

Akustische Eigenschaften klanglich hervorragender Geigen^{*)}

Von Hermann Meinel, Berlin

(Mitteilung aus dem Institut für Schwingungs-
forschung an der Technischen Hochschule Berlin)

Mit 2 Abbildungen im Text

Inhalt. I. Einleitung. — II. Experimentelles Vor-
gehen. — III. Ergebnisse: a) Gesetzmäßigkeiten in den
Resonanzeigenschaften von Geigen. b) Kennzeichen von
Geigen hervorragender Klangqualität. c) Unterschiede
zwischen alten und neuen Meistergeigen. — IV. Vorfüh-
rungen. — V. Zusammenfassung.

I. Einleitung

Die meisten physikalischen Arbeiten über die Geige dienen im wesentlichen der Beantwortung folgender Fragen:

1. Auf welche Weise können die akustischen Eigenschaften von Geigen festgestellt werden?
2. Worin bestehen die akustischen Eigenschaften klanglich hervorragender Geigen?
3. Wie lassen sich diese besonderen Eigenschaften guter Geigen beim Bau planvoll erreichen?

Alle drei Fragen sind von erheblicher kultureller und technischer Bedeutung, und die ersten beiden wurden auch bereits mehrfach bearbeitet, ohne daß allerdings bisher die zweite Frage einer befriedigenden Lösung hätte nahegebracht werden können. Im folgenden wird deshalb versucht, über die akustischen Eigenschaften klanglich besonders guter Geigen etwas Klarheit zu gewinnen.

Das kann auf verschiedene Weise geschehen. Nahe liegt die auch in unserem Falle durchgeführte Untersuchung altitalienischer Meistergeigen, und zwar besonders dann, wenn man annimmt, daß diese Geigen in ungewöhnlichem Maße die Eigenschaften klanglich besonders hervorragender Geigen besitzen. Dann ist es nämlich nur notwendig, eine größere Reihe solcher Geigen physikalisch zu untersuchen, um ihre Besonderheiten festzustellen. So wurde bisher auch meistens verfahren. Indes ist unsere Annahme nicht genügend begründet; es lassen sich Erscheinungen anführen, die an der unbedingten Überlegenheit altitalienischer Meistergeigen zweifeln lassen könnten, z. B. Urteile von Zeitgenossen der altitalienischen Geigenbauer, Ergebnisse neuerer Vergleichsspiele zwischen alten und neuen Geigen. Es schien deshalb wünschenswert zu sein und hat sich als recht nützlich erwiesen, die alten Geigen auch subjektiv zu prüfen, um weniger gute ausschließen zu können.

Die akustischen Kennzeichen von Geigen hervorragender Klangqualität wurden weiter durch Untersuchungen neuer Geigen festgestellt. Das ist

^{*)} Eine ausführliche Darstellung erscheint demnächst in der Akustischen Zeitschrift.

insofern schwieriger, als hier physikalische Untersuchungen unter keinen Umständen genügen. Vielmehr ist es unbedingt notwendig, durch ein Gremium von Sachverständigen die Geigen auch subjektiv prüfen zu lassen, um eine gewisse Ordnung in die im allgemeinen ganz verschiedenwertigen Geigen hereinzubekommen. Im Rahmen des Reichsberufswettkampfes 1938 der Deutschen Arbeitsfront und einer Prüfung von Streichinstrumenten für die Reichsmusikkammer wurden durch Sachverständigengremien etwa 70 neue Streichinstrumente (vor allem Geigen) subjektiv geprüft und über die Hälfte der Geigen, insbesondere der interessantere Teil,

Spiel verstanden. Bei diesen Messungen wird die Geige von Hand aus angestrichen.

III. Ergebnisse

a) Gesetzmäßigkeiten

in den Resonanzeigenschaften von Geigen

Die Abb. 1 zeigt die Frequenzkurve einer alten vogtländischen Geige mittlerer Güte, einer „Hopf“, die einen etwas scharfen Klang besitzt, und einer ganz hervorragenden, außerordentlich weich und edel klingenden „Stradivari“. Beide Geigen lassen neben den Kennzeichen hervorragender Klangqualität gleichzeitig die typischen Resonanzeigenschaften normal gebauter Geigen erkennen. Diese sollen vorerst besprochen werden.

