

Bekannte und neue Klänge durch elektrische Musikinstrumente

(Mitteilung aus dem Institut für Hochfrequenztechnik und Elektroakustik der Technischen Hochschule Hannover)

Von HARALD BODE

Die elektrische Musik bietet rationelle Mittel und Methoden, musikalische Klangfarben und Wirkungen zu erzeugen, die sich einmal denen unserer Instrumente nähern, die aber auf der anderen Seite uns musikalisches Neuland eröffnen. Die Einstellung des Forschers und die Erfordernisse der Praxis bestimmen nun, ob man bei der Entwicklung elektrischer Musikinstrumente versucht, den bekannten Klangfarben möglichst nahezukommen oder aber bewußt von ihnen abzuweichen. Mit Erfolg wird man den ersten Weg z. B. bei der Konstruktion solcher elektrischer Orgeln beschreiben, die dort Verwendung finden sollen, wo gewöhnliche Orgeln aus Preis- oder Platzrücksichten nicht aufgestellt werden können, den zweiten Weg dagegen bei der Schaffung jener elektrischen Musikinstrumente einschlagen, die dazu bestimmt sind, das Reich der Klänge zu erweitern, um den Komponisten neue Möglichkeiten zu erschließen. Dabei ist dieser zweite Weg, vom musikalischen Standpunkt aus gewertet, wesentlich problematischer, da es sich ja nicht um beliebige neue klangliche Ausdrucksmittel schlechthin handeln soll, sondern um Musikinstrumente, die sich in der Praxis auch durchzusetzen vermögen. Man wird daher, um an die vorhandene Musizierpraxis anzuknüpfen, diese Instrumente so ausgestalten, daß sie sich möglichst der schon gewohnten Spieltechnik anpassen und neben den neuen auch bekannte Klänge hervorzubringen gestatten.

Die vorliegende Arbeit soll nun kurz zeigen, daß eine erfolgreiche Darstellung bekannter Klänge auf elektrischem Wege nur auf Grund der in den letzten Jahren erhaltenen wissenschaftlichen Ergebnisse bei der Erforschung der Klänge unserer Musikinstrumente möglich ist. Die Klanganalyse nach ihren verschiedenen Methoden hat uns weitestgehend Einblick in die Struktur der Klänge verschafft, so daß wir mit Erfolg elektrische Schaltmittel benutzen können, um elektrische Schwingungen so zu beeinflussen, daß wir die gewünschten Klänge erhalten. Wenn dadurch auch gewisse Richtlinien für die Schaffung neuer Klänge gegeben sind, so ist hier schließlich die Kritik des Ohres für die musikalische Brauchbarkeit entscheidend. Diese Tatsache verlangt stets eine Versuchs-anordnung, mit der auch musiziert werden kann, um die Wirkung der Klangfarben einzeln und im Zusammenklang zu studieren. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Instrumente beschrieben werden, an denen die hier interessierenden Beobachtungen gemacht wurden.

Zunächst seien kurz die einzelnen Methoden der Klanganalyse behandelt, um anschließend einige allgemeine Aussagen über die Klänge unserer Musikinstrumente zu machen.

Die Erforschung bekannter Klänge

Bei der Erforschung von Klängen ging man von der Untersuchung der Sprachlaute aus, wobei man zuerst die gesungenen Vokale untersuchte. Einfache Instrumental-klänge wurden auch in den Kreis der Betrachtung gezogen. Erst viel später ging man daran, systematisch Instrumentenklänge zu erforschen, und da waren es eben die Mittel der modernen Elektroakustik und die neuen Analysemethoden, die eine Arbeit auf breiterer Grundlage erlaubten.

Während man früher die zeitraubenden graphisch-rechnerischen Methoden anwenden mußte, hatte man jetzt automatische Verfahren entwickelt, die in der Zeit von wenigen Minuten erlauben, einen Klang in seinen einzelnen Bestandteilen festzustellen. Das Verfahren von GRÜTZMACHER, die sogenannte Suchtonanalyse,

wird am meisten benutzt. Ein Suchton durchläuft dabei den Bereich der hörbaren Frequenzen von 0 bis 16 000 Hz und erzeugt nacheinander mit den einzelnen Teiltönen des zu untersuchenden Klanges Schwebungen. Nähert sich der Suchton einem Teilton, so wird die Schwebungsfrequenz immer niedriger, um schließlich Null zu werden, wenn der Suchton die Frequenz des Teiltönen erreicht hat. Da sich nun im weiteren Verlauf der Messung der Suchton nach höheren Frequenzen hin vom Teilton entfernt, wird diese Schwebungsfrequenz, von Null anwachsend, wieder höher, bis sich der gleiche Vorgang beim nächsten Teilton wiederholt. Ein eingeschalteter Tiefpaß, also ein Filter, das nur tiefe Frequenzen bis zu einem bestimmten Wert hindurchläßt, sorgt dafür, daß nur ganz langsame Schwebungen auf ein Anzeigeinstrument treffen, so daß das Instrument nur dann einen Ausschlag zeigt, wenn sich der Suchton in unmittelbarer Nähe eines Teiltönen befindet. Da der Suchton über den ganzen Frequenzbereich eine konstante Amplitude aufweist, ist die Größe des Instrumentenausschlages ein Maß für die Stärke des Teiltönen. Die Analysierzeit nach diesem Verfahren beträgt wegen der großen Einschwingzeit des Tiefpasses immerhin einige Minuten.

Um schneller verlaufende Vorgänge zu untersuchen, verwendet man deshalb das Spektrometer oder die Oktavsiebmethode. Im Siemens-Spektrometer nach FREYSTEDT wird das Tonfrequenzband durch Filter von je $\frac{1}{3}$ Oktave Bandbreite in eine Anzahl von Kanälen aufgeteilt. Die Amplitudenwerte der in diesen Kanälen vorhandenen Teilschwingungen werden nebeneinander auf dem Bildschirm einer Braunschen Röhre sichtbar gemacht. Durch schnelle wiederholte Abtastung der Kanäle entsteht, wie beim Film, ein zusammenhängender Bildeindruck, und es können alle Veränderungen des Ton-spektrums, denen das Auge unmittelbar zu folgen vermag, wahrgenommen werden.

Für die Untersuchung noch schneller verlaufender Vorgänge bedient man sich der Oktavsiebmethode mit gleichzeitiger Aufzeichnung aller Bereiche nach O. VIERLING und F. TRENDELENBURG. Das Tonfrequenzband wird durch Filter in Bereiche von der Breite je einer Oktave aufgeteilt und die in diesen Bereichen vorhandenen Teilschwingungen durch einen Mehrschleifenoszillographen gleichzeitig nebeneinander photographisch festgehalten. Eine Schleife zeichnet außerdem noch das Bild der Originalschwingung auf. Die Oktavsiebmethode ermöglicht uns, auch Feinheiten der nichtstationären Struktur akustischer Vorgänge zu erfassen.

Es ist sehr wesentlich, die An- und Abklingvorgänge mit in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen, da sie entscheidend für den Klangeindruck sind. Ein kleines Experiment überzeugt uns schon von ihrer Bedeutung: spielen wir eine Klavierplatte im umgekehrten Drehsinn ab, wird sie völlig den Charakter eines angeschlagenen Instruments verlieren. Es erscheint uns vielmehr jetzt, als hörten wir ein Harmonium. Bei der Darstellung musikalischer Klänge auf künstlichem Wege läßt sich besonders eindringlich die entscheidende Bedeutung der An- und Abklingvorgänge unter Beweis stellen.

