

MUSIKALISCHE, ELEKTROAKUSTISCHE UND SCHALLWISSENSCHAFTLICHE GRENZPROBLEME

Musik Nr. 284 *Heft 4-5 sind vergriffen*
neu, in Schachtel

GRAVESANER BLÄTTER

JAHRGANG II

HERAUSGEBER PROFESSOR HERMANN SCHERCHEN



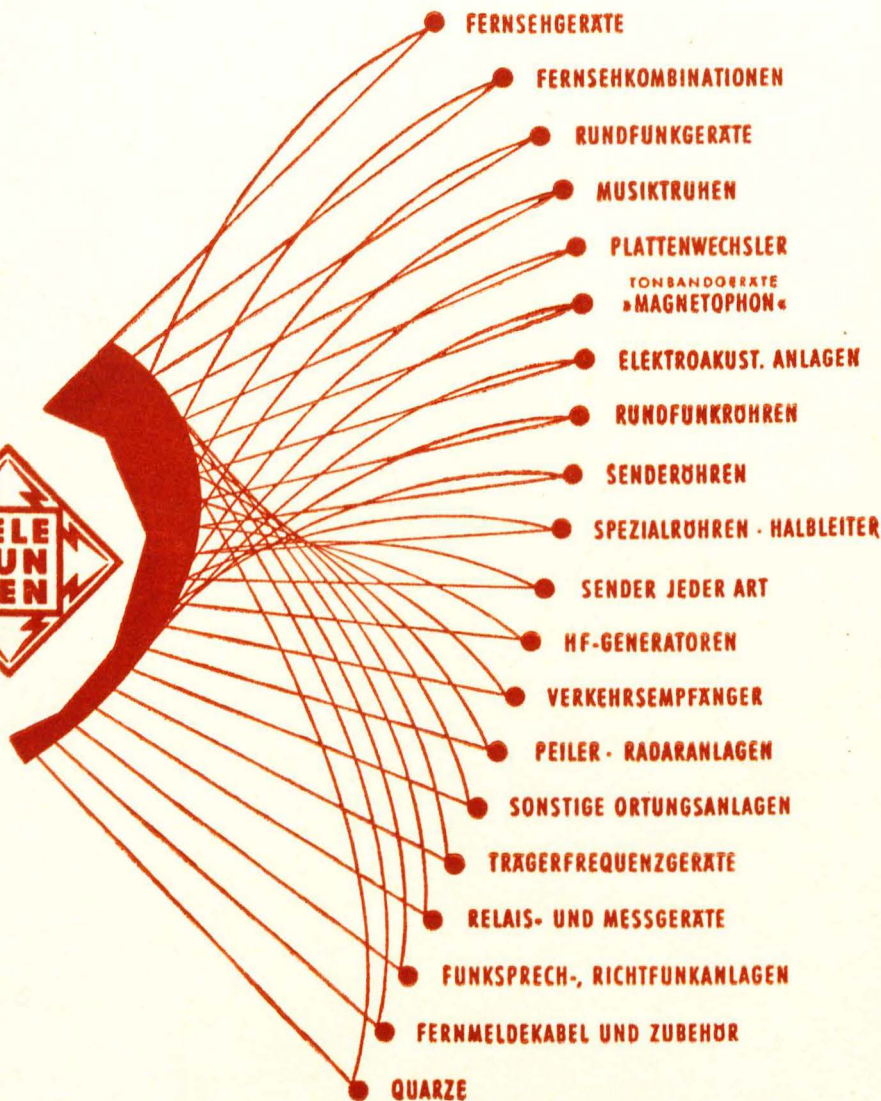
ARS-VIVA-VERLAG (HERMANN SCHERCHEN) GMBH
MAINZ - DEZEMBER 1956

HEFT **6**

60.1802 Aug

Katalog

TELEFUNKEN



GRAVESANER BLÄTTER

Eine Vierteljahresschrift für musikalische, elektroakustische und
schallwissenschaftliche Grenzprobleme

NR. VI - DEZEMBER 1956

INHALT:

		Seite
Informationstheorie und ästhetische Empfindung	André Moles	3
Filterversuche in Gravesano	André Moles	10
Legende zur beiliegenden Schallplatte	André Moles	15
Kolloquium: „Informationstheorie und Musik“	André Moles	16
Die Grundlagen der Neuen Musik:		
a) Die neue Kompositionstechnik	Luigi Nono	19
b) Das neue Klangmaterial (Die Technik der elektronischen Klanggestaltung)	Fritz Enkel	20
Manipulation und Konzeption (II)		
a) Wahrscheinlichkeitstheorie und Musik	Janis Xénakis	28
b) Brief an Hermann Scherchen	Janis Xénakis	35
Musik und „Normen“ (I)	Hermann Scherchen	38
a) Die Bedeutung des Vibratos in der Musik	Fritz Winkel	40
b) Historische Klangtreue	Kurt Blaukopf	48
c) Zur Entwicklung und den Ursachen der primitiven Skalenbildung	Paul Collaer	52
Das Institut für Kommunikationsforschung an der Universität Bonn	G. Ungeheuer / H. Heike	57

Redaktion: Gravesano

Herausgeber: Hermann Scherchen

Mitarbeiter:

Dr. Alexander, BBC London
Prof. Cremer, Heinr.-Hertz-Inst. Berlin
Dr. Enkel, NWDR Köln
Dr. Meyer-Eppler, Bonn
Dr. Moles, RDF Paris
Dr. Nono, Venedig

Dr. Schlegel, Kopenhagen
P. Souvtchinsky, Paris
Dr. Steinecke, Darmstadt
Ing. Sundblad, Stockholm
Dr. Winkel, Techn. Universität Berlin
Prof. Trautwein, Düsseldorf

*Jeder Heft ist begleitet von einer akustisch illustrierenden Schallplatte.
Jahresabonnemement mit 4 Schallplatten: 18.00 DM*

Gravesano

MUSIK · RAUMGESTALTUNG · ELEKTROAKUSTIK

19 Abhandlungen, herausgegeben von Dr. Meyer-Eppler

144 Seiten mit zahlreichen Bildern und graphischen Darstellungen, brosch. DM 7.50

INHALT:

Vorwort	5
Die Umwandlung von Musik in elektronische Klanggebilde	
Neuere raumakustische Erkenntnisse und Gestaltungen	Hans-Joach. Braunmühl 7
Probleme der Schallübertragung	Willi Furrer 15
Qualitätsmöglichkeiten und Qualitätsgrenzen der Schallübertragung	Heinrich Kösters 22
Klangträger: Schallplatte und Tonband	
Die Musik und ihre radio-akustische Verbreitung; Schallplatte und Tonband; Ästhetik und Technik	Serge Moreux 31
Die automatische Anpassung der musikalischen Dynamik an die elektroakustische Übertragungs- und Aufnahmeorgane	Ermanno Briner-Aimo und Ausilio Scerri 38
Akustische Synthese bei Rundfunk und Schallaufnahme	Francis W. Alexander 43
Klangträger: Tonfilm und Fernsehen	
Musik und Fernsehen	Kenneth A. Wright 47
Neueste Entwicklungen der Schallaufzeichnung	Aldo Riccomi 53
Musik für Zeichenfilme	Mátyás Seiber 60
Elektrische Musikinstrumente, konkrete und elektronische Musik	
Künstlerische und technische Merkmale des elektronischen Musikinstruments	Maurice Martenot 72
Elektronische Klanggestaltung mit dem Mixtur-Trautonium	Oskar Sala 78
Die elektrischen Instrumente und neue Tendenzen der elektroakustischen Klanggestaltung	Werner Meyer-Eppler 88
Historische Übersicht über die Verwendung elektronischer Musizierinstrumente	94
Von der musikalischen Transmutation zur Klangprojektion aufgenommener Schallvorgänge	Jacques Poullin 97
Perspektiven der Musikalischen Elektronik	Friedrich Trautwein 103
Zur Situation der Versuche elektroakustischer Klanggestaltung	Pierre Schaeffer 110
Wissenschaftl. - Technik - Kunst	
Die künstlerische Anwendung der Mikrofontechnik	Lionel Salter 117
Subjektive Effekte in der Raumakustik	Georg R. Schodder 122
Unabhängigkeit vom Raumhall und Tempo	Otto Schmidbauer 127
Stereophonie und Stereonachhall	Roelof Vermeulen 132

ARS-VIVA-VERLAG (HERMANN SCHERCHEN) GMBH., MAINZ

Informationstheorie und ästhetische Empfindung

von

ANDRÉ MOLES

„Für den Menschen ist alles, was den Menschen angeht, bedeutend“.

(WIENER)

Allgemeines

Die äußere Welt stellt sich der wissenschaftlichen Erkenntnis unter zwei sich ergänzenden Gesichtspunkten dar:

nach ihrem *energetischen* Aspekt (der in der Physik bis zum 20. Jahrhundert alles beherrscht und *Mechanik*, *Thermodynamik* und die anderen Naturwissenschaften, in denen der Mensch als *Individuum* keine Rolle spielt, hervorgerufen hat) und

nach ihrem *kommunikativen* Aspekt (der den Menschen im materiellen Universum verankert und dazu beiträgt, die Gegeneinanderwirkung von Individuum und Außenwelt zu erforschen und der die Voraussetzung von Psychologie, Soziologie, Aesthetik und ganz allgemein der Geistes- und Menschenwissenschaften bedeutet, sowie die Botschaften der äußeren Welt an das Individuum und dessen Reaktionen darauf untersucht).

Die Einordnung der Psychologie unter die angewandte Physik ist eines der wichtigsten Ereignisse der Evolution der Wissenschaften. Sie wird dadurch zu einem wesentlichen Element, um Probleme zu lösen, bei denen ein Empfänger beteiligt ist: z. B. in der Beleuchtungstechnik, der Bauakustik, der politischen Ökonomie etc. Durch die Psychologie des Verhaltens wird das Individuum als ein System behandelt, das der Welt verbunden ist und dessen Entwicklung durch seine Umgebung mittels Botschaften bestimmt wird, die von der äußeren Welt oder von anderen Individuen zu ihm gelangen und nach der existentialistischen These ihm fast ebenso fremd bleiben als die physische Welt.

Die Wissenschaft liefert bis zum Ende des XIX. Jahrhunderts vor allem Werkzeuge und Theorien des Aufbaus einer technischen Zivilisation mittels der Energie. Die Energie des Universums den Bedürfnissen des Menschen nutzbar zu machen, erscheint als die wesentliche Mission der ständig mehr utilisatorischen Zielen angepaßten Wissenschaft. Um 1900 soll die Antithese: „Materie - Energie“ die Beherrschung der Welt durch den Menschen verdeutlichen. Es ist dies die Konzeption, aus der jene Vorstellung des *Homo Faber* hervorgeht, durch welche für viele Geister Malerei, Musik, Literatur, kurz die Künste, zu sterilen Überbleibseln werden, dazu bestimmt, aus dem vorwiegend rationalen Weltbild ganz zu verschwinden.

Erst seit wenigen Jahren hat die Entwicklung nicht spezifisch energetischer Konsumationsgüter zwei deutlich unterscheidbare Tendenzen der menschlichen Aktivität hervortreten lassen: *die Welt zu erobern und die Menschen untereinander zu verbinden* (letzteres als „Ziel in sich selbst“ erfaßt und nicht mehr nur als Konsequenz aus jenem). Aus der Antithese: „Materie - Energie“ erwächst die neue Antithese: „Wirken - Vermitteln“. Dadurch wird aus der Beziehung zwischen Individuen eine soziale Funktion, statt weiterhin nur eine unvermeidliche Maßnahme zur Eroberung des materiellen Universums darzustellen.

Rundfunk, Cinema, Schallplatte und informatorische Literatur haben die Aufmerksamkeit auf diese Autonomie der Vermittlung zwischen den Subjekten hingeleitet. Dadurch ist gleichzeitig dem Kunstwerk sein wahrer Sinn als Erzeuger schöpferischer Wirkungen wieder geschenkt worden, welcher es aus einem sozialen Pseudophänomen zu einem bewegenden Motor der Gesellschaft werden läßt.

Die Idee der hier hergestellten Theorie ist herangereift aus der Untersuchung technischer Probleme, die in Beziehung stehen zur Verwertung der Kommunikationskanäle. Doch wächst die Kommunikationstheorie gleich von Anfang an über den technischen Teil hinaus. Schon heut ist sie zu einer großen wissenschaftlichen Doktrin geworden, die jenen physischen Theorien vollwertig zur Seite tritt, welche ganz allgemein auf der Antithese: „Materie-Energie“ errichtet sind. D. h.: die Begriffe Information, Code, Wiederholung, banale und originale Dialektik, Voraussehbarkeit, Hintergrundgeräusch, beginnen jetzt gleichen Rang einzunehmen wie die Quantentheorie, das Relativitätsprinzip und der Gegensatz von Mikro- und Makrokosmos.

Absicht der vorliegenden Arbeit ist der Versuch, die entscheidenden Konzeptionen der Kommunikationswissenschaft (oder — besser noch — die aus jener Doktrin hervorgehen, welche unter dem Namen der Informationstheorie mehr und mehr bekannt wird) in enger Verbindung unserem Weltbild einzufügen, d. h. sie unserer Wahrnehmung anzupassen dort, wo sie bisher besonders vernachlässigt wurden, nämlich im Aesthetischen und in der Psychologie der Wahrnehmung.

Die Methodik der Psychologie

Der stufenweise Aufstieg der Psychologie zum Rang einer exakten Wissenschaft und die damit verbundene wichtige Entwicklung verleiht ihr nach 1900 immer mehr den Rang einer Haupt-, ja man kann sagen einer Normatif-Wissenschaft (HUSSERL). Von ihrer etymologischen Bedeutung als Seelenkunde, die sie der Metaphysik verknüpfte, stieg sie zu einer Wissenschaft auf von der Situation des Menschen im Weltall und seinen Reaktionen auf dieses. Die Einführung des Maßes in die Psychologie

(WUNDT, WEBER, FECHNER) und die Theorie des Verhaltens (PAWLOW, WATSON) wurden zu den Initiativen für ihre Expansion zu einem Modell der Wissenschaft vom Menschen.

Um sich methodisch zu entwickeln, mußte die Psychologie des Verhaltens — wie jede neue Theorie — eine dogmatische und in gewissem Sinne enge Haltung annehmen, indem sie vermied, etwas anderes zu beschreiben, als den äußeren Habitus des Individuums. Seitdem hat sie sich indes ebenso in der geistigen Haltung als in der Tragweite ihrer Erklärungen sehr erweitert, ja sich endlich sogar einer deterministischen Theorie vom Wesen angenähert. Ihre grundlegenden Hypothesen bleiben jedoch die Basis jeder objektiven Psychologie und haben definitiven Charakter angenommen. Sie besagen:

1. daß das Individuum ein offenes System darstellt, dessen Verhalten bis in die kleinsten Details bestimmt ist von der Summe aus:
 - a) einer Vererbungsbelastung, welche die Gesamtstruktur des Organismus bestimmt;
 - b) Ereignissen in der persönlichen Entwicklung, welche durch bedingte Reflexe und das Gedächtnis die „Persönlichkeit“ formen;
 - c) der Einwirkung der Umgebung auf den reagierenden Organismus, so daß alle Arten des gegenwärtigen oder zukünftigen Verhaltens des Individuums mit einer Genauigkeit festgestellt werden können, welche der Beschreibung in einem physikalisch-chemischen System in gleichem Maße entspricht, als die drei ausschlaggebenden Faktoren bekannt sind;
2. daß die völlige Kenntnis der Erbschaftsmasse, der Geschichte und Umgebung zu einem gegebenen Zeitpunkt praktisch eine Art asymptotischen Ideals bedeutet (indem sich das Individuum — wie jedes andere System — nur in seinem statistischen Verhalten als erfaßbar erweist, so wie das eigentliche Ziel der Experimentalpsychologie ist);
3. daß sich neben der Experimentalpsychologie eine theoretische Psychologie entwickeln muß, welche — ausgehend von einem Standardmodell des menschlichen Organismus, das die in der Statistik gehäuften Erfahrungen ergeben — den Verhaltensmechanismus in mathematischen Ausdrücken festzuhalten unternommen wird. Die Verfeinerung dieses Standard-Individuums durch vervielfachende, es definierende Zahlenparameter, die entsprechend den Konzepten der Differenzialpsychologie variieren, wird das letzte Stadium dieser Wissenschaft bedeuten, welches von der völligen Integration des Menschen in das physikalisch-chemische Universum begleitet ist.

Die Psychologen haben — ungeachtet verschiedenster Grundeinstellungen — niemals diese Axiome verleugnet. So verwendet die Gestalttheorie

die gleichen Hypothesen wie die Psychologie des Verhaltens, trotzdem sie sich im Geist und in den Arbeitsmethoden von ihr gründlichst unterscheidet, um schneller die Phänomene bestimmen zu können, die sie für das „Verhalten“ als essentiell betrachtet.

Die Kreisbewegung: „Wahrnehmung — Reaktion“ ist von Grund auf entscheidend für jede Art von deterministischer Psychologie. Von der einfachsten Erscheinung der Orientierungstendenzen einzelliger Wesen an dringt die Psychologie in ihrer letzten Entwicklung zu immer komplexeren Vorgängen bei den höher organisierten Wesen vor, bei denen die Arten des Verhaltens immer ausgedehnteren Gleichungssystemen unterworfen sind.

Wenn unsere Kenntnis des Universums auf der Summe unserer Wahrnehmungen und auf unseren physischen und psychischen Reaktionen als Folge unserer Geschichte beruht, so wird die deterministische Psychologie so zu einer normativen Wissenschaft und muß automatisch zu einer philosophischen These hinsichtlich unserer Erkenntnis des Weltalls führen. Allgemeiner ausgedrückt muß jede Metaphysik (d. h. Reflexion des Individuums über das Weltall) eine Theorie der Wahrnehmung hervorrufen und jede Betrachtungsart jener muß auf diese — ungeachtet des „esse est percipi“ BERKELEYS — zurückwirken. Das Resultat ist ein geschlossener Kreis von Kenntnissen: jede Konzeption, welche wir vom Universum haben, hängt ab von der Kenntnis, die wir von der Art und Weise seines „wahrgenommen-werdens“ besitzen. Unser spezielles Ziel ist, die Rolle klar zu machen, welche der Informationstheorie für den Wahrnehmungsmechanismus und im besonderen für die AESTHETISCHE Empfindung zukommt. Die Informationstheorie ist jüngsten Datums. Das ist die Ursache, warum deren Urheber ihre Anwendungsmöglichkeit über ihren technischen Aspekten vernachlässigen konnten. Im Verlauf dieser Arbeit werden wir die philosophischen direkten und einfachsten Konsequenzen der Informationstheorie weitgehend berücksichtigen, ohne dabei das Gebiet der experimentellen oder objektiven Psychologie zu verlassen. Jede Extrapolierung einer neuen Theorie ist besonders gefährdet durch unscharfe Wertgrenzen. Die logische Weiterführung, als die normale Weise der Extrapolierung, kann hier keine sicheren Werte ergeben.

Plan der Untersuchungen

Zuerst wird auf Grund der letzten Erkenntnisse der Spezialisten der Kommunikationsforschung die Informationstheorie in allgemeiner Weise dargestellt, woran wir ihre reichlich komplexe Terminologie schließen (Kap. I). Jede Theorie ist im Wesentlichen ein Denkwerkzeug, um Tatsachen in logischer Synthese zusammenzufassen. Wir werden also zahlreiche Beispiele klingender Botschaften behandeln, denen WORT, MUSIK — oder LÄRM — zugrunde liegen. Ferner solche visueller Art, beginnend mit

dem sehr exakten Fall des Lesens, um von deren noch unbestimmten visuellen Mitteilungen fortzuschreiten zu Zeichnung, Fotografie, Malerei, Cinema — d. h. zur vorwiegend visuellen Botschaft. Wir folgen so gewissermaßen der geschichtlichen Entwicklung: die Informationstheorie nahm ihren Ausgangspunkt von Telegraf und Telefon, um stufenweise immer komplexere Gebiete zu erobern (Television, Cinema, Sprache etc.).

