

Klangbreite und Tonempfindung. Bedingungen kategorialer Wahrnehmung aufgrund experimenteller Untersuchung der Intonation

Einführung

Den Klangbreiten der Realisationen in der Musik entsprechen die Zonen konstanter Intervallauffassung in der musikalischen Tonempfindung. Die Wechselbeziehung verdeutlicht den Stufencharakter des Tonsystems, durch dessen diskrete Qualitäten die für die Musik relevante Information vermittelt wird. Es tritt hier das Phänomen der kategorialen Wahrnehmung in Erscheinung, das in allen Bereichen der Kommunikation eine so entscheidende Rolle spielt. In ihrer Unabhängigkeit von theoretischen Tonbestimmungen ermöglichen die Tonstufen mit ihren Breiten die individuelle und ausdrucksmäßige Gestaltung, die innerhalb eines Kultur- und Zeitraumes sogar Normcharakter gewinnen kann.

Tonempfindung

Als Helmholtz »Die Lehre von den Tonempfindungen«¹ schrieb, widmete er mehr als die Hälfte seines Buches den Zusammenklängen, den Tonbeziehungen in Tonleitern, der Tonalität sowie der Erklärung von Konsonanz und Dissonanz. Diese Ausführungen erregten bei ihrer Veröffentlichung vor nunmehr 125 Jahren größtes Aufsehen wegen der naturgesetzlichen Fundamentierung der Musik. Nur ein Abschnitt von dreien handelt von der Klangfarbe und ihrer Reizgrundlage, der Klangstruktur.

Diese im allgemeinen nicht ausreichend beachtete Gewichtsverteilung, die nicht nur den Umfang, sondern auch den Inhalt betrifft, kann gar nicht nachdrücklich genug betont werden. Sie ist fast in Vergessenheit geraten. Haben doch die nachfolgenden Forscher bis in die heutige Zeit hinein – angeregt von den Innovationsaussichten und den unbegrenzten Möglich-

keiten der Elektronik – sich mehr mit dem Kapitel Klangfarbe als mit den Tonbeziehungen beschäftigt.

Auch der von Helmholtz bezüglich der Tonbeziehungen vertretene Standpunkt, der in der Nachfolge meist verschoben wurde, mußte wieder zurechtgerückt werden. Die Ausführungen von C. Dahlhaus dienen dieser Korrektur des Helmholtz-Bildes, wenn er schreibt, daß das von der Natur Gegebene zwar eine Grundlage bilde, aber lediglich im Sinne einer Bedingung, nicht eines Prinzips.² Die dazu zitierte Stelle bei Helmholtz zu Beginn der »Dritten Abteilung« ist eindeutig: »Daraus folgt der Satz, der unseren musikalischen Theoretikern und Historikern immer noch nicht genügend gegenwärtig ist, daß das System der Tonleitern, der Tonarten und deren Harmoniegewebe nicht auf unveränderlichen Naturgesetzen beruht, sondern daß es die Konsequenz ästhetischer Principien ist, die mit fortschreitender Entwicklung der Menschheit einem Wechsel unterworfen gewesen sind und ferner noch sein werden.« Dieser Text von 1863 kann schon in Erstaunen versetzen, insbesondere, wenn man bedenkt, welche anderen Ansichten seither mit Berufung auf Helmholtz vertreten wurden.

Was in den Tonbeziehungen und -systemen bisher spekulativ durch Zahlenverhältnisse erklärt wurde, die – bei der Saitenteilung gewonnen und nach den Regeln der Proportionenlehre gehandhabt – sich dann zum Teil in den Obertonreihen wiederfinden, hat Helmholtz durch physikalische Vorgänge im Ohr aufgrund der Erkenntnisse über die Klangstruktur zu begründen versucht. Die Regelmäßigkeit des Teiltonaufbaus vereint mit den Gesetzmäßigkeiten des Hörvorgangs liefern ihm die Gründe für so dem musikalischen Bereich angehörende Phänomene wie Konsonanz und Dissonanz. Die enge Beziehung zwischen Klangstruktur und Tonempfindung ist auch heute noch nachweisbar, sie hat ihre Gültigkeit behalten, freilich unter anderem Aspekt.

Die Grundlagen der Musik auf Naturgesetze in dem Sinne zurückzuführen, daß das abendländische Tonsystem mit seiner Dur-moll-Tonalität als das einzig natürliche dargestellt wird, war nicht das Ziel von Helmholtz und ist nicht mehr aktuell. Seitdem über die Musik außereuropäischer Kulturen mehr bekannt geworden ist und die heutige Musik bei uns dieses Tonsystem in Frage gestellt hat, müssen die Gesetze, die musikalisches Geschehen beherrschen, auf anderem Gebiet gesucht werden. Geeignet sind die

Modelle der Informationstheorie und der Psychologie.

Seit Helmholtz ist man sich endgültig darüber im klaren, daß
Tonhöhe von der Wellenlänge,
Lautstärke von der Wellenamplitude und
Klangfarbe von der Wellenform

abhängig sind.³

Heute würde man diese Beziehung wie im Bild bei Jost⁴ durch dicke Pfeile darstellen:

Tonhöhe ← Frequenz
Lautheit ← Amplitude
Klangfarbe ← Struktur oder Form.

Aufgrund der inzwischen umfangreicheren Kenntnisse könnte man mit gleicher Berechtigung aber auch behaupten:

Tonhöhe ist von der Amplitude,
Lautstärke ist von der Form und
Klangfarbe ist von der Frequenz abhängig.

Diese Beziehungen müßten im Bild durch dünnere Linien ergänzt werden, die jeden Begriff der rechten Seite mit jedem Begriff der linken Seite in diagonalem Verlauf verbinden. Im Vergleich zu den Hauptbeziehungen sind diese Abhängigkeiten erst im zweiten Grade wirksam, und sie gelten vorzugsweise für reine Töne, d.h. Sinustöne. Sie interessieren deshalb gar nicht im Bereich der Musik, da sinusförmige Schwingungen bei natürlicher Klangerzeugung kaum vorkommen. Es ist dies der Grund dafür, daß experimentelle Untersuchungen, deren Ergebnisse für musikalische Erscheinungen Geltung besitzen sollen, mit Klängen natürlicher Klangstruktur, insbesondere mit unter natürlichen Bedingungen gespielten – nicht künstlich erzeugten – Klängen durchgeführt werden sollten. Kontrollmöglichkeiten durch »sekundäre Klangerscheinungen«, die in der musikalischen Praxis ohnehin nicht vorhanden sind, verschwinden, denn Obertonschwebungen treten dann zurück und Differenztöne lösen sich auf.⁵

Klangbreite

Die Kenntnis der Klangstruktur in ihrem zeitlichen Verlauf führt zum Begriff der Klangbreite. Es sind vier Punkte zu nennen:

1. Physikalisch ergibt sich durch die zeitliche Begrenzung des Tones durch Anfang und Ende eine spektrale Verbreiterung, die mit der Heisenbergschen Unschärferelation $\Delta f \cdot \Delta t \geq 1$ in Beziehung steht.⁶ Hörtheoretisch bedeutet dies, daß gewisse Minimalzeiten (ca. 250 ms) für eine optimale Tonerkennung notwendig sind und daß für kürzere Tondauern die Tonlokalisation nur innerhalb gewisser Zonen möglich ist, die eine von der Tondauer abhängige Breite besitzen.⁷ Lediglich die durch die Unterschiedsschwelle für die Tonhöhe gegebene Breite kann auch bei noch so großer Verlängerung der Töne nie unterschritten werden.