Ergebnisse der Klangforschung

Untersuchungen über die Natur der Klänge wurden vielfach durchgeführt. Die Klangspektren der wichtigsten Orchesterinstrumente wurden mit Hilfe der Suchtonanalyse von MEYER und BUCHMANN aufgestellt und die

Ergebnisse in einem Spektralatlas niedergelegt¹⁾. VIERLING und TRENDELBURG haben Messungen nach der Oktavsiebmethode vorgenommen²⁾. Von BACKHAUS und seinen Schülern wurden speziell die Klangeigenschaften von Geigen eingehend erforscht³⁾.

Als Ergebnisse dieser Arbeiten stellen wir bei den Musikinstrumenten einmal wie bei den Sprachlauten ausgesprochene Formanten fest. Unter Formant verstehen wir nach der Definition von STUMPF die Strecke, innerhalb der die Teiltöne verstärkt auftreten, die durch ihr Zusammenwirken den Formanten ergeben. O. VIERLING schreibt dem Formanten zwei weitere Bestimmungsstücke zu, nämlich Frequenz und Dämpfung⁴⁾. Seine Frequenz ist die Resonanzfrequenz der die Teiltongruppe umhüllenden Resonanzkurve, und seine Dämpfung ist die Dämpfung dieser Resonanzkurve. Die Formanten entstehen bei den Instrumenten ähnlich wie bei den Sprachlauten durch Eigenresonanzen der Instrumentenkörper und der eingeschlossenen Lufträume.

Aber nicht allein dadurch wird das Teiltönspektrum beeinflusst, sondern auch von den Eigenschaften des eigentlichen Schwingungserzeugers (der Saite, des Rohrblatts usw.). So kommt es, daß wir bei einer weichen Erregung im endgültigen Klang weniger Teiltöne haben als bei einer harten Erregung. Der Triangel, ein gebogener Metallstab, der wieder mit einem Metallstab angeschlagen wird, erzeugt so zum Beispiel einen Klang, der Teiltöne bis an die Hörgrenze besitzt.

Geklärt wurde durch die Untersuchung ferner der Verlauf des An- und Abklingvorgangs für die einzelnen Instrumente. Es zeigt sich, daß es sich nicht um eine einfache Zunahme oder Abnahme der Amplitude handelt, sondern daß sich gleichzeitig die Kurvenform ändert. Beim Klavier nimmt so beim Verklingen der Gehalt an Obertönen zu.

Erwähnt werden müssen in diesem Zusammenhang auch die unharmonischen Bestandteile, die in den Klängen vorkommen. Da wir aber bei unseren Musikinstrumenten Wert darauf legen, möglichst wenig Nebengeräusche zu haben, wie Streichgeräusch bei Geigen, Bläsergeräusch bei Bläsern usw., wollen wir darauf nicht näher eingehen, da eine Nachbildung nur in ganz besonderen Fällen notwendig ist.

Musikalische Klänge auf künstlichem Wege

Mit Erfolg lassen sich natürliche Klänge, vor allem aber auch Orgelklänge auf künstlichem Wege darstellen. Daß diese Erfolge über Laboratoriumsversuche hinausgehen, beweist das Beispiel einer amerikanischen Zahnradorgel⁵⁾, die sich immerhin so großer Beliebtheit und so großen Vertrauens erfreut, daß sie in einer Auflage von ca. 200 Exemplaren monatlich auf dem Markt abgesetzt werden kann. Die in diesem Instrument durch magnetische Sirenen gewonnenen Töne sind reine Sinusschwingungen. Die Klangfarben werden durch Zusammensetzen von Teiltönen gewonnen, die man aus der temperierten Skala entnimmt. Man geht dabei bis zum 8. Teilton und verzichtet, um nicht zu große Rauigkeiten zu erhalten, auf den 7. Teilton.

Es ist klar, daß man mit einer solchen Orgel, deren Prinzip schon von der Cahill-Orgel her bekannt ist⁶⁾,

¹⁾ E. MEYER u. G. BUCHMANN: Die Klangspektren der Musikinstrumente. Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. (1931).

²⁾ O. VIERLING: Wesentliche Eigenschaften von Musikklängen. Zeitschr. f. techn. Physik 16 (1935), 528.

³⁾ O. VIERLING: Über Klaviersaitenschwingungen. Zeitschr. f. techn. Physik 18 (1937), 103.

⁴⁾ H. BACKHAUS: Über Ausgleichsvorgänge an Streichinstrumenten. Zeitschr. f. techn. Physik 18 (1937), 98.

⁵⁾ H. BACKHAUS: Über Resonanzeigenschaften von Streichinstrumenten. Zeitschr. f. techn. Physik 17 (1936), 573.

⁶⁾ O. VIERLING: Der Formantbegriff. Annalen d. Physik 36/3 (1936), 219.

⁷⁾ L. HAMMOND, Amerik. Pat. 1 956 350, 19. 1. 1934.

⁸⁾ Th. CAHILL, DRP. 115 631, 7. 4. 1897 u. a.

über Flötenregister nicht hinauskommt und auf die wichtigen Klänge, wie Streicher, fast alle Bläser und Schnarrstimmen verzichten muß, weil sie einen größeren Obertongehalt besitzen. Die Arbeiten von O. VIERLING zeigen jedoch, daß man auch in dieser Richtung, unter Einbeziehung der nichtstationären Vorgänge, noch beträchtlich weiterkommen kann⁷⁾. Es bietet heute keine Schwierigkeit mehr, elektrische Orgeln mit allen Eigenschaften natürlicher Orgeln zu bauen. Die modernen

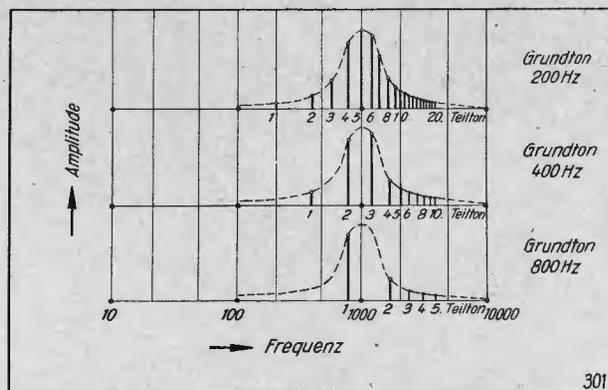


Abb. 1. Spektrum eines Klages mit einem feststehenden Formanten (Vokalähnliche Klänge). Die bevorzugten Teiltöne befinden sich in einem Bereich feststehender Tonhöhe

Mittel der Klanganalyse und die Ergebnisse der Klangforschung haben dazu beigetragen, uns diesen Weg zu ebnen.

Wie gelangen wir nun, von den einfachen Orgelflötenklangfarben abgesehen, zur Reproduktion bekannter und zur Schaffung neuer Klänge auf künstlichem Wege?