Der größte Einwand, der gegen die Informationstheorie vorgebracht werden kann hinsichtlich ihrer Anwendung auf die Psychologie, ist daß sie eine sozusagen atomistische Theorie darstellt, da sie die Wirklichkeit durch ihre Zerlegung in einfachste Elemente erklärt. Wir werden deshalb als erstes den Begriff der Gestalt (den wir als Strukturelement jeglicher Mitteilung auffassen) und den der Periodizität (der für uns ein aleatorisches Vorhersehbarkeits-Element bedeutet) entwickeln (Kap. II).

Danach untersuchen wir die Störungen, welche Botschaften vor allem durch das Geräuschphänomen erleiden können, um die Allgemeingültigkeit jener Auffassung darzulegen, welche die Fähigkeit des Individuums, die äußere Welt zu erkennen, durch das den Dingen eigentümliche Prinzip der Unschärfe begrenzt, und das zu gleicher Zeit den Hintergrund hergibt, auf welchem sich die Gestalten abbilden (Kap. III).

Weiterhin werden die so erworbenen Kenntnisse auf das Studium der tönenden — und insbesondere musikalischen — Botschaft angewandt, deren phänomenologische Untersuchung bis heut durch dogmatische Einstellungen verzögert worden ist. Wir meinen, daß ihr ein Klangstoff zugrunde liegt, dessen elementare Struktur ebenso studiert werden muß (d. h. sein Symbolgehalt) wie die Mikrostrukturen (oder Klangobjekte) und die Gesamtorganisation (Kap. IV). Die phonetische Mitteilung wird als ein durch sein begriffliches Element leichter zu erfassender Fall der Klangbotschaft aufgefaßt.

Endlich wird die grundlegende Unterscheidung von semantischer und ästhetischer Information behandelt, welche die Begründer der Informationstheorie entsprechend dem Descartschen Grundsatz, das wissenschaftliche Hauptprinzip sei mit dem Leichtesten zu beginnen, anfänglich vernachlässigt haben. Damit soll einem Teil der Einwände begegnet werden, welche von philosophischer Seite gegen die Theorie erhoben wurden.

Diese Aufstellung zweier Arten der Information wird von uns bei der allgemeinen Ästhetik herangezogen, und zwar vor allem im Gebiet der Musik, wo wir versuchen Strukturgesetze aufzustellen, die der Zeitdialektik von Originalität und Verständlichkeit entsprechen sollen (Kap. V).

Zum Schluß wird untersucht und zusammengefaßt, was die solcher Weise erweiterte Theorie lehren kann in Hinsicht auf jene „multiplen“ Botschaften, welche sich gewissermaßen mehrerer Zuleitungen und Dimensionen der Wahrnehmung bedienen, um beim Individuum anzukommen (Oper, Trickzeichnung etc.). Daran schließt sich eine Untersuchung des Wahrnehmungs-

méchanismus des Individuums für Botschaften, um festzustellen, wie ihre gesamttheiliche Einwirkung auf den Akt, den wir „Verhalten“ nennen, zustande kommt (Kap. VI).

Die Erweiterung der Gesichtspunkte, welche die ästhetische Empfindung wieder in den deterministischen Kreislauf der Welterkenntnis einfügt, gestattet den Versuch, abschließend die philosophische Bedeutung der neuen Theorie feststellen zu wollen (Kap. VII).

* * *

Einleitungskapitel des Buches: „Informationstheorie und ästhetische Empfindung“ von André Moles (autorisierte Übersetzung von Hermann Scherchen). Das Werk erscheint Oktober 1957 / Subskriptionsbestellungen an ARSVIVA-VERLAG (Hermann Scherchen) GmbH / Mainz
ca. 150 Seiten / Preis: 12 frcs s. / Subskriptionspreis bis 15. März 1957: 10 frcs s.

INHALT

Zum gegenwärtigen Stand der Informationstheorie:

Bestimmung und Klassifizierung der Botschaften / Die Botschaft und ihre Elemente / Beispiele von Typen der Elemente / Die Kapazität der Übertragungskanäle / Information und Originalität / Das Originalitäts-Maß / Anwendungsbeispiele: a) der sozio-kulturelle Originalitätsgehalt musikalischer Programme b) das Komplexitäts-Maß sozialer Gruppen / Folgerungen aus dem Informations-Maß / Maximale und relative Information, Redundanz / Die verschiedenen Auffassungen des „Code“.

Der „Gestalt“-Begriff in der Informationstheorie Periodizitäten und Elementarstrukturen:

Theorien der Gestalt und Theorien des „Rasterns“ / Begrenzung der Wahrnehmungsquantität der Information / Auffassung der Gestalt als Zerstörung der Information; die am schwersten zu übertragende Botschaft / Gestalten und Vorherbestimmungen / Periodizität und Voraussehbarkeit / Phänomenologie des Wahrnehmens der Periodizität.

Unschärfen der Wahrnehmung und symbolisches Organisieren mittels des Gedächtnisses:

Gestalt und Hintergrund der Botschaft / Der Begriff des Geräusches / Von der Begrenzung zur Erfassung der materiellen Phänomene / Effektivgebrauch der Symbole und Schwellenanstieg / Gedächtnisfunktion und Feststellung der Wahrnehmungsstrukturen / Gedächtnisarbeit und Information.

Klangstrukturen und Musik: das Klangobjekt

Kritik der Theorie der Musik / Ausprägung der Klangmaterie / Darstellung der zeitlichen Vorgänge bei der Klangsubstanz / Das Klangobjekt / „Zwischen“-Strukturen.

Semantischer und ästhetischer Aspekt der Botschaft:

Ein Scheinparadox der Informationstheorie / Zwei Informationsarten / Semantischer und ästhetischer Informationsanteil / Übereinanderordnung der Strukturen von Klangbotschaften / Trennung der beiden Informationstypen / Melodische Groß-Strukturen / Gegeneinanderwirken der Informationstypen und der Groß-Struktur.

Vielfach-Botschaften und strukturelle Ästhetik:

Vorkommen und Klassifikation von Vielfach-Botschaften / Strukturbildungen von Vielfach-Botschaften / Strukturgesetze der Vielfach-Botschaft / Entwicklung des „Recitatifs“ und Verständnismöglichkeit / Von der Ästhetik zur Phänomenologie der Wahrnehmung.

Philosophischer Wert der Informationstheorie:

Die materielle Seite der Mitteilung / Kritik der hier entwickelten Theorie / Grundergebnisse / Über die Methodik der Ästhetik / Philosophischer Wert der Informationstheorie.

Filterversuche

Bericht über die 2. Stipendiatsperiode in Gravesano

(15. Dezember bis 21. Januar 1955/56) I

von

ANDRE MOLES

Die meisten Untersuchungen dienten dazu, experimentelle Konsequenzen aus der Informationstheorie (Bibl.) zu ziehen. Die Grundlage dazu bietet das Buch: André Moles — „Informationstheorie und ästhetische Empfindung“ (ARS VIVA-Verlag, August 1957).

Mit den zur Verfügung stehenden Filtern konnte eine umfangreiche Studie über die in der Musik enthaltene Information durchgeführt werden.

Wir wissen, daß die klangliche — und insbesondere die musikalische — Botschaft unter 2 Aspekten betrachtet werden kann:

dem *semantischen* — die Botschaft kann vom Intellekt erfaßt und beschrieben werden;

dem *ästhetischen* — die Botschaft wird durch das musikalische Signal versinnlicht.

Die Informationstheorie kennt bis zu dieser Stunde noch keine Methode der absoluten Trennung der semantischen und der ästhetischen Informationsbestandteile. Allein eine ITERATION mittels progressiv durch semantische oder ästhetische Information bereicherter Bestandteile kann annähernd zu einer Trennung führen.

Verschiedene theoretische Methoden dienen dazu, eine Trennung beider Typen durchzuführen. Eine der wichtigsten ist die Filtrierung mittels schmalen Frequenzbänder, beruhend auf dem verschiedenen semantischen Anteil der einzelne Teile des akustischen Spektrums. Diese Verschiedenheit ist zuerst durch LICKLIDER und POLLACK erörtert worden, gelegentlich ihrer Untersuchungen über den Beitrag der verschiedenen Frequenzbänder an die Verständlichkeit. Sie wurde von uns für die Sprache behandelt in einer Studie über die Sprach-Botschaft (Bibl.)

Indessen konnte *für die Musik* — für die das Gleichgewicht von semantischem und ästhetischem Anteil weit bedeutsamer ist — bisher keine ernsthafte Untersuchung durchgeführt werden mangels von Vielfach-Filtern, deren effektive Charakteristiken hätten sein müssen: ein schmales Band, mit einer Dämpfung gegen unendlich außerhalb des Bandes, und mit einem Dämpfungsabfall von genügender Steilheit. Erst das überaus wert-

volle elastische elektronische Filter mit 24 Terzen, das die ALBISWERKE (Zürich) herstellen, ermöglichte das.

Es wurde zu diesem Zweck — um ein Maximum an Dämpfung zu erzielen — in Gruppierungen von je 2 übereinander gelegten Terzen gebraucht, wodurch sich das Frequenzband: $\left(\frac{5}{4}\right)^2 = \frac{25}{16} = \frac{3}{2}$ (etwas größer als das Intervall der Quinte) ergab.

Die Gravesaner Versuche (Analysen des Klangspektrums eines Orchesterstückes von ca. 70 sec Dauer aus der III. Rhapsodie von Liszt, SCHERCHEN, Westminster) wurden jedoch zunächst mittels eines ausgezeichneten SIEMENS-Oktavfilters begonnen.

* * *

Das absolute Kriterium des semantischen Teils einer Botschaft wäre gegeben, wenn ein Musiker das Notenbild einer Komposition aus deren Übertragung in allen Einzelheiten rekonstruieren könnte.

Die *ästhetische* Information, d. h. der klangsinnliche Wert der verschiedenen Teile des Spektrums, ist indes schwieriger festzustellen als die semantische Information, da die REDUNDANZ normalerweise im ästhetischen Bereich der Botschaft viel schwächer ist als im semantischen (die *informative Originalität* überwiegt). Außerdem spielt der Unterschied des Vergnügens eine Rolle, das die verschiedenen Individuen durch Musik empfinden. Die Grenzen der Unbestimmtheit können nur durch eine Vielheit von Untersuchungspersonen eingeschränkt werden. Die Ergebnisse werden dem Aufbau einer neuen Doktrin der „High-Fidelity“ in den Klangkanälen zugute kommen, die heute schon spruchreif geworden ist.

* * *

Eine weitere Untersuchungsreihe diente dazu, bei immer gleich spürbarem semantischem Informationsanteil systematisch die ästhetische Information zu verändern, um deren Eigenschaften beim gleichen Musikstück hervorzuheben. Dafür waren die schon erwähnten Vorzüge des ALBIS-Filters besonders wertvoll, durch den — je nach Absicht — alle Kennlinien des Hörbereichs mittels der Einstellung der Potentiometer-Regler hergestellt werden können.

Die folgenden Kurven wurden dabei realisiert und 2 Bandaufnahmen (19 und 38 cm/s) von ihnen gemacht, mit denen späterhin eine Reihe systematischer Experimente mit einem größeren Versuchspublikum stattfanden. Diese wurden durch den Verfasser im „Centre d'études radiophoniques“, PARIS, durchgeführt.

Diese Testversuche sollen weiter fortgeführt werden mit Hilfe einer größeren Anzahl von Versuchspersonen (Musikern, Diskophilen, Prophanen), welche zusammen ein Durchschnittsbild der „Bevölkerungen des musikalischen Staates“ ergeben würden.

Hervorragende Resultate der Terzfilter-Experimente sind:

1. Eine Reihe von Kurven aus sich einander als Täler und Berge folgenden Kammzähnen von ständig wachsender Breite (Kammzahn-Kennlinie) ergab eine systematische Verschiedenheit bei den beiden sich symmetrisch folgenden Kurven, die eingangsseitig immer die gleichen Menge von Informationselementen behielten und bei denen jeweils die tiefen Frequenzen (80 bis 110 Hz) geschwächt oder angehoben wurden. Die Tatsache, daß das Ohr stets Kurven bevorzugt, welche diese Tiefen enthalten, beweist, daß deren ästhetischer Gehalt den der mittleren Frequenzen weit übertrifft. Ist jedoch das Vorkommen der Mittelfrequenzen gesichert, so spielen ihrerseits die Höhen über 5'000 Hz eine geringe Rolle, solange die Aufmerksamkeit nicht speziell auf sie gerichtet wird (ZIPF: Prinzip der kleinsten Anstrengung).

2. Die Verbreitung der einzelnen Klangfilter-Bänder rührt an die Verteilungsweise der ästhetischen Information im Spektrum. Tatsächlich wird dadurch die Rolle der verschiedenen Oktaven nachgewiesen.

3. Die bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit der semantischen Information geht aus Versuchen hervor, bei denen ein äußerst schmales Band (Halb-Oktave, zentriert zwischen 780 und 850 Hz) progressiv bis zur Totalität des Spektrums erweitert wurde. Das ist eine Folge der relativ sehr hohen REDUNDANZ der semantischen Information, die ein Verteilungsdiagramm eines Typs ergibt, durch die die qualitativen Verteilungen, die der Autor in einer früheren Studie festgestellt hatte, bestätigt werden (Bibl.)

4. Ein Loch von 60 dB Tiefe und einer halben Oktave Breite im akustischen Bereich, wurde durch davon nicht unterrichtete Hörer kaum wahrgenommen. Das beweist die außerordentliche Toleranz, die das Ohr hier zuläßt. Es ist in der Tat auch sehr schwierig (für den Ton-Ingenieur wie für den Musiker) die Art dieses Fehlers zu erkennen. Er könnte deshalb als Testmaterial zur Prüfung der Ohrenempfindlichkeit von Tonmeistern zur Anwendung gelangen.

5. Das alleinige Vorkommen von tiefen und hohen Frequenzen nach dem „Gesetz der 400 000“, d. h. ihre Zentrierung um $\sqrt{400\,000} = 650 \text{ Hz}^2$ (was praktisch zustande kommt durch die Erweiterung der zentralen Einbuchtung des Bandes) hat — wenn es die semantische Information nicht zu zerstören vermag — bei den Hörern die unbewußte Neubildung der Zwi-

schentöne zur Folge. Der Hörer vermag deshalb oft kaum an deren Fehlen zu glauben (Publikumstest).

6. Die speziellen Kurven mit beschränkter Bandbreite und die mit progressivem An- oder Abstieg gestatten es leicht, das Klangbild alter Apparaturen (des Trichterphonographen von 1900 und des Kopfhörers etc.) wieder herzustellen, was von Interesse sein könnte für spezielle Effekte und Rundfunktricks.

7. Bittet man Hörer, die zwar musikalisch gebildet aber nicht über das Problem selbst unterrichtet sind, die Grenzfrequenzen des Gehörten zu bestimmen, so begegnet man 2 Tendenzen:

- a) der Neigung, den Problemen der Tonerkenntnis gegenüber viel zu optimistisch zu sein,
- b) in der Mittellage die Töne gewöhnlich um eine Oktave höher als ihre wirkliche Frequenz anzusetzen.

* * *

In musikalischer Hinsicht interessant ist an den Resultaten der Gravesaner Experimente, daß:

a) die Verteilung der semantischen und ästhetischen Information besser als bisher begründet werden konnte;

b) daß bei einer dritten Versuchsreihe die Möglichkeit festgestellt wurde, mit Hilfe des amerikanischen KROHN-HITE *Einbandfilters* (im Anschluß an vorhergegangene eingehende Studien) nach Belieben den Klang fast jeden Instrumentes innerhalb des Orchesters hervorheben zu können;

c) daß endlich für Techniker und Ton-Ingenieure auf Grund dieser Experimente ein geeignetes Testband hergestellt werden kann, durch das sie zu erlernen vermöchten in ihrer Vorstellung jene Entsprechung zwischen Kennlinie und Mängeln des wahrgenommenen Klanges auszuführen, welche eine ihrer wichtigsten Aufgaben sein sollte.*)

*) Es ist beabsichtigt, ein solches Testband einer kommerziellen Schallplatte zugrunde zu legen, um die zahlreichen — alle mehr oder weniger in fast sportlichem Wettkampf untereinander stehenden — Demonstrationsplatten von HIGH-FIDELITY, durch sachliche Grundlegungen zu ergänzen.

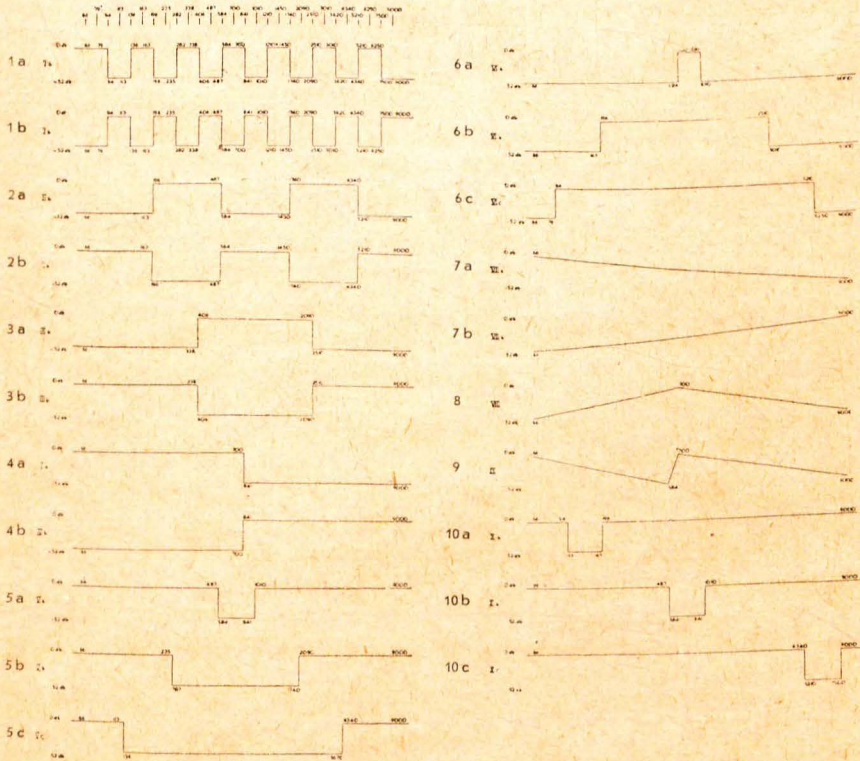
BIBLIOGRAPHIE:

- A. MOLES:
Structure Physique du signal musical.
Revue Scientifique, 1955
- A. MOLES:
Informationstheorie und Ästhetische Empfindung.
Ars Viva Verlag, 1956/57
- WINCKEL, MEYER-EPPLER u. a.:
Klangstrukturen der Musik
Radio Foto Kino Verlag, Berlin 1955
- MEYER-EPPLER und LUCHSINGER:
Beobachtungen bei der verzögerten Rückkopplung der Sprache.
Folia Phoniatria, vol. 7, 1955, p. 87.
- A. MOLES:
Facteurs dynamiques de la caractérisation du discours.
Cahiers d'études radiophoniques, no. 2, 1955, pp. 197—225.
- A. MOLES:
Les bases de la jouissance musicale.
Gravesaner Blätter, Heft 2/3, 1956, pp. 47—57.
- A. MOLES:
Classification des méthodes de préparation du signal musical.
Cahiers d'Acoustique, septembre 1954.

Legende zur beiliegenden Schallplatte

von

ANDRÉ MOLES



Kolloquium

„Informationstheorie und Musik“

(17.—24. April 1957 / Elektro-akustisches Experimentalstudio Gravesano)

Leitung:

ANDRÉ MOLES

Ziel ist:

- a) für Nicht-Spezialisten eine einfache Doktrin der Informationstheorie auszufinden,
- b) die Anwendbarkeit der Informations-Theorie auf die Musikalische Botschaft sowie die praktischen Folgerungen daraus festzustellen.

Dauer des Kolloquiums: 8 Tage / Vormittags: Thesen und Diskussionen
Nachmittags: Praktische Übungen

Die als „Grundlagen“ geltenden Thesen werden erläutert bis zum Zustandekommen von den Teilnehmern gebilligter Resumés, die den in jeder Sitzung wieder neu heranzuziehenden Thesen später angeschlossen werden sollen.