Ein hier nur am Rande interessierendes, aber doch bemerkenswertes Ergebnis solcher Untersuchungen ist das folgende: es gibt Fälle, in denen die Analysierschärfe des Gehörs besser ist als nach der Unschärferelation erwartet werden sollte.⁸ Das Gehör ist aufgrund mehrerer nebeneinander arbeitender Analyseverfahren, die sich gegenseitig unterstützen, offenbar zu dieser Leistung befähigt.

2. Unregelmäßigkeiten in der Tongebung, wie sie sich auch bei gleichmäßigem Anblasen oder Anstreichen nicht vermeiden lassen und selbst bei spieltechnischer Perfektion immer noch vorhanden, oft sogar gewollt sind und zu einem natürlichen, charaktervollen Klang hinzugehören, führen zu einer Breite des Klanges, die ebenfalls als Ungenauigkeit der Tondefinition zu bezeichnen wäre. Minimale Störungen der Periodizität, die durch eine Art Klangfarbenmodulation große hörbare Wirkungen hervorrufen können, sind die Ursache für diese Erscheinung. Schwankungen der Periode und dementsprechend eine unklare Tonhöhe sind auch bei den dicken, steifen Klaviersaiten höchster und tiefster Töne anzutreffen.
3. Das Vibrato als beabsichtigte Klangverbreiterung zur Tonveredlung wirkt sich in der Verunklarung der Tondefinition sehr viel stärker aus.⁹ Weil Klangverbreiterung immer mit Verringerung der Genauigkeit der Tonlokalisation in der Dimension der Tonhöhenempfindung einhergeht und mit Absicht herbeigeführt wird, muß angenommen werden, daß beide Erscheinungen als erwünschte Erscheinungen in der Musikausübung eine Rolle spielen.

Beabsichtigte und unbeabsichtigte Klangverbreiterung bewirken jene Lebendigkeit des Klanges, die wir an den natürlich hervorgebrachten

Klängen herkömmlicher Musikinstrumente so schätzen und an den elektronisch oder sonstwie synthetisch erzeugten Klängen vermissen, wenn ihnen nicht in einem zusätzlichen Arbeitsgang die erwünschten kleinen Unregelmäßigkeiten, die gleichbedeutend mit einer Klangverbreiterung sind, nachträglich aufgeprägt werden.

Die Notwendigkeit dieser Zutat, diese Forderung von seiten des Gehörs und des Geschmacks, hat die Entwicklung von Verfahren zur Realisierung der sogenannten feinmodulatorischen Vorgänge angeregt und zur Vermehrung der Kenntnisse auf diesem Gebiet wesentlich beigetragen. Diejenigen Verfahren, die die feinmodulatorischen Vorgänge und das Vibrato bei der Klangerzeugung in statu nascendi einführen – wie es bei den herkömmlichen Musikinstrumenten auch geschieht –, sind den anderen elektronischen Verfahren an Einfachheit, vielleicht sogar an Qualität überlegen.¹⁰ Die Weiterentwicklung in dieser Richtung wird um so notwendiger sein, als sich die Erkenntnis durchsetzt, daß die Individualität des Klangcharakters eines Musikinstrumentes nicht zuletzt auf die Eigentümlichkeiten der zeitlichen Variation, d.h. eine charakteristische Modulation, zurückzuführen ist.

4. Eine sehr starke und reich gegliederte Modulation ergibt sich durch das gleichzeitige Spielen mehrerer Instrumente auf derselben Tonhöhe. Die Tonhöhe ist jedoch nie vollständig gleich. Die Instrumente spielen zwar dieselbe Note, die Tonhöhe streut jedoch in einem gewissen Bereich. Es entsteht so eine Klangverbreiterung, die sich im chorischen Effekt als eine geschätzte und beabsichtigte musikalische Erscheinung äußert. Interessant ist, daß in sie Beabsichtigtes wie auch Unbeabsichtigtes, ja sogar Unzulängliches, mit eingeht. Denn beabsichtigte und unbeabsichtigte zeitliche Variation, unterschiedliche Treffsicherheit und möglicherweise auch unterschiedliche Tonvorstellung bewirken diesen chorischen Effekt. Entsprechend breit ist die Zone der Tonhöhenzuordnung beim Hören.¹¹

Klangbreite zeigt sich so in statistischer und vibratorischer Schwankung der Tongebung. Bezogen auf einen anderen Intervallton stellt sich die Schwankung als Variierung der Distanz – der Intervallbreite – bei gleichbleibender Intervallqualität dar. Die sich im Stufencharakter der Tonhöhe abzeichnende konstante Intervallqualität aufgrund der Inter-

vallkategorien kennzeichnet das Wesen des musikalischen Hörens.

Die Tongebung in einer bestimmten Intervallbeziehung zu einem Bezugston, d.h. die realisierte Intonation, ist dann wie in Abb. 1 gezeigt darzustellen. Die unterschiedlichen Distanzen der verschiedenen Intervallrealisationen definieren den Bereich der Klangbreite. Sie ergeben sich, wie zuvor ausgeführt,

in der beabsichtigten und/oder unbeabsichtigten zeitlichen Variierung der Tongebung *eines* Instrumentes,

in der Gleichzeitigkeit verschiedener Instrumente bei *einer* Realisierung (chorischer Effekt),

sie ergeben sich aber auch

im Nacheinander verschiedener Realisierungen von *einem* Spieler und von mehreren Spielern.

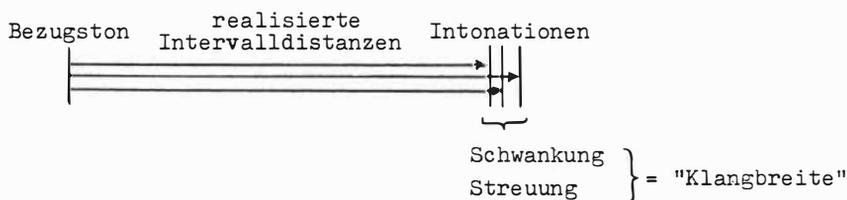


Abb. 1 Tongebung als Intonation zu einem Bezugston, dargestellt in zeitlich variierten und/oder unterschiedlichen Distanzen, die ein Intervallverhältnis realisieren. a) beabsichtigte und/oder unbeabsichtigte zeitliche Variierung einer Tongebung; b) chorischer Effekt; c) verschiedene Realisierungen in zeitlicher Folge.