Dies geschieht einmal durch rein elektrische Mittel. Wir können dabei von einem obertonreichen Erreger ausgehen, dessen Teiltöne einander bis zu hohen Frequenzen amplitudengleich sind (Glimmlampen-, Dynatron- oder Thyatron-Kippschwingungen) und diesen Klang nun zwecks Bildung der musikalischen Klang-

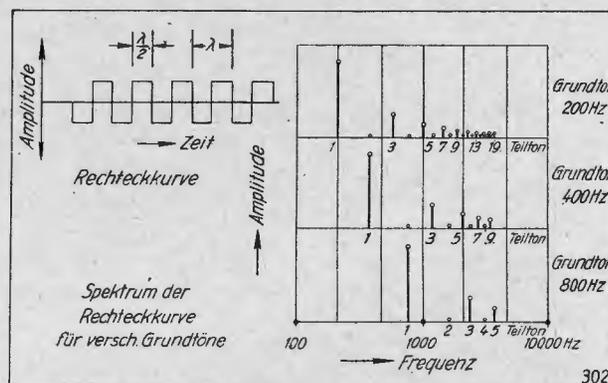


Abb. 2. Spektrum eines Klages mit Rechteckkurve (Holzbläserklänge). Das Amplitudenverhältnis der Teiltöne bleibt in allen Tonlagen gleich

farben durch elektrische Filter schicken. Wir gelangen dann zu Klängen mit dem wesentlichen Merkmal, daß die bevorzugten oder unterdrückten Teiltöne sich in Bereichen feststehender Tonhöhe befinden (Abb. 1).

Durch elektrische Nachbildung von Formanten erhalten wir Vokale oder vokalähnliche Klänge und in gewisser Annäherung Klangfarben der Oboe, der Schalmel, des English Horns u. a., je nach Zahl, Tonhöhe, Dämp-

⁷⁾ O. VIERLING: Eine neue elektrische Orgel. Deutsche Musikkultur 3/1 (1938). S. auch Habilitationsschrift Dr. phil. OSCAR VIERLING, Techn. Hochschule Berlin, Fakultät für Maschinenwesen.

fung und Größenverhältnis der Formanten zueinander. Beim Abschneiden der tiefen Frequenzen oder beim Unterdrücken eines mittleren Bereichs erhält man Zungen- und Schnarregister der Orgel und auch gewisse Streicherklangfarben. Durch Abschneiden der hohen Frequenzen kann man je nach Lage der Grenzfrequenzen Waldhorn, Okarina oder Flötenstimmen nachbilden.

Geht man nicht von einem Teiltonspektrum aus, in dem die Amplituden der Teiltöne einander gleich oder nahezu gleich sind, sondern beispielsweise von einem Spektrum, in dem die geradzahigen Harmonischen stark geschwächt sind, wie es durch eine Rechteckkurve oder durch einen Glimmlampen-Doppelstoß (Abb. 2) erhalten werden kann, so bekommt man Holzbläserklänge, die nun noch durch Filter in gewünschter Weise verformt werden können. Diese Klänge, wie die der Klarinette und des Fagotts, sind also im allgemeinen in ihrer stationären Struktur durch zwei Merkmale gekennzeichnet: Durch den erregenden Teil, welcher hier so beschaffen ist, daß das Teiltonverhältnis wesentlich in allen Tonlagen des Grundtons gleich bleibt und durch den formenden Teil, welcher so beschaffen ist, daß die bevorzugten (bzw. vernachlässigten) Teiltöne immer in

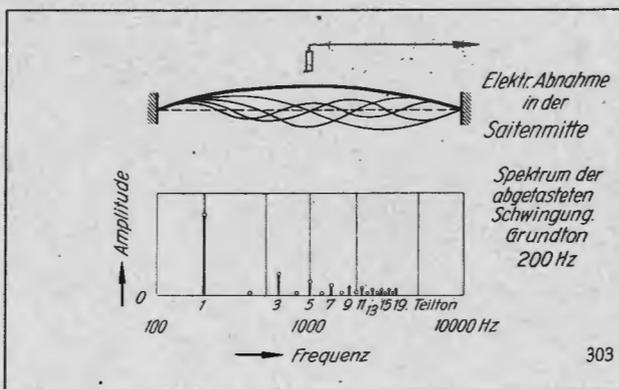


Abb. 3. Abtastung einer schwingenden Saite in der Saitenmitte. Die geradzahigen Harmonischen fallen heraus. Spektrum wie in Abb. 2 („Angeschlagene Holzbläserklänge“.)

einem Bereich von gleichbleibender absoluter Tonhöhe sich befinden.

Es ist klar, daß man neue Klangfarben erhalten muß, wenn man entweder das Teiltonspektrum von bekannten Spektren wesentlich abweichen läßt oder die An- und Abklingvorgänge verändert oder aber beiden eine neue Form gibt. Erteilt man beispielsweise Holzbläserklängen den Charakter angeschlagener Instrumente, so erzielt man eine neuartige Wirkung, die das Elektrochord von O. VIERLING hervorbringen vermag⁸⁾. (Pausenzeichen des Reichssenders Berlin.) Diese Wirkung wird erzielt durch elektrische Abnahme der Schwingungen von der Saitenmitte an einem flügelähnlichen Instrument, wo die geradzahigen Harmonischen einen Schwingungsknoten haben, also herausfallen, und die ungeradzahigen Harmonischen einen Schwingungsbauch, so daß diese allein zu Gehör gebracht werden (Abb. 3). Durch Abnahmeschienen, die außerdem noch am ersten und am dritten Viertel der Saiten die Schwingungen abnehmen und durch deren geeignete Zusammenschaltung mit der Mittelschiene lassen sich eine Vielzahl interessanter Klangfarben erzielen, die teilweise den bekannten wie Cembalo, Spinett, Celesta ähneln, teilweise aber völlig neu sind.

Mit der Beherrschung der stationären wie der nichtstationären Struktur können wir die Klänge beliebig

⁸⁾ O. VIERLING: Das Förster Elektrochord. Zeitschr. des V.D.I. 80 (1936), 1069.

formen. Dabei geben uns die Schaltungsordnungen für automatische Lautstärkeregelung in geeigneter Abwandlung ein Mittel in die Hand, auf künstlichem Wege An- und Abklingvorgänge mit beliebiger Zeitkonstante darzustellen⁹⁾, eine Möglichkeit, welche für die Beobachtung dieser Vorgänge von besonderem Interesse ist. In Abb. 4

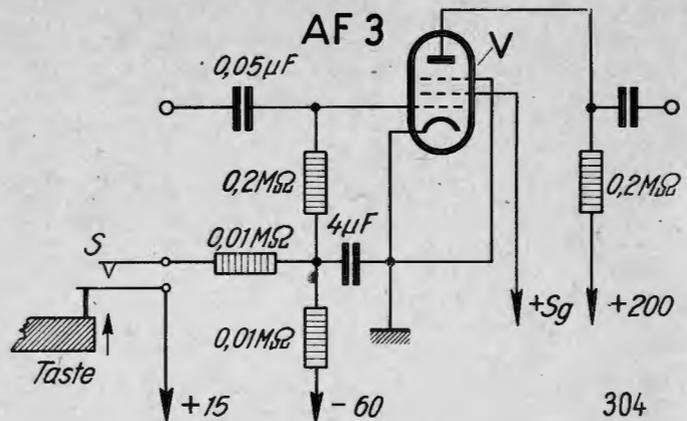


Abb. 4. Schaltung für die künstliche Darstellung von Bläserklängen. Bei Verwendung der angegebenen elektrischen Größen erhält man beispielsweise den Klang des Waldhorns

ist eine Schaltung für die Darstellung von frequenzunabhängigen Anklingvorgängen dargestellt. Hier ist V eine Pentode mit exponentieller Charakteristik, wie sie aus schwundgeregelten Hochfrequenzverstärkern bekannt ist. Der Schalter S ist mit der Taste verbunden; an das Gitter der Röhre wird der stationäre Teil geführt, an der Anode wird die im Sinne des Anklingcharakters modulierte Schwingung abgenommen. Will man Abklingvorgänge wie beispielsweise bei gezupften Saiten erhalten, so kann man sich der in Abb. 5 dargestellten Schaltung