PROGRAMM-ENTWURF

I. Tag

Morgens:

These Das physikalische, psychologische, künstlerische Problem / Terminologie / Ausgangsvokabularium

Nachmittags:

Übungen Klassifizierung von Botschaften nach ihrer Unvorhersehbarkeit für: a) gesprochene, b) musikalische Botschaften
Kritik / Vergleichung

II. Tag

Morgens:

These Die „klassische“ Informationstheorie / Maße der Informationsgrößen

Diskussion Anwendungsmöglichkeit theoretischer Konzepte

Nachmittags:

Übungen Symbolische Informationsmengen von Akkorden, Klangfarben, Themen
Untersuchung musikalischer Themen von wachsender Informationsmenge / Bandaufnahmen

III. Tag

Morgens:

These „Gestalt“ und Symbol-Repertoire / Metrischer Aspekt des musikalischen Signals

Diskussion Variieren die Symbolrepertoire ständig? Wie erfaßt der Mensch als „Empfänger“ die Auto-Korrelation?

Nachmittags:

Übungen Wahrnehmung von Rhythmen / Komplexitätsschichten / Unterschiedliche Wahrnehmungsskalen des Hörens (gefilterte und verzerrte) / Zeitformen / Untersuchung des effektiven musikalischen „Skeletts“

IV. Tag

Morgens:

These Der menschliche „Empfänger“ / Psychophysische Eigenschaften / Sensibilitätsschichten / Begrenzungen

Diskussion Inwieweit kann der Mensch als Informations-Empfänger behandelt werden?

Nachmittags:

Übungen a) Zeitempfindung / Gegenwärtigkeitsdichte / Eigentümlichkeiten (reine Töne und Musik-Fragmente)
b) wechselnde Konzentration der Sensibilität auf verschiedene Botschafts-Abschnitte in deren Zeitablauf
c) Grenzen der verständlichen Information

V. Tag

Morgens:

These Semantischer und ästhetischer Gesichtspunkt / Zwei Aspekte der musikalischen Botschaft (schlechte Formen)

Diskussion Kritik / gibt es noch andere „Aspekte“ des Empfangens?

Nachmittags:

Übungen Das Vorkommen der semantischen und der ästhetischen Kategorien bei der musikalischen Botschaft / Musikalische Erfahrung

VI. Tag

Morgens:

These Klein- und Großstrukturen der Klangmaterie

Diskussion Semantischer und ästhetischer Aspekt / Klein- und Großstrukturen

Nachmittags:

Übungen Methoden der Trennung einerseits von mikroskopischen und makroskopischen Strukturen (Klangzellen und Klangobjekte) und andererseits semantischem und ästhetischem Aspekt

VII. Tag

Morgens:

These Individuelle Varianten der Klangempfindnis: socio-kultureller Hintergrund / musikalische Bildung (Erziehung) / Aufmerksamkeitsschwankungen / spezielles musikalisches Talent / Musikalität

Diskussion ist Normalisieren des Individuums (Empfängers) in operativ fruchtbarer Weise möglich?

Nachmittags:

Übungen Grenzen der Verständnismöglichkeit für das musikalische Signal / Mechanismus der Aufmerksamkeitserschaffung

VIII. Tag

Morgens:

These Anwendung der erarbeiteten Resultate:
a) auf die allgemeine musikalische Theorie und auf das „Arrangement“
b) auf die Experimentalmusiken (elektronisch und konkret)

Diskussion Beanstandungen / Abgrenzungen / Irrtümer / Fehler der behandelten Theorie

Nachmittags:

Übungen Allgemeine Schlüsse / Verwertungsprogramm / Unmittelbare Konsequenzen
Auswahl der wichtigsten durchgeführten Experimente / Herstellung eines demonstrierenden Tonbandes

SCHLUSSBEMERKUNG

Die Teilnehmer werden gebeten, bis 1 Monat vor Beginn des Kolloquiums Experimente vorzuschlagen. An jedem Nachmittag leitet ein anderer Teilnehmer die Übungen.

Die Grundlagen der Neuen Musik

Bericht über ein vom 23. 7. bis 5. 8. 1956 mit Mitgliedern der internationalen Jeunesse Musicale im Experimentalstudio Gravesano veranstaltetes Seminar

a) Die neue Kompositionstechnik

von

LUIGI NONO

Das Seminar über die neue Kompositionstechnik wurde in Gravesano vom 23. Juli bis 5. August abgehalten in einer gemeinsamen Studienarbeit, die von 6 Stunden, wie es programmäßig hieß, bald bis zu 12 Stunden täglich dauerte, die sich als notwendig erwiesen, je mehr die analytische Auseinanderwicklung der neuen musikalischen Kompositionstechnik wegen der Vielfalt der behandelten Sujets, besonders erregte Diskussionen hervorbrachte und weitere neue Studien gemeinsamer und individueller Art notwendig machte.

Grundlage des Kurses waren die Analysen der „Variationen für Orchester“ Op. 31 von Schönberg und die „Variationen“ Op. 30 von Anton Webern; außerdem wurde die erste der „Structures“ (für 2 Klaviere, 4händig) von Pierre Boulez analysiert, und man endete bei den „Kontrapunkten“ von K. Stockhausen und bei den „Incontri per 24 strumenti“ („Begegnungen für 24 Instrumente“) von L. Nono, für die Zeitbegrenzung indes noch eine gesonderte Diskussion, doch keine Analyse mehr zuließ.

Von allen diesen Kompositionen (ausgenommen die „Structures“ von Boulez) waren Tonbandaufnahmen vorhanden; das gestattete die Eingliederung des theoretischen Studiums in das praktisch-auditive.

Die Handhabung des Kurses machte die Teilnehmer aktiv in dem Sinne, daß sie nicht mehr darauf beschränkt blieben, einfache „aufnehmende Zuhörer“ zu sein. (unter der starken Gefahr, neue abstrakte Kompositionsformeln für eine neue „Akademie“ zu empfangen), sondern machte sie lebendig-aktiv mit allen Mitteln: Einwänden, Zweifeln, Diskussionen, um zu einer detaillierten Klärung der neuen Kompositionstechnik vorzudringen.

Und jedes Bedenken, jeder Einwand, jede Diskussion, immer gern angenommen, zeugte größere Vertiefung in der Behandlung und der Erfassung der einzelnen musikalischen Fragen.

Außerdem fanden parallel mit der gemeinsamen Studienarbeit individuelle Analysen über Fragen statt, wie die von Roberto Schnorrenberg über die figurierte Weise mit der die melodische Darstellung des Hauptthemas in der V. und VI. Variation des Op. 31 von Schönberg auftritt;

oder die von Claude Roland über die Beziehung zwischen der II. und V. Variation, beide aufgebaut auf den Intervallen $2 -$, $2 +$, $3 -$, d. h. den Intervallen, die b-a-c-h umfaßt, wie der Name BACH's in die melodische Darstellung des Hauptthemas einbegriffen ist; endlich die von Marc Wilkinson und Don Banks gelegentlich der Fertigstellung der Analyse der ersten „Structure“ von Boulez.

b) Das neue Klangmaterial

(die Technik der elektronischen Klanggestaltung)

von

FRITZ ENKEL

Auf elektronischem Wege ist die Darstellung musikalischer Klänge möglich, die unser an den mechanischen Instrumenten orientiertes Vorstellungsvermögen überschreiten. Eine besondere Anwendung bietet sich dabei dem Komponisten durch die Möglichkeit, seine Werke genau nach seinen Vorstellungen zu fixieren und ohne Dirigent und ohne Orchester zu Gehör zu bringen. Unter Benutzung der Schallaufnahmetechnik lassen sich mit Hilfe der elektronischen Klangerzeugung beliebig viele Stimmen nach dem Willen und durch die Hand des Tonsetzers auf Band bringen.

Diese Kompositionen werden bei jeder Wiedergabe in der einmal vom Autor festgelegten Form dargeboten. Der Umgang mit diesen Einrichtungen, das Spieltechnische, bietet dabei auch dem wenig Geschulten keine Schwierigkeiten, da die Tonschöpfungen aus kleinsten Elementen in beliebiger Zeit zusammengefügt werden können.

Es wurden nur die elektronischen Verfahren behandelt, die zur Darstellung musikalischer Phänomene führen, die mechanisch nicht herzustellen sind. Nur eine auf diese Weise gewonnene Musik wird nach dem heutigen Sprachgebrauch als „elektronische Musik“ bezeichnet.

Der Leiter des Instituts für Phonetik und Kommunikationswissenschaft an der Bonner Universität, Dr. W. Meyer-Eppler war der erste, der 1950 erstzunehmende Klangmodelle elektronischer Musik erstellte und der auch das wissenschaftliche Rüstzeug für diese neue Musikgattung liefert. 1) Auf dieser Grundlage wurde im Funkhaus Köln 1953 das Studio für elektronische Musik eingerichtet, das unter Leitung des Musikwissenschaftlers Dr. H. Eimert steht. 2) Bisher haben in diesem Studio zahlreiche Komponisten Pionierarbeit geleistet.

Die physikalischen Prinzipien der für die Zwecke der elektronischen Musik verwendeten Einrichtungen sind sämtlich der Nachrichtentechnik entnommen. 3) Der Konstruktionsgedanke eines Studios für elektronische Musik liegt darin, alle einen Schallvorgang charakterisierenden physikalischen Größen wie Schalldruckverlauf, Frequenzspektrum und Ausgleichvorgänge in speicherfähige Größen umzusetzen. In *Abb. 1* sind alle dazu erforderlichen Einrichtungen in einem Arbeitsschema dargestellt. Sie bestehen im Prinzip aus den elektronischen Klang- und Geräuscherzeugern, den elektroakustischen Gestaltungsmitteln und der Schallaufzeichnungsanlage zur Speicherung der Kompositionselemente (elektronisches Gedächtnis) und zur endgültigen Fixierung der fertigen Komposition.

Die elektronischen Klang- und Geräuschquellen bestehen in Köln aus Generatoren für sinusförmige Tonfrequenzspannungen, die zum Zusammensetzen von Klängen aus beliebigen Teiltönen verwendet werden. Mit Rücksicht auf die erforderliche Frequenzkonstanz benutzt man stabilisierte Anordnungen mit dekadischer Frequenzeinstellung. Als Geräuschquelle dient das verstärkte thermische Rauschen eines Widerstandes. Das auf diese Weise gewonnene Geräusch enthält alle Frequenzen und wird analog dem weißen Sonnenlicht, das ja auch alle Farben enthält, „weißes Rauschen“ genannt.

Zur Herstellung von Tonfrequenzbändern mit reichem, aber definiertem Obertongehalt werden Impulsgeneratoren verwendet, die z. B. Resonanzkreise anstoßen oder die Hüllkurven für komplexe Klanggemische liefern.

Die so gewonnenen Töne, Klänge und Geräusche stellen den zu gestaltenden Rohstoff dar. Alle weiterhin benötigten Gestaltungsmittel sind ebenfalls der Nachrichtentechnik entnommen.

a) Modulation:

Das Verfahren der Modulation wird bei der elektronischen Musik zur Gewinnung von Schallereignissen verwendet, die akustisch nicht mehr mit dem Ausgangsmaterial verwandt sein sollen. Dabei lassen sich Frequenzgemische beliebig in andere Frequenzbereiche verschieben. Es ist naheliegend, diesen elektroakustischen Prozeß mit der Entstehung einer chemischen Verbindung zu vergleichen, bei der die Ausgangsstoffe ebenfalls nicht mehr erkennbar sind. 4)

b) Frequenzbandspreizung und -schrumpfung:

Ein recht interessantes Mittel zur Veränderung von Schallvorgängen ist die Frequenzbandschrumpfung und -spreizung. Wird eine Tonbandaufnahme mit einer vom Sollwert abweichenden Geschwindigkeit abgespielt, so kann sich je nach Größe der Abweichung die Wiedergabe subjektiv bis

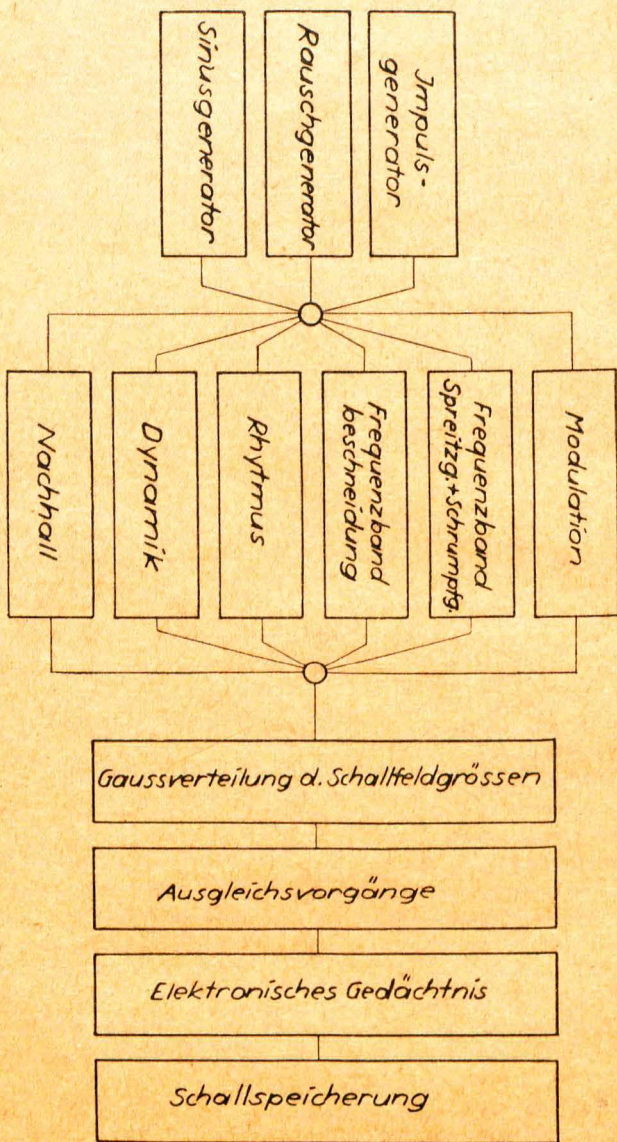


Abb. 1 Prinzipielles Arbeitsschema eines Studios für elektronische Musik.

zur Unkenntlichkeit verändern. Die dabei auftretende Zeitraffung bedeutet akustisch eine Spreizung, die Zeitdehnung eine Schrumpfung des ursprünglichen Frequenzbandes. Frequenzschrumpfung und Frequenzspreizung können zur Beeinflussung von Schallaufnahmen in großem Umfang verwendet werden. Bei diesem Prozeß bleiben die Intervalle unverändert, während die Ein- und Ausschwingvorgänge einer tiefgreifenden Wandlung unterworfen sind. 5)

c) Frequenzbandbescheidung:

Mit Hilfe elektrischer Siebschaltungen (Filter) können nach Belieben Grundtöne, Teiltöne und Frequenzbänder unterdrückt oder hervorgehoben werden. Mit dieser Möglichkeit wird die Klangfarbe als gestaltbares Element weitgehend erschlossen. Die gleichen Mittel kann man anwenden, um das vom Rauschgenerator stammende weiße Rauschen in farbiges zu verwandeln. 6)

d) Rhythmus:

Die rhythmische Gestaltung erfolgt, ohne durch die manuellen Fertigkeiten des Instrumentalisten gehemmt zu sein, auf elektrischem Wege nach hörpsychologischen Gesichtspunkten. Die verwendete Methode besteht darin, daß ein Übertragungsweg nach einem vorgegebenen Programm elektronisch geöffnet oder gesperrt wird. Die den Vorgang betätigenden Steuerimpulse werden vorher auf ein Magnettonband aufgesprochen.

e) Dynamik:

Auch die dynamische Struktur elektronisch gewonnener Schallvorgänge kann in weiten Grenzen verändert werden. Die Beeinflussung der Lautstärke erfolgt feinstufig mit Hilfe elektronischer Regler. Auf diese Weise sind auch schnell verlaufende Lautstärkenunterschiede leicht herzustellen, die als Hüllkurve dem Schallereignis einen besonderen Charakter geben.

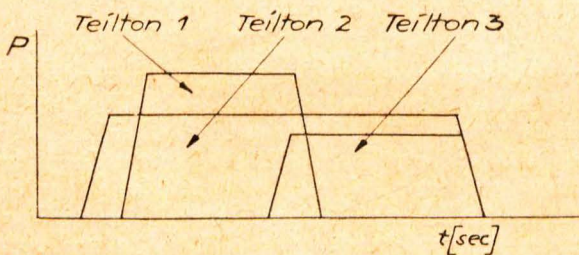
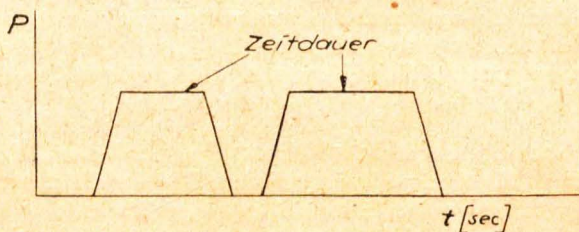
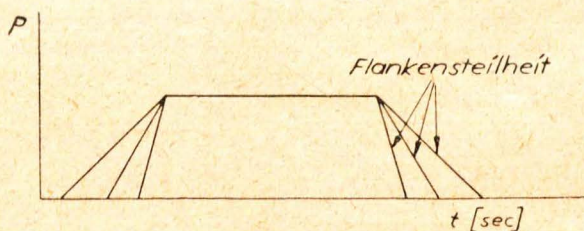
f) Nachhall:

Zu jedem Schallvorgang gehört eine ihm gemäße akustische Umgebung. Bei traditionellen Musikinstrumenten ist sie durch den Nachhall des Auf führungsraumes gegeben. Die elektronische Musik erlaubt eine freie Gestaltung des Nachhalls. Entsprechende Effekte lassen sich mit einer Einrichtung gewinnen, die aus einer frei schwingenden, elektrisch angeregten Platte besteht. Die mechanischen Schwingungen dieser Platte werden über einen Tonabnehmer wieder in elektrische verwandelt. Die Ausschwingvorgänge der Platte werden als Nachhall hörbar. 7)

g) Ausgleichvorgänge:

Die Klangfarbe hängt neben der Stärke und der Anzahl der Teiltöne entscheidend von der Schnelligkeit ab, mit der die Schallereignisse auf- und

abgebaut werden. Diese Ein- und Ausschwingvorgänge werden unter der Bezeichnung „Ausgleichsvorgänge“ zusammengefaßt. Die Beeinflussung der Ausgleichvorgänge ist ein wichtiges Gestaltungsmittel für die Bildung elektronischer Klänge. Dabei können sowohl Flankensteilheit als auch die Form der Ausgleichvorgänge beeinflusst werden. Die Teiltöne eines Klanges können zu verschiedenen Zeiten einsetzen und gleichzeitig enden oder umgekehrt. Außerdem kann man den Teiltönen eine einstellbare Dauer geben.



Ausgleichsvorgänge

Abb. 2 Gestaltung der Ausgleichvorgänge.

In *Abb. 2* sind die zahlreichen Möglichkeiten der Veränderung der Ausgleichvorgänge dargestellt. Diese Aufgabe kann mit einem mehrstufigen elektronischen Schalter gelöst werden, durch welchen in den Übertragungsweg Schaltelemente mit wählbarer Zeitkonstante gelegt werden.

Im Gegensatz zu den mit mechanischen Musikinstrumenten erzeugten Klängen ist den elektronisch hergestellten eine gewisse Starre eigentümlich. Zwei gleiche, mit elektronischen Generatoren nacheinander gebildete Klänge sind identisch, während auf traditionelle Art gewonnene infolge zahlreicher zufälliger Einflüsse nur ähnlich sind 8). Häufig ist jedoch bei der elektronischen Klangstrukturen eine gewisse Variationsbreite der die subjektiven Wirkungen bestimmenden Schallfeldgrößen erwünscht. In diesen Fällen ist es notwendig, sie dem Gesetz des Zufalls, z. B. einer Gaußschen Verteilung, zu unterwerfen. Durch eine physikalische Zustandsänderung, wie es die Amplitudenverteilung des thermischen Rauschens darstellt, läßt sich diese Forderung erfüllen. Wird ein sehr schmales Band aus dem weißen Geräusch eines Rauschgenerators gefiltert, so erhält man einen Spannungsverlauf, der nur vom Zufall abhängig ist. Mit dieser, statischen Gesetzen folgenden Spannung lassen sich zahlreiche, die Struktur der Schallvorgänge bestimmende Parameter steuern.

