

# GRAVESANER BLÄTTER

Nr. XIII

IV. Jahrgang

1959

## INHALT

	Seite
Die Rolle des Gehörorgans im Aufbau der Musik . . . . .	Kurt Schügerl 2
Stockhausen und die Zeit . . . . .	Hermann Scherchen 29
Scambi . . . . .	Henry Pousseur 36
Zur Entwicklungsgeschichte des Stereophoners . . . . .	Robert Kolben 55
Gravesaner Studien, Elektronische Klänge . . . . .	André Moles 69
Laufzeitstereophonie — ein pseudostereophonisches Verfahren als Gegenstück zur Intensitätsstereophonie . . . . .	Hans Raug 71
Akustischer Tempo- und Tonlagenregler . . . . .	Anton Springer 80
Eine bedeutsame Schallaufnahme, Die Totenmesse von Berlioz . . . . .	W. Pistone 83
Polyvision . . . . .	Abel Gance 97
Die Vermittlung von musikalischen und vibrationellen Erlebnissen als therapeutische Möglichkeit . . . . .	H. R. Teirich 106
Das Teiltonspektrum einer Glocke . . . . .	M. Grützmacher 124

Redaktion: Gravesano (Tessin) Schweiz

Herausgeber: Hermann Scherchen

**Nachdruck verboten!**

# GRAVESANO REVIEW

No. XIII

Vol. IV

1959

## CONTENTS

	Page
The Ear's Part in the Structure of Music . . . . .	Kurt Schügerl 17
Stockhausen and Time . . . . .	Hermann Scherchen 32
Scambi . . . . .	Henry Pousseur 48
The Stereophoner . . . . .	Robert Kolben 63
Electronic Sounds . . . . .	André Moles 70
Time Delay Stereophony — the Counterpart of Intensity Stereophony . . . . .	Hans Raug 77
Acoustic Speed and Pitch Regulator . . . . .	Anton Springer 81
An Epoch-Making Recording, The Berlioz Requiem . . . . .	W. Pistone 92
Polyvision . . . . .	Abel Gance 102
On Therapeutics through Music and Vibrations . . . . .	H. R. Teirich 116
A Bell's Spectrum of Partial Tones . . . . .	M. Grützmacher 127

Published by Experimental Studio Gravesano

Editor: Hermann Scherchen

**Extracts may not be published without permission**

# Die Rolle des Gehörorganes im Aufbau der Musik

von

KURT SCHÜGERL

## Zusammenfassung

Das Gehörorgan erzeugt, wie experimentell bewiesen werden kann, die Intervallqualität bei Simultanklängen; ferner ist es am Aufbau jener psychologischen Faktoren maßgeblich beteiligt, die bei der Beurteilung von Sukzessivklängen ins Spiel treten. Auch in der Auswahl der temperierten Systeme zeigt sich die strukturbildende Funktion des Gehörorganes. Die atonale Musik kann als ein Versuch aufgefaßt werden, diese Funktion zu umgehen.

## 1. Die Simultankonsonanz

Am Zustandekommen der Konsonanzempfindung sind physiologische und psychologische Faktoren in verschiedener Weise beteiligt, je nachdem, ob ein Zweiklang simultan oder sukzessiv dargeboten wird. Bei Sukzessivdarbietung ist das Gehörorgan im wesentlichen nur übertragendes Zwischenglied, bei Simultandarbietung liefert es zusätzlich den für die Intervallfarbe maßgeblichen Beitrag. Dies ist experimentell beweisbar. Führt man mittels Kopfhörern den einen Ton eines aus zwei reinen Sinustönen aufgebauten Zweiklanges dem linken, den anderen Ton dem rechten Ohr zu, dann verschwindet die Dissonanzschärfe und ein Erkennen der Intervalle ist unmöglich (HUSMAN, HUSMANN). Hierbei muß allerdings die Lautstärke der Töne so gering sein, daß der durch die Knochenleitung von einem Ohr zum anderen Ohr gelangende Schall unter die Schwelle der Wahrnehmung fällt.

Bei Wiederholung dieses Versuches mit aus Teiltönen aufgebauten Klängen fand HUSMANN, daß Intervalle mit einfachen Zahlenverhältnissen zwar der Größe nach nicht erkennbar waren, aber dennoch qualitativ ausgezeichnet blieben. Dieses Ergebnis könnte möglicherweise auf Knochenleitung zurückzuführen sein. HUSMANN versucht jedoch eine andere Erklärung. Die Nervenleitungen, die die Erregungen des linken und des rechten Innenohres dem Zentralorgan zuleiten, sind an einem bestimmten Punkt zusammengeschaltet, so daß jede Hirnrinde mit jedem Innenohr verbunden ist. Treffen in dieser Zusammenschaltung die den beiden Klängen entsprechenden Erregungen zusammen, dann orientiert sich der Gehörsinn an denjenigen Teiltönen, die hier erstmalig zusammenfallen.