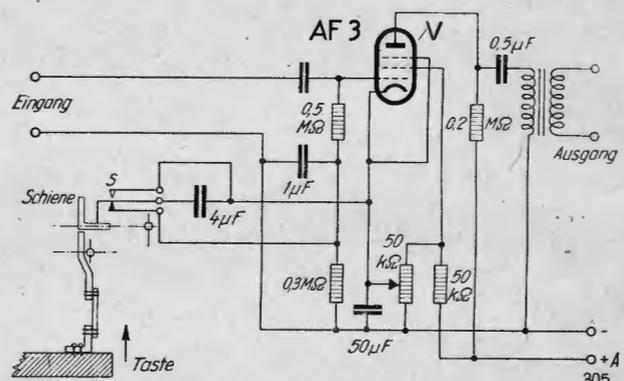


Abb. 5. Schaltung und mechanische Auslösevorrichtung für die künstliche Darstellung von Zupf- und Schlagklängen (Gitarre, Klavier). Bei Verwendung der angegebenen Schaltgrößen läßt sich beispielsweise der Klavierklang darstellen. Durch die über der Taste befindliche Winkelanordnung wird die Schiene kurzzeitig angehoben, bis der unter ihr befindliche Winkel abrutscht. Der Schalter S wird dadurch so betätigt, daß sich der Kondensator 4 µF kurzzeitig auf Kathodenpotential entlädt und danach, wenn er an die Widerstandskombination im Gitterkreis gelegt wird, ein plötzliches Hochschnellen und langsames Abklingen der Verstärkung der Röhre V bewirkt

zur Darstellung frequenzunabhängig geregelter Abklingvorgänge bedienen.

Analog gelangt man durch Verwendung verzerrender Mittel oder durch frequenzmäßige Aufteilung in mehrere Kanäle, die zeitlich verschieden geregelt werden, zu An- und Abklingvorgängen, bei denen sich das Teiltonver-

⁹⁾ V. ASCHOFF: Zur experimentellen Darstellung akustischer Ausgleichsvorgänge. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik 49/50 (1937), 138.

hältnis im nichtstationären Abschnitt ändert (Abb 6). Die mit solchen Schaltungen angestellten Versuche zeigen, daß bei einem allmählichen Anklingen das verschiedene Anwachsen der Amplituden der einzelnen Teiltöne ausschlaggebend ist für den Charakter des Anklingvorgangs, aber nicht so sehr die Zeit des gesamten Ablaufs des Anklingvorgangs eingehet. Dagegen ist bei der künstlichen Darstellung von Abklingvorgängen die Abklingzeit äußerst kritisch, und man erhält je nach der Dauer des Abklingens beispielsweise Klänge des Klaviers oder der Harfe, der Gitarre, des Celloppizzikatos oder des Banjos oder unbekannter Instrumente.

Die Anwendung der gezeigten Regelschaltungen auf die Praxis der Elektromusikinstrumente bietet keine grundsätzliche Schwierigkeit. Jedoch bedingen sie in normaler Schaltung an den sogenannten vollstimmigen Instrumenten, die für jeden Ton einen Generator benötigen, einen relativ hohen Aufwand, der die Preiswürdigkeit einer solchen Orgel in Frage stellen würde. Anders ist es bei Verwendung einer Auswahl-schaltung, bei der man mit einer beschränkten Anzahl von Regelkanälen auskommt.

Wichtig für die Darstellung musikalischer Klänge auf künstlichem Wege sind auch noch die Modulationsvorgänge, wie Frequenzvibrato, Amplitudenvibrato, die

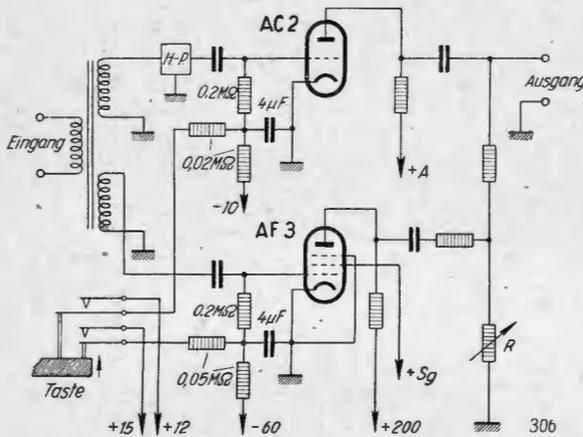


Abb. 6. Schaltung und mechanische Auslösevorrichtung für künstliche Darstellung von Anklingvorgängen mit ungleichem Kurvenverlauf verschiedener Frequenzbereiche. Der über den Hochpaß H.-P. an die Röhre AC 2 gelangende hohe Anteil wird zuerst zu Gehör gebracht. Das ganze über die Röhre AF 3 gelangende Spektrum schwingt langsamer ein (Wirkung wie an Lippenpfeifen)

Darstellung von Schwebungen und der „Chorische Effekt“, wobei die erstgenannten in der Literatur hinreichend behandelt wurden¹⁰⁾. Unter „Chorischem Effekt“ versteht man die Wirkung, die beim Zusammenspiel einer Mehrzahl von Stimmen entsteht, die geringe Unterschiede gegeneinander aufweisen. Die elektrische Darstellung dieser Modulationen bietet keine Schwierigkeit; es soll jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher darauf eingegangen werden.

Erwähnt sei schließlich noch die Einblendung von Geräuschen, die beispielsweise so erfolgen kann, daß der Geräuschanteil durch ein elektrisches Ventil dem Klangbild zugefügt wird, wobei das Ventil in Art der automatischen Regelschaltungen von der Amplitude des erzeugten Klanges gesteuert wird.

¹⁰⁾ M. GRÜTZMÄCHER u. W. LOTTERMOSE: Die Verwendung des Tonhöhen-schreibers bei mathematischen, phonetischen und musikalischen Aufgaben. Akust. Zeitschr. 3 (1938) S. 183 u. f., insbesondere S. 187 bis 189.

Um diese verschiedenen Möglichkeiten anwenden und studieren zu können, wurden die Instrumente entwickelt, die nachstehend näher beschrieben werden sollen.

Das Melodium

Das Melodium ist ein einstimmiges Musikinstrument, dessen äußere Ansicht Abb. 7 zeigt und dessen Aufbau in einer späteren Arbeit näher beschrieben werden soll. Dieses Instrument ist aus einer Gemeinschaftsarbeit von



Abb. 7. Außenansicht des „Melodiums“, eines neuen ein-stimmigen elektrischen Musikinstrumentes

H. BODE und O. VIERLING hervorgegangen. Da wir schon eine ganze Reihe einstimmiger Elektroinstrumente kennen, wie das Trautonium, das Emicon, das Martenot-Instrument und andere mehr, liegt die Frage nahe, weshalb nun auch noch das Melodium geschaffen wurde.