Die Kompositionen der elektronischen Musik werden aus sehr vielen kleinsten Elementen aufgebaut. Zur Erleichterung dieses verwickelten Prozesses erweist es sich als zweckmäßig, einen Vorratsspeicher in Form eines elektronischen Gedächtnisses — wie in *Abb. 3* dargestellt, einzuführen. Hier werden Klangelemente und Klangfragmente aufbewahrt und bei einer

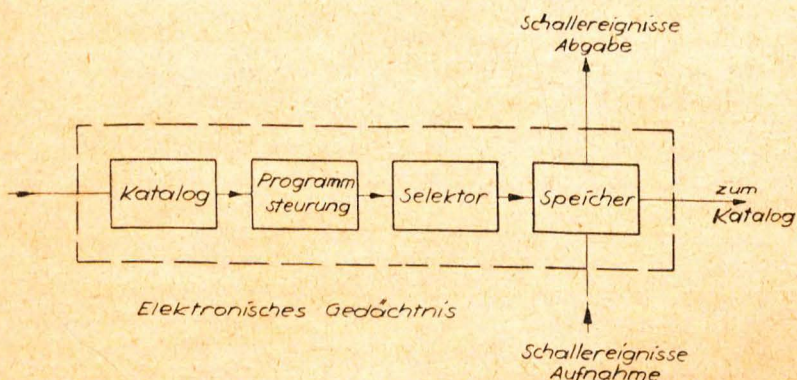


Abb. 3 Elektronisches Gedächtnis.

späteren Weiterverarbeitung wieder herausgegeben. Mit einer Programmsteuerung kann der Komponist über einen Selektor die Reihenfolge, in der die Klänge dem Speicher entnommen werden sollen, bestimmen.

Alle auf den Speicher gelangenden Schallereignisse werden in einem elektronischen Katalog registriert und bei der Abgabe zur weiteren Verwendung ausgetragen. Auf diese Weise ist jederzeit Aufschluß über den Bestand des Speichers an Kompositionselementen zu erhalten.

Die Klangstrukturen der elektronischen Musik, die aus zahlreichen, auf elektroakustischem Wege einzeln hergestellten Schichten bestehen, müssen schließlich zusammengefügt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Mehrfachspeichers, der aus einem Magnetophon mit zahlreichen Aufsprech- und Wiedergabekanälen besteht, die voneinander unabhängig sind. Jeder dieser Kanäle kann ohne Beeinflussung der anderen gelöscht werden.

Elektronische Musik kann vor Publikum im Konzertsaal oder über den Rundfunk in der Wohnung des Hörers dargeboten werden. Während bei der Einkanalübertragung des Rundfunks der räumlichen Darstellung enge Grenzen gezogen sind, lassen sich im Konzertsaal die Koordinaten des Raumes in den Kompositionsplan einbeziehen. Zu diesem Zweck werden Lautsprechergruppen getrennt von je einem Wiedergabekanal gespeist. Dadurch erhält man mehrere, im Raum verteilte und durch ein Magnetband gesteuerte Schallquellen. Werden dazu noch scheinbare Entfernung und Volumen der Schallquellen schon bei der Aufnahme des Bandes durch elektroakustische Mittel wie Frequenzbandbescheidung und Nachhall verändert, so ist bei dieser Art der Darbietung eine wesentliche Steigerung des Erlebnisinhaltes der Klangstrukturen erreichbar.

Das theoretische Rüstzeug für Komponisten traditioneller Musik besteht in erster Linie aus Harmonielehre und Kontrapunkt. Für die elektronische Musik bietet sich als entscheidend wertvolle Arbeitsgrundlage die Informationstheorie. Diese 1928 von L. Hartley begründete und 1946 von C. Shannon wesentlich verbesserte Theorie hat auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik hervorragende Ergebnisse zu verzeichnen 8). Die Anwendung auf musikalische Probleme erscheint recht erfolgversprechend.

Werden musikalische Vorgänge als informationsbehaftete Signale aufgefaßt, so ist der Anschluß an die für das Nachrichtenwesen gedachte Theorie gegeben. Jeder akustische Vorgang läßt sich mit Hilfe informationstheoretischer Überlegungen durch eine endliche Zahl von Amplitudenwerten eindeutig beschreiben. Das musikalische Signal wird zu diesem Zweck in eine durch die Analysierschärfe des Ohres festgelegte Anzahl von Elementarsignalen zerlegt, um dann später durch Impulsreihung wieder zusammengefügt zu werden. Auf diese Weise läßt sich ein klarer Einblick in die Struktur der elektronischen Musik gewinnen. 9)

SCHRIFTTUM:

- 1) W. Meyer-Eppler: Elektrische Klangerzeugung; Elektronische Musik und synthetische Sprache. Bonn 1949
- 2) H. Eimert: Elektronische Musik.
Techn. Hausmitt. NWDR 6 (1954) S. 4
- 3) F. Enkel: Die technischen Einrichtungen des Studios für elektronische Musik.
Techn. Hausmitt. NWDR 6 (1954) S. 8
- 4) L. Heck und F. Bürck: Klangumformungen in der Rundfunkstudioteknik,
insbesondere durch Anwendung der Frequenzumsetzung.
Elektronische Rundschau 10 (1956) S. 1
- 5) J. Poullin: Musique Concrète.
Klangstruktur der Musik S. 109 Berlin 1955
- 6) H. Schießer: Einrichtungen zur Erzeugung künstlichen Nachhalls.
Funk und Ton 8 (1954) S. 361
- 7) F. Winckel: Naturwissenschaftliche Probleme der Musik.
Klangstruktur der Musik S. 13 Berlin 1955
- 8) W. Meyer-Eppler: Elektronische Musik.
Klangstruktur der Musik S. 153 Berlin 1955
- 9) Dr. Gabor: New Possibilities in Speech Transmission.
J. Inst. Electr. Engrs. Pt. II 94 (1947) S. 369

Manipulation und Konzeption II

(siehe Heft 4)

a) Wahrscheinlichkeitstheorie und Musik

von

JANIS XENAKIS

Der auf das Instrumentale beschränkte musikalische Gedanke ist von größter Bedeutung für eine theoretische mathematische Basis der elektronischen, konkreten oder ganz allgemein aus mechanisch produzierten Tönen geformten Musik.

Die Serientechnik hatte ein System geliefert, dessen Substanz letzten Endes durch geometrische und quantitative Eigenschaften bestimmt war: die quantitativen beruhend auf den Halbtönen der Intervalle und die geometrischen basierend auf den vier Gestalten der Reihe.

Auf diese Weise war der rein mathematische Gedanke wieder der musikalischen Kompositionskunst dienstbar gemacht worden.

Die neuen puristischen Absichten blieben jedoch auf den linearen Bereich beschränkt, indem die musikalischen Gestalten selbst in der Art chromosomer Keimkombinationen aus den Zwölftonreihen hervorgingen. Dann aber hatte die Zwölftonmusik — nach dem sie alle temperierten Töne freigemacht hatte — gewissermaßen wie vor Schreck vor dieser unerhörten Tatsache sich Sicherungen geschaffen durch die Anwendung aller musikalischen Formen der vorangegangenen Jahrhunderte.

Wozu konnten die gleichwertigen, voneinander unabhängigen 80 Töne des temperierten Musikbereiches indeß noch dienen, nachdem die polyphone Technik — mit sicherer Hand die melodischen Linien führend — sich sogleich der Zwölftonmusik bemächtigt hatte? Eine „gedankliche Grenze“ verhinderte so die Totalauswertung der Dodekaphonie. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung und -theorie heben dieses Hindernis hinweg, indem sie erlauben, ebenso mit 80 als wie mit 1000 Tönen in globaler Weise zu arbeiten, d. h. auch als Masse und nicht nur bloß linear. Das würde dazu führen, daß die Polyphonie ebenso zu einem bloßen Spezialfall dieser neuen Musik würde, wie diese selbst eine neue Klangplastik hervorrufen müßte.

Wir können nacheinander die Komponenten des Klanges prüfen (die übrigens nicht in Kausalbeziehung zueinander stehen, sondern unabhängige Variable darstellen), aus denen die musikalische Synthese nur durch mehr oder weniger bindende Vergleiche und Zuordnungen dieser Komponenten hervorgeht.

Zeitdauern

Die Zeit wird als eine Gerade betrachtet, auf welcher Punkte aufzutragen sind, die den Varianten der anderen Komponenten entsprechen. Der Abstand zweier Punkte bestimmt die Dauer des Klages. Fragt man, welcher der Punkte auszuwählen ist von all den möglichen Punktfolgen, so gibt das als Problemstellung keinen Sinn.

Bestimme ich einen Bezugspunkt für eine gegebene Länge, so stellt sich die Frage: „In welchen Grenzen können die so geschaffenen Segmente variieren?“

Folgende Formel aus der Berechnung der kontinuierlichen Wahrscheinlichkeiten bestimmt die Wahrscheinlichkeit all dieser möglichen Längen, wenn die Mittlere der zufällig auf einer Geraden fixierten Punkte gegeben ist:

$$P_x = \delta \cdot e^{-\delta x} \cdot dx$$

Darin ist δ die lineare Dichtigkeit der Punkte und x die Länge irgendeines Segments.

Die Standardabweichung beträgt $\sigma = \frac{1}{\delta}$, wobei Varianten von $\pm 5\sigma$ eine hohe Unwahrscheinlichkeit zukommt.

Wenn wir jetzt eine Auswahl unter den Punkten treffen und diese mit einer theoretischen Verteilung vergleichen, welche nach dem obigen Gesetz oder nach irgendeiner anderen Verteilung erfolgt, so können wir daraus auf die Zufallsquantität schließen, welche für unsere Auswahl gilt, oder auf die mehr oder weniger strenge Anpassung unserer Auswahl an ein Verteilungsgesetz, das vielleicht sogar absolut funktionell sein kann. Der Vergleich wird mittels Testen vollzogen, deren gebräuchlichster das Kriterium „ χ^2 “ von Pearson darstellt.

Für unseren Fall, bei dem alle Komponenten des Tones meßbar sind, bedienen wir uns außerdem des Correlations-Koeffizienten.

Man weiß, daß, wenn der Correlations-Koeffizient zweier Bevölkerungen ± 1 beträgt, diese Bevölkerungen in linearer Funktionsbeziehung stehen. Ist der Koeffizient gleich Null, so sind die beiden Bevölkerungen voneinander unabhängig. Alle Zwischenstadien sind möglich; das bedeutet, daß mehr oder weniger enge Abhängigkeiten bestehen.

Frequenzen.

Wir setzen eine beliebige Zeitdauer an und eine Gesamtheit von punktuellen Frequenzen, die dieser Zeitdauer zugeordnet sind; welches sind dann — bei gegebener mittlerer Dichtigkeit — die Wahrscheinlichkeiten,

daß man dieser oder jener Dichtigkeit begegnet? Die Antwort gibt die Formel von Poisson:

$$P_{\mu} = \frac{\mu_0^{\mu}}{\mu!} e^{-\mu_0}$$

μ_0 ist die mittlere Dichte, μ irgendeine beliebige Dichte, $\sigma = \sqrt{\mu_0}$. Fluktuationen von mehr als $\pm 5\sigma$ sind sehr unwahrscheinlich. Mit dem gleichen Gesetz können wir jede andere Frequenzverteilung, die wir wünschen, behandeln.

Ebenso können Dynamik und Klangfarben dem Gesetz von Poisson untergeordnet werden.

Schnelligkeiten.

Wir haben bisher von punktuell-granulierten Tönen gesprochen. Eine andere Kategorie sind die kontinuierlich *gleitenden* Töne. Wir wählen von allen möglichen Formen des gleitenden Tones die einfachste, das Glissando, mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Dieser gleitende Ton, der wahrnehmungsmäßig und physikalisch erfassbar ist, kann durch den mathematischen Ausdruck der Schnelligkeit dargestellt werden, nämlich den ein-dimensionalen Vektor.

Der skalare Wert des Vektors ist gegeben als Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen andere beiden Seiten durch die Dauer und den Abstand der durchlaufenen Frequenzen gebildet sind. Bei kontinuierlich gleitenden Tönen sind alle mathematischen Operationen erlaubt. Die traditionellen Töne der Instrumente (z. B. der Bläser) bedeuten Sonderfälle, bei denen die Schnelligkeit gleich Null ist.

Das positive Vorzeichen soll ein Aufwärtsgleiten, das negative ein Abwärtsgleiten bedeuten. Das Gesetz von Boltzmann und Maxwell, welches die Verteilung der Schnelligkeiten der Moleküle eines Gases für eine bekannte, auf eine Dimension übertragene Temperatur angibt, führt uns auf die folgende Formel:

$$f(v) = \frac{2}{\alpha \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}}$$

welche eine Gaußsche Verteilung darstellt.

$f(v)$ ist die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Schnelligkeit v , α eine Konstante, welche die „Temperatur“ dieser Klangatmosphäre bestimmt. Das arithmetische Mittel \bar{v} ist gleich $\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}$ und die Standard-

Abweichung ist $\sigma = \alpha \sqrt{\frac{\pi-2}{\alpha\pi}} = 0,425 \alpha$.

Wir geben ein Beispiel aus der für Streichorchester geschriebenen Komposition „PITHOPRAKTA“ (Aktion durch Wahrscheinlichkeit).

Das graphische Bild stellt eine Gesamtheit von Schnelligkeiten der „Temperatur“ $\alpha = 35$ dar. Als Abzisse dient die Zeit. Die Zeiteinheit beträgt $5 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ } \downarrow \hat{=} 26 \text{ MM}$.

Die Einheit ist unterteilt in 3, 4 und 5 gleiche Abschnitte, welche sehr feine Differenzierungen der Dauern ermöglichen. Als Ordinate figurieren die Binair-Logarithmen der Frequenzen. Die Einheit bildet der Halbton $\hat{=} 0,25 \text{ cm}$. Einer großen Terz entspricht 1 cm der Ordinate. Jede gebrochene Linie ist einem der im Werk vorkommenden 46 Streichinstrumente zugeordnet. Jede Gerade stellt eine Schnelligkeit dar, aus der Tafel der Wahrscheinlichkeiten aufgrund der Formel

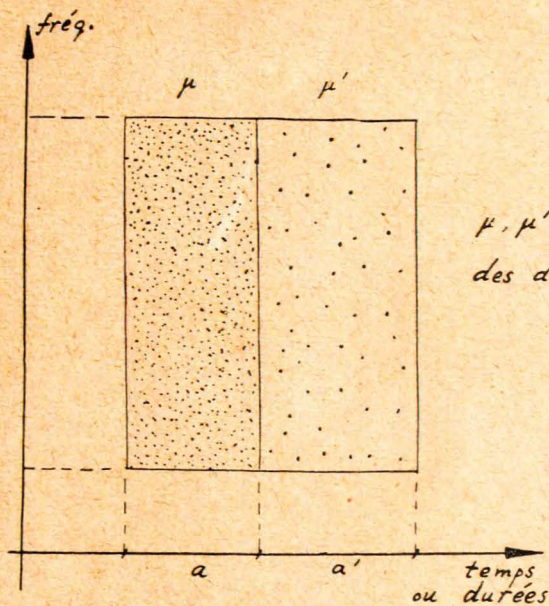
$$f(v) = \frac{2}{\alpha \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}} \text{ berechnet.}$$

Für den graphisch dargestellten Abschnitt (Takt 52 — Takt 60 von 18,5 Sekunden Dauer) wurden insgesamt 1.142 Schnelligkeiten berechnet und gezeichnet, die nach dem Gesetz von Gauß in 58 unterschiedlichen Werten ausgedrückt sind. Obwohl die Verteilung eine Gaußische ist, bedeutet die geometrische Form eine plastische Modulation der Klangmaterie.

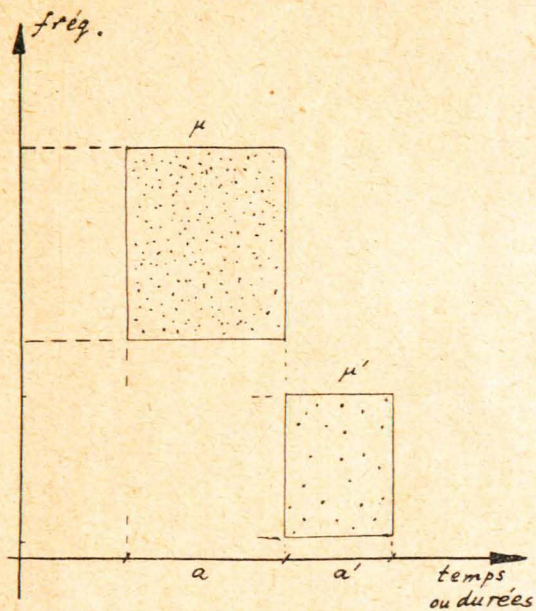
Die Dichtigkeit ist homogen. Wir stehen also einer Klangmasse gegenüber, bei der

1. die *Dauern* nicht variieren;
2. die *Frequenzen* plastisch moduliert sind;
3. die *Dichtigkeiten* in jedem Zeitmoment gleich bleiben;
4. die *Dynamik* ff ist, ohne sich zu verändern;
5. die *Klangfarben* die gleichen bleiben;
6. die *Schnelligkeiten* eine Temperatur besitzen, die — obzwar den lokalen Fluktuationen unterworfen — dennoch im ganzen bestimmt sind. Die Verteilung der Schnelligkeiten ist Gaußisch.

Wir können zwischen allen Komponenten des Tones Correlationen mit mehr oder weniger engen Bindungen herstellen. Die Abbildung 3 gibt einige Beispiele möglicher Correlationen:



Correlation entre densités
et durées.



Correlations entre:

- registres - densités.
- registres - durées.
- densités - durées.

3/8 = 5/16 = 4/16 = 1 1/2 = 26 MM

53 54 55 56 57

MR 4/4

38

VE

1 Violini
2 Violini
3 Violini
4 Violini
5 Violini
6 Violini
7 Violini
8 Violini
9 Violini
10 Violini
11 Violini
12 Violini

VE

1 Violini
2 Violini
3 Violini
4 Violini
5 Violini
6 Violini
7 Violini
8 Violini
9 Violini
10 Violini

A

1 K
2 K
3 K
4 K
5 K
6 K
7 K
8 K

VE

1 Violini
2 Violini
3 Violini
4 Violini
5 Violini
6 Violini
7 Violini
8 Violini

CB

1 Violini
2 Violini
3 Violini
4 Violini
5 Violini
6 Violini

Handwritten musical score on a page numbered -10-. The score is organized into systems, each with a system letter on the left and a system number at the top. The systems are labeled as follows:

- XYL:** System 1 (top left)
- WBL:** System 2
- II:** Systems 3 through 12
- VII:** Systems 13 through 22
- A:** Systems 23 through 28
- VC:** Systems 29 through 34
- CB:** Systems 35 through 38

Each system contains multiple staves of music. The notation includes notes, rests, and other musical symbols. To the right of the musical staves, there are columns of handwritten text, likely indicating performance instructions or technical details. The page is numbered 57, 58, 59, 60, 61, and 62 at the top, corresponding to the systems. The page number -10- is centered at the top.

Die gebräuchlichste Correlation ist jene, bei welcher der Correlationskoeffizient durch die Formel
$$p = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$
 bestimmt wird, und in der \bar{x} und \bar{y} die arithmetischen Mittel der beiden Variablen bedeuten. Dieses Resumé soll den technischen Aspekt eines möglichen und beginnenden Gebrauchs der Wahrscheinlichkeitstheorie und -rechnung für die musikalische Kompositionskunst wiedergeben.

