben. Es wurden Beispiele in Anlehnung an das Material der EMG-Untersuchungen ausgewählt und mit signifikanten Motiven aus der Klarinettenliteratur kombiniert.

Das erste und zweite Beispiel bildete beim EMG-Test die Basis. Wir fanden es sehr spannend, den Unterschied zwischen legato und staccato optisch und akustisch zu erfassen.

Im dritten Beispiel, der sogenannten Einspielübung, welche zu diesem Zweck durch alle Tonarten und für zwei Spieler im Terzabstand trainiert wird, ist Lagenwechsel und schnell

wechselnde Artikulationsfolge in dichten Sekundschritten aufgezeichnet (hier C-Dur). Dabei ergeben sich gleiche Erscheinungsbilder wie im ersten Beispiel, nur in konzentrierter, verdichteter Form auf kleinerem Raum.

Das Weber-Konzert Nr. 2 (Beispiel 4) sowie das Mozart-Konzert (Beispiel 5) gehört zum Standardprogramm jedes Klarinettenspielers vom Studenten bis zum Profi. Dieser Anfang umfasst fast den gesamten Tonumfang der Klarinette wie ihn auch J. Brahms in seinen letzten Werken für die Klarinette verwendet. In diesem Beispiel steht besonders der deutliche Beginn der Töne, die einwandfreie Intonation im Aufmerksamkeitsbereich. Für den Lehrenden ergeben sich daraus Rückschlüsse auf Blasweise und intonatorische Tendenzen des Instrumentes. Wechselnde Artikulationsketten enden in den oberen Übergang zum höchsten Register im Start- und Zielton f3.

1. F-Dur staccato

2. F-Dur legato



3. Einspielübung



4. Takte aus C. M. v. Weber, Konzert Nr. 2



5. Takte aus Mozart, Klarinettenkonzert KV 622



6. C-Dur-Oktaven



7. Drei Töne – c1, c2, c3 - piano-pianissimo / forte-fortissimo

Abbildung 5: Spielprogramm.

Beim Anfang des Mozart-Klarinettenkonzertes (Beispiel 5) beginnt der Solist in der Mitte des oberen Registers, neben einem gesungenem Legato bemüht sich der Spieler um ein klingendes, hüpfendes deutliches Staccato. Hier werden Aktivitäten aus den ersten beiden Beispielen bestätigt und vertieft. Das Ende der kleinen Phrase mit c2 und h1, also absolut lange Lage mit Duodezsimklappe, erfordert einen gesteuerten, gespannten Blasdruck, um die Floskel abzurunden.

Der im Konzert Nummer 1 von L. Spohr komponierte C-Dur-Akkord (Beispiel 6), der auf dem c4 endet, ist wegen seiner extremen Höhe für jeden Klarinettenisten eine Herausforderung. Oft geben die klare, intonatorisch einwandfreie Ansprache des c4 Anhaltspunkte für gezielte Blas- und Blattspannung. Einige Klarinettenisten verwenden gegenwärtig wieder öfter Kunststoffblätter, auf denen das c4 etwas schwieriger zu erlangen ist.

Sehr deutliche Unterschiede, den Blasdruck betreffend, ergeben sich aus dem Vergleich des Pianissimo bzw. des Fortissimo auf den Tönen c1 (ca. 261 Hz); c2 (ca. 525Hz) und c3 (ca. 1046 Hz). Hier liegen Rückschlüsse auf Blasökonomie nahe, welche auch vom Blasmaterial (Mundstückbahn, Blattspannung und Bohrungsgröße des Instruments) beeinflusst werden.

Messaufbau

Im Phonetiklabor des Zentrums für Allgemeine Sprachwissenschaft (ZAS) Berlin wurde der in Abbildung 6 dargestellte Messaufbau zur mehrkanaligen Aufzeichnung der folgenden Größen genutzt:

- intraoraler Druck (IOD)
- Atmung
 - thorakal
 - abdominal
 - Summe
- akustisches Signal
- Lautstärkepegel

Die Verkabelung der Versuchspersonen ist in Abbildung 7 gezeigt. Eine Beschreibung und Abbildung des verwendeten IOD-Sensors kann z. B. [5] entnommen werden.