In der Nähe von e^1 findet sich das Luftraumresonanzgebiet, das bereits Savart vor über 100 Jahren auffand. Dann folgt ungefähr im Bereich von g^1 bis d^2 ein größeres Resonanzgebiet, dessen Vorhandensein Raman schon feststellte. Bei einer Anzahl von Geigen besteht es im wesentlichen aus einem größeren Maximum, wie es z. B. die Hopfgeige besitzt, bei anderen Geigen (vgl. die Stradivari) sind einige beachtliche Resonanzmaxima vorhanden von mehr oder minder gleichmäßiger Höhe. In der Nähe von e^2 beginnt dann, vom vorigen durch ein ausgeprägtes Minimum getrennt, ein Resonanzgebiet, das manchmal ohne größere Einbrüche

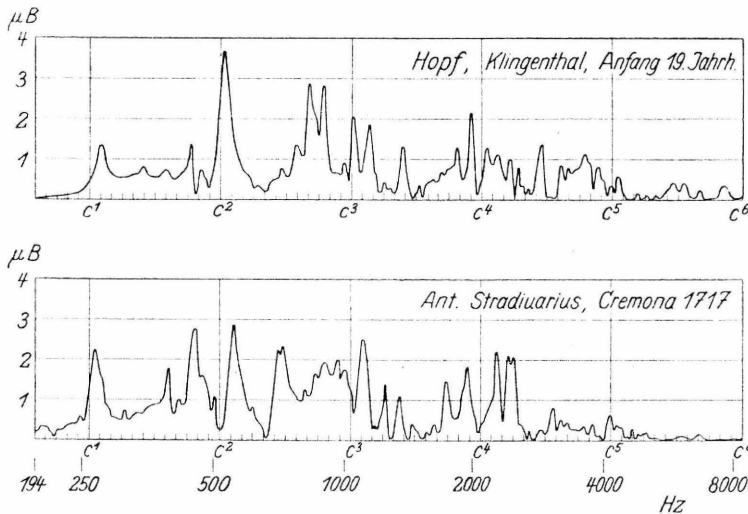


Abb. 1. Frequenzkurven von Geigen verschiedener Klangqualität

wurde auch physikalisch untersucht. Bei solchem Material lassen die gewonnenen Ergebnisse begründete Schlüsse zu 1. auf die allen Geigen eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten, 2. auf die Kennzeichen von Geigen hervorragender Klangqualität und 3. auf die Unterschiede zwischen alten und neuen Meistergeigen.

II. Experimentelles Vorgehen

Die physikalische Untersuchung erfolgt durch Aufnahme von Frequenz- und Lautstärkekurven und in besonderen Fällen auch noch durch Messungen der Dynamik¹⁾. Es soll nur kurz daran erinnert werden, daß zur Aufnahme einer Frequenzkurve bei mechanischem Anstrich der Geige die Schalldruckamplituden des Grundtones (oder bei hohen Frequenzen die tieferer Obertöne) in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen werden. Die Aufnahme einer Lautstärkekurve erfolgt in ähnlicher Weise; nur wird hier die Lautstärke von Klängen in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Unter der Dynamik einer Geige wird der Unterschied der Schallpegel bei leisem und lautem

bis d^3 reicht (vgl. die Stradivari), oft aber auch sich stark aufspaltet. Von d^3 bis g^3 (alle Tonhöhenangaben gelten natürlich nur ungefähr) haben die meisten Geigen kleine Amplituden, das Gebiet von a^3 bis e^4 ist aber wieder deutlich bevorzugt. Über g^4 (3100 Hz) finden sich in keinem Falle Maximalamplituden von gleicher Größe wie bei tiefen Frequenzen. Sie sind immer kleiner und nehmen nach noch höheren Frequenzen zu weiterhin ab. Typische Resonanzgebiete lassen sich über 3000 Hz daher schwer angeben. Über 8000 Hz hört bei den meisten normal gebauten Geigen die Abstrahlung praktisch überhaupt auf.

b) Kennzeichen

von Geigen hervorragender Klangqualität

Die Abb. 1 läßt im wesentlichen folgende Unterschiede in der Klangqualität der beiden Geigen erkennen: Bis etwa d^3 sind bei der Stradivari die Amplituden im allgemeinen größer, von d^3 bis a^3 sind die Unterschiede unwesentlich, von a^3 bis e^4 hat die Stradivari wieder größere, über e^4 jedoch sehr viel kleinere Amplituden als die Hopf. Das Geigenriffbrett läßt Klänge mit einem Grundton bis zu etwa 3000 Hz zu. Unser Ergebnis bedeutet