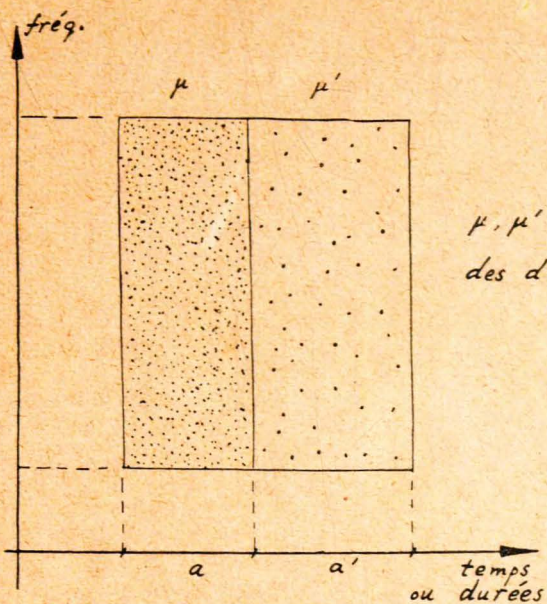
Mittels des Vorhergesagten können wir kontrollieren und feststellen:

a) kontinuierliche Umbildungen großer Klangensembles, die aus granuliert-punktuellen oder gleitend-kontinuierlichen Tönen bestehen. Denn die Dichten, die Dauern, die Frequenzregister, die Schnelligkeiten etc. können mittels der notwendigen Annäherung den Gesetzen der ganzen Zahlen unterworfen werden. Wir können also mittels der Mittleren und der Abweichungen das Antlitz dieser Klangensembles formen und sie sich in verschiedene Richtungen entwickeln lassen, deren bekannteste der Weg von Ordnung zu Unordnung (und vice versa) ist. Der Begriff der Entropie wird angewendet, wobei man jedoch sorgfältig Physik und Kunst voneinander unterscheiden mag. Die philosophische und teleologische Bedeutung der Entropie hat vielleicht für gewisse Domänen der Makro- und Mikro-Physik Geltung; es wäre aber absurd, die Wahrscheinlichkeitstheorie zum alles bewegenden Prinzip der Musik zu erheben. Wir können andere kontinuierliche Umbildungen aufstellen, wie z. B. das von Pizzicato-Tönen, die sich auf eine kontinuierliche Weise in ein Ensemble „con arco“ gespielter Töne umwandeln; oder wie — in der mechanisierten Musik — beim Übergang von einem Klangtyp in einen anderen, wodurch eine organische Bindung zwischen mehreren Materien entsteht. Um diesen Gedanken klar zu machen, möchte ich an das griechische Sophisma über die Kahlköpfigkeit erinnern: wieviel Haare müssen von einem mit Haaren bedeckten Schädel entfernt werden, damit er kahl wird?

Dieses durch die Wahrscheinlichkeitstheorie gelöste Problem trägt die Bezeichnung: „statistische Definition“;

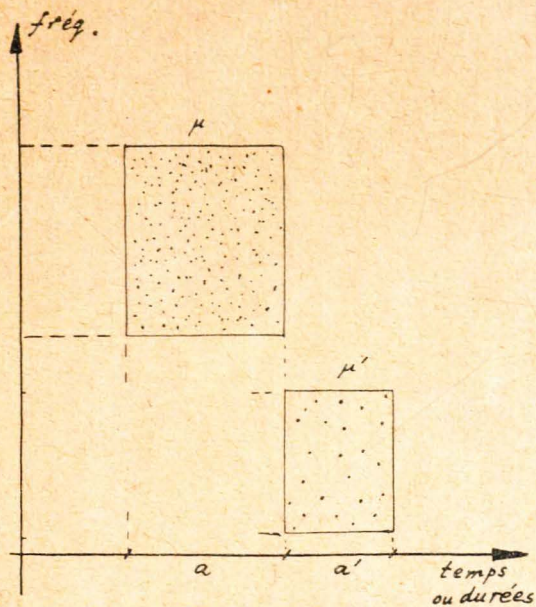
b) daß eine Umbildung explosiv sein kann, wenn die Abweichungen von dem Mittelwert plötzlich außergewöhnlichen Charakter annehmen;

c) daß äußerst unwahrscheinliche Tatsachen mit mittleren Fakten konfrontierbar sind (doch muß der Geist materiell davon überzeugt werden, daß es sich bei den mittleren Fakten um solche und bei den exceptionellen wirklich um exceptionelle handelt, wodurch für die Musik ein neuer intellektueller Prozeß wirksam zu werden beginnt);



μ, μ' sont
des densités.

Corrélation entre densités
et durées



Correlations entre:

- a) registres - densités.
- b) registres - durées.
- c) densités - durées.

Figur 3

3/0 = 5/10 = 4/10 = 1/2 = 26 NM.

	53	54	55	56	57
NR 1
NR 2
NR 3
NR 4
NR 5
NR 6
NR 7
NR 8
NR 9
NR 10
NR 11
NR 12
NR 13
NR 14
NR 15
NR 16
NR 17
NR 18
NR 19
NR 20
NR 21
NR 22
NR 23
NR 24
NR 25
NR 26
NR 27
NR 28
NR 29
NR 30
NR 31
NR 32
NR 33
NR 34
NR 35
NR 36
NR 37
NR 38
NR 39
NR 40
NR 41
NR 42
NR 43
NR 44
NR 45
NR 46
NR 47
NR 48
NR 49
NR 50

	57	58	59	60	61	62
XL 1
XL 2
XL 3
XL 4
XL 5
XL 6
XL 7
XL 8
XL 9
XL 10
XL 11
XL 12
XL 13
XL 14
XL 15
XL 16
XL 17
XL 18
XL 19
XL 20
XL 21
XL 22
XL 23
XL 24
XL 25
XL 26
XL 27
XL 28
XL 29
XL 30
XL 31
XL 32
XL 33
XL 34
XL 35
XL 36
XL 37
XL 38
XL 39
XL 40
XL 41
XL 42
XL 43
XL 44
XL 45
XL 46
XL 47
XL 48
XL 49
XL 50

ΠΙΘΟΡΑΚΤΑ

ΓΙΓΝΟΡΑΚΤΑ

25-10-76
 8x9
 52

demition
 tiere
 magere

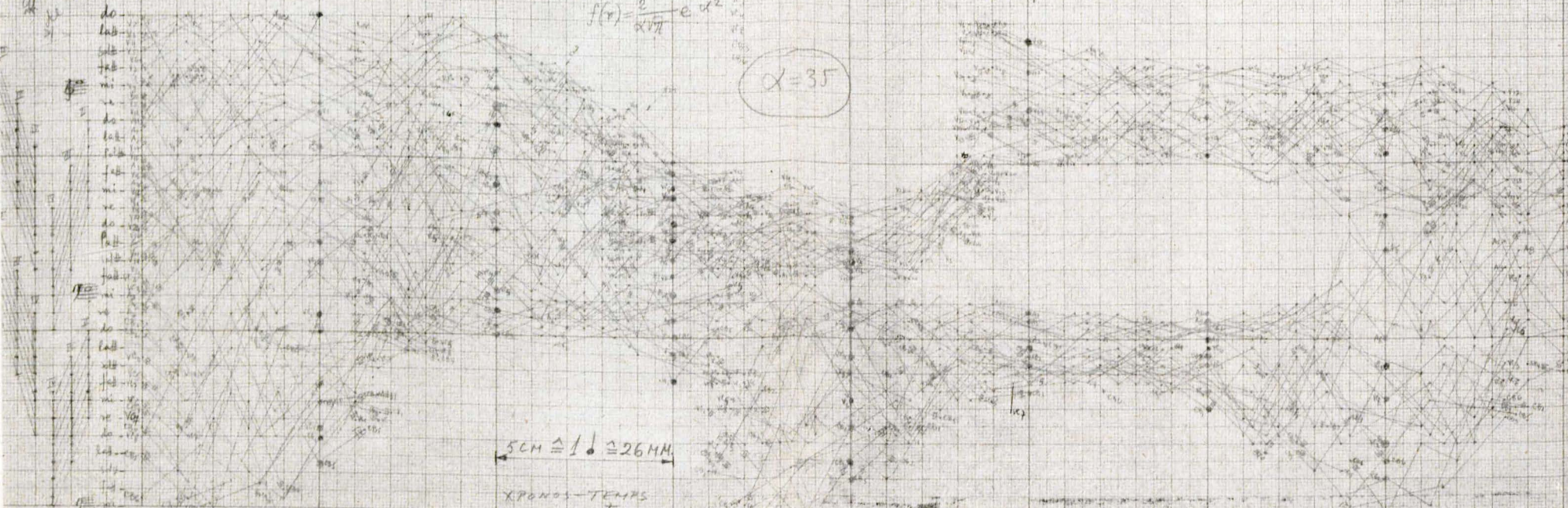
9x10
 54

$$f(r) = \frac{e}{\sqrt{r}} e^{-\frac{r}{\lambda}}$$

$\lambda = 35$

$$5 \text{ cm} \cong \lambda \cong 26 \text{ mm}$$

ΧΡΟΝΟΣ - TEMPS



Die gebräuchlichste Correlation ist jene, bei welcher der Correlationskoeffizient durch die Formel $p = \frac{\sum (x-\bar{x}) (y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$ bestimmt wird, und in der \bar{x} und \bar{y} die arithmetischen Mittel der beiden Variablen bedeuten. Dieses Resumé soll den technischen Aspekt eines möglichen und beginnenden Gebrauchs der Wahrscheinlichkeitstheorie und -rechnung für die musikalische Kompositionskunst wiedergeben.

Mittels des Vorhergesagten können wir kontrollieren und feststellen:

a) kontinuierliche Umbildungen großer Klangensembles, die aus granuliert-punktuellen oder gleitend-kontinuierlichen Tönen bestehen. Denn die Dichten, die Dauern, die Frequenzregister, die Schnelligkeiten etc. können mittels der notwendigen Annäherung den Gesetzen der ganzen Zahlen unterworfen werden. Wir können also mittels der Mittleren und der Abweichungen das Antlitz dieser Klangensembles formen und sie sich in verschiedene Richtungen entwickeln lassen, deren bekannteste der Weg von Ordnung zu Unordnung (und vice versa) ist. Der Begriff der Entropie wird angewendet, wobei man jedoch sorgfältig Physik und Kunst voneinander unterscheiden mag. Die philosophische und teleologische Bedeutung der Entropie hat vielleicht für gewisse Domänen der Makro- und Mikro-Physik Geltung; es wäre aber absurd, die Wahrscheinlichkeitstheorie zum alles bewegendem Prinzip der Musik zu erheben. Wir können andere kontinuierliche Umbildungen aufstellen, wie z. B. das von Pizzicato-Tönen, die sich auf eine kontinuierliche Weise in ein Ensemble „con arco“ gespielter Töne umwandeln; oder wie — in der mechanisierten Musik — beim Übergang von einem Klangtyp in einen anderen, wodurch eine organische Bindung zwischen mehreren Materien entsteht. Um diesen Gedanken klar zu machen, möchte ich an das griechische Sophisma über die Kahlköpfigkeit erinnern: wieviel Haare müssen von einem mit Haaren bedeckten Schädel entfernt werden, damit er kahl wird?

Dieses durch die Wahrscheinlichkeitstheorie gelöste Problem trägt die Bezeichnung: „statistische Definition“;

b) daß eine Umbildung explosiv sein kann, wenn die Abweichungen von dem Mittelwert plötzlich außergewöhnlichen Charakter annehmen;

c) daß äußerst unwahrscheinliche Tatsachen mit mittleren Fakten konfrontierbar sind (doch muß der Geist materiell davon überzeugt werden, daß es sich bei den mittleren Fakten um solche und bei den exceptionellen wirklich um exceptionelle handelt, wodurch für die Musik ein neuer intellektueller Prozeß wirksam zu werden beginnt);

Die gebräuchlichste Correlation ist jene, bei welcher der Correlationskoeffizient durch die Formel $p = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \sum (y-\bar{y})^2}}$ bestimmt wird, und in der \bar{x} und \bar{y} die arithmetischen Mittel der beiden Variablen bedeuten. Dieses Resumé soll den technischen Aspekt eines möglichen und beginnenden Gebrauchs der Wahrscheinlichkeitstheorie und -rechnung für die musikalische Kompositionskunst wiedergeben.

Mittels des Vorhergesagten können wir kontrollieren und feststellen:

a) kontinuierliche Umbildungen großer Klangensembles, die aus granuliert-punktuellen oder gleitend-kontinuierlichen Tönen bestehen. Denn die Dichten, die Dauern, die Frequenzregister, die Schnelligkeiten etc. können mittels der notwendigen Annäherung den Gesetzen der ganzen Zahlen unterworfen werden. Wir können also mittels der Mittleren und der Abweichungen das Antlitz dieser Klangensembles formen und sie sich in verschiedene Richtungen entwickeln lassen, deren bekannteste der Weg von Ordnung zu Unordnung (und vice versa) ist. Der Begriff der Entropie wird angewendet, wobei man jedoch sorgfältig Physik und Kunst voneinander unterscheiden mag. Die philosophische und teleologische Bedeutung der Entropie hat vielleicht für gewisse Domänen der Makro- und Mikro-Physik Geltung; es wäre aber absurd, die Wahrscheinlichkeitstheorie zum alles bewegenden Prinzip der Musik zu erheben. Wir können andere kontinuierliche Umbildungen aufstellen, wie z. B. das von Pizzicato-Tönen, die sich auf eine kontinuierliche Weise in ein Ensemble „con arco“ gespielter Töne umwandeln; oder wie — in der mechanisierten Musik — beim Übergang von einem Klangtyp in einen anderen, wodurch eine organische Bindung zwischen mehreren Materien entsteht. Um diesen Gedanken klar zu machen, möchte ich an das griechische Sophisma über die Kahlköpfigkeit erinnern: wieviel Haare müssen von einem mit Haaren bedeckten Schädel entfernt werden, damit er kahl wird?

Dieses durch die Wahrscheinlichkeitstheorie gelöste Problem trägt die Bezeichnung: „statistische Definition“;

b) daß eine Umbildung explosiv sein kann, wenn die Abweichungen von dem Mittelwert plötzlich außergewöhnlichen Charakter annehmen;

c) daß äußerst unwahrscheinliche Tatsachen mit mittleren Fakten konfrontierbar sind (doch muß der Geist materiell davon überzeugt werden, daß es sich bei den mittleren Fakten um solche und bei den exceptionellen wirklich um exceptionelle handelt, wodurch für die Musik ein neuer intellektueller Prozeß wirksam zu werden beginnt);

d) daß sehr verdünnte „Klangatmosphären“ mit Hilfe von Formeln wie der von Poisson erarbeitet und gestaltet werden können, daß also mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung auch Musiken für einzelne Soloinstrumente komponierbar sind;

e) daß endlich, indem wir auf das Sophisma von der Kahlköpfigkeit zurückkommen, eingesehen werden muß, daß das Problem der Identität, welches der logischen Variation zugrunde liegt und ihr Schlüssel ist, in neuer Weise gestellt wird.

Problem: Ich habe einen einförmigen Rhythmus (A). Wenn ich diesen Rhythmus (A) genügend verändere, so wird er zum Rhythmus (B), statt der gleiche zu bleiben. Innerhalb welcher Grenzen kann der Ausgangsrhythmus (A) variiert werden, ohne als (B) betrachtet werden zu müssen?

um 10 %?

um 20 %?

um x %?

Hier haben wir die Gaußsche Fehlertheorie eingeführt und damit die Wahrscheinlichkeitsrechnung. (A) ist — mittels der Abweichungen — schließlich statistisch definiert. Das hat indeß nichts mit der Notation der sinnlichen Wahrnehmung und des Wahrnehmungsquantums zu tun. Es handelt sich hier um ein reines Problem der Logik und plastischer Varianten.

Der Begriff der Identität kann für alle Komponenten des Tones ebenso generalisiert werden, wie für ganze Abschnitte und sogar Klangensembles, womit wir zu den vorhergegangenen Punkten zurückkehren.

b) Brief an Hermann Scherchen

von

JANIS XENAKIS

Es ist so, wie Sie es im Artikel I, „Musik und Konzeption“, Heft IV der *Gravesaner Blätter*, ausführen: jede Entdeckung eines neuen technischen Arbeitsvorganges („Manipulation“) wird von der Tendenz begleitet, diesen um seiner selbst willen anzuwenden, wobei man vergißt, daß alle Neuerungen einem Durcheinander alter und neuer Konzepte und Daseinsgewohnheiten entspringen und von den Tatsachen des Alltagslebens mitgeformt werden. Später — wenn die unausbleibbare Klärung durchgeführt ist — erhält der Bereich des „l'art pour l'art“ gewöhnlich einen neuen Spezialzweig. . . .

Ich kann nicht glauben, daß die Wahrscheinlichkeitsrechnung ein „reines Spiel“ bedeutet: tatsächlich existierte meine Komposition schon in mir, ehe das mathematische Studium mir eine wesentlich genauere und klarere Formulierung der neuen Schaffensidee gestattete.

A) Die gradweisen, un wahrnehmbar kleinen Änderungen, welche die entscheidenden Umwandlungen von Anfangsbedingungen herbeiführen, haben mich immer fasziniert (die logischen Hauptbegriffe der Kontinuität und der Bewegung sowie die Integralrechnung haben dabei eine Rolle gespielt). Das musikalische „Glissando“ selbst ist ein Aspekt kontinuierlicher Umwandlungen; die statistische Transformation ist ein anderer.

(Ich muß hier an einen „beschleunigt“ vorgeführten Film über die Bildung der Wolken denken; er erwies sich als eine Fundgrube von Beispielen „statistischer Plastik“).

B) Massenzustände, wie sie von großen politischen Manifestationen, soziologen, ökonomischen, physischen und astrophysischen Tatsachen her bekannt sind, haben uns mit Zuständen vertraut gemacht, denen statische Mittel und Massierungen das „Gesicht“ verleihen, wobei sie zugleich das konstituierende Individuum gestalten (man denke nur an die verheerende Wirkung einer gewaltigen Menge, die der Ordnungsworte beraubt ist).

C) Seit langem ist mir die historische Dualität von Harmonie und Kontrapunkt wie eine enthauptete Dyade erschienen, d. h. als These-Antithese ohne *Synthese*. Die Zwölftonreihe-Komposition gibt darauf eine gewisse Antwort mit ihrer Reiheneinheit: horizontale Ausarbeitung und Kontrapunkt. Das hinter den beiden Aspekten von Harmonie und Kontrapunkt verborgene Wesen der Musik könnte aber durchaus ein in der Zeit variables

Faktum der Frequenzdichte sein, welche ebensooft als Vertikalaggregat wie als horizontale Klangfolge auftritt.

Um die Lebenskräfte des heutigen Menschen auszudrücken, kann das musikalische Ethos nicht mehr der von der Romantik durchtränkten Atmosphäre des 19. Jahrhunderts verhaftet bleiben, die heut aller ihrer grundlegenden Ausgangspositionen beraubt ist.

Die neue Generation ist ebensowenig romantisch als klassisch oder neoklassisch. Sie ist etwas, das noch keinen Namen gefunden hat, trotzdem aber schon ein eigenes Antlitz, gezeichnet von Sport, Politik, Flugwesen, Television und allen dienenden Techniken besitzt.

Die Musik — dazu berufen die moralischen und intellektuellen Kräfte der neuen Generation auszudrücken — kann nicht länger eine nur linear-akademische Tonkunst sein. Sie muß in ihren Lebens- und Gedankenformen den ungeheuerlichen heutigen Erweiterungen entsprechen.

Die Wahrscheinlichkeits-Theorie und -rechnung liefert ein fruchtbares Instrument dazu, das nicht nur der Manipulation, sondern auch der Konzeption neue Horizonte zu erschließen vermag.

Meine Komposition ist durchaus nicht ausschließlich auf der Wahrscheinlichkeitstheorie errichtet, die ihr nur in einzelnen Abschnitten zu Grunde liegt. Wichtig ist, daß diese Musik nicht linear gestaltet, sondern grundsätzlich global, d. h. massenmäßig konzipiert wurde!