Versuchspersonen

Für die Aufzeichnungen im I. Quartal 2011 standen drei professionelle Spieler und drei Studierende zur Verfügung. Die professionellen Spieler sind erfahrene Solisten und Hochschullehrer:

- Diethelm Kühn (Kü)
- Wenzel Fuchs (We)
- Ralf Forster (Fo)

Weiterhin wirkten drei Studentinnen des Faches Klarinette an der Hochschule für Musik Berlin mit (Wei, Po, Ya).

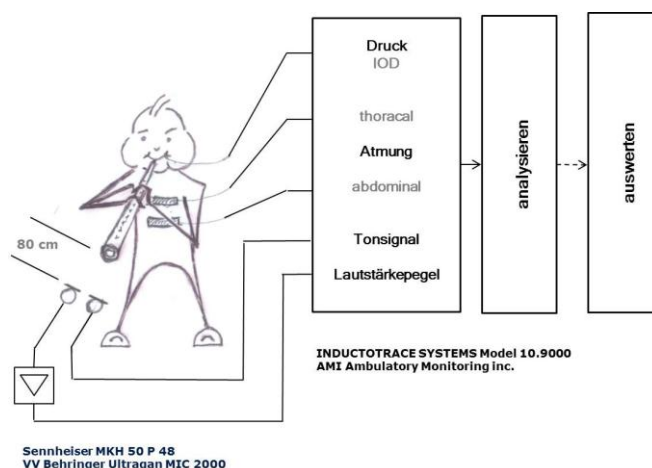


Abbildung 6: Messaufbau.

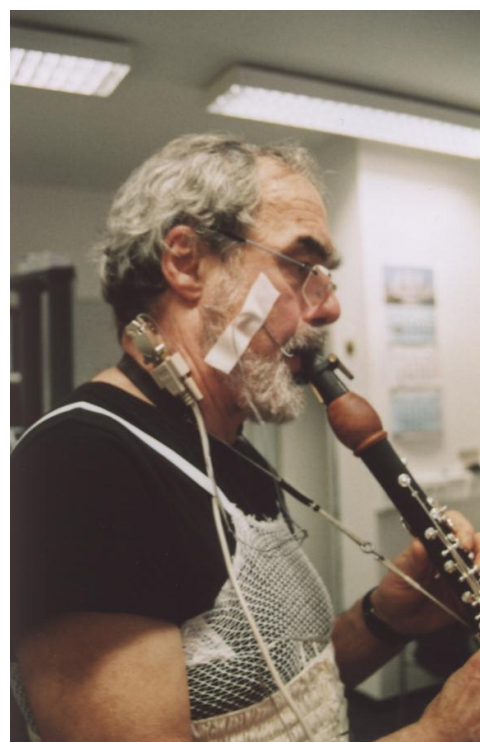


Abbildung 7: Diethelm Kühn als Proband.

Ergebnisse

Als Ergebnis der Aufzeichnungen liegt nun eine Datenbank vor, die die in Abbildung 5 aufgeführten Tonbeispiele von allen sechs Versuchspersonen enthält. Die gründliche Auswertung dieses umfangreichen Materials ist eine Aufgabe für die Zukunft und kann im Rahmen dieses Beitrags nicht geleistet werden. Wir geben stattdessen zwei Beispiele an, die andeuten, in welche Richtung sich die künftige Auswertung bewegen könnte.

Zuerst interpretieren wir die Aufzeichnungen der Spielbeispiele 1 und 2 aus spieltechnischer Sicht. Danach wenden wir uns dem Spielbeispiel 7 zu, das durch seine relativ einfache Struktur in Form von sehr laut und sehr leise gespielten Einzeltönen besonders gut für eine Auswertung mit den Mitteln der akustischen Signalanalyse geeignet ist.

Auswertung der Spielbeispiele 1 und 2

Abbildung 8 zeigt ein repräsentatives Beispiel für ein Messprotokoll für das Spielbeispiel 1 (F-Dur-Tonleiter staccato).