Diese Streuung der Intonation ist ganz allgemein. Sie ist nur von verschiedener Größenordnung, je nachdem die Intonation vom Instrumentenbauer (z.B. beim Akkordeon), vom Stimmer (bei Flügel und Orgel) oder vom *Spieler* in frei oder beschränkt veränderlicher Tonhöhe vorgenommen wird. Im Gesang und auf den Streichinstrumenten ist die Intonation wirklich frei, bei den Blasinstrumenten nur bedingt, nämlich innerhalb eines Ziehbereiches¹², der durch den Instrumentenbau sowie die Perfektion des Instrumentalisten vorgegeben ist. Die Unterschiede hängen in erster Linie mit der für die Intonation zur Verfügung stehenden Zeit zusammen und gleichzeitig

damit, in welchem Rahmen der Intonationsvorgang abläuft: ob die Intervalle als *isolierte* Tonschritte bzw. Zusammenklänge nach einem *System* eingestimmt werden (z.B. Orgelstimmung), oder ob die Intervalle im musikalischen Verlauf kontextbezogen intoniert werden (z.B. Streicherintonation im Zusammenhang). Nur in letzterem Falle geht auch in den Intonationsvorgang das sogenannte Zurechthören ein. Erst an zweiter Stelle kommen unterschiedliche Normvorstellungen in Betracht.

Die Streuung liegt also bei Instrumenten mit fester Stimmung im Stimmvorgang, der die *Normstimmung* mehr oder weniger genau einhält, begründet und ist in allen anderen Fällen

- a) in den begrenzten Möglichkeiten, eine bestimmte Tonhöhe im musikalischen Ablauf zu reproduzieren,
- b) in der vom Zurechthören vorgegebenen Toleranz, auf die weiter unten näher eingegangen werden wird,
- c) in den unterschiedlichen Tonvorstellungen,
- d) in den Normen, an denen sich die Tonvorstellungen orientieren, gegeben, sofern in diesem Falle – selbst innerhalb eines Kulturkreises – von allgemeinverbindlichen Normen überhaupt gesprochen werden kann.

Art und Größe der Streuung lassen sich also

1. hinsichtlich der Ermöglichungsgründe, die den Spielraum für die Intonation bereitstellen, wie auch
2. hinsichtlich der die Intonation bestimmenden Faktoren betrachten.

Untersuchungen an Klangbeispielen liefern zunächst nur Verteilungen, die angeben, wie oft für ein bestimmtes Intervall *eine* bestimmte Intonation im Vergleich zu anderen Intonationen desselben Intervalles gewählt bzw. getroffen wurde (Abb. 2). Die am häufigsten vorkommende Intonation mit der Frequenz f_h muß bei einer solchen Verteilung nicht gleich dem Mittelwert der Intonationen f_a sein. Stellt die Verteilung bei einem chorischen Klang die gleichzeitig ausgeführten Intonationen dar, so sind neben den häufigsten Ausführungen auch die lautesten von großer Bedeutung. Denn leider sind die saubersten Töne nicht immer die lautesten, statt dessen die weniger sauberen aber um so kräftiger. Abb. 3 zeigt die durch Spektralanalyse gewonnene Aufzeichnung einer Klangkomponenten-Verteilung von einem chorischen Streicherklang. Die Amplituden geben die Lautstärke, mit der sie gespielt wurden, an, die Dichtigkeit der Spitzen, erkennbar

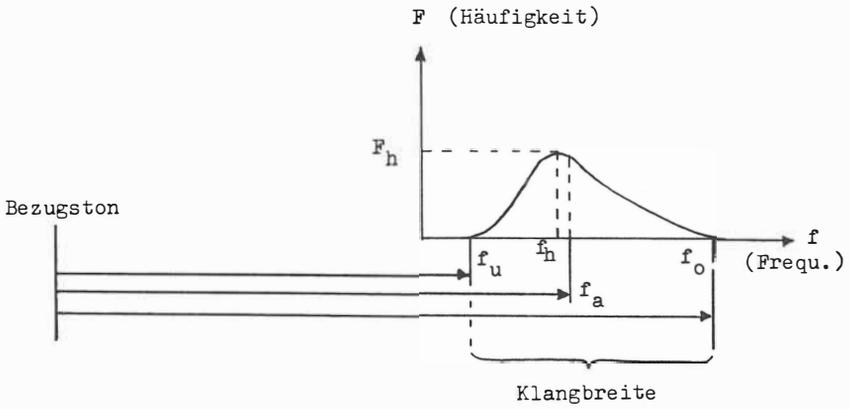


Abb. 2 Verteilung der Intonationen im Bereich der Klangbreite.

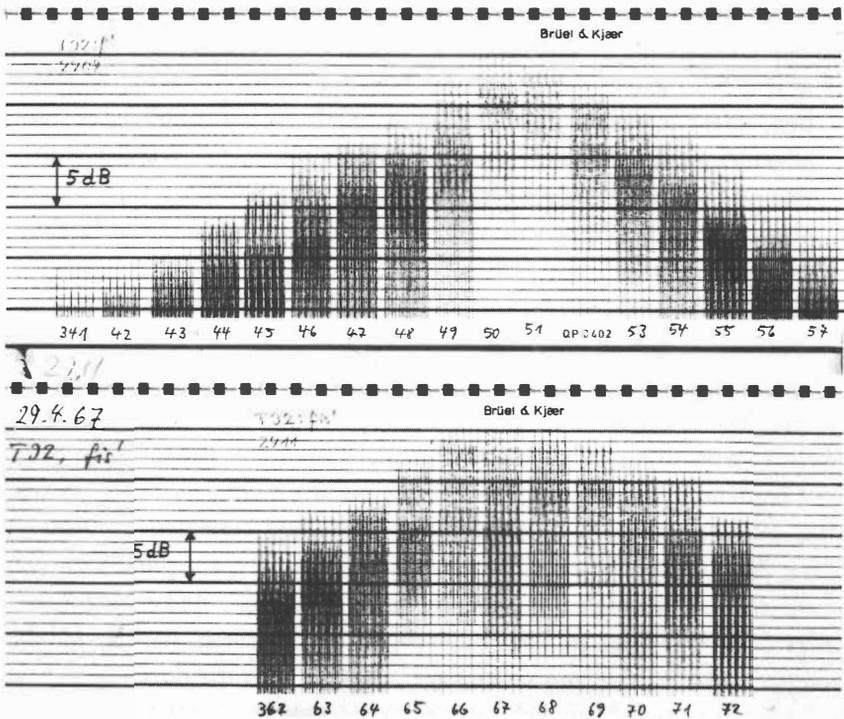


Abb. 3 Frequenzregistrierung in Form einer Frequenzverteilung der Amplituden der Grundtonkomponente von chorischen Geigenklängen f' und $f_{is'}$.

auch an der Schwärzung der Aufzeichnung, ist ein Maß für die Häufigkeit, mit der die Komponenten vorkommen.