Ihr

Janis Xénakis

ARS-VIVA-VERLAG
(HERMANN SCHERCHEN) GMBH. MAINZ

„Informationstheorie und
ästhetische Empfindung“

von ANDRÉ MOLES

(Autorisierte Übersetzung von Hermann Scherchen)

Erscheint im August 1957

JANIS XENAKIS

„PITHOPRAKTA“

für Orchester und Schlagzeug.

Uraufführung 8. März 1957 in München

Musica viva Konzert

(Dirigent Hermann Scherchen)

Musik und „Normen“ (I)

von

HERMANN SCHERCHEN

Normen haben Konventionen zur Voraussetzung. Konventionen aber sind leichter möglich in Technik und Wissenschaft, als für Kunst.

Alle Erfindungen und Erkenntnisse wirken in die Breite durch anscheinend allgemeingültige Verbindlichkeit. Die dann ableitbare Sicherheit ermöglicht zeitweise optimale Produktionsweisen und Gedankenauswirkungen.

Die künstlerische Gestaltung fügt sich solch allgemein verpflichtenden wollenden Festsetzungen schwerer, obwohl ihre Wirkung und Bedeutung letzten Endes davon in gleicher Weise abhängen, wie Technik und Wissenschaft.

Folgende kurze Darstellung möge die besonderen Schwierigkeiten für die Einführung selbst dringendst benötigter „Normen“ in die Kunst der Musik zeigen.

Ende des 17. Jahrhunderts erklären „Ohren“-Zeugen die nachlassende Wirkung von *Lullys* Musik dadurch, daß diese nun — 2 Jahrzehnte nach *Lullys* Tode — *falsch*, d. h. mehr als ein Drittel langsamer aufgeführt werde; und gegen 1730 berichtet *Laughier* den verzweifelten Ausruf eines Komponisten: „Wer mein Tempo abändert, stiehlt meine Musik“. 85 Jahre später aber kann *Beethoven* begeistert die Erfindung des Metronoms begrüßen, um sofort *nachträglich* die I. bis VIII. Symphonie mit minutiösen Metronomangaben zu versehen, und 1823 dann, gelegentlich des Urauführungserfolges der IX. Symphonie, diesen weitgehend der Befolgung seiner noch rechtzeitig übersandten genauen Metronomangaben zuzuschreiben!

Kein Geringerer als *Richard Wagner* aber ist es, der *Mendelssohn* zwanzig Jahre später gerade wegen der Befolgung der *Beethovenschen* Metronomangaben vorwirft, den ersten Satz der IX. Symphonie „oberflächlich schnell“ gespielt zu haben, und wiederum *Richard Wagner* ist es, der — als fast alle Komponisten ihre Werke sorgfältig metronomisieren — offensichtlich bewußt unterläßt, die Tempi anders als durch so vage Wortangaben wie „sehr gehalten“ oder „langsam und schmachend“ auszudrücken. (Resultat: daß verschiedene aufeinander folgende Aufführungen des Meistersingervorspiels gelobt werden konnten einmal wegen der „lustspielhaften Beschwingtheit“, dann wiederum wegen des „festlich marschartigen Aufzugscharakters“ und endlich wegen der „feierlich breiten Zelebrierung“ des Tempos).

Der reife Gustav Mahler erwähnt in seinen späten Briefen, die Orchester-
musiker machten ihm zum Vorwurfe, daß er in den Proben ständig die
Tempi wechsele; Toscanini dagegen rühmen sie nach, daß er die gleichen
Zeitmaße von der ersten Probe bis zur Aufführung durchhalte (trotzdem
passierte es gerade Toscanini, daß bei der Pariser Aufführung des „Bolero“
Ravel demonstrativ den Saal verließ, um gegen Toscaninis Abänderung
des Metronomtempo zu protestieren).

Ich selbst erlebe, daß Béla Bartók nach der Wiener Uraufführung seines
zweiten Klavierkonzertes (anlässlich von dessen zweiter Aufführung in
Winterthur) wünschte, den langsamen Satz fast doppelt so schnell als nach
dem vorgezeichneten Metronom zu spielen (mit der Begründung, im vor-
geschriebenen *langsamen* Tempo sei der Satz in Wien nicht zum Klingen
zu bringen gewesen); ferner bat zum Beispiel Hans Werner Henze anläß-
lich der Uraufführung des „König Hirsch“ eine Reihe von Allegrotempo
fast ein Drittel langsamer auszuführen, als sie metronomisch festgelegt
waren, da er sie irrümlicherweise „zu schnell“ metronisiert habe (was ihn
jedoch nicht hinderte, bei jedem Vorsingen unbewußt die fixierten Original-
tempo zu nehmen).

Endlich berichtet Hans von Bülow spöttisch, daß er — ermüdet durch
viele Aufführungen des Werkes — die Tempio einer Beethovenschen Sym-
phonie einem Augenblickeinfall nachgebend, willkürlich abgeändert habe,
daß dann aber begeisterte Verehrer sogleich neue Vertiefungen seiner
„genialen Interpretierungskunst“ darin entdeckt hätten; ferner sagte Wal-
ter Gieseking nach einem Konzert in Vevey, bei einem der dort von ihm
gespielten Werke Debussys (als dessen authentischer Sachwalter Gieseking
galt) habe er während des Konzertes plötzlich denken müssen, warum
dieses eigentlich, wie vorgeschrieben, „lento“ gehen müsse — im Allegro-
tempo ausgeführt, würde das Stück ihm selbst sicher gleiches Spielvergnü-
gen und unbefangenen Hörern gleiche Freude bereiten wie nach der „lento“-
Vorschrift . . .

Hier wird die eigentümliche Problematik des Künstlerischen evident:
während Technik und Wissenschaft Sinn und Existenzrecht verlieren wür-
den durch solche willkürliche Absonderlichkeiten, scheint die Kunst vor-
übergehend durch sie Erweiterungen und neue Lebendigkeit erfahren zu
können. Spätere Erörterungen musikalischer Normenversuche wie die von
Metronom, Stimmtton, Tonartencharakter, Temperierung, Notation, Instru-
mentenbau etc. werden oft aufschlußreiche Hintergründe der verwirren-
den Vielfältigkeit des Künstlerischen ergeben; wir begnügen uns hier zu-
nächst, vier Abhandlungen anzuschließen, die neue musikalisch-künstlerische
Normierungsuntersuchungen durchführen.

a) Die Bedeutung des Vibratos in der Musik

von

FRITZ WINCKEL

Die Ausgleichvorgänge als musikalische Aussage

Die Wirkung der Musik auf den Zuhörer ist seit altersher ein bevorzugter Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtung gewesen. Als Rüstzeug der Forschung dienten bereits zur Zeit der Griechen Philosophie, Psychologie und im besonderen die Mathematik zur Erfassung der harmonischen Verhältnisse als des Grundwesens der Musik.

Seit Helmholtz ist man bestrebt, ästhetische Wirkungen auf naturwissenschaftliche Weise quantitativ zu erfassen. Allerdings kam man bis in unsere Tage über die Erfassung von Klangstrukturen nicht hinaus, indem die Spektralanalyse des stationären Anteils von Klängen im Vordergrund stand.

Indessen ist seit einigen Jahren — in verstärktem Maße seit der Einführung der Informationstheorie 1) — offenbar geworden, daß die stationären Gebilde als ausschnittsweise klingende Proben zur Ergründung des Wesens der Musik von ganz untergeordneter Bedeutung sind, ja daß sogar der konstante Dauerton, der alleine von stationärer Natur ist, ein rein fiktives Element ist und dem Sinn musikalischer Äußerung widerspricht.

Da jegliche strenge Periodizität keinen Informationsbeitrag liefert, muß also die Mitteilung in aperiodischen Vorgängen zu suchen sein. Tatsächlich stellen Musik und Sprache physikalisch ausschließlich Ausgleichvorgänge (transients) dar 2). Sind solche nicht bereits durch die Lauterzeugungsweise des Instruments gegeben, so werden sie willkürlich durch den Spieler erzeugt bzw. vom Komponisten vorgeschrieben. Als Kriterium für die in einem Schwingungszug enthaltene Aussage genügen in erster Näherung die die Abszisse schneidenden sogenannten Nulldurchgänge, wie die Versuche mit Amplitudenbeschneidung (peak clipping) ergeben haben 3).

Als Modellvorstellung können wir entsprechend dem Notenbild eines Musikstückes periodische Schwingungsfolgen der jeweiligen Tonhöhe annehmen, die durch willkürliche oder unwillkürliche (im Notenbild nicht enthaltene) Modulation in der Frequenz oder Amplitude beeinflusst sind. Willkürlich entstehen die Phrasen der musikalischen Verzierungstechnik, unwillkürlich gewisse durch den Ansatz gegebene Einschwingvorgänge und das Vibrato des Sängers.

Die naturgesetzlichen Eigenheiten dieser modulatorischen Vorgänge und deren Auslösung von gefühlsmäßigen Eindrücken sind bislang noch wenig bekannt. Am ehesten ist noch das Vibrato meßtechnisch zu erfassen. Es ist

von besonderem Interesse bei der Gesangsstimme, weshalb im folgenden näher darauf eingegangen werden soll.

Das Vibrato der Kunststimme

Das Vibrato entsteht im Laufe der Gesangsausbildung im allgemeinen von selbst, und zwar in einem Zeitpunkt, in dem die Koordinierung der an der Stimmgebung beteiligten vielfältigen Muskeln in einem solchen Maße erreicht ist, daß ein Minimum an Muskelkraft für die Phonation benötigt wird. Es kann entweder von der Zwerchfellbewegung (I) oder einer Kippbewegung des Kehlkopfs (II) hergeleitet oder auch in der Stimm lippen-Grundschiwingung (III) überlagert sein. K. Hartlieb glaubt, die drei Typen des Vibratos bei einer Anzahl von Sängern getrennt herauszuhören: Typ I Heinrich Schlusnus, Typ II (bei Männern selten) Erna Sack, Typ III Leo Slezak 4). Das Kriterium hierfür ist eine niedrige Frequenz für Typ I, eine mittlere für Typ II und eine höhere für Typ III, wobei man im letzteren Fall schon nahezu von Tremolo sprechen kann.

Eigene statistische Untersuchungen — wie auch schon frühere Forschungen 5), 6) — haben ergeben, daß die Vibratofrequenz einer gesunden Stimme die sich zwischen 5 und 7 Hz bewegt, nicht konstant ist, sondern ähnlichen Ausgleichvorgängen unterworfen ist wie die Grundfrequenz der Stimme selber. In dieser Kennzeichnung kann man von „aleatorischer Modulation“ sprechen, indem hier ein schmalbandiges Rauschen entsteht (siehe auch W. Meyer-Eppler). Die streng periodische Erzeugung des Vibratos, wie sie bei manchen elektronischen Orgeln angewendet wird, macht den Ton starr und widerspricht, wie einleitend auseinandergesetzt, den natürlichen Gesetzen der Musik.

In den geringen Schwankungen der Vibratofrequenz ist der gefühlsmäßige Ausdruck der Stimme verborgen, indem bei völliger kräftemäßiger Entlastung des motorischen Systems im Kehlkopf ein labiler Zustand sich ausbildet, aus dem heraus eine Steuerung mit nervösen Impulsen erfolgen kann. Werden die Grenzen der im Gleichgewicht gehaltenen Muskelkräfte überschritten, z. B. beim Übergang zu hohen Tönen oder zum Fortissimo, so gerät die Stimme ins Schreien, wobei das Vibrato verlorengeht. Dies ist auch der Zustand beim Laiensänger, der sich nicht der antagonistischen Wirkung gewisser Muskelgruppen zu bedienen weiß.

Die stimmbildnerische Erfahrung ergibt, daß der natürlichen Entwicklung des Vibratos während der Ausbildung kaum nachgeholfen zu werden braucht. Ein Versagen tritt nur bei vegetativ stabilen Typen ein, die stark gereizt werden müssen, damit sie ansprechen. Es fehlt hier das *cantare con anima*, das die leichte gefühlbedingte Modulationsbewegung entstehen läßt. Diese Charakterisierung trifft insbesondere auf die Mehrzahl der Schlagersänger zu, die in ihrer ausgeprägten Triebhaftigkeit zu einer völligen Ent-

lastung des — im übrigen sexual-hormonal beeinflussten — motorischen Apparats des Kehlkopfs nicht gelangen können. Aus diesen Gegebenheiten hat sich ein bestimmter Stil entwickelt, der dem qualitativ hochstehenden Kunstsänger garnicht zugänglich ist.

Ist das Vibrato im wesentlichen willkürlicher Art, so unterliegt es dennoch einer cochleo-recurrentiellen Steuerung, wie eigene Versuche mit dem Lee-Effekt ergeben haben. Die dem Sänger über Kopfhörer mit Verzögerung zugeführte eigene Lautäußerung führt zu Störungen des Vibratos, indem die Frequenz erniedrigt und der Frequenzhub*) geringer wurde. Auch W. Meyer-Eppler hat solche Feststellungen gemacht: Bei einer Sopranstimme nahm das Vibrato von 6 auf 5 Hz ab und der Frequenzhub von ± 36 Hz auf ± 14 Hz 7). Bei erfahrenen Bühnensängern ist dieser Einfluß gering, da diese gelernt haben, mittels eines inneren Muskelgefühls zu singen, zumal sie bei lauten Orchesterstellen garnicht in der Lage sind, die eigene Stimme zu hören. Es bildet sich somit eine taktile Steuerung aus, deren Funktion von biologischen Zeitkonstanten bestimmt wird 8), 9).

Die physiologische Bedeutung

Haben wir bisher auf die musikalische Bedeutung des Vibratos hingewiesen, so ist weiter auf die physiologische Notwendigkeit dieser Modulationsbewegung einzugehen. Die Phonation eines konstanten Dauertons würde zu einer Ermüdung der betreffenden innervierenden Fasergruppe des Recurrens führen. Dasselbe gilt für das Hörerlebnis. Die Auswirkungen, dargestellt am Beispiel des Orgelpunkts, hat der Verfasser a. a. O. dargelegt 10).

Die Frequenzmodulation des gehaltenen Tons verteilt die nervöse Belastung auf mehrere Gruppen von Nervenfasern.

Psychophysikalische Auswirkungen

Die veränderte musikalische Wirkung des frequenzmodulierten Tons gegenüber einem Dauerton ist auch durch psychophysikalische Zusammenhänge nachzuweisen.

Aus Versuchen von v. Bekesy geht hervor, daß bei der Übertragung tiefer Frequenzen die Schallquelle ganz nahe am Ohr erscheint, bei hohen Frequenzen dagegen entfernt, was mit Ausgleichvorgängen an der Basilarmembran erklärt werden kann 11). Diese Empfindung läßt sich mit der Klangblende am Radioapparat leicht demonstrieren: wenn man mit der Klangblende die Höhen bis zum Extrem dämpft, erscheint das Klangbild nah, und wenn man die Tiefen dämpft, erscheint das Klangbild entfernt. Nun kommt noch dazu, daß durch die Frequenzmodulation eine Dämpfung

*) quasi als Amplitude aufzufassen.

der höheren Teiltöne eintritt 12), so daß der Schwerpunkt des Klangbildes noch mehr nach den tiefen Frequenzen zu verschoben erscheint. Bei dem höherfrequenten Tremolo tritt die Höhendämpfung noch eher ein.

Da nun psychologisch die Nähe eines Klangbildes eine stärkere Kontaktwirkung für den Hörer bedeutet als ein entferntes Klangbild, und damit zugleich das Gefühl der Wärme im einen Fall und der Kälte im anderen Fall eintritt, so vermittelt das Vibrato Kontaktwirkung und Wärme. Das Geheimnis des warmen, blühenden Tons bei der Geige liegt ebenfalls im Vibrato. So ist diese Modulationsart in der gesamten klassischen Musik unentbehrlich geworden.

Die Aufzeichnung des Vibratos durch „Visible Speech“ erweist eindeutig, daß es sich dabei um Frequenzmodulation handelt, begleitet zu geringerem Teil von Amplitudenmodulation. Akustisch zeigt sich das merkwürdige Phänomen, daß die periodische Frequenzänderung nur bei Wechsel von 1 bis 4/sec als solche erkannt wird, am deutlichsten bei 4/sec 13), sofern der Frequenzhub genügend groß ist (G. W. Stewart; s. auch S. 52 dieser Nummer), wogegen das sängerische Vibrato von 6 bis 7/sec nur als Amplitudenmodulation dem Ohr erscheint, weswegen Gesangspädagogen häufig irr tümlicherweise annehmen, daß das Vibrato durch periodische Lautstärkeschwankungen entsteht. Bei noch höherer Frequenz — bis zu 12/sec — hört man statt des Einzeltons eine Gruppe von Tönen.

Dieses merkwürdige Verhalten wird durch eine psychophysikalische Erklärung eher verständlich.

Wenn wir eine normale sinusförmige Schalldruckänderung $p(t)$ kennzeichnen durch die Gleichung

$$p(t) = \hat{p} \cos \omega t,$$

worin \hat{p} den Scheitelwert der Schwingung bedeutet, so läßt sich die Frequenzmodulation mit der Frequenzschwankung ω_m (Vibrato) und dem Frequenzhub $\Delta \omega$ darstellen durch

$$p(t) = \hat{p} \cos \left(\omega_1 t - \frac{\Delta \omega}{\omega_m} \cos \omega_m t \right),$$

worin ω_1 die mittlere Frequenz bedeutet, um die das Vibrato schwankt. Es treten also Schwankungen im Bereich $\omega_1 + \Delta \omega$ und $\omega_1 - \Delta \omega$ auf.

Mit dieser Gleichung läßt sich das Spektrum des modulierten Tones

gegenüber dem unmodulierten Ton berechnen. Für den Fall, daß $\frac{\Delta f}{f_m}$ wesentlich kleiner als 1 ist, entsteht zu beiden Seiten neben der Trägerfrequenz f_0 nur je eine Spektrallinie. Dieser Fall kommt aber in der Gesangsstimme nicht vor. Hier haben wir es im Normalfall mit einer Vibratoschwankung von 6 Hz und einem Frequenzhub von nahezu \pm ein Viertel-

ton, das sind 6% von der Frequenz des Ausgangstons, zu tun. Dies bedeutet für einen Ton von 500 Hz (c^2) den Betrag von 30 Hz. Danach ist $\frac{\Delta f}{f_m} = \frac{15}{6} = 2,5$. Aus der Spektrenaufstellung in Abb. 1 14) geht hervor, wie mit größer werdendem Verhältnis $\Delta f / f_m$ das Spektrum sich mit Linien immer mehr verbreitert und dabei gleichzeitig der Ausgangston f_0 bis gegen Null abnimmt.

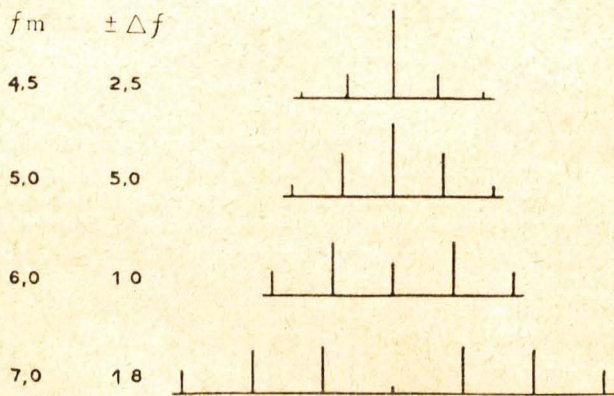


Abb. 1 Spektren eines 500-Hz-Tones, der mit verschiedenen Vibratofrequenzen f_m und Frequenzhub $\pm \Delta f$ moduliert ist.

Die Spektren der Gesangstimme sind so gelagert, daß mit den kritischen Größen der Vibratofrequenz und des Frequenzhubs die Tonhöhe als nicht veränderlich erscheint, statt dessen Amplitudenmodulation vorgetäuscht wird. Dies gilt für 7 Hz Vibratofrequenz in jedem Fall, unabhängig von der Größe des Frequenzhubs, und hängt mit der Zeitkonstante der Trägheit des Ohres zusammen, die nach Bekesy 0,14 sec beträgt 15).