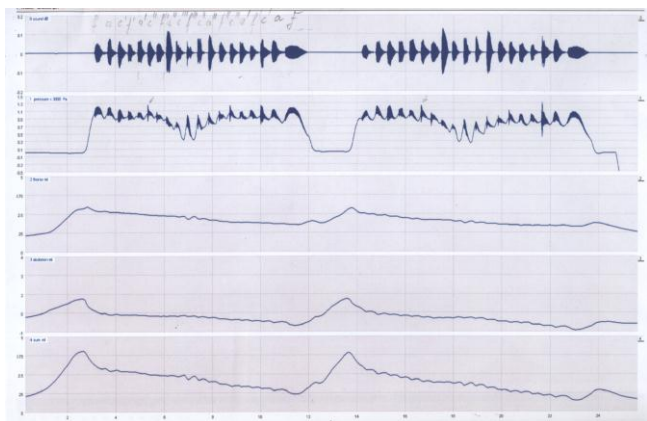


Abbildung 8: Spielbeispiel 1 (F-Dur staccato), Messprotokoll. Von oben nach unten: akust. Signal, IOD, Atmung thorakal / abdominal / Summe. Datensatz Kü2 002.

Alle Beispiele beginnen mit einem deutlichen Druckaufbau, der bei den einzelnen Versuchspersonen mehr oder weniger unterschiedlich ist. Es folgt beim staccato ein sehr konstanter Tonbeginn, der Tonverlauf zeigt leicht unterschiedliche Ausschwingungstendenzen, das Tonende ist wieder sehr konkret. Aus der Darstellung kann man deutlich erkennen, welche Spieler das Beispiel ganzphrasig empfunden hat (We). Interessant sind auch die Unterschiede, welche die Aktivitäten des Brustkorbes bzw. des Bauches betreffen. So können wir unterscheiden zwischen Rückfederungen der einzelnen Klangimpulse (Kü) und mitinitiierenden Muskelaktivitäten aus dem Bauchbereich (Fo). Eindeutig erfahren alle Töne im dritten Register über dem c3 eine deutliche Druckverminderung, während das f2 und a2 eher mit mehr Aufwand stabilisiert wurden. Bei beiden Tönen, dem Gabel-f2 und dem a2, sind die Ursachen dafür in der eher etwas zu tiefen Intonation zu suchen. Bei allen Aufzeichnungen ist ein deutliches Ausgleichen zwischen kurzer und langer Schwingungssäule sichtbar.

Auswertung des Spielbeispiels 7

Auch für dieses Spielbeispiel, bei dem die Einzeltöne c1, c2 und c3 abwechselnd *ppp* und *fff* geblasen wurden, zeigen wir ein repräsentatives Messprotokoll in Abbildung 9.

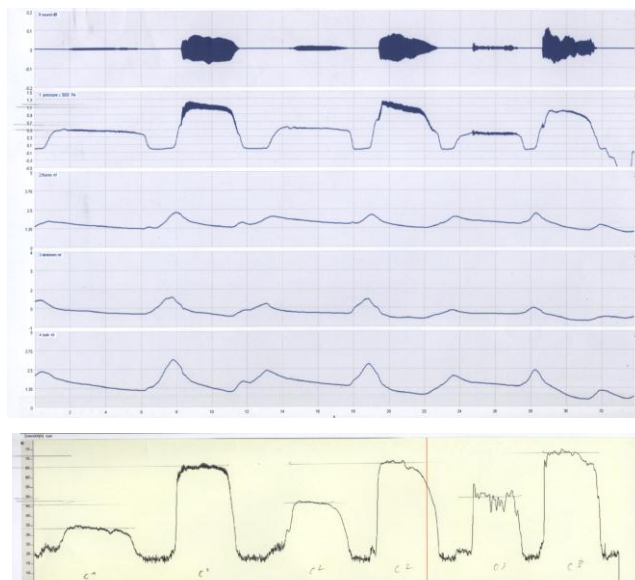


Abbildung 9: Spielbeispiel 7 (Einzeltöne *ppp* / *fff*), Messprotokoll. Von oben nach unten: akustisches Signal, IOD, Atmung thorakal / abdominal / Summe / Lautstärkepegel. Datensatz Kü2 008.

Aus diesen Messungen haben wir die wichtigsten Werte der Parameter IOD und Lautstärkepegel in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Sie zeigen, dass professionelle Spieler größere Druckbereiche im Vergleich zu Studenten realisieren und dadurch größere Pegeldifferenzen als Studenten erzeugen:

- Profi-Spieler produzieren größere IOD-Bereiche von (1900 ... 6100) Pa und realisieren dabei Pegel-Unterschiede von (25 ... 35) dB.
- Studierende produzieren kleinere IOD-Bereiche von (900 ... 2000) Pa und realisieren dabei Pegel-Unterschiede von (18 ... 24) dB.