Einmal war es die mangelnde Tonhöhenkonstanz, die bei einstimmigen Tasteninstrumenten mit rein elektrischer Schwingungserzeugung nicht zu brauchbaren Resultaten führte, zum anderen aber hatte man die Möglichkeiten dieser Musikinstrumente noch nicht erschöpft. Man hatte gewisse klangphysiologische Wirkungen übersehen, die für die musikalische Brauchbarkeit entscheidend sind. Von dieser Erkenntnis ausgehend, wurde zunächst ein

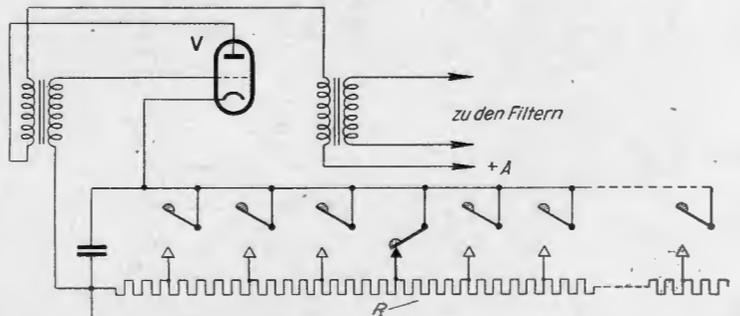


Abb. 8. Die Prinzipschaltung des Generators für das Melodium

Generator entwickelt, der das Instrument mit einem Tastenmanual zu versehen gestattet, da mit einem Bandmanual die hier beabsichtigten Klangfarben nicht erzeugt werden können und ein Instrument mit Tastenmanual kein langes Vorstudium einer schwierigen Spieltechnik erfordert.

In Abb. 8 ist die Prinzipschaltung des Schwingungserzeugers dargestellt¹¹⁾. Hier ist V eine gewöhnliche Triode, z. B. eine AC 2. Durch den Widerstand R wird die Frequenz der im Generator erzeugten Schwingungen bestimmt. Bei der verlangten Tonhöhe wird am Widerstand abgegriffen, der auch in mehrere Einheiten aufgeteilt werden kann, wie aus Abb. 9 hervorgeht. Die Abgriffe führen zu den Schaltern an den einzelnen Tasten (Abb. 10). Die mit diesem Generator erzeugte Schwingungsform zeigt Abb. 11. Der Klang ist sehr obertonreich und eignet sich gut zur weiteren Umformung in Filtern.

Bei der Erzeugung der Klangfarben wurde von den Möglichkeiten Gebrauch gemacht, die einem Tasteninstrument vorbehalten bleiben. Man hat es hier in der Hand, mit jeder Taste gleichzeitig mehrere Schaltvorgänge auszulösen, wovon der eine zur Auffindung des gespielten Tones dient und der andere beispielsweise ein stufenweise umschaltbares Filter betätigt. So kommt man nicht



Abb. 9. Die Widerstandsordnung zur Abstimmung des in Abb. 8 gezeigten Generators mit den Abgriffen für die einzelnen Töne

allein zur Bevorzugung oder Auslöschung festliegender Tonhöhenbereiche und zur Bildung fester Formanten, sondern vielmehr auch zu „beweglichen Klangfarben“ und speziell zu „wandernden Formanten“ (Abb. 12). Und diese bringen einen lebendigen musikalischen Gesamteindruck.

Es zeigt sich nämlich, daß für den musikalischen Eindruck nicht der einzelne Klang entscheidend ist, sondern die Klangfolge. Hat diese als charakterisierendes Merkmal einen festen Formanten, also Obertöne, die immer im gleichen Frequenzbereich besonders stark auf unser Hörorgan wirken, so ermüdet unser Empfinden sehr schnell gegenüber dem Reiz des speziell dargestellten Klanges. Sorgt man dagegen dafür, daß der bevorzugte Frequenzbereich wechselt, was hier in zwangsläufiger Abhängigkeit von der gewählten Tonfolge geschehen kann, so wird die Gefahr der Ermüdung nicht mehr bestehen,

¹¹⁾ BARKHAUSEN: Lehrbuch der Elektronenröhren 3 (1935) S. 87 u. f. § 10. Selbsterregung ohne Schwingungskreis. Kipp-schwingungen.

und der Klang wirkt immer reizvoll. Wir müssen also dafür sorgen, daß beim Spielen stets neue Seiten unseres Hörempfindens angeregt werden, damit wir, beispielsweise über das Mittel ausgeprägter Formanten, zu neuen Klangfarben gelangen.

Es ist klar, daß man an solchen Instrumenten außerdem auch noch die Erfahrungen verwerten kann, die bei anderen elektrischen Musikinstrumenten Erfolge brachten.

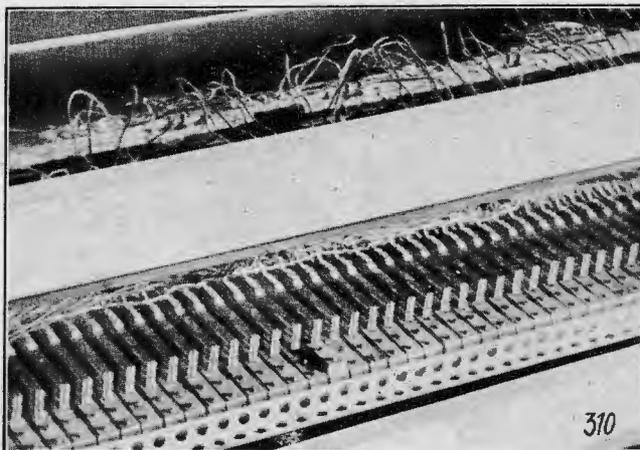


Abb. 10. Die hinteren Tastenden im Melodium (eine Taste ist niedergedrückt). Darüber die Federsätze für die Kontaktschließung mit den Abgriffen am Spielwiderstand und für die stufenweise abstimmbaren Klangfarbenfilter. Vorn eine durchlöchernte Winkelschiene zur Übertragung des Tastenhubs auf einen Lautstärkeregler.

So besitzt das Melodium einen modulationsfähigen Anschlag. Eine Schiene (Abb. 10), die an den hinteren Tastenden mittels eines Filzpolsters weich aufliegt, wird beim Niederdrücken einer Taste angehoben und betätigt eine Potentiometer-Anordnung, durch die die Amplitude der Schwingungen geregelt wird. Durch die Anschlagtechnik der spielenden Finger hat man es somit in der Hand, verschieden weich einschwingende Klänge zu Gehör zu bringen. Macht man jetzt noch von einer Anordnung zur künstlichen Darstellung von Zupfklängen Gebrauch, so gewinnt das Instrument weiter an Vielseitigkeit.

Es ist ein Vorzug der Instrumente mit rein elektrischer Schwingungserzeugung, daß sie sowohl ein Amplituden- als auch ein Frequenzvibrato darzustellen gestatten. Zur Belebung des Klanges wurde am Melodium das Frequenzvibrato gewählt. Die hierfür benötigte Schaltanordnung soll im Rahmen eines späteren Aufsatzes genauer beschrieben werden. Ein besonderer Generator erzeugt

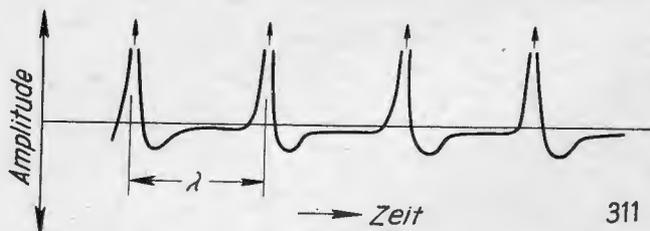


Abb. 11. Die Form der Schwingungen aus dem Generator in Abb. 8. Die Spitzen sind nicht gezeigt. Die Amplitude ist sehr groß und der gewonnene Klang sehr obertonreich.

eine untertonfrequente Schwingung (6...8 Hz), deren Frequenz sich der ausübende Musiker einstellen kann. Die Schwingung wird in den Anodenkreis des Tongenerators eingekoppelt und beeinflusst dessen Betriebsdaten. Durch einen veränderlichen Widerstand parallel zu einer Wicklung des Ankopplungs-Transformators wird ein mehr oder weniger wirksamer Nebenschluß gebildet und damit

der Modulationsgrad veränderlich gestaltet. Es ist besonders wichtig, daß das Vibrato vom Spieler beeinflusst werden kann. Macht man von dieser Möglichkeit nicht Gebrauch, so wirkt das Vibrato bald mechanisch und monoton. Beim Melodium ist deshalb ein Pedal angebracht, welches dem Spieler ohne Schwierigkeit erlaubt, das Vibrato zu steuern.