¹⁾ H. Meinel, ZS. f. techn. Phys. 19 (1938), 297.

also, daß bei der Stradivari, der besseren Geige, die Grundtöne der Geigenklänge absolut genommen und besonders in bezug auf die zahlreichen Obertöne, die über 3000 Hz liegen, stärker sind als bei der Hopf, der weniger guten Geige. Das gleiche Ergebnis zeigte sich bei der Untersuchung der anderen hervorragenden altitalienischen Meistergeigen, der neuen Meistergeigen und mittelmäßiger Geigen. Es kann daher folgende Feststellung getroffen werden: Bei Geigen besonders hervorragender Klangqualität ist im allgemeinen das Verhältnis zwischen Grundton und den zahlreichen Obertönen, die über 3000 Hz liegen, größer als bei weniger guten Geigen. Das ist ein sehr bemerkenswertes Ergebnis. Es schließt sich überdies eng an die Ergebnisse von Helmholtz²⁾, Hewlett³⁾, Miller⁴⁾, Abbot⁵⁾ und Saunders⁶⁾ an, ebenso an eine schon 1934 beendete, wegen Teilnahme an einem Preisausschreiben der Preußischen Akademie der Wissenschaften erst später veröffentlichte Arbeit des Verfassers⁷⁾. Schließlich sei hier auch eine treffende Vermutung von Stumpf⁸⁾ erwähnt: „Vermutlich sind bei guten Geigen die tieferen Teiltöne absolut und relativ stärker als bei schlechten Geigen.“

Man findet allerdings auch Geigen, bei denen das Verhältnis zwischen Grundton und hohen Obertönen zu groß ist. Ihre Zahl ist zwar gering, immerhin dürfte es notwendig sein, Grenzen anzugeben. Dazu dient Abb. 2. Sie zeigt die mittleren relativen Schalldrücke einer Gruppe von 6 klanglich ganz hervorragenden alten Meistergeigen (Gesamtwert über 500000 RM.) für verschiedene Frequenzbereiche, bezogen auf die mittlere Amplitude im Bereich 3285 bis 7374 Hz. Toleranzen sind natürlich vorhanden. Geigen sind danach auch dann als außergewöhnlich gut zu bezeichnen, wenn im Bereich von 200 bis etwa 3000 Hz ihre relativen mittleren Schalldrücke nicht mehr als etwa ± 20 v. H. abweichen.

Die großen Amplituden guter Geigen bei tiefen und die kleinen Amplituden bei hohen Frequenzen bedeuten subjektiv eine außerordentlich weiche, edle, volle Klangfarbe. Weiter sind sie für die gute Tragfähigkeit von hoher Bedeutung. Das wird verständlich, wenn man berücksichtigt, daß in einem besetzten Konzertsaal die Absorption bei hohen Frequenzen größer ist als bei tiefen. Von den Klängen einer guten Geige wird also weniger absorbiert als im allgemeinen von den Klängen

einer schlechten Geige. Auch für die weiche und schnelle Ansprache guter Geigen sind die kleinen Amplituden bei hohen Frequenzen von großer Bedeutung. Das geht aus folgendem hervor: Vermindert man während des Anstreichens den Bogen-Druck, so schlägt die Saitengrundschiwingung in die zweite Teilschwingung um und schließlich in die dritte usw. Beim Aufsetzen des Bogens ist es umgekehrt. Dementsprechend beginnt auch der Einschwingvorgang mit hohen Teiltönen. Bei guten Geigen haben diese nur kleine Amplituden. Der Einschwingvorgang setzt sich danach dort praktisch nur aus tiefen Teiltönen zusammen.

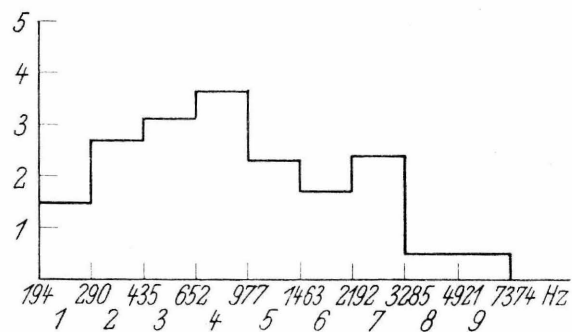


Abb. 2. Mittlere relative Schalldrücke sechs hervorragender altitalienischer Meistergeigen