Zur Beschreibung der wesentlichen Merkmale einer die Klangbreite kennzeichnenden Verteilung sind vor allem die Lage und die Breite geeignet. Die Lage sei beschrieben durch die Distanz vom Bezugston zu einem der Mittelwerte der Verteilung, die Breite durch eines der die Verteilung charakterisierenden Streuungsmaße Varianz, Quartilabstand oder Maximalstreuung.

Abb. 4, die die Ergebnisse von Intonationsmessungen an einem Streichtrio wiedergibt, vermittelt einen Eindruck von den Klangbreiten und der Anordnung der Intonationszonen in der chromatischen Tonleiter. Es sind hier Maximalstreuungen von Simultanintervallen, d.h. Zweiklängen, die sich zwischen je zwei der drei Instrumentalstimmen ergeben, dargestellt¹³; lediglich im Falle der kl. Sekunde handelt es sich um die Streuung der Sukzessivintervalle, also Halbtonschritte. Auffallend ist zunächst, daß bei der kl. Sekunde die größte Streubreite und bei der Quarte die kleinste Streubreite gemessen wurde. Ein typisches Merkmal für die Lage der Intonationszone bei der kl. Sekunde ist die geringe Distanz zum Bezugston, die die Tendenz, Halbtonschritte eng zu intonieren, erkennen läßt. In einzelnen Fällen kommen Schritte in der Größe von Vierteltönen vor.

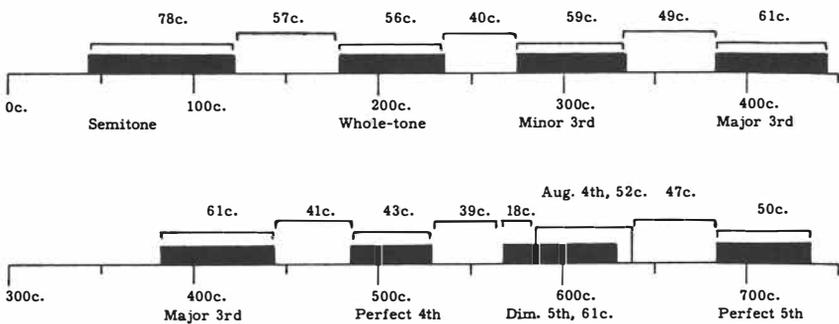


Abb. 4 Lage und Breite der Intonationszonen von Simultanintervallen (im Falle der kleinen Sekunde Sukzessivintervall) eines Streichtrios. Aus Shackford (13).

Ein Beispiel für die Streubreite eines Einzelklanges durch gleichzeitige Intonation mehrerer Instrumente gab die Analyse des Geigentones f' chorisch mit der Klangbreite 5%, entsprechend 83 Cents, also knapp einem Halbton (Abb. 3). Die Analyse eines chorisch gesungenen Tones, der hier in Abb. 5 gezeigt wird, liefert 90 Cents.¹⁴ Dieses Beispiel stammt aus einer öffentlich verbreiteten Tonaufzeichnung eines angesehenen Chores.

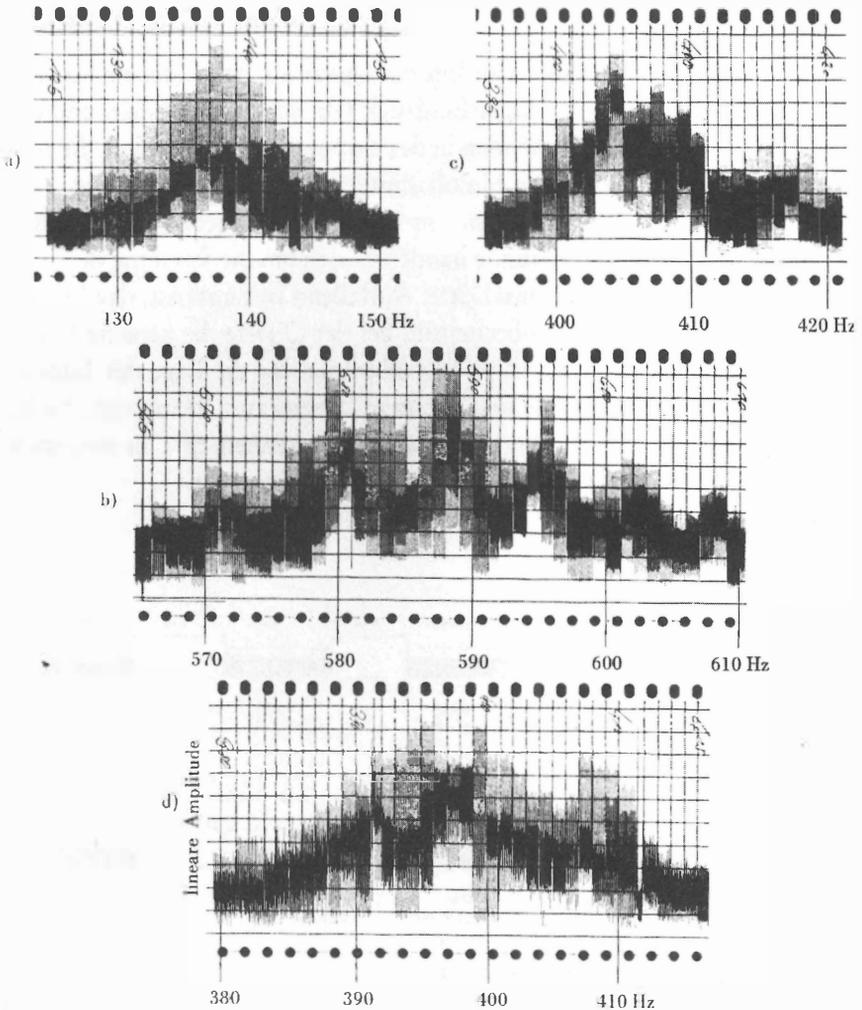


Abb. 5 Frequenzregistrierungen bei Chören. Aus Lottermoser und Meyer (14).

Die Schwierigkeiten theoretischer Normfestsetzungen

Es handelt sich, wie man hier sieht, bei der Klangbreite nicht um eine Erscheinung in der Größenordnung »zweiter Ordnung« im Vergleich zu den Unterschieden zwischen den die Information übermittelnden Tonstufen. Im Gegenteil: die Streuungen der Tongebung hinsichtlich der Tonhöhe in Gleichzeitigkeit und Sukzession als Realisierungen einer Note überschreiten gelegentlich die Größe der Tonstufen – insbesondere in der Gleichzeitigkeit.