Tabelle 1: Messwerte aus dem *ppp* / *fff*-Experiment (Spielbeispiel 7).

		Profis						Studierende					
Ton	IOD / Pegel	Kü2		We		Fo		Wei		Po		Ya	
		ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff
c3	IOD / Pa	1500	3300	3300	9000	3000	6900	1800	2400	1200	2550	1800	3600
	Pegel / dB	62	85	55	92	59	75	60	81	65	87	73	86
c2	IOD / Pa	1800	3600	3300	9000	3000	7800	2100	3000	1800	3300	1800	3600
	Pegel / dB	59	78	47	79	43	69	60	78	56	78	61	81
c1	IOD / Pa	1500	3600	2100	9000	3000	8100	1800	3000	1500	2700	1800	4200
	Pegel / dB	46	78	43	78	41	68	60	75	46	75	50	78

Tabelle 2: Mittelwerte und deren Differenzen aus dem *ppp* / *fff*-Experiment (Spielbeispiel 7).

	Profis						Studierende					
	Kü2		We		Fo		Wei		Po		Ya	
	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff	ppp	fff
$\overline{\text{IOD}}_{\text{t/m/h}} / \text{Pa}$	1600	3500	2900	9000	3000	7600	1900	2800	1500	2750	1800	3800
$\overline{P}_{\text{t/m/h}} / \text{dB}$	55,6	80,3	48,3	83,0	44,3	70,6	60,0	78,0	55,6	80,0	61,3	81,6
$\text{IOD}_{\text{ppp}} - \text{IOD}_{\text{fff}}$	1900		6100		4600		900		1250		2000	
$P_{\text{ppp}} - P_{\text{fff}}$	24,7		34,7		26,3		18,0		24,4		20,3	

Tabelle 3: Intraorale Drücke (IOD) und Lautstärkepegel für die Melodien (Spielbeispiele 3, 4, 5).

	Profis						Studenten					
Tonbeispiele	Kü2		We		Fo		Wei		Po		Ya	
	IOD	dB	IOD	dB	IOD	dB	IOD	dB	IOD	dB	IOD	dB
Einspielübung	2400	56	5100	56	5700	56	2400	55	2100	51	2700	57
Weber	3000	68	6300	71	7200	70	3000	56	2700	65	2700	65
Mozart	2400	60	4500	60	5100	61	2700	57	2100	59	1800	65
Mittelwerte	2600	62	5300	62	6000	62	2700	56	2300	58	2400	59

Nicht nur diese Ergebnisse, sondern auch eine erste Auswertung der komplexeren Spielbeispiele 3 bis 5, die in Tabelle 3 vorgenommen wurde, legen die Vermutung nahe, dass die durch professionelle Spieler erzielten höheren Druckdifferenzen mit der erzielten Klangqualität zusammenhängen.

Die Erwähnung der Klangqualität führt natürlich zu der Forderung, die aufgezeichneten Daten auch in spektraler Hinsicht zu bewerten. Eine vertiefte Untersuchung wird auch hier eine zukünftige Aufgabe sein, aber wir wollen zumindest ein Beispiel zeigen. Vergleicht man die Spektren von *ppp*- und *fff*-Realisierungen, fällt schon qualitativ der größere Oberwellengehalt der *fff*-Realisierungen auf. Berechnet man den Oberwellengehalt, bestätigt sich dieser Eindruck auch quantitativ, wie in Abbildung 10 anhand eines Beispiels gezeigt wird.

Das Beispiel ist eine schöne Veranschaulichung des Schumannschen Klangfarbengesetzes, nach dem sich bei Steigerung der Intensität eines Klanges das Maximum auf Partialtöne höherer Ordnungszahlen verlagert [6]. Ein Hörer entscheidet zwischen *Laut* und *Leise* weniger anhand des

Lautstärkepegels, der ja weitgehend durch den Hörerabstand zur Schallquelle bestimmt wird, sondern viel mehr anhand der spektralen Zusammensetzung des Schalles.