Wird aber der Zweiklang beim normalen Hören jedem Ohr in gleicher Weise dargeboten, dann sind, abgesehen von den Einflüssen des Richtungshörens, die von beiden Ohren kommenden Erregungen untereinander gleich, so daß bei beliebigem Intervallabstand in der Zusammenschaltung jeder Teilton von links mit jedem Teilton von rechts zusammenfällt. Der von HUSMANN angegebene Mechanismus der Konsonantenempfindung kann

daher nur bei dem beschriebenen Laboratoriumsversuch, aber sonst nie wirksam sein.

Beim normalen Hören ergibt ein aus zwei Sinustönen bestehender Zweiklang innerhalb eines Frequenzabstandes von etwa einer Sekunde die bekannte Erscheinung der Schwebungen und der Rauigkeit. Aus dem Vergleich mit der eingangs erwähnten getrenntohrigen Darbietung folgt zwingend, daß diese Erscheinungen vor der Zusammenschaltung der linken und der rechten Nervenleitung entstehen müssen. Da bei aus Teiltönen gebildeten Zweiklängen dieselben Erscheinungen zwischen allen Teiltönen und deren Kombinationstönen auftreten, muß ganz allgemein die Dissonanzschärfe ihre Quelle im Mittel- und Innenohr und im anschließenden Teil der Nervenleitung haben. Zur Erläuterung sollen nun die Schwingungen im Innenohr näher betrachtet werden.

Die Wirkungsweise des Innenohres läßt sich am ehesten an einem Stück eines flüssigkeitsgefüllten, elastischen Schlauches veranschaulichen. Die Eigenfrequenz der Schlauchwand nehme von dem einen Ende, an dem die Schallenergie über den Steigbügel des Mittelohres in die Flüssigkeit eingespeist wird, bis zum anderen Ende stetig ab. Bei Erregung mit einem Sinuston konstanter Frequenz entstehen in der Flüssigkeit und dementsprechend auf der Schlauchwand laufende Wellen. In Fig. 1 bedeutet  $x$  die Längskoordinate der schwingenden Wand (der Basilarmembran des Innenohres);  $x = 0$  entspricht dem Ort des Steigbügels. Die Kurve  $a_1$  stellt die maximalen Ausschläge der Schlauchwand bei Erregung mit der Frequenz  $f_1$  dar. Am Steigbügel ist die Eigenfrequenz der Wand wesentlich größer als die erregende Frequenz  $f_1$ , während an dem entgegengesetzten Ende (in Fig. 1 rechts) die Verhältnisse umgekehrt liegen. Da die Ausschläge eines Schwingers bei Annäherung der erregenden Frequenz an die Eigenfrequenz zunehmen, wächst auch die Amplitude der Schlauchwand vom Steigbügel ab immer mehr an. Damit wächst aber auch der Energieverzehr durch die Dämpfung, so daß die Auslenkungen der Schlauchwand gegen das in Fig. 1 rechte Ende wiederum abnehmen. Bereits an der Stelle, an der die Eigenfrequenz gleich der erregenden Frequenz ist, sind die Schwingungen praktisch auf Null abgeklungen. Je höher die erregende Frequenz, umso näher zum Steigbügel liegt das Maximum der Wandamplituden.

Die in Fig. 1 wiedergegebenen, experimentell am Leichenohr ermittelten Kurven lassen sich mit guter Näherung aus linearen Differentialgleichungen ableiten, deren Lösungen superponierbar sind. Daher kann man an Hand der Fig. 1 auch das Verhalten der Basilarmembran bei Erregung mit zwei Sinustönen verschiedener Frequenz studieren. Die Kurve  $a_1$  der Maximalauslenkungen für die tiefere Frequenz  $f_1$  und die Kurve  $a_2$  für die höhere Frequenz  $f_2$  überlappen sich in einem bestimmten Bereich, der umso größer ist, je näher die Frequenzen beieinanderliegen. In Fig. 1 ist ein Frequenzabstand von etwa einer Oktave dargestellt, demgemäß beträgt der Abstand

der Maxima der beiden Kurven auf der Basilmembran etwa 3 bis 5 mm. In den Bereichen 1 bzw. 2 schwingt die Wand mit der Frequenz  $f_1$  bzw.  $f_2$ , im schraffierten Überlappungsbereich 1,2 schwanken die Maximalauschläge im Takt der Differenzfrequenz  $f_1 - f_2$  zwischen einem Höchstwert  $a_{1,2 \text{ max}}$  und einem Kleinstwert  $a_{1,2 \text{ min}}$ . Bei der eingangs erwähnten getrenntohrigen Darbietung würde etwa die Kurve  $a_1$  im linken, die Kurve  $a_2$  im rechten Ohr entstehen, so daß es nicht zur Ausbildung des komplizierten Vorganges im Überlappungsbereich 1,2 kommen könnte.

Wenn die Kurven  $a_1$  und  $a_2$ , ausgehend vom Frequenzabstand Null, immer weiter auseinanderrücken, dann beginnen zunächst Lautstärkeschwankungen, die dann in Frequenzschwankungen, ähnlich einem