Betrachtet man das Instrument, so fällt der verhältnismäßig geringe Tonumfang von 4 Oktaven auf. Dieser ist jedoch praktisch ausreichend, da mit diesem Bereich die ausgesprochen „farbigen“ Klänge erfaßt werden können. Will man aber auf einen größeren Tonumfang nicht ver-

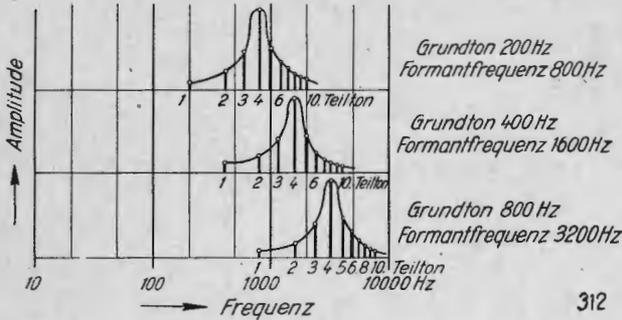


Abb. 12. Bild eines „wandernden Formanten“, erzeugt im stufenweise abstimmbaren Filter des Melodiums.

zichten, so läßt sich auch dieser mit der angegebenen Generatorschaltung realisieren. Außerdem kann man von einer Frequenzvervielfachung oder Frequenzteilung Gebrauch machen, um die Wirkung von Kopplungen und Mixturen zu erzielen. Schließlich kann man durch Beeinflussung eines einzigen Schaltelements in gewissen Grenzen den gesamten Tonbereich verschieben, was für die Verwertbarkeit des Instruments beim Zusammenspiel mit anderen Klangkörpern sehr wichtig ist.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß am Melodium alle Möglichkeiten zu verwirklichen sind, die überhaupt einem einstimmigen Musikinstrument mit fest gewählten Tonintervallen offenstehen. Die praktische Ausführung hat die Richtigkeit der hier aufgestellten Erwägungen zur Erzeugung neuer Klangfarben bewiesen.

Will man auf wirtschaftliche Weise die Mittel und Methoden zur Darstellung neuer Klänge an einem mehrstimmigen Instrument anwenden, so kann man von einer Auswahlschaltung Gebrauch machen. Abschließend soll kurz die Beschreibung einer Orgel mit Auswahlschaltung folgen.

Eine Orgel mit Auswahlschaltung

Abb. 13 zeigt das erste Versuchsmodell eines solchen Instruments, das vom Verfasser entwickelt wurde. Zur Verwendung gelangt hier die sogenannte „Treppenschaltung“ (Abb. 14). Der Einfachheit halber sind hier Glühlampengeneratoren $Gl_1 \dots Gl_4$ dargestellt, die durch Abgriffe an den Widerständen $R_1 \dots R_4$ abgestimmt werden. Dabei schwingt Gl_1 in der Tonhöhe, die der am weitesten rechts angeschlagenen Taste T_1 entspricht, während Gl_2 in der Tonhöhe der „zweiten Stimme“, der Taste T_2 , schwingt und so fort bis zur „vierten Stimme“, die durch die Taste T_4 ausgelöst wird. Die Tonfrequenzen der vier Generatoren werden über die Transformatoren $Tr_1 \dots Tr_4$ den Klangfärbern $K_1 \dots K_4$ zugeführt, in denen sie voneinander verschiedene Formanten erhalten mögen. Jetzt werden beim Spiel die angeschlagenen Stimmen mit unterschiedlichen Klangfarben erscheinen, deren Reihenfolge ständig gleichbleibt.

Es liegt nun die Frage nahe, welche Klangfarben beim mehrstimmigen Zusammenspiel gut zueinander passen.

Eine dem aufmerksam beobachtenden Musiker bekannte Erscheinung bestätigt sich, nämlich daß verschiedene Stimmen mit gleichen Formanten sich nicht

miteinander vertragen. Vielmehr müssen bei der Verwendung ausgeprägter Formanten solche mit unterschiedlicher Frequenz gewählt werden. An dem gebauten vierstimmigen Instrument zeigte sich jedoch, daß es nicht unbedingt erforderlich ist, allen vier Stimmen verschiedene Klangfarben zu geben, sondern daß man die Stimmen abwechselnd mit einer von zwei Klangfärbungen versehen kann. Je zwei Klangfarben, die sich gut ergänzen, können im einen Fall dadurch charakterisiert werden, daß die Filterkurven, durch die sie gewonnen wurden, in den bevorzugten bzw. vernachlässigten Bereichen zueinander „komplementär“ sind: Wo das eine Filter einen Durchlaßbereich hat, besitzt das andere einen Sperrbereich und umgekehrt. Es wurde eine Schaltungsanordnung gebaut, mit der die einzelnen Filter eingestellt werden können. Abb. 15 zeigt Teile aus dieser Anordnung.

Zwei Kurven von derartigen Filtern zeigt beispielsweise Abb. 16. Hier entspricht dem Sattel der einen Kurve bei ca. 1200 Hz eine Resonanzspitze der anderen Kurve an ungefähr der gleichen Stelle. Die entstehenden

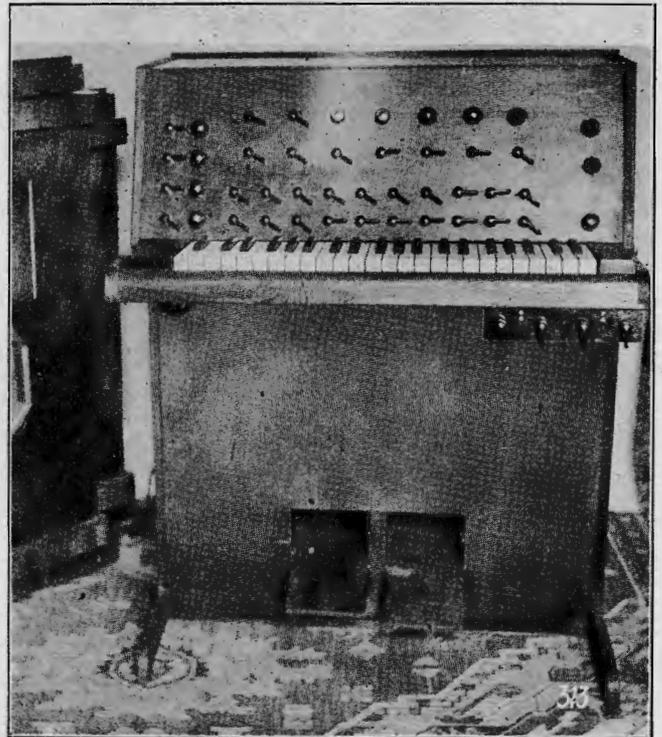


Abb. 13. Das Versuchsmodell eines vierstimmigen elektrischen Musikinstruments mit Auswahlschaltung

Klangfarben geben einen reibungslosen Zusammenklang und sind von neuartigem Reiz. Dieser ergibt sich unter anderem auch aus dem typischen „Umschlagen“ der Stimmen beim Spiel eines Instruments mit Treppenschaltung.