Gute Geigen weisen noch weitere besondere akustische Kennzeichen auf, die aber nicht ganz die Bedeutung der bisher genannten erreichen. Gute Geigen sind sehr oft etwas stärker gedämpft, was als günstig für die Ausgeglichenheit und für eine schnelle Ansprache bezeichnet werden kann. Das Resonanzgebiet im Bereich g^1 bis d^2 besteht bei guten Geigen meistens nicht nur aus einem großen Maximum, sondern aus mehreren Maxima, und das Resonanzgebiet e^2 bis d^3 besitzt keine größeren Einschnitte. Das ist günstig für eine im allgemeinen volle Klangfarbe und für die Ausgeglichenheit vieler Klänge. Weiter ist es vorteilhaft, wenn Oktavenabstand der Resonanzmaxima vermieden ist. Das führt zu einer besseren Ausgeglichenheit von Ton zu Ton, die besonders gut durch Aufnahme von Lautstärkekurven festgestellt werden kann. Auch beim Übergang von einer Saite zur anderen, wobei ebenfalls die Lautstärke wenig schwanken soll, zeigen sich manchmal beträchtliche Qualitätsunterschiede zwischen verschiedenen Instrumenten. Messungen der Dynamik haben schließlich gezeigt, daß sich Geigen auch in der Größe ihrer Dynamik voneinander abheben.

c) Unterschiede

zwischen alten und neuen Meistergeigen

Neue Meistergeigen haben vor allem fast immer bei tiefen Frequenzen kleinere, bei hohen größere Amplituden als alte Meistergeigen. Auch sind sie

²⁾ H. v. Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, S. 192ff. (1913).

³⁾ C. W. Hewlett, Phys. Rev. **35** (1912), 359.

⁴⁾ D. C. Miller, Sc. Musical Sounds, S. 211 (1916).

⁵⁾ R. B. Abbot, Journ. Acoust. Soc. Amer. **7** (1935), 111ff.

⁶⁾ F. A. Saunders, Journ. Acoust. Soc. Amer. **9** (1937), 81ff.

⁷⁾ H. Meinel, Elektr. Nachr.-Techn. **14** (1937), 119.

⁸⁾ C. Stumpf, Sprachlaute, S. 410 (1926).

in der Regel etwas weniger gedämpft. Das würde bedeuten, daß sie keinen so vollen, angenehmen Klang besitzen wie die alten Geigen, nicht so gut tragen und nicht so gut ansprechen. Die unter Musikern meistens anzutreffenden Ansichten über die Unterschiede zwischen den besten alten und neuen Geigen sind also durch die vorstehenden Untersuchungen bestätigt worden.

IV. Vorfürungen

Durch Vorspielen verschiedener Geigen von Hand aus, das Herr Dr. Oberst in dankenswerter Weise übernahm, wurde versucht, die Bedeutung des Amplitudenverhältnisses zwischen tiefen und hohen Teiltönen hörbar zu machen. Dazu wurden zuerst die zwei Versuchsgeigen MI und SchII⁹⁾ gespielt, von denen die erste ein sehr viel kleineres, die zweite ein sehr viel größeres Verhältnis zwischen den Amplituden von Grundton und hohen Teiltönen aufweist, als man es bei guten Geigen normalerweise findet. Dann folgte eine Hopfgeige (Abb. 1) und eine Stradivari 1717, für deren leihweise Überlassung ich Herrn Hamma (Stuttgart) auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen möchte. Sie verdeutlichten den Unterschied zweier Geigen, bei denen die Amplitudenverhältnisse zwischen Grundton und hohen Teiltönen in normalem Maße verschieden sind. Schließlich wurden in weiterer Verringerung des Unterschiedes eine neue, sehr gute Geige und die Stradivari gespielt. Der letzte Versuch wurde in „unwissentlicher“ Form wiederholt. Nach den zahlreich abgegebenen Äußerungen zu schließen, wurden die Unterschiede zwischen den Geigen und damit die Bedeutung des Amplitudenverhältnisses der Teiltöne deutlich empfunden.

V. Zusammenfassung

Gestützt auf die Untersuchungen einer größeren Zahl von Geigen werden typische Resonanzgebiete von Geigen angegeben. Für die Klanggüte einer Geige, insbesondere für edle Klangfarbe, hohe Tragfähigkeit und gute Ansprache sind große Amplituden bei tiefen, kleine bei hohen Frequenzen von erheblicher Bedeutung. Weiter haben die Untersuchungen ergeben, daß die besten Leistungen der altitalienischen Meister heute nicht erreicht werden.