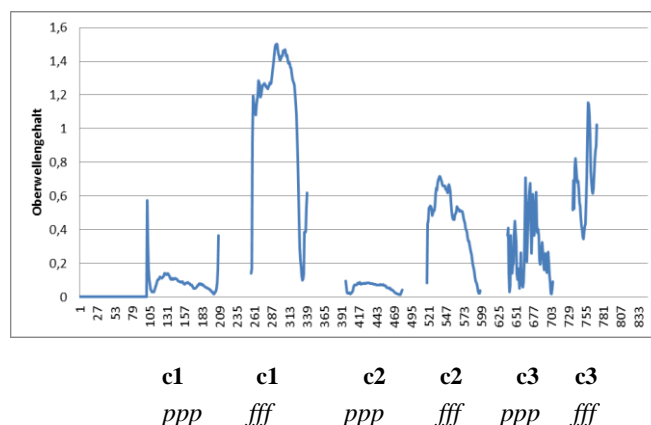


Abbildung 10: Oberwellengehalt der abwechselnd als *ppp* und *fff* gespielten Einzeltöne aus der Datei Kü2_008, aufgetragen über der (diskreten) Zeitachse.

Schlussfolgerungen

Soweit es die Vorläufigkeit der Auswertung zulässt, fassen wir unsere Ergebnisse und Folgerungen thesenartig zusammen:

- Spannungsparameter im Vergleich zwischen Lehrer und Student besitzen gewisse Ähnlichkeiten, die auch auf Grund der im Unterricht gegebenen didaktischen Anweisungen zu erwarten waren.
- Klangstabilität wird im Wesentlichen durch Druckstabilität bei ergebnisorientierter Ansatzspannung erreicht. Die Balance zwischen diesen Faktoren unter Beobachtung einer gut gesteuerten Gesamtatmung führte bei einer Testperson zu einem müheloserem Umgang mit langen, kräftezehrenden Passagen.
- Besonders für den Anfangsunterricht ist die Aufzeichnung von Brust- und Bauchatmung ein Mittel zum Sichtbarmachen pädagogischer Anweisungen.
- Eine immer wieder überprüfte Blasökonomie, verbunden mit Reduzierung aller Spannungsabläufe bei gleichbleibender Klangqualität und differenziertem, dynamischen Spiel, wird unter nervlicher Anspannung oft vernachlässigt.
- In der Gesangsausbildung spielt die Körperresonanz eine nicht unwesentliche Rolle. Auch wir sollten diesem Faktor mehr Aufmerksamkeit schenken.
- In unserem Datenmaterial lässt sich das Blasverhalten jeder Testperson gut erkennen und aus den Aufzeichnungen ablesen. Dies ist ein hilfreiches Element bei der Wahl des Instrumentes (Bohrungsgröße, Mundstückbahn und Blattstärke) und oft eine willkommene Zeit- und Finanzersparnis.
- Von großem Interesse wären Vergleiche zu den Doppelrohrbläsern Oboe und Fagott. Wie unterscheidet sich der Druckaufbau unter den Bedingungen eines unterschiedlichen Einschwingvorganges? Und welche Anweisungen für ein klangvolles, prägnantes Staccato könnten wir übernehmen?
- Blas- und Druckökonomie besonders bei der Oboe wäre ein spannendes Thema, ebenso der Umgang mit der Körperresonanz. Als positives Beispiel sei das Spiel Albrecht Meiers, des Solooboisten der Berliner Philharmoniker genannt, was durch zahlreiche CD-Aufnahmen belegt wird.
- Die unterschiedlichen Druckverläufe in der Bewältigung von exponierten, hohen Tönen im Vergleich zu den Blechbläsern könnten sich für Ausbildung und Beruf als nützlich erweisen.

Danksagung

In der Hoffnung, diese Versuchsreihe weiterführen und mit den Ergebnissen von anderen Bläsern vergleichen zu können, gilt ein herzliches Dankeschön allen Spielerinnen und Spielern, die aufopferungsvoll bei dieser Versuchsreihe mitgeholfen haben.

Wir danken dem Zentrum für Angewandte Sprachwissenschaft Berlin für die Bereitstellung der Aufnahmetechnik und Herrn Dipl.-Ing. Jörg Dreyer für die Unterstützung bei den Versuchen.