Aus dieser Betrachtung erkennen wir weiter, wie wir anstelle einer Linie im Spektrum für einen Teilton eines konstanten gesungenen Vokals eine Spektralgruppe im Falle des mit Vibrato gesungenen Lauts uns vorstellen müssen. Die Reduzierung des mittleren Haupttons führt dazu, daß der mit Vibrato gesungene Ton nicht die Tonhöhenbestimmtheit hat wie ein reiner Ton. Das scheint vom musikalischen Standpunkt aus günstig zu sein, indem kleinere Intonations-Ungenauigkeiten unbemerkt bleiben. Die Tonhöhen-Unbestimmtheit nimmt mit der Größe des Frequenzhubs zu. Im Extremfall beginnt die Stimme zu „schebberrn“, d. h. sie schlägt zwischen

zwei Seitentönen hin und her, ohne daß der mittlere Trägerton überhaupt noch zur Wirkung kommt. Die ständige Veränderung der Frequenz beim Vibrato ist schließlich eine dauernd veränderliche Verstimmung, deren günstige musikalische Wirkung der Verfasser a. a. O. dargelegt hat 2), 16).

In einer neueren Untersuchung mit elektrisch erzeugten Tönen hat E. Zwicker festgestellt, wann überhaupt — in Abhängigkeit vom Ausgangston und der Lautstärke — die Frequenzmodulation hörbar wird 17). Er hat den Frequenzhub, von Null beginnend, solange gesteigert, bis er gerade wahrnehmbar wird (Abb. 2). In allen Versuchsserien ist stets ein Vibrato von 4 Hz eingestellt worden. Es zeigt sich dann beispielsweise, daß ein Vibratoton von 300 Hz bei einer Lautstärke von 50 dB einen Frequenzhub von ± 3 Hz erfordert, um gerade hörbar zu werden, ein Ton von 100 Hz bei gleicher Lautstärke dagegen ± 5 Hz, ein Ton von 3000 Hz sogar ± 7 Hz. Die größte Empfindlichkeit des Ohres auf Frequenzmodulation ist bei mittleren Lautstärken von 60–80 dB zwischen 250 und 500 Hz ($c^1 - c^2$) vorhanden. Das ist der Hauptgrundtonbereich beim Gesang. Für den Bereich der Obertöne hat das Ohr eine geringere Empfindlichkeit auf Frequenzvariation. Das bedeutet, daß das Vibrato der Obertöne in verringertem Maße wahrgenommen wird, obwohl es physikalisch in gleicher Stärke vorhanden ist wie beim Grundton (Abb. 2). Geht man zu immer größeren

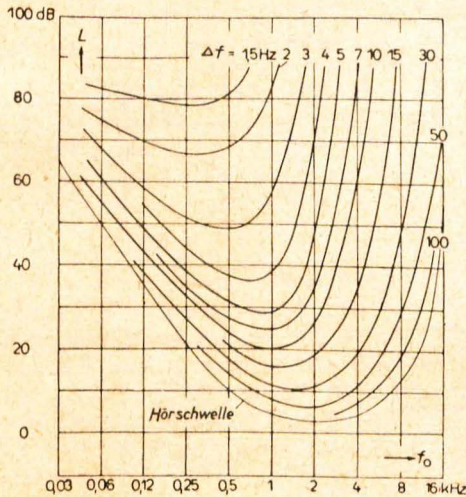


Abb. 2 Verlauf der Frequenzmodulationsschwellen für $f_m = 4$ Hz in der Hörfläche (nach Feldtkeller und Zwicker).

Lautstärken über, so ist ein immer geringerer Frequenzhub nötig, um das Vibrato hörbar zu machen. Tremolierende Stimmen sollten daher stets die Lautstärke so weitgehend wie möglich beschränken.

Bei der Beurteilung des Vibratos ist daher zu beachten, daß man es auf eine mittlere Lautstärke der Stimme bezieht, denn bei ganz leisen und ganz lauten Tönen ist die hörmäßige Bewertung eine völlig andere, selbst wenn in allen Fällen physikalisch die gleichen Verhältnisse vorliegen.

Nach diesen theoretischen Auseinandersetzungen soll noch gezeigt werden, wie das subjektiv angenehmste Vibrato durch statistische Tests ermittelt worden ist (14). In Abb. 3 ist durch die gekrümmten Kurven angedeu-

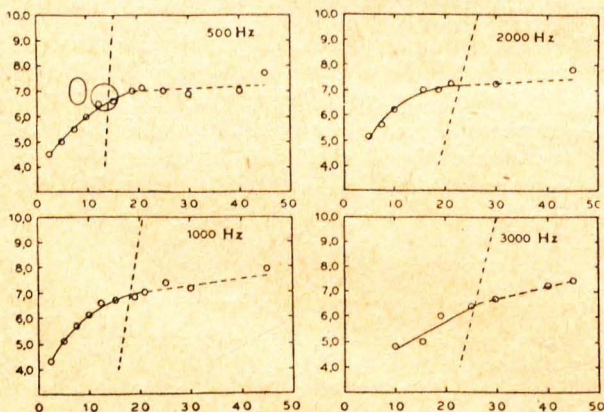


Abb. 3 Die optimalen Werte des Vibratos in der Musik
Im Beispiel für 500 Hz
Kreis: bester Wert für das Gesangsvibrato
Ellipse: bester Wert für das Geigenvibrato.

tet, welche Vibratotöne wie von einheitlicher Tonhöhe klingen. Durch die gestrichelte schräge Gerade sind die Daten des Vibratos gekennzeichnet, die dem Ton besondere Fülle verleihen. Die Kreuzung beider Linien gibt demnach das Optimum des ästhetischen Sängertones an. Das ist bei einer Vibratofrequenz von 6,5 Hz ein Frequenzhub von ± 7 Hz bzw. insgesamt 14 Hz. Das ist allerdings nur ein Viertelton, auf 500 Hz = c^2 bezogen, wogegen die meisten Sänger ein Vibrato von einem Halbton aufweisen. Für die Geige wird als ästhetisches Optimum ein Vibrato von 7 Hz und ein Frequenzhub von ± 4 Hz angegeben.

LITERATUR:

- 1) Shannon, C. E. Bell System Techn. J. 27, 379, 1948
- 2) Winkel, F. Klangwelt unter der Lupe, Berlin 1952
- 3) Laey, R. E. und R. K. Saxe, Convention record IRE 9, 1954
- 4) Hartlieb, K. Folia Phoniatica 4, 53, 1952
- 5) Potter, R. K., G. A. Kopp und H. C. Green, Visible Speech, New York 1947
- 6) Winkel, F. Folia Phoniatica 4, 93, 1952
- 7) Meyer-Eppler, W. Folia Phoniatica 7, 87, 1955
- 8) Husson, R. Annales des Télécomm. 7, 58, 1952
- 9) Winkel, F. Funk und Ton 8, 124, 1953
- 10) Winkel, F. Vortrag Int. Musikwiss. Kongreß Wien 1956, z. Zt. im Druck
- 11) v. Bekesy, G. Akust. Z. 3, 21, 1938
- 12) van den Berg, Jw. Physica van de stemvorming, Diss. Groningen 1953
- 13) Shower, E. G. u. R. Biddulph, J. Acoust. Soc. 3, 275, 1931
- 14) Stevens, S. S. und H. Davies, Hearing, New York 1948
- 15) v. Bekesy, G. Ann. d. Phys. 16, 844, 1933
- 16) Winkel, F. Klangstruktur der Musik, Berlin-Borsigwalde 1955
- 17) Feldtkeller, R. und E. Zwicker, Das Ohr als Nachrichtenempfänger, Stuttgart 1956

b) „Historische Klangtreue“

(Vorschlag zu einer akustisch-musikhistorischen Nachprüfung)

von

KURT BLAUKOPF

Die Möglichkeit, den Klang zu „manipulieren“, hat nicht nur für den Rundfunk und für die kommerzielle Musikproduktion neue Probleme geschaffen, sondern auch für die Musikwissenschaft. Immer wieder taucht die Frage nach der „idealen Charakteristik“ des Raumes auf, in dem musiziert wird. Eine Versuchsreihe von W. Kuhl¹⁾ beschäftigt sich mit dem adäquaten Nachhall für Musik verschiedener Komponisten. W. Reichardt²⁾ und seine Mitarbeiter haben in Dresden eine ähnliche Versuchsreihe durchgeführt. Derartige Experimente gehen, wie wir sehen, von den bestehenden Hörgewohnheiten der Versuchspersonen aus. Ich glaube, daß dies ein grundlegender Mangel ist — so verdienstvoll die Versuchsreihen an sich sein mögen. Die Hörgewohnheit des Publikums von heute ist ja durch die gegenwärtige Musikproduktion konditioniert. Es ist — wie man wohl kaum besonders betonen muß — unzulässig, anzunehmen, daß die Menschen aller Zeiten und Zonen die gleichen musikästhetischen Elementaransprüche stellen. Die Methode der statistischen Meinungsforschung kann Aufschlüsse über das Klangideal des *heutigen Publikums* geben. Sie kann uns jedoch keine Hinweise auf das jeweilige historische Klangideal (für Mozart, für Brahms, für Strawinsky) liefern.

Ich habe diesen kritischen Einwand an anderer Stelle erhoben³⁾. Hier möchte ich nun die Wege skizzieren, die einzuschlagen wären, um die Erforschung des historischen Klangideals (bzw. der verschiedenen Klangideale) systematischer zu gestalten. Der Begriff des „Klangideals“ ist in der Musikwissenschaft seit langem heimisch⁴⁾. Allerdings fehlte diesem Begriff bisher, soweit ich sehen kann, die exakte akustische Grundlage. Untersuchungen dieser Art sind als „Grenzprobleme“ nur in vorwiegend naturwissenschaftlichen Fachwerken und -zeitschriften veröffentlicht. Es ist das Verdienst Prof. Hermann Scherchens, durch seine Gravesaner Initiative diese Probleme von der naturwissenschaftlichen „Grenze“ ins Zentrum der musikalischen Überlegungen gerückt zu haben. Und ich glaube, daß auch die zünftige Wissenschaft von dieser Initiative profitieren wird.

Eine Voraussetzung für das Fruchtbarwerden der akustischen Untersuchungen und für deren Nutzenanwendung auf die Musikwissenschaft besteht m. E. darin, daß wir uns vom bloßen Empirismus frei halten. Die Feststellung einer „richtigen“ Nachhallkurve für Strawinskys „*Sacre du Printemps*“ z. B. kann nicht bloß vom Test ausgehen. W. Kuhl gelangt

auf Grund eines solchen Testes zu einer sehr kurzen Nachhallzeit. Aber eine solche Feststellung kann keinen Musiker hindern, den „Publikumsgeschmack“ als unrichtig anzusehen. Stokowski 5) meint, daß für die gleiche Komposition eine mehr als doppelt so lange Nachhallzeit empfehlenswert wäre.

Wenn es sich um einen Komponisten unseres Jahrhunderts handelt, ist das Problem noch leicht zu lösen. Wir können ihn um seine Meinung befragen. Schwieriger wird es schon bei Werken vergangener Epochen.

Es scheint mir besonders charakteristisch für die Allerwelts- und Stromlinienakustik des modernen musikalischen Bewußtseins, daß sogar bedeutende Musiker der Gegenwart auf die Berücksichtigung des historischen Klangbildes verzichten. F. Winckel 6) hat einer Reihe von Dirigenten die Frage nach den „besten Konzertsälen der Welt“ gestellt. Und es ist überraschend, daß dabei von den Dirigenten Räume namhaft gemacht wurden, ohne daß sie auf ganz bestimmte Werke Bezug genommen hätten. (Jedenfalls geht eine solche Bezugnahme nicht aus dem ungemein interessanten Bericht von F. Winckel hervor.)

Dies scheint mir ein weiterer Beweis für die Tatsache, daß sich zurzeit ein Prozeß der Einschmelzung der Musik verschiedener Epochen in das eigenartige Klangideal unserer Zeit abspielt. Diese Tendenz wird noch durch mißverständliche „High-Fidelity“-Thesen verstärkt. Schließlich wirkt sich die technische Unzulänglichkeit der Wiedergabegeräte, die in weiten Kreisen verwendet werden, noch deformierend auf die Hörgewohnheit des großen Publikums aus. Angesichts des Massenkonsums von Schallplatten müssen technische Mindestforderungen nicht nur an die Apparatur des Produzenten, sondern auch an die Geräte der Hörer gestellt werden. 7)

All dies läßt erkennen, daß der „Test“ auf der Grundlage der Meinungsforschung nur in Einzelfällen ein zusätzliches Hilfsmittel bei der Bestimmung der „idealen Klangcharakteristik“ sein kann. Es ist m. E. an der Zeit, dem rein technischen (und recht undeutlichen) Begriff der „High Fidelity“ den historischen und präzisierten Begriff der „geschichtlichen Klangtreue“ an die Seite zu stellen.

Zur Bestimmung der jeweiligen historischen Klangtreue wären gewisse Vorarbeiten zu leisten, die kurz skizziert seien. Es versteht sich, daß hier allgemeine Überlegungen ungenügend sind und daß Einzeluntersuchungen für bestimmte Epochen, bestimmte Komponisten, ja für bestimmte Werke erforderlich wären. Für einzelne Werke oder Werkgruppen wären also zu untersuchen:

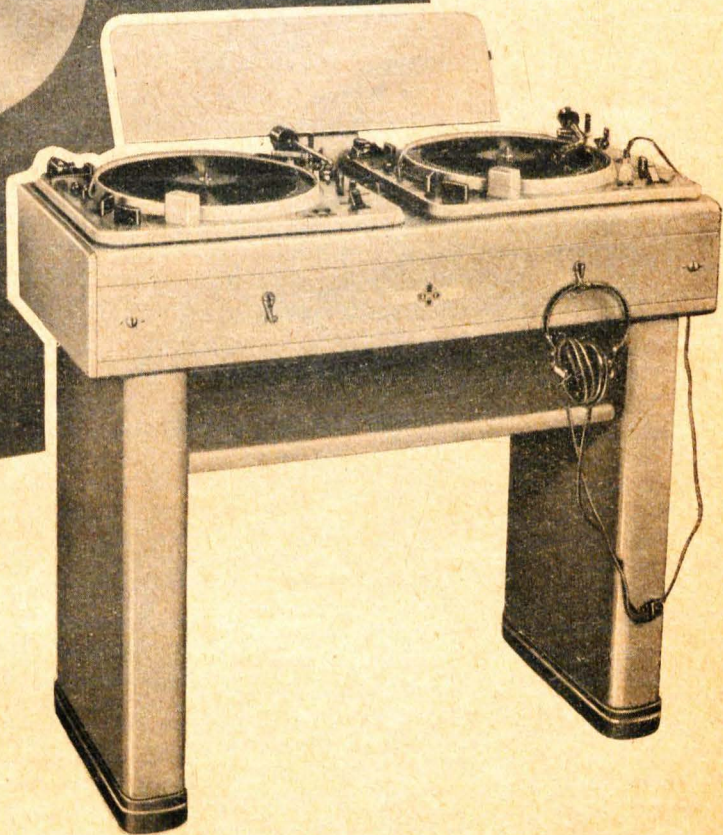
- a) der Raum der ersten Aufführung,
- b) die Besetzung der ersten Aufführung,

- c) die Bauweise der Instrumente, soferne diese sich von den heutigen Instrumenten unterscheiden,
- d) das Ausmaß, in dem der Komponist (bewußt oder unbewußt) auf die akustische Charakteristik des Raumes der ersten Aufführung Rücksicht genommen hat,
- e) die etwaige Änderung des Kompositionsstils durch den jeweils gegebenen Raum und die jeweils verfügbare Besetzung,
- f) kritische Stimmen der Ohrenzeugen der ersten Aufführung.

Erst die Erstellung exakter akustischer und quellenmäßiger Daten kann eine „Wiedererweckung des historischen Klangbildes“ im Sinne von Th. Kroyer 8) ermöglichen. Erst wenn das historische Klangbild zumindest für einzelne Werkgruppen bestimmter Epochen und /oder Komponisten einigermaßen exakt definiert sein wird, kann ein Vergleich mit den Ergebnissen moderner Tests fruchtbar werden. Ich glaube, daß eine solche Untersuchung nicht nur theoretische Bedeutung hätte, sondern auch praktisch für den Musiker wichtig wäre. Es kann m. E. nicht Aufgabe des verantwortlichen Musikers sein, den Mehrheitsbeschlüssen von Testgruppen blind zu folgen. Die historische Klangtreue kann nicht durch Abstimmung ermittelt werden, sondern nur durch exakte Forschung (und künstlerische Einfühlung in die *Aufführungsbedingungen* der Vergangenheit).

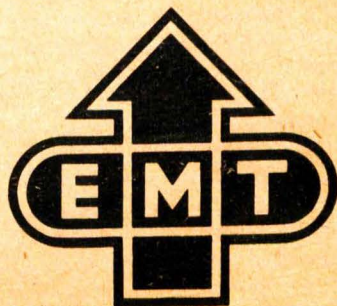
Eine solche Reihe von Untersuchungen, wie sie hier vorgeschlagen wird, kann natürlich nicht das Werk eines einzelnen sein. Dies erfordert Team-Arbeit auf mehreren Gebieten und an mehreren Orten. Es ist die Absicht dieser Zeilen, eine solche Team-Arbeit anzuregen.

- 1) Werner Kuhl: Nachhallzeit großer Musikstudios. *Acustica* 1954, Heft 2.
- 2) W. Reichardt, E. Kohlsdorf und H. Mutschler: Die optimale Nachhallzeit für Studioräume. Zeitschrift „Hochfrequenztechnik und Elektroakustik“, Leipzig, Juli 1955.
- 3) Kurt Blaukopf: *Hexenküche der Musik*. Verlag Arthur Niggli.
- 4) Vgl. die bezüglichen Artikel in W. Apels „*Harvard Dictionary of Music*“ und in H. J. Mosers „*Musiklexikon*“, sowie die dort genannte Literatur.
- 5) Leopold Stokowski: Talks on Music and its Reproduction. Zeitschrift „*The American Record Guide*“, Januar und Februar 1953.
- 6) Fritz Winkel: Die besten Konzertsäle der Welt. Zeitschrift „*Baukunst und Werkform*“, Dezember 1955
- 7) Vgl. H.-W. Steinhausen: Spielregeln für die Wiedergabe. Zeitschrift „*Phono*“, Jahrg. III, Nr. 1 (Herbst 1956)
- 8) Theodor Kroyer: Wiedererweckung des historischen Klangbildes. „*Bulletin de la Societé Union musicologique*“, II.



GERÄTE FÜR DIE STUDIOTECHNIK

Schallplatten-Abspielmaschinen
Mikrofon-Winden-Anlagen
Nachhall-Erzeugungsgeräte
Meßgeräte für Studioanlagen
Lautsprecher-Kombinationen
Stimmton-Geber
Spezialkabel



Bitte fordern Sie Prospekte an

ELEKTROMESSTECHNIK W. FRANZ K. G. LAHR/SCHWARZWALD

c) Zur Entwicklung und den Ursachen der primitiven Skalenbildung

von

PAUL COLLAER

Die vergleichende Analyse tausender von Phonogrammen bietet heute genügend Garantie, um eine den Tatsachen entsprechende Vorstellung zu gewinnen von der Entwicklung der Musik.

Die Primitiven bauen ihre Musik auf dem Gesang auf. Dennoch kommt auf niedrigsten Stufen auch schon rudimentärer Instrumentengebrauch vor (wie der des „singenden Bogens“). Beide Arten bewirken zwei verschiedene Grundweisen der melodischen Gestaltung.

1. Intervall-Grundlagen

a) Gesangliche

1. Die Töne sind nicht an feste Frequenzen gebunden, sondern „schweben“ zwischen höheren und tieferen Klanglagen, die zusammen höchstens das Intervall der großen Sekunde bis das der kleinen Terz bilden. (Beispiel: Australien, das Volk von „Groote Eylandt“. COGUMBIA FSX 181 a und b: „The black ant“ und „The Parrot fish“).