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die geldliche Unterstützung zur Durchführung der vorliegenden Arbeit.

⁹⁾ Frequenzkurven vgl. ZS. f. techn. Phys. **19** (1938), 299, Abb. 1.

(Eingegangen am 5. Oktober 1938)

Aussprache

A. Weber, Berlin-Steglitz: Die Geigen sind im Klang temperatur- und feuchtigkeitsempfindlich.

Liegen darüber Untersuchungen vor und sind diesbezüglich die alten Meistergeigen überlegen?

F. Krüger, Greifswald: Ich möchte nur fragen, wie groß der Unterschied in der Dicke der guten und schlechten Geigen ist.

Weymann, Karlsruhe: Die Holzdicke allein kann wohl kaum entscheidend sein für die Güte, vielmehr muß auch die Verteilung bzw. Ausgeglichenheit der Resonanzgebiete ausschlaggebend sein. Vor allem das Gebiet von 700 bis 1000 Hz — sog. cantilene — wird bei einer guten Geige gleichmäßig und stark hervortreten müssen.

A. Witting, Dresden: Bemerkung über die Auswahl des Holzes von alten italienischen Geigenbauern und über den Einfluß des Steges.

Kluge, Berlin-Wilmersdorf: Die Frequenzkurven guter Geigen zeigen im allgemeinen eine größere Dämpfung der tiefen Resonanzen. Ist untersucht, wie weit dabei der akustische Strahlungswiderstand in die Dämpfung eingeht? Es wäre interessant, diese Frage durch Messung bei verminderter akustischer Strahlung (z. B. Unterdruck) zu verfolgen.

H. Meinel, Berlin: Die Temperatur- und Feuchtigkeitsempfindlichkeit wurde noch nicht eingehend untersucht, sondern nur gelegentlich beobachtet. Die alten Meistergeigen verhalten sich danach bei Witterungsänderungen nicht wesentlich anders als neue Geigen; sie sind sogar stärker empfindlich, wenn sie sogenannte futtereingeleimte Holzverstärkungen tragen, was sich aus dem Einfluß der Leimfläche und der Verschiedenartigkeit des Holzes von Geigenkörper und Futter erklären läßt. Die normalerweise auftretenden Witterungseinflüsse machen sich nach den bisherigen Beobachtungen im wesentlichen bei hohen Frequenzen bemerkbar, sind aber physikalisch verhältnismäßig gering. Vor allem ist die Holzdicke für die klanglichen Eigenschaften einer Geige von größter Bedeutung, wenn auch andere Einflüsse (Lack, Wölbung, Stimme u. a.) nicht vernachlässigbar klein sind. Darüber liegen bereits Arbeiten vor [vgl. Ak. ZS. **2** (1937), 22, 62]. Die Verteilung bzw. Ausgeglichenheit der Resonanzgebiete hängt ihrerseits erst wieder in starkem Maße von der Holzdicke ab. Eine Geige wird dann schlecht klingen, wenn ihre Holzdicke ungefähr 30 v. H. oder mehr von den Holzdicke einer sonst völlig gleichgebauten, gut klingenden Geige verschieden sind. Zum gleichen Bau gehört natürlich auch die Verwendung genau gleichen Holzes. Es wäre möglich, daß die im allgemeinen etwas größere Dämpfung bei alten Geigen mit auf die Alterung des Holzes und auf eine besondere Holzqualität zurückzuführen ist. Untersuchungen darüber fehlen noch. Auch darüber, wie weit der akustische Strahlungswiderstand in die Dämpfung eingeht, liegen noch keine Unter-

suchungen vor¹⁰⁾. Sie wären recht nützlich. Das Gebiet von 700...1000 Hz wird bei Geigen nicht als „cantilene“ bezeichnet. Eine solche Bezeichnung ließe sich auch nicht rechtfertigen, denn Kantilenen (sangliche Stellen) kommen in allen Frequenzgebieten vor und müssen überall gut klingen. Eine besondere Bedeutung des fraglichen Gebietes ließe sich also aus etwaigen Forderungen für die „cantilene“ nicht ableiten.

¹⁰⁾ Nach einer kurz darauf und unabhängig davon erhaltenen Mitteilung von Herrn Prof. F. Krüger sind jedoch im Physikalischen Institut der Universität Greifswald schon seit einiger Zeit Arbeiten über diese Frage im Gange.