Herrn Prof. Dr. Jobst Fricke (Universität Köln) danken wir für den Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Abbildung 10 und den Schumannschen Klangfarben-gesetzen.

Literatur

- [1] Mehnert, D.; Koch, E.; Paufler, D.; Schewe, M.: Elektromyographische Untersuchungen der Muskelaktivität bei Bläsern. Ztschr. f. gesamte Hygiene 29 (1983) H. 4, S. 209 – 214.
- [2] Anastasio, A.; Bussard, N.: Mouth air pressure and intensity profiles of the oboe. Journal of Research in Music Education 19 (1971), S. 62 - 76.
- [3] Fuks, L.; Sundberg, J.: Blowing pressures in bassoon, clarinet, oboe and saxophone. Acustica / Acta acustica 85 (1999), S. 267 - 277.
- [3] Brymer, J.: Die Klarinette. Zug: Edition Bergh 1978 (Yehudi Menuhins Musikführer, Bd. 3).
- [4] Jost, E.: Akustische und psychometrische Untersuchung an Klarinettenklängen. Köln: Arno Volk 1967 (Veröffentlichungen des Staatlichen Instituts für Musikforschung Preußischer Kulturbesitz, Bd. 1).
- [5] Fuchs, S.; Koenig, L. L.: Simultaneous measures of electropalatography and intraoral pressure in selected voiceless lingual consonants and consonant sequences of German. JASA 126 (2009) 4, S. 1988 - 2001.
- [6] Mertens, P. H.: Die Schumannschen Klangfarben-gesetze und ihre Bedeutung für Sprache und Musik. Frankfurt: E. Bochinsky 1975.

Schallmessung im Pulverschnee

oder wie ersetze ich einen nicht vorhandenen reflexionsarmen Raum

Holger Schiema

Institut für Musikinstrumentenbau, Zwota

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.

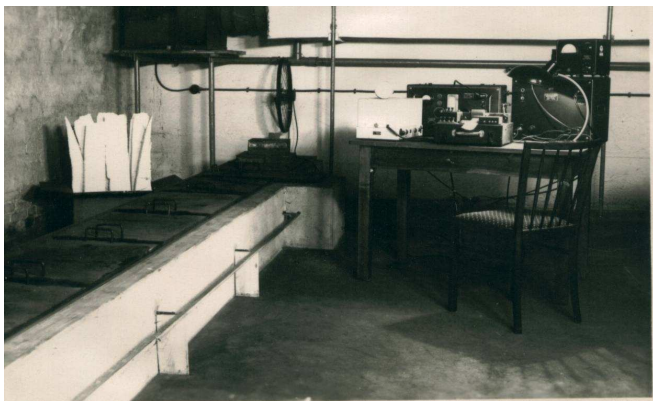


Abbildung 1: Kundt'sches Rohr im IfM (1954)

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 $\alpha(0)$ 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

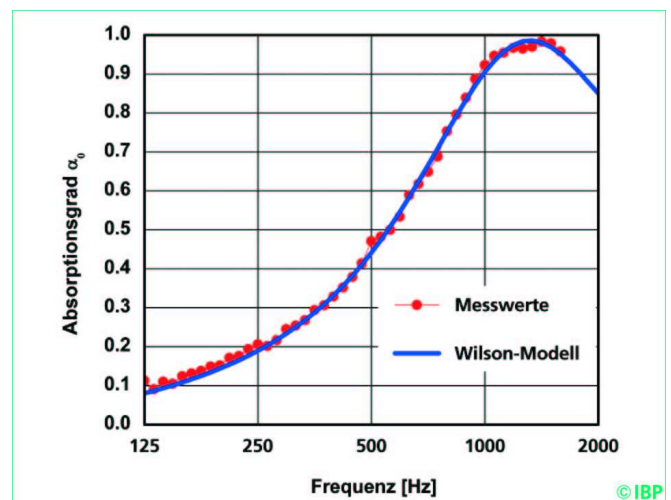


Abbildung 2: Schallabsorptionsgrad von Schnee mit 88% Porosität [3]

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 (siehe 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.