Bemerkenswert ist nur, wie wenig der unreflektierte Hörer sich der Existenz der Klangbreiten bewußt ist. Es bedarf eines für die Wahrnehmung dieser Erscheinung geschulten Gehöres, wie es vorwiegend erst durch die Notwendigkeiten der Musikaufnahmetechnik herangebildet wurde, um von den Klangbreiten eine angemessene Vorstellung zu erhalten.

Jedoch können auch theoretische Überlegungen zur Erkenntnis der Klangbreiten führen.

Aus dem Theorienstreit um die Tonsysteme, für den es keine Lösung gibt, so daß selbst bei einer Musik mit eindeutigen harmonischen Funktionen die Intonation theoretisch nicht eindeutig festgelegt werden kann, folgt, daß es schon theoretisch eine Intonationstreuung geben muß. Die Willkür der Grundannahmen führt nämlich zu einer Willkür theoretischer Bestimmungen.¹⁵ Die Ergebnisse werden praktisch schon entschieden auf der Basis von Grundannahmen der Art: soll in jeder Fortschreitung einer Stimme jedes Intervall als harmonisch reines Intervall genommen werden oder soll mehr auf die Reinheit der Intervalle im Zusammenklang geachtet werden? Bleiben die Stimmen in angebundenen Noten bei harmonischen Fortschreitungen wirklich liegen oder muß nicht vielmehr Wert gelegt werden auf die Reinheit von Quarten und Quinten in der Abfolge der Akkorde, so daß sich die anderen Intervalle dem Vorrang der Reinheit von Quarten und Quinten unterzuordnen haben?

Duponts Analyse einer Stimme aus der Messe von John Taverner¹⁶ und Plancks Annahme bezüglich der Motette von Heinrich Schütz¹⁷ sind Beispiele für die einseitige Festlegung auf eine solche Annahme. Einzelfälle dieser Art lassen sich schließlich auf die beiden Grundannahmen reduzieren: ist das Prinzip, die Reinheit von Terzen, Sexten und Ganztönen zu realisie-

ren, über das »Prinzip der Erhaltung der Tonika« zu stellen oder ist vielmehr mit Hilfe reiner Quart/Quint-Beziehungen, die eine reine Terz hier und da nicht ausschließen, die Erhaltung der Tonika zu garantieren? Wenn man einmal die Praxis der Intonation selbst hervorragender Interpreten gehört und in der Analyse gesehen hat, wird sofort klar, in welcher Richtung die Entscheidung fallen muß. Eine Entscheidung aber ist unumgänglich, da »das Prinzip der reinen Harmonik nicht mit dem Prinzip der Erhaltung der Tonika vereinbar« ist.¹⁸

Tatsächlich sind die Klangbreiten aber noch größer als aus der Theorie abzuleiten wäre. Neben den technischen Reproduktions- und Realisationschwierigkeiten sind für sie vor allem die Eigentümlichkeiten der Tonempfindung verantwortlich. Mit diesen sind in diesem Zusammenhang gemeint:

1. die punktuelle Tonhöhenauffassung,
2. das Zurechthören, jenes funktionale Einrasten auf die Tonstufen, das selbst dann stattfindet, wenn die erwartete oder in der Tonvorstellung vorliegende Tonhöhe weit verfehlt wird.

Zunächst aber zur Punkthaftigkeit der Empfindung.¹⁹ Für alle genannten Klänge mit »Breite« gilt nämlich, daß sie bei unbefangenen Hören – zumindest für den Hörer abendländischer Musik – immer punktuell empfunden und als punktuelle Lokalisation im Tonhöhenraum aufgefaßt werden. Erst im Experiment treten bei der Beurteilung der Tonhöhe durch den Hörer als Folge der unklaren Tondefinition jene Schwierigkeiten und Unsicherheiten zutage, die sich in der Streuung der zugeordneten Tonhöhen äußern, die dem Hörer aber sonst unbekannt sind.

Anstelle einer Empfindung, die breit zu nennen wäre, ergibt sich eine punktuelle Tonhöhenempfindung, die – ohne Wissen des Hörers – weniger festgelegt ist und dabei in der Regel um die dem spektralen Gewichtsmittel der Klangbreite entsprechende Tonhöhe streut. Mit den gebotenen Einschränkungen darf dann der Sachverhalt folgendermaßen dargestellt werden: Klangbreite ermöglicht also eine Variation der Tonhöhe infolge eingeschränkter Auffassungsfähigkeit. Mit Tonhöhe ist dann ein durch die Verteilung definierter und die Tonhöhe beschreibender Lageparameter im Sinne der o.g. Abbildung gemeint.

Der Abstraktionsprozeß des Zurechthörens

Das Zurechthören stellt vom Kontext abhängige Spannen für die Intonation bereit, die größer sind, als die Tonhöhenunterschiedsschwellen, nach denen sich die Einstimmung isolierter Intervalle richtet. Die Leistungsfähigkeit und Funktion des Zurechthörens kann erläutert werden mit einem Vergleich zwischen Frequenzkurve und Notation.

Frequenzaufzeichnungen von Gesangsbeispielen^{20,21} vermitteln einen Eindruck von der Schwierigkeit, die Frequenzkurve wie eine Notation zu lesen oder aus ihr eine Notation zu gewinnen (Abb. 6). Es tritt hier der wesensmäßige Unterschied zwischen Frequenzkurve und Notation hervor, der dadurch gekennzeichnet ist, daß im einen Fall (bei der Frequenzkurve) zu wenig Norm und zu viel Detail, im anderen Fall (bei der Notation) zu viel Norm und zu wenig Detail geboten wird.²²

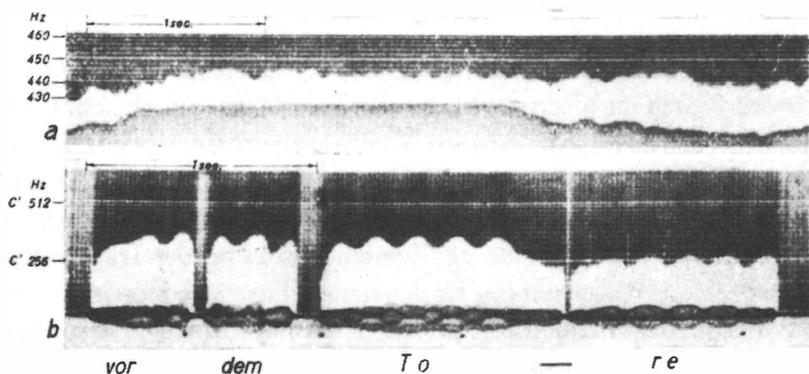


Abb. 6: »Tonhöhenkurve« des Vibratos einer geschulten Stimme. Ausschnitt aus dem Lied »Am Brunnen vor dem Tore«. Aus Grützmaker und Lottermoser (20).

Mit der Streuung, die sich in den Frequenzkurven von Gesangsaufnahmen zeigt, hängt die Unmöglichkeit zusammen, die Kurven in jedem Falle eindeutig in Notation zu übertragen; die Frequenzwerte der Intonation können eben nicht eindeutig auf bestimmte Noten oder Tonbestimmungen bezogen werden.

Die Frequenzkurven von Geigendarbietungen kommen einer automatischen Niederschrift in Noten eher entgegen, sind daher als solche auch besser zu lesen, allerdings nur dann, wenn das aufgenommene Stück so einfach und der vortragende Geiger so qualifiziert ist, wie es bei der Aufzeichnung in Abb. 7 der Fall war.²³

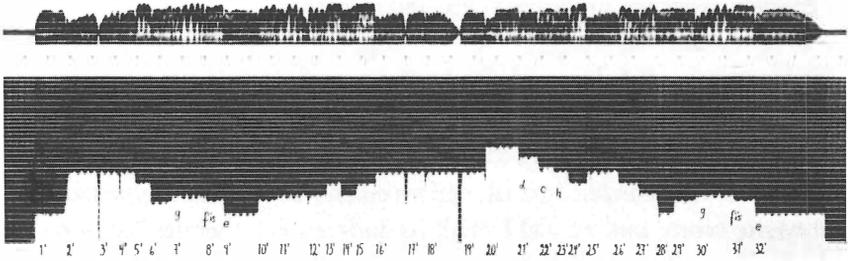


Abb. 7 »Tonhöhenkurve« einer Geigendarbietung eines norwegischen Volksliedes. Aus Dahlback (21).

Während nun einer Übertragung der Frequenzkurve in Notation Schwierigkeiten im Wege stehen, ist eine Transkription nach dem Gehör stets leicht und zweifelsfrei möglich. Voraussetzung dafür ist allerdings eine einwandfreie Vorlage, d.h. eine vom Hörer zumindest als fehlerlos beurteilte Gesangs- oder Geigendarbietung, wie sie auch der automatischen Frequenzaufzeichnung zugrunde lag. Zusätzlich ist es bei der Transkription unerlässlich, daß es sich um eine für den transkribierenden Hörer verständliche und unserer Notation angemessene Tonsprache handelt. Die Komposition in ihrer Gesamtheit enthält dann offenbar für den Transkribierenden die Information, die ihm die Intonationen eindeutig erscheinen läßt.

Abb. 8 vermittelt einen deutlichen Eindruck vom Wesen der Transkription, da hier als Darstellungsmittel nicht die übliche Notenschrift, sondern, wie bei der Frequenzkurve, das Diagramm in Koordinaten gewählt wurde. Die Transkriptionskurve, auf deren Ordinate der Notation entsprechend die Tonbezeichnungen abgetragen sind, gibt für die Charakterisierung der individuellen Ausführung »zu viel Norm und zu wenig Detail« wieder.²⁴ Der Prozeß, der den Hörer befähigt, den streuenden Frequenzwerten der Intonation bestimmte Noten zuzuordnen, wird von Francès »abstraction

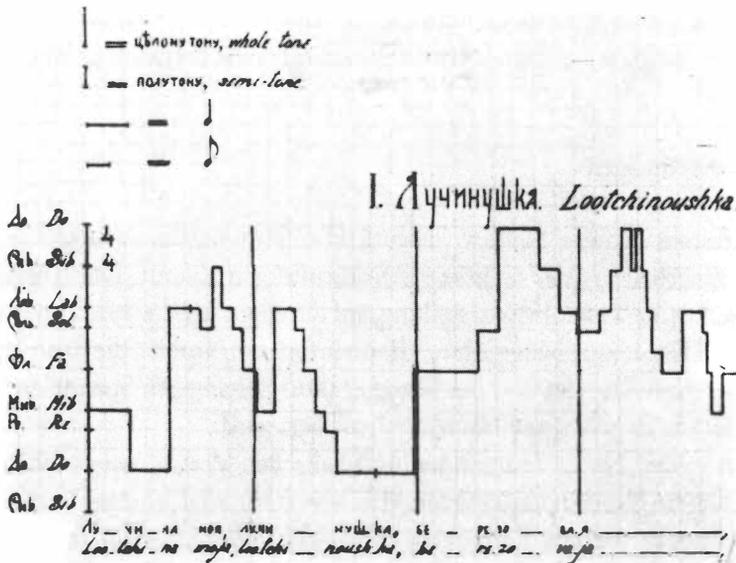


Abb. 8 Nach dem Gehör gezeichnete Tonhöhenkurve. Transkription von Schallplatte. Ausschnitt aus Diagramm 1 in: Eugenia Eduardovna (Paprik) Lineva, Russische Bauernlieder, Moskau 1912.

notale« genannt.²⁵ Es handelt sich hier um eines der bemerkenswertesten Phänomene des musikalischen Hörens, daß nämlich den Frequenzspannen der Intonation Zonen des menschlichen Gehörs entsprechen^{26,27}, die ihrerseits vom musikalischen Zusammenhang abhängig sind und innerhalb derer die Streuung der Intonation verarbeitet wird. Dieser Vorgang läßt sich heute am treffendsten mit der kategorialen Wahrnehmung interpretieren. Das sogenannte Zurechthören ist eine zwar längst bekannte Erscheinung; über das Ausmaß der Streuung bzw. der Zone aber herrschen bislang noch keine angemessenen Vorstellungen. Vor allem für den interpretierenden Künstler, der mit Hilfe des kontrollierenden Hörens höchste Intonationsreinheit anstrebt, bedeutet die Anerkennung von Streuungen des gemessenen Ausmaßes nachgerade eine Zumutung, insbesondere deshalb, weil einerseits der »Zonencharakter des Gehörs«²⁶ und andererseits »das Gefühl der Punktualität des Tones«²⁸ ihm die tatsächlichen Schwankungen nicht zum Bewußtsein kommen lassen. Von Hornbostel verlieh der allgemeinen

Bestürzung über die wahren Verhältnisse Ausdruck in den Worten: »... der Europäer singt, wenn man isolierte Einzelintervalle betrachtet, entsetzlich unrein.«²⁹

Tonvorstellungen

Spätestens an dieser Stelle wird deutlich, daß Intonation als Regelvorgang unter Einschaltung des Gehörs als Kontrollorgan abläuft. Der Regelvorgang setzt eine Tonhöhenvorstellung, auf die eingeregelt werden muß, d.h. eine vom Kontext abhängige intendierte Intonation voraus, die dann innerhalb der vom Kontext und der Klangstruktur abhängigen Spanne des Zurechthörens als gelungene Intonation realisiert wird.

Dem in den Noten festgelegten musikalischen Verlauf entsprechen auf seiten des die Noten realisierenden Musikers mehr oder weniger bestimmte Vorstellungen von den Tonhöhen. Zahlreiche in der Literatur vorliegende Hinweise und experimentelle Befunde zeigen, daß in den Vorstellungen von den Tonhöhen gewisse durch den musikalischen Zusammenhang gegebene und aufgrund des musikalischen Verständnisses aus dem Zusammenhang gewonnene Tendenzen einen Niederschlag gefunden haben. Solche Tendenzen werden sichtbar in der Lage der Intonationsbereiche. Diese Vorstellungen von den Tonhöhen in einem bestimmten musikalischen Zusammenhang bilden das für die betreffende Stelle des Musikstückes intendierte Intonationssystem mit Normcharakter, das natürlich gewisse interindividuelle Unterschiede aufweisen kann. Die klangliche Realisierung der Noten erfolgt nun in der Weise, daß sie sich nach Möglichkeit mit den Vorstellungen, in denen die aufgrund des musikalischen Verständnisses gewonnenen Tendenzen einen Niederschlag gefunden haben, deckt.

Eine etwas eingehendere Beobachtung zeigt nun, daß die Intonation an bestimmten Stellen sehr sorgfältig vorgenommen werden muß, an anderen Stellen aber weniger Genauigkeit erfordert; die Intonationsbereiche können folglich je nach dem Zusammenhang unterschiedlich groß sein. Vornehmlich durch Letzteres wird deutlich, daß diese Bereiche mit der im Vergleich zu ihnen kleinen Schwelle der Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen nichts zu tun haben. Andererseits sind, wie die Aufführung musikalischer Werke beweist, hier und da Stücke in vollendeter Intonation zu hören.

Es muß also für die einzelnen Töne gewisse Bereiche der Intonation geben, für die dieses Urteil »vollendet« zutrifft.

Zur Erfüllung einer Tonhöhenvorstellung in einem bestimmten Zusammenhang genügt es demzufolge, wenn die verschiedenen Realisierungen mit ihren verschiedenen Frequenzen in einen durch die verschiedenen Bedingungen gegebenen Bereich fallen, der den intendierten Punkt umschließt. Dieser Bereich sei also definiert durch die Streuung der Frequenzen, die bei als gelungen zu bezeichnenden Intonationen vorliegen; er muß den idealen Punkt nicht notwendig symmetrisch umschließen.

Aufgrund der physikalischen Struktur der in der Musik verwendeten Klänge und der Funktion des Gehörorgans bei der Verarbeitung solcher Klänge müssen Lagebeziehungen und Breiten der Bereiche darüber hinaus von der Klangfarbe und der Art der Klangerzeugung in solistischem oder chorischem Vortrag bei Legato- oder Staccatoausführung beeinflusst werden.

Während die Intonationszonen etwa als die Realisierungen der Stufen der von Albersheim vorgeschlagenen Stufentheorie³⁰ aufgefaßt werden können – Garbusow spricht bezeichnenderweise geradezu von einem »Zwölf-Zonensystem« –, dürften die innerhalb einer Zone feststellbaren »Schattierungen der Zone«, die Garbusow beschreibt³¹, den in der Musikausübung eben merklichen Schwellen entsprechen.

Zusammenfassung

Die Intonation folgt nicht den von der Theorie geforderten spekulativ begründeten Bestimmungen, sondern eigenen Gesetzen. Während jedoch bei den Realisationen die Gesetzmäßigkeiten nur in Ansätzen erkennbar sind, treten sie in den Ergebnissen von Hörversuchen mit sowohl simultan als auch sukzessiv gebundenen Intervallen schärfer hervor. Es wird einerseits die Tendenz erkennbar, in gewissen Zusammenhängen sowohl aufwärts- als auch abwärtsstrebende Leittonschritte zu verkleinern, Ganztonschritte zu vergrößern und den Charakter von Terzen und Sexten durch Übertreibung herauszuarbeiten; andererseits wird deutlich, daß Struktur-

intervalle stabilisierende Wirkung haben. Zu den Gesetzmäßigkeiten der Intonation gehören ferner die Bedingungen für die Verwirklichung dieser in bestimmtem Kontext vorliegenden Tendenzen.

Die ausdrucksbedingten Bestrebungen zur Verengung und Überdehnung, zur Herausarbeitung charakteristischer Unterschiede sowie allgemein zur Variierung der Intonation der Tonstufen sind hinsichtlich des Ausmaßes ihrer Verwirklichung abhängig von der Struktur der bei der Realisierung verwendeten Klänge. Die Differenzierung und die Verwirklichung des Ausdrucksstrebens werden bei chorischer Ausführung am ehesten ermöglicht, während die besondere Art der Cembaloklänge z.B. diesen Tendenzen am wenigsten nachzugeben gestattet. Die physikalische Struktur des Klangmaterials wirkt sich insofern auf die Intonation aus, als die physikalisch schärfer definierten Klänge dem Gehör eine genauere Kontrolle der Größenverhältnisse erlauben.

Die Bereiche des Zurechthörens enthalten die Bereiche der in der Musikpraxis anerkannten Realisationen; sie umschließen diese gleichsam. Das Zurechthören macht es somit möglich, unabhängig von Stimmungssystem und individueller Intonation die Musik in den vom Komponisten beabsichtigten Zuordnungen zu erfassen. Für die Anwendung der Informationstheorie auf die Musik bedeutet das Vorhandensein von Bereichen konstanter Intervallauffassung, daß die ausdrucksmäßigen Schattierungen kennzeichnenden Unterschiedsschwellen für die Vermittlung von Information nicht die gleiche Bedeutung haben wie die Tonstufen der Musik. Diese Stufen bilden die Einheiten, welche die Eigenschaften von Kategorien besitzen. Sie vermitteln die für die Musik relevante Information, während die ausdruckserscheinungen wiedergebenden Schwellen nur akzessorische Bedeutung haben.

Das Zurechthören liefert eine psychologische Rechtfertigung der Temperatur als Stufensystem zur Füllung der Oktave, wobei die meisten der Stufen zur Anpassung an die Erfordernisse des Zusammenhanges variabel bleiben. Eine Gleichberechtigung der Töne ist daraus jedoch nicht herzuleiten; denn bestimmte Stufen bleiben im Hören wie auch in der Realisierung variabel, während andere, insbesondere die mehr strukturbildenden Töne, bezüglich ihrer Lage stabiler sind und lediglich geringe Toleranzen zulassen. In dieser Hinsicht lassen sich das griechische Tonsystem und eine

Reihe der außereuropäischen Intonationssysteme mit dem Dur-moll-System vergleichen.

Die Intonation bewegt sich also im Spannungsfeld von Ausdrucksstreben und Klangerleben und ist in diesem Prozeß am Hören orientiert; an einem Hören, dessen Funktion durch das Phänomen des Zurechthörens in der Weise bestimmt ist, daß Intonationsunterschiede zwar unbedenklich hingenommen werden, diese Unterschiede ihrerseits aber ausdrucksmäßig gedeutet werden.

Summary

The phenomenon of »Zurechthören« (a kind of harmonizing in hearing) is described and discussed in the light of the theories of H.v. Helmholtz and later authors (mostly German). »Zurechthören« is shown as connected with the idea of »categorical perception«, a term used in perceptual psychology. The existence of 12 areas of pitch perception in an octave is explained as an audiopsychological phenomenon. Intervals differ in how wide their individual area of pitch allocation can be, offering specific possibilities of expression by intonation. The resulting consequences for musical performance are discussed in regard to equal temperament.

Anmerkungen

- 1 Helmholtz, H.v. (1863) – *Die Lehre von den Tonempfindungen*. Braunschweig: Vieweg.
- 2 Dahlhaus, C. (1970) – *Hermann von Helmholtz und der Wissenschaftscharakter der Musiktheorie*. In: F. Zamminer (Ed.) *Über die Musiktheorie*. Köln: A. Volk Verlag, 49–58, insbes. 49.
- 3 Diese suggestive Formulierung, die um der Prägnanz willen in der dritten Zeile nur halb richtig ist, findet man bei Fletcher, H. (1935) – *Newer concepts of the pitch, the loudness and the timbre of musical tones*, Journ. of the Franklin Institute 220, 405–429, insbes. 405.
- 4 Jost, E. (1967) – *Akustische und psychometrische Untersuchungen an Klarinettenklängen*. Köln: Arno Volk, 58.
- 5 Fricke, J.P. (1980) – *Hindemiths theoretische Grundlegung der Kompositionstechnik in seiner »Unterweisung im Tonsatz«*. In: D. Altenburg (Ed.) – *Ars Musica – Musica Scientia*. Fs. H. Hüschen. Köln: Gitarre und Laute, 159–170, insbes. 165.

- 6 Küpfmüller, K. (1952) – *Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung*. Stuttgart: Hirzel.
- 7 Oetinger, R. (1959) – *Die Grenzen der Hörbarkeit von Frequenz- und Tonzahländerungen bei Tonimpulsen*. *Acustica* 9, 430–434, insbes. 432.
- 8 Feldtkeller, R. (1961) – *Welche Tonhöhen-Unterschiede kann unser Ohr noch wahrnehmen?* *Umschau in Wiss. und Technik* 61, 518–521.
- 9 Stevens, S.S. & Davies, H. (1954) – *Hearing. Its psychology and physiology*. New York: J. Wiley & Sons, 239–240.
- 10 Fricke, J.P. (1978) – *Elektronische Blasinstrumente für Behinderte (Fagott, Oboe, Trompete, Saxophon u.a.)*. In: H. Moog (Ed.) *Blasinstrumente bei Behinderten*. Tutzing: H. Schneider, Kap. 8.
- 11 Fricke, J.P. (1968) – *Intonation und musikalisches Hören*. Habil.-Schr. Köln: mschr. Kap. IV, 2 u. V.
- 12 Meinel, H. (1954) – *Zur Stimmung der Musikinstrumente*. *Acustica* 4, 233–236. Meyer, J. (1961) – *Über die Messung der Frequenzskalen von Holzblasinstrumenten*. *Das Musikinstrument* 10, 614–616.
- 13 Shackford, C.R. (1962) – *Some aspects of perception. II. Interval sizes and tonal dynamics in performance. III. Addenda*. *Journ. of Music Theory* 6, 66–90 u. 295–303.
- 14 Lottermoser, W. & Meyer, Fr.-J. (1960) – *Frequenzmessungen an gesungenen Akkorden*. *Acustica* 10, 181–184.
- 15 Als Beispiel wäre hier zu nennen: Engel, G. (1887) – *Eine mathematisch-harmonische Analyse des Don Giovanni von Mozart*. *VfM* 3, 491–560.
- 16 Dupont, W. (1935) – *Geschichte der musikalischen Temperatur*. Kassel: Bärenreiter, 11. Siehe dazu: Fricke, J.P. (1973) *Die Relativität optimaler Intervallgrößen*. In: Kgr.-Ber. Bonn 1970, Kassel: Bärenreiter, 397–400.
- 17 Planck, M. (1893) – *Die natürliche Stimmung in der modernen Vocalmusik*. *VfM* 9, 418–440.
- 18 Schumann, K.E. (1925) – *Akustik*. Breslau: Hirt, 30.
- 19 Albersheim, G. (1939) – *Zur Psychologie der Ton- und Klangeigenschaften*. Straßburg: Heitz & Co., 24 u. 34–35.
Albersheim, G. (1974) – *Zur Musikpsychologie*. Wilhelmshaven: Heinrichshofen.
- 20 Grützmaker, M. & Lottermoser, W. (1940) – *Die Aufzeichnung kleiner Tonhöhenschwankungen*. *Akust. Zs.* 5, 1–6, insbes. S. 6 Abb. 8.
- 21 Dahlback, K. (1958) – *New methods in vocal folk music research*. Oslo: University Press, 51ff.
- 22 Seeger, Ch. (1958) – *Prescriptive and descriptive music-writing*. *Mus. Quart.* 44, 184–195, insbes. 193. Vgl. auch Zwirner, E. (1962) – *Lebende Sprache. Beitrag zu ihrer Theorie und zur Methodik ihrer Erforschung*. *Studium Generale* 15 (Heft 1) 14–22, insbes. S. 21.
- 23 Dahlback, K. (1958) 72.
- 24 Seeger, Ch. (1958) 193.
- 25 Francès, R. (1958) – *La perception de la musique*. Paris: J. Vrin, 23–27.
- 26 Garbusow, N.A. (1945) – *Die Zonen-Natur des Intervallengehörs*. *Physiol. Journal der SSSR* Nr. 3–4; nach Mostrass, K.G. (1961) – *Die Intonation auf der Violine*. Übers. von K. Krämer. Leipzig: VEB F. Hofmeister, 148–149.
- 27 Garbusow, N.A. (1954) – *Musikalische Akustik*. In: *Große Sowjet-Enzyklopädie*, Reihe Mathem., Physik u. Astronomie (Heft 6). Dt. Übersetzung Leipzig: B.G. Teubner, 26.
- 28 Handschin, J. (1948) – *Der Toncharakter*. Zürich: Atlantis Verlag, 29.

- 29 Hornbostel, E.M. v. (1927) – *Musikalische Tonsysteme*. In: Geiger, H. & Scheel, K. (Ed.), *Handb. der Physik* Bd. 8. Berlin: Springer, 430.
- 30 Albersheim, G. (1939) – S. 176–178 in Zusammenhang mit S. 160.
- 31 Garbusow, N.A. (1945) nach Mostrass (1961) – S. 148–149.

Bildnachweis: Bild 6 aus *Journ. of Music Theory* 6, 1962, S. 300 Abb. 1, Bild 7 aus *Acustica* 10, 1960, S. 1983 Abb. 2, Bild 8 aus *Akust. Zs.* 5, 1940, S. 6 Abb. 8, Bild 9 aus K. Dahlback, *New Methods in Folk Music Research*, Oslo 1958, S. 78.