Ein weiteres Beispiel für zwei zueinander „komplementäre Klangfarben“ zeigen die Kurven in Abb. 17. Hier hat die eine einen stark ausgeprägten Formanten, während die andere besonders durch den Anteil an hohen Teiltönen charakterisiert ist.

Ein anderer Fall, in dem sich Klangfarben gut mit relativ geringer Rauigkeit miteinander ergänzen, ist durch zwei diese Klänge realisierende Filterkurven in Abb. 18 dargestellt. Hier decken sich teilweise die von beiden Filtern hervorgehobenen Bereiche. Da jedoch der eine Klang durch den relativ größeren Anteil an hohen Frequenzen lauter wirkt, geht sein Anteil an tiefen Frequenzen in diesem Bereich des anderen Klages unter. Trotz der Verschiedenheit der Kurven zeigen diese beiden letzten Klangfarben große Ähnlichkeit miteinander. Im

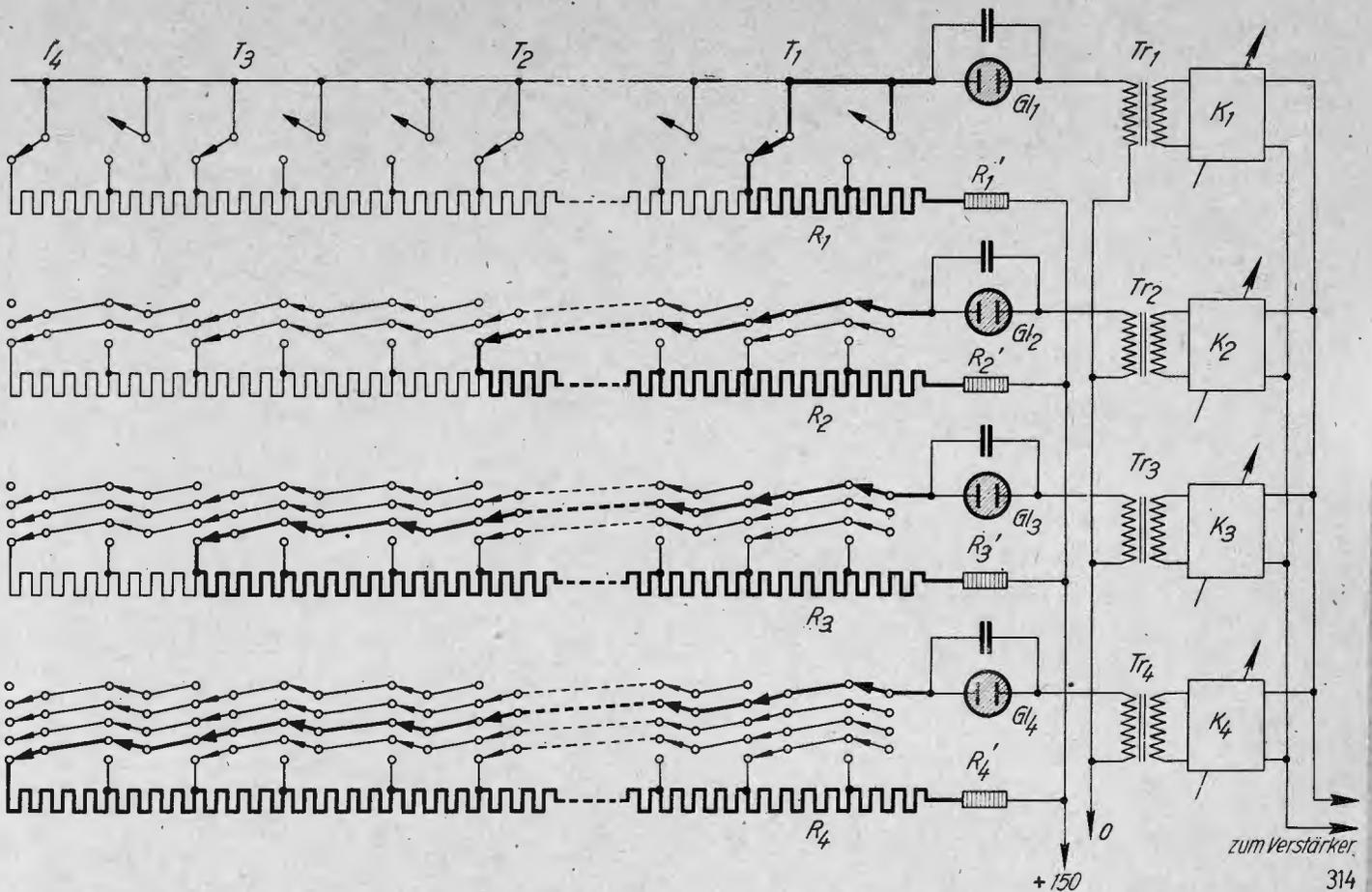


Abb. 14. Prinzipschema der im Versuchsmodell Abb. 13 zur Verwendung gelangenden Treppenschaltung

vierstimmigen Spiel wirken sie etwa wie eine Bläserbesetzung in der Färbung zwischen Saxophon und Trompete.

Ganz allgemein läßt sich sagen, daß beim mehrstimmigen Spiel, sofern man die Teiltöne in feststehenden Frequenzbereichen hervorhebt oder unterdrückt, die erzeugten Klangfarben gut zueinander passen:

a) bei der Verwendung von ausgeprägten Formanten in verschiedenen einander ausschließenden Zonen,

- b) bei der wechselweisen Verwendung eines durch Formanten bestimmten Klanges (Formanten in Bereichen unter 3000 Hz) und eines stark durch hohe Teiltöne bestimmten Klanges und
- c) bei der Verwendung beliebiger Klangfarben mit hohen Teiltönen.

Die hohen Teiltöne geben jedoch immer den Klängen einen gewissen schnarrenden Charakter, wodurch sie einander ähneln.

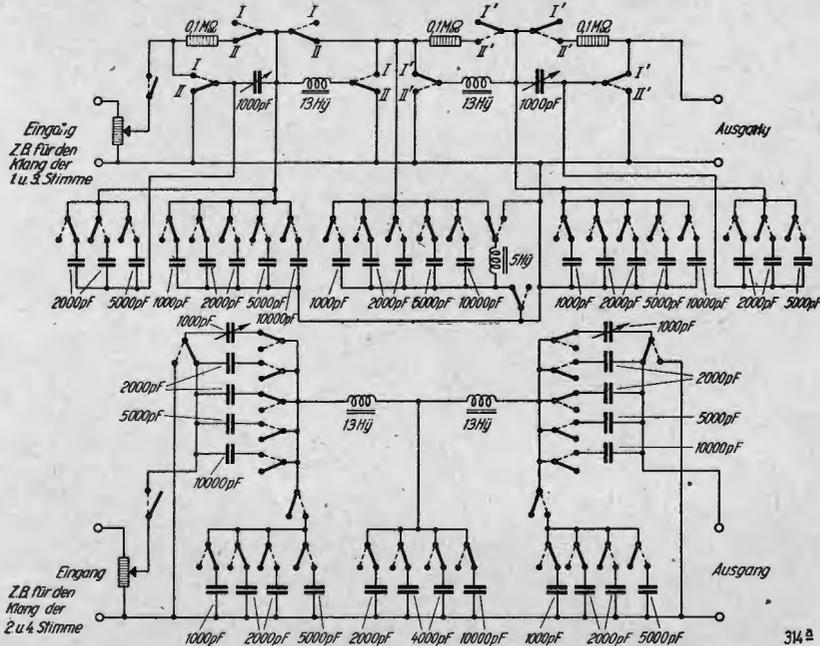


Abb. 15. Schaltungsanordnung für die Einstellung verschiedener Filter an der Orgel mit Auswahlschaltung. Werte der Kondensatoren in pF.