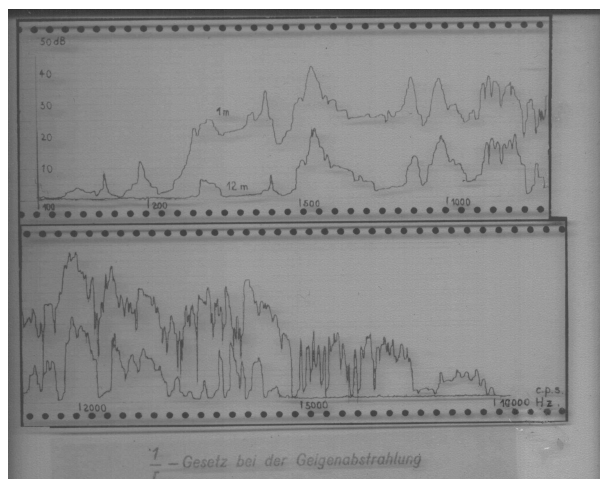


Abbildung 4: Messkurven einer Geige in 1 und 12m Entfernung
(Kopie einer Fotoglasplatte um 1950)

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

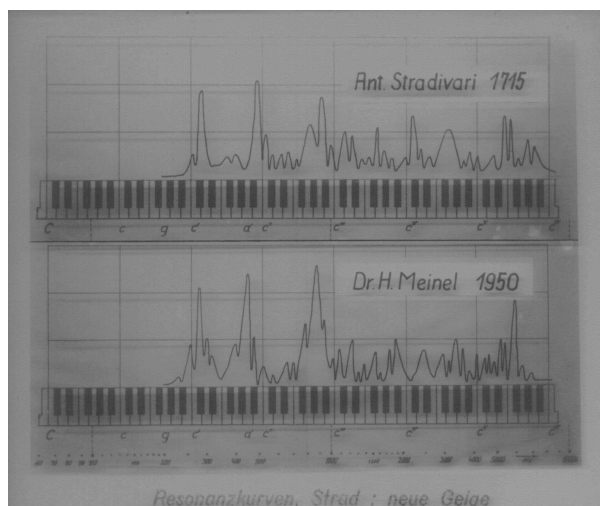


Abbildung 5: Vergleich einer Stradivarigeige und einer H. Meinl Geige (Kopie einer Fotoglasplatte um 1950)

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 (siehe Abbildung 6).

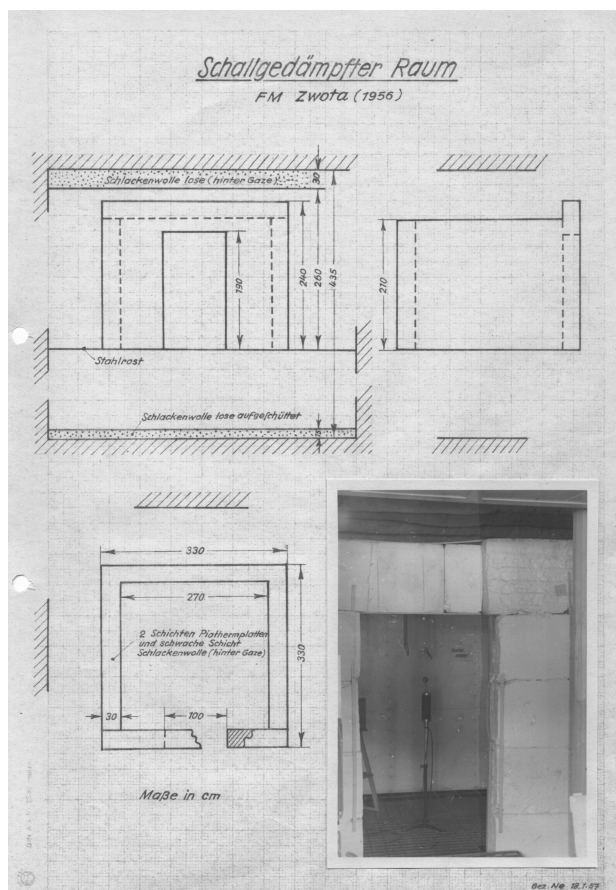


Abbildung 6: Provisorischer schallgedämpfter Raum (1955)

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.