2. Der höhere von zwei Klängen nimmt feste Tonhöhe an. Das sich aus beiden Tönen ergebende Intervall bleibt das gleiche wie vorher: von großer Sekunde bis zur kleinen Terz (Beispiel: dasselbe Volk. COLUMBIA SFX 180 a: „The coconuttree“).

3. Beide Klänge werden feste Töne ungefähr des Intervalls einer großen Sekunde, wobei dieses bis zu 15 cents um den Mittelpunkt der großen Sekunde (204 cents) variiert. (Beispiel: Ceylan, das Volk Wedda. RADIO CEYLON VFS 1, b: „Wedda charm“).

4. Beide Klänge passen sich den Tonhöhen des kleinen Terzintervalls an, während eine dritte Note mit dem höheren der Töne eine große Sekunde darüber oder darunter bildet. Dieser dritte Ton formt aber nie das Intervall der kleinen Sekunde. (Beispiel: Ceylan, das Volk Wedda. RADIO CEYLON VFS 1 a und 2: „Nursery rhymes“).

5. Nachdem die durch die große Sekunde charakterisierte Gruppe ausgebildet ist, beginnt der Gesang seine Perioden abzuschließen mittels Fallkadenz auf eine Note, die ungefähr eine Quarte unter dem Tieftone der

zentralen Gruppe liegt. Wird das Kadenzintervall größer als eine Quarte, so verwandelt sich der Klang dabei in ein untimbriertes Hauchen. (Beispiel: Belgien, Volk von Flandern. INR 178 532: „Paarjesrijden“).

6. Der Quart-Kadenzfall paßt sich allmählich exakt dem Schema $g-f-c$ an, wobei $f-c$ gewöhnlich den 498 cents der physikalischen Quarte entspricht. (Beispiel: Japan, Volk von Aino. JAPANESE RADIO-INSTITUTE. Ainus Nr. 8: „Upopo“, Nr. 11: „Ikunke“).

7. Die erhaltene tiefste (Kadenz)-Note wird eine Oktave höher transponiert. Dadurch entsteht die absteigende Gruppe $c-g-f-c$. (Beispiel: Italien. COLLECTION UNIVERSELLE 5/1: „Pianto delle Zittelle“).

Bis zu diesem Stadium scheint sich die Musik überall auf gleiche Weise entwickelt zu haben. Erst mit den jetzt beginnenden *verschiedenen* Aufteilungen der Quart treten die kulturellen Verschiedenheiten der Völker und Rassen musikalisch hervor.

8. Die in eine kleine Terz und eine große Sekunde aufgeteilte Quart liefert für die Oktave fünf — als kleine Terzen und große Sekunden — abwärts sinkende Intervallschritte: $c-a-g-f-d-c$ oder $g-f-d-c-a-g$; also die halbtonlos pentatonische Tonleiter!

Diese „anhémitonische“ Pentatonik kommt überall vor, und zwar als Entwicklungsabschluß oder als sporadisches Zeugnis vorangegangener Kulturetappen. (Beispiele: Japan, Volk von Aino. JAPANESE RADIO-INSTITUTE. Ainus Nr. 12: „Yayatekar“. Schottland: COLLECTION UNIVERSELLE 3/11: „Louange pour un chef de clan“).

8a. Indessen finden sich bei einigen Völkern auch Quartaufteilungen in gleich große Abstände, und zwar ungefähr von der Größe $5/4$. (Beispiel: Java. ODEON O. 1936. Gamelan Slendro: „Sekar Gadung“).

* * *

Erst nach Zurücklegung all dieser Etappen erfindet das musikalische Bewußtsein exakte kleine Sekunden mit funktioneller Bedeutung für den Melodienaufbau. Dieser definitiven Befreiung von den primitiven Phasen der musikalischen Gestaltung gehen noch Versuche voran, kleinere Intervalle als das der kleinen Sekunde auszubilden. Diese vermögen aber nicht definitive Tonhöhen anzunehmen, so daß sie bloße „Durchgangsnoten“ bleiben (Beispiel: Madagaskar, Volk von Vezu. MUSEE DE L'HOMME 46. 1. 21 A: „Chant d'amour“. Volk von Sakalave. 46. 1. 21 B: „Chant rituel our le sacrifice du boeuf“).

b) Instrumentale

Besitzt ein Volk rudimentäre Musikinstrumente, so entsteht eine neue Sachlage. Die schwingende Saite des „singenden Bogens“ wird vor oder zwischen die geöffneten Lippen gehalten. Sie erzeugt außer dem Grundton den 2., 3., 4., 5., 6. und zuweilen sogar 7. Teilton. Je nach Änderung der Mund-Klanghöhle verstärken sich gewisse Teiltöne. Daraus erwachsen die „instrumentalen“ Melodiestructuren, die auf der Quint, der großen und der kleinen Terz beruhen.

* *
*

Die Untersuchung unzähliger Phonogramme führte immer wieder auf drei Fragen:

1. Warum entbehren *alle* primitiven Phasen der Musik des Intervalls der kleinen Sekunde, und wieso wird dieses Intervall erst viel später ausgebildet, mittels viel langwieriger Versuche als für die größeren Intervalle?

2. Weshalb ist die Quarte das charakteristische Intervall der auf dem Gesang beruhenden Musik, die Quinte jedoch das der aus dem Instrumentengebrauch entwickelten?

3. Aus welchem Grunde ist die große Sekunde — oder scheint es zu sein — das Intervall, welches zuerst in der aus dem Gesang erwachsenden Musik strukturbildend hervortritt?

Für die letzte dieser drei Fragen besitzen wir bis heute keine befriedigende Antwort. Wohl aber haben Ohrenkunde und Kehlkopfstudium Klarstellungen zu den Punkten 1 und 2 geliefert.

II. Physiologische Ursachen

Die primitive Musik verläuft im Männer- und Frauenstimmen gemeinsamen Tonraum von G^2 — C^4 :  In der natürlichen Skala ist

$C^3 = 256$ und $C^4 = 512$ Herz. STEVENS und DAVIS (Hearing, 3. Auflage, 1948) zeigen, daß der kleinste wahrnehmbare Frequenzunterschied bei 40 dB

$0,0103 = 2,5$ Herz für 250 Herz und

$0,0052 = 2,5$ Herz für 500 Herz, bei *reinen* Tönen beträgt.

2,5 Herz kann also als Maß bei 40 dB für die mittlere Ohrempfindlichkeit in der uns interessierenden Oktave gelten.

Diese feine Unterschiedsfähigkeit des Ohres hat indes für die Musikpraxis und vor allem den Gesang kaum Bedeutung. Die menschliche Stimme produziert statt *reiner* Töne — frequenzmodulierend — nur solche, die vibrieren. Die Experimente von YOUTZ und STEVENS beweisen, daß — wenn bei 500 Herz 7 Mal pro sec mit 20 Herz moduliert wird (was dem Normalvibrato der Menschenstimme entspricht) — unser Ohr eine einzige („resultierende“) Frequenz wahrnimmt. Mit andern Worten: bei einer von 490—510 wirkenden Stimm-Modulation hört das Ohr die Frequenz 500 und bei einem 510—530 Herz ausfüllenden Vibrato die Frequenz 520!

Wenn die Modulationsamplitude 20 Herz überschreitet, so beginnt das Ohr bei 500 Herz beide Komponenten des Vibrato wahrzunehmen. Bei 1000 Herz beträgt die Maximalamplitude, welche noch den Eindruck *eines* Tones ergibt, 22 Herz. Bei 2000 Herz wächst sie auf 26, und bei 3000 Herz auf 28 Herz an. Bei 250 Herz schrumpft sie indessen auf 16—18 Herz zusammen.

Eine ausführliche Analyse von Resultaten, die durch individuelle Testpersonen erhalten wurden, beweist, daß bei einer Frequenzmodulation von 29 Herz beide Komponenten des Klangspektrums sich genügend ausprägen, um vom Ohr gerade einzeln wahrgenommen zu werden. Das heißt: eine Frequenzmodulation von 29 Herz bedeutet die Grenze für das kleinste, *deutlich* vom Normalohr zu konstatierende Intervall.

Die kleine Sekunde E^3 — F^3 beträgt 21,33 Herz. Dieser Wert steigt an auf 32 Herz für die Sekunde H^3 — C^4 , und sinkt auf 16 Herz für die kleine Sekunde C^3 — Cis^3 .

Es entsprechen also die höheren der zwischen E^3 und C^4 gelegenen kleinen Sekunden der normalen Reaktion des Ohres auf die Frequenzmodulationen jener Klangregion. Daegen übersteigen sie zwischen C^3 und E^3 die untere Grenze des Erkennungsvermögens für das Intervall der kleinen Sekunde. Das erklärt, warum das Intervall der kleinen Sekunde historisch zuerst im oberen Skalenteil Eingang fand und dann erst in deren unterem Terzabschnitt, so wie das alte Volks- und Ritualgesänge heute noch zeigen (Beispiel: Indien. ETHNIC FOLKWAYS. FP 92 B: „Bhagavad Sita“).

Wird das Intervall der kleinen Sekunde weiter verkleinert, so entsteht das Phänomen der „Überlappung“, was eine mehr oder weniger große Unsicherheit hinsichtlich der Erkenntnis der Intervallgröße bewirkt. Diese physiologischen Tatsachen können als Ursachen der Nichteinbeziehung der kleinen Sekunde (und der noch kleineren Intervalle) in den primitiven Aufbau der musikalischen Sprache betrachtet werden. Beide werden erst mit verfeinerter Ohrensensibilität, beim Gebrauch kleinerer Vibratoamplituden und mit verringerter Dynamik beim Singen kleinerer Intervalle verwertbar. (Beispiel: Volk von Andalusien. COLUMBIA R.S. 612: „Saetas“).

Praktisch existieren in echter Volksmusik keine kleinsten Intervalle. Sie kommen indes bei Musikkulturen vor, die mit besonders subtilen Hörern rechnen (wie z. B. in der klassischen Musik der Hindus).

Das zuerst beim Kadenzfall der Gesangsmusik aufgetretene Quartenintervall ist — was auch die praktische Erfahrung aller mit Sängern arbeitenden Musiker bestätigt — an Tatsachen gebunden, wie sie der hervorragende Kehlkopfspezialist BERNHARD VALLENCIEN berichtet. In eine gewisse Stellung fixiert, produziert der Kehlkopf das Intervall der Quarte. In dieser Position vermögen die Resonatoren des Kehlkopfes höchstens vier Töne hervorzubringen: die beiden fixierten, die das Quartintervall begrenzen, sowie zwei, innerhalb des Quartenintervalls nicht fixierte, variierende. *Die letzteren sind es, an denen die kulturellen Differenzierungen beim Skalenaufbau ausgeprägt werden.*

Soll ein größeres Intervall entstehen, als das der Quarte, so ist die Kehlkopfstellung zu verändern. Diese „Technik des Tonführens“ übersteigt aber die Möglichkeiten des primitiven Singens, so wie das schon erwähnte flämische Phonogramm es deutlich zeigt.

* *
* *

Physiologische Bedingungen des Ohres und des Kehlkopfes haben weitgehend die primitive Melodiengestaltung mitbewirkt. Die hier vorgetragenen Feststellungen und Gedanken möchten deshalb ebenso der vergleichenden Musikwissenschaft dienen, als sie vielleicht in gewisse Details der modernen Musikpsychologie größere Präzision zu tragen vermögen.

Das Institut für Kommunikationsforschung an der Universität Bonn

von

G. UNGEHEUER UND H. HEIKE

Das Bonner Institut für Phonetik unterscheidet sich von anderen phonetischen Instituten europäischer Universitäten durch die besondere Berücksichtigung der *Kommunikationsforschung*. Ihre Aufgaben lassen sich am Schema der aus dem Gesamt von Sender, Übertragungsweg und Empfänger bestehenden Kommunikationskette erläutern (*Abb. 1*). Diese Begriffe wer-

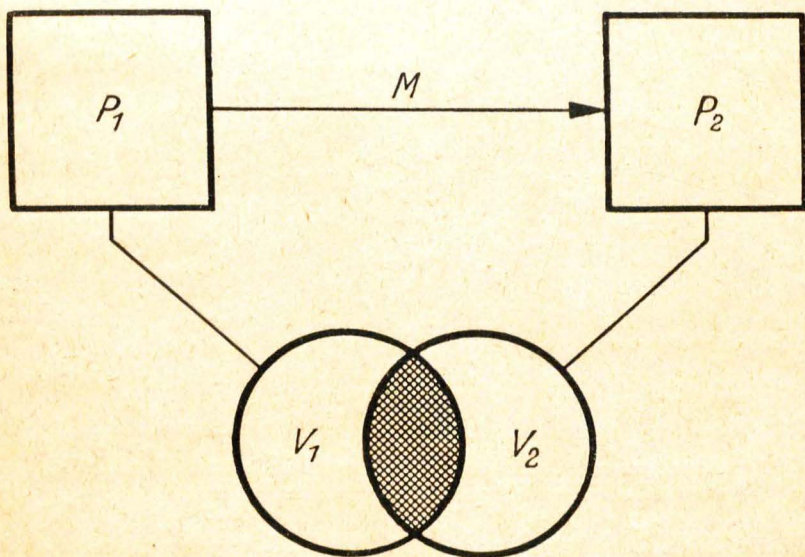


Abb. 1 Allgemeine Kommunikationskette (P_1 menschlicher Sender, P_2 menschlicher Empfänger, M Übertragungsweg, V_1 Zeichenvorrat des menschlichen Senders, V_2 Zeichenvorrat des menschlichen Empfängers; der beiden Kommunikationspartnern gemeinsame Zeichenvorrat ist schraffiert).

den zunächst als Abstrakta verstanden; sie stellen den Grundstock dar für alle Probleme, bei denen es sich um die Übertragung von „Signalen“ handelt. Gegenstand der Phonetik ist die Erforschung des Sprachschalles und seiner Erzeugung; die Untersuchungsmethoden sind akustischer, physiologischer und psychologischer Natur, während die Fragestellung der Lingui-

stik entstammt. Die Informationstheorie stellt das Begriffsrepertoire bereit und bedingt eine weitgehende Einbeziehung mathematischer Methoden.

Ein Teil der Untersuchungen des Instituts ist den informationstragenden Elementen des Sprachschalles gewidmet. Dabei wird in weitem Maße von

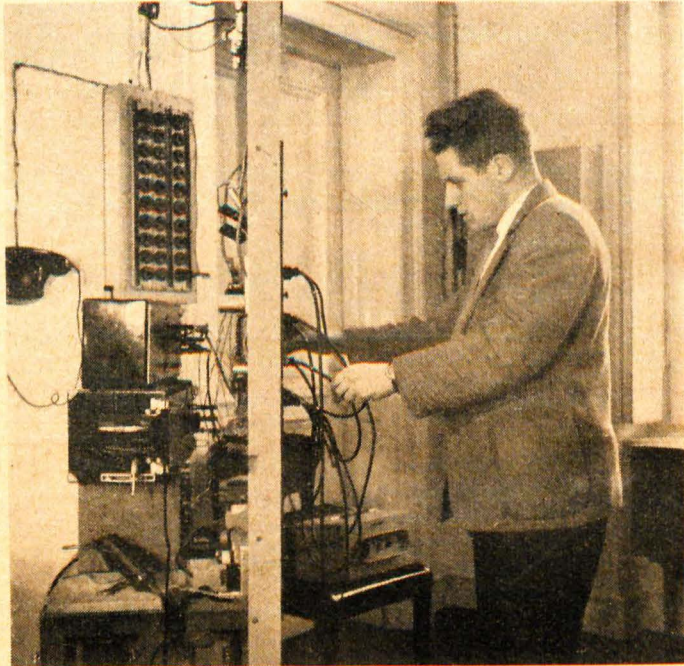


Abb. 2 Apparatur zur Untersuchung psychologischer Gesetzmäßigkeiten bei der wissenschaftlichen Beschreibung von Schallereignissen.

psychologischen Tests Gebrauch gemacht. Mit Hilfe von mechanischen und elektrischen Modellen wird der sprachliche Klangmodulationsprozeß erforscht, wobei die *nichtstationären* Artikulationsvorgänge im Vordergrund des Interesses stehen. Der Artikulationsraum, — das von den Stimmlippen bis zur Mundöffnung reichende „Ansatzrohr“ —, wird als akustisches Filter angesehen, für das sich ein informationstheoretisch zugängliches elektrisches Ersatznetzwerk angeben läßt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden beim Bau eines Sprachgenerators mit zeitvariablen Filter-Parametern ausgenutzt. Ein solcher Generator hat darüber hinaus Bedeutung für die elektrische Klangerzeugung, da sich mit ihm Ausgleichsvorgänge sehr leicht herstellen lassen. (Abb. 2).

Im Vorlesungsplan von Dr. W. MEYER-EPPLER finden sich besondere Vorlesungen über kommunikationswissenschaftliche Probleme; genannt seien etwa: Einführung in die Kommunikationsforschung (SS 54), Anwendung von Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie auf geisteswissenschaftliche Probleme (SS 54), Informationstheorie (WS 55/56).



Abb. 3 Visible-Speech-Gerät.

Für die vielfältigen akustischen Untersuchungen steht eine größere Zahl von Informationsspeichern, Generatoren und Analysatoren zur Verfügung. Reiche Anwendungsmöglichkeiten bietet ein Gerät, das gestattet, beliebigen Generatoren Signale zu entnehmen, die in ihrer Dauer mit ihrem zeitlichen Abstand vorher auf einem weißen Papierband fixiert vorliegen. Zur Wiedergabe von optisch aufgezeichneten Signalen (Tonfilm) dient ein Filmtenspur-Abtastgerät. Die Entsprechung optischer und akustischer Gestalten und eine neue kompositorische Möglichkeiten erschließende Fixierung akustisch-musikalischer Vorgänge sind hiermit leicht zu untersuchen. Besondere Anwendung bei Schallanalysen findet ein Visible-Speech-Gerät (Sona-graph der Fa. KAY ELECTRIC Company, Pine Brook, N. J.), das dem Institut von der Gesellschaft zur Förderung der Klangforschung e. V., Köln, zur Verfügung gestellt wurde (Abb. 3).

Das Tonbandarchiv des Instituts umfaßt Aufnahmen von Schallvorgängen, die in der zwischenmenschlichen Kommunikation eine Rolle spielen und reicht deshalb in die verschiedenartigsten Gebiete. Besondere Bedeutung für Probleme des Verhältnisses von Reiz und Empfindung besitzen zahlreiche Aufnahmen von elektronischen Klang- und Geräuschbeispielen für psychologische Tests. Dazu gehören auch Bänder mit Anschauungsmaterial über elektromusikalische Forschungsmittel.

OKTOBER 1957

Tagung der Deutschen
Kinotechnischen Gesellschaft e. V.

in

GRAVESANO

„Elektro-Akustische Musikgestaltung

in Film- und Fernsehen“

WESTMINSTER

NEW YORK

Die erstaunlichste Leistung als Klangaufnahme

vorher nicht erreichte High-Fidelity mittels des neuen Westminster
Kompensationsmikrophons und einer revolutionären Neugestaltung
der Aufnahmetechnik

Schallplatten

VON HERMANN SCHERCHEN

- 1) BACH: H-moll Messe / Matthäuspassion / Kantaten
Suiten
- 2) MOZART: Requiem
- 3) HAYDN: Die 12 Londoner Symphonien
- 4) BEETHOVEN: Die 9 Symphonien / Musik zu Egmont
- 5) BERLIOZ: Phantastische Symphonie / Harald Symphonie
Die Trojaner in Karthago

WESTMINSTER

NEW YORK

Universitätsbibliothek Basel



A1001700876



**ALBISWERK
ZÜRICH A.G.**

ALBIS ELEKTRO-AKUSTIK



Das von Herrn Dr. Moles, Paris, im vorliegenden Heft beschriebene variable Tonfrequenzfilter kann zur Erzielung eines beliebigen Frequenzverlaufes innerhalb des zur Verfügung stehenden Bereiches benützt werden. Es gelingt damit, den Informationsgehalt eines Musikstückes zu verfeinern oder besondere akustische Effekte zu erzielen.

ALBISWERK ZÜRICH AG. ALBISRIEDERSTRASSE 245 ZÜRICH 47