Die hier beschriebene Orgel wurde außerdem noch mit Regelanordnungen zur künstlichen Darstellung von An- und Abklingvorgängen ausgestattet. Hier wurde in gleicher Weise zur Beeinflussung der vier Kanäle von der Treppenschaltung Gebrauch gemacht. Da man beispielsweise der einen Regelanordnung die Aufgabe zuteilen kann, Zupfklänge zu erzeugen, während man durch die anderen Bläserklänge darstellen läßt, so ist es möglich, auf einem einzigen Manual Instrumente ganz unterschiedlichen Klangcharacters zu spielen. Schließlich wurden die einzelnen Kanäle auch noch, zu zwei Gruppen zusammengefaßt, getrennten Schwellern zugeführt (Abb. 19), so daß sich die einzelnen Stimmen in ihrer Lautstärke gegeneinander abwägen lassen.

Da man von diesen letztgenannten Möglichkeiten jedoch an einem Instrument mit einem Manual nur im beschränkten Umfang Gebrauch machen kann, wurde in Zusammenarbeit von O. VIERLING und dem Verfasser die in Abb. 20 gezeigte Orgel gebaut, deren oberes Manual vierstimmig ist, während das untere Manual und das

Pedal einstimmig sind. Dieses elektrische Musikinstrument eröffnet ganz neue klangliche Möglichkeiten, wenn gleich seine technische Entwicklung noch nicht als abgeschlossen zu betrachten ist.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Mittel und Wege aufgezeigt wurden, durch die man heute in hoher

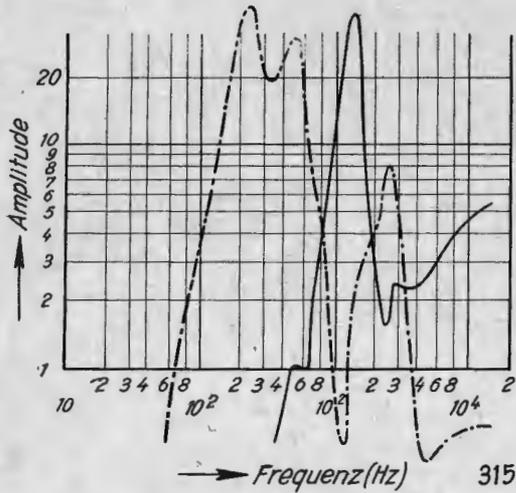


Abb. 16. Filterkurven für die Erzeugung zweier Klangfarben mit Formanten, die, auf verschiedene Stimmen verteilt, sich gut im mehrstimmigen Satz ergänzen.

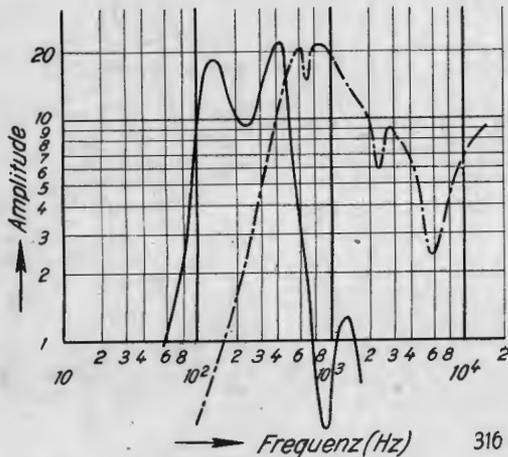


Abb. 17. Filterkurven für die Erzeugung einer Klangfarbe mit Formanten und einer anderen mit stark ausgeprägten hohen Teiltönen. Beide ergeben, auf verschiedene Stimmen verteilt, im mehrstimmigen Satz einen guten Zusammenklang.

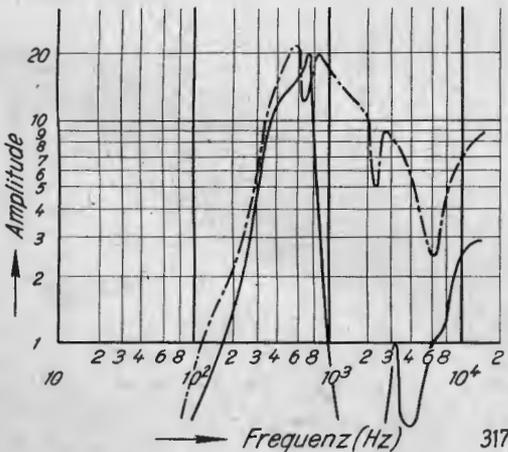


Abb. 18. Filterkurven für die Erzeugung zweier verschiedener Klangfarben mit hohen Teiltönen, die im mehrstimmigen Satz auf verschiedene Stimmen verteilt, gut zueinander passen.

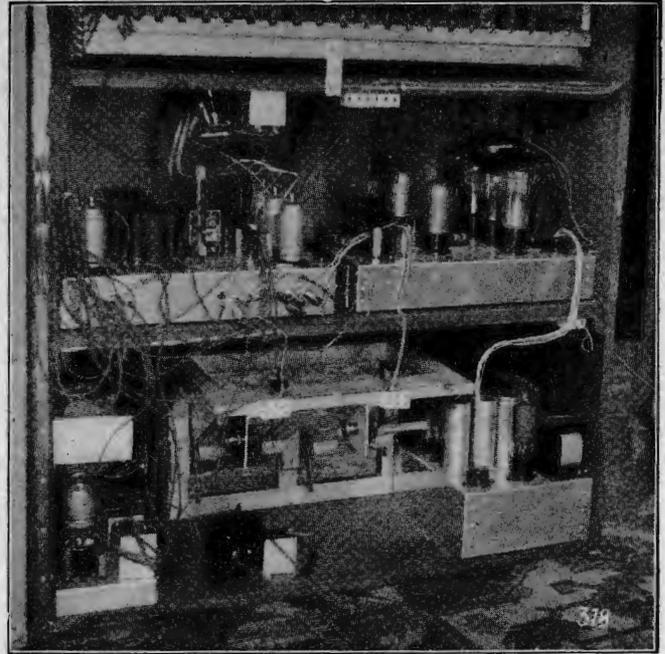


Abb. 19. Das Innere des Versuchsinstrumentes mit Auswahl-schaltung. Chassis oben links: Die vier Generatoren und die vier Regelröhren für die künstliche Darstellung der An- und Abklingvorgänge. Oben rechts der Niederfrequenzverstärker. Unten links Netzteil für die Generatoren und die Regelanordnung. Unten rechts der Netzteil für den Verstärker. Mitte unten: Die Schweller für die beiden Klanggruppen.



Abb. 20. Spieltisch einer größeren Orgel mit Auswahl-schaltung. Das obere Manual ist vierstimmig. Das untere Manual und das Pedal sind einstimmig.

Vollendung die bekannte Klangwelt in der künstlichen Darstellung zu beherrschen vermag. Weiterhin wurde am Beispiel eines einstimmigen und eines mehrstimmigen elektrischen Musikinstruments gezeigt, welche neuen Möglichkeiten sich uns eröffnen. Die Entwicklung des einstimmigen Instruments, des Melodiums, hat bereits zu solchen Erfolgen geführt, daß es für öffentliche musikalische Veranstaltungen eingesetzt werden kann.

Zeichnungen vom Verfasser
Abb. 7, 9, 10 Aufn. Hütter, Abb. 13, 19, 20 Aufn. Presse Tschirch