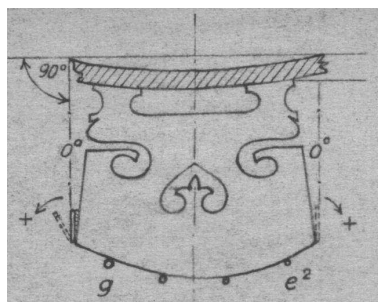


Abbildung 7: elektromagn. Anregung des Geigensteges

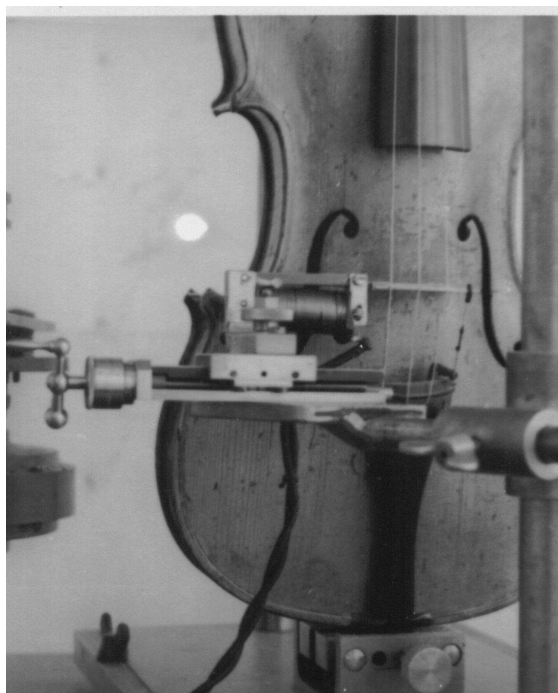


Abbildung 8: Anregevorrichtung für Geigen (Mitte 1950er Jahre)

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.

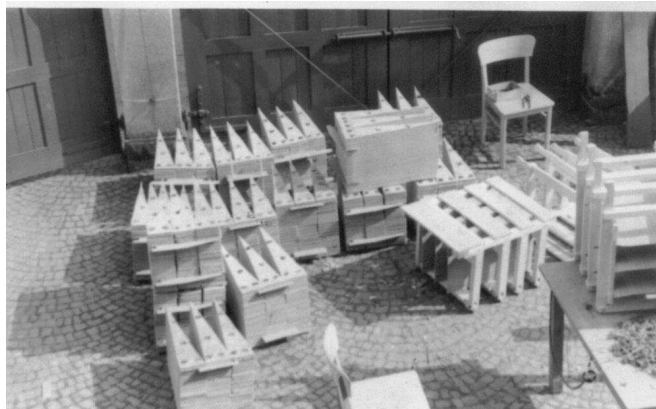


Abbildung 9: angefertigte Keilpakete

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.

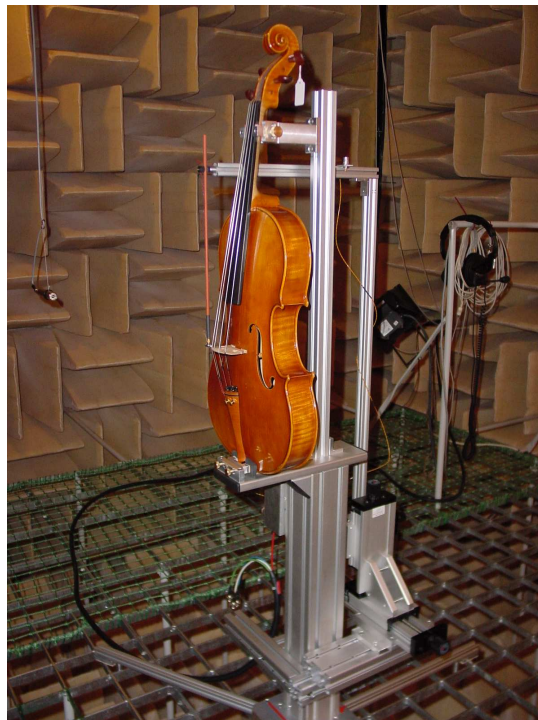


Abbildung 10: heutige Messvorrichtung für Geigen im reflexionsarmen Raum des IfM

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

ISBN 978-3-00-039795-0

Versand als Druckkopie oder CD

IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V.
Klingenthaler Straße 42
08267 Zwota
post@ifm-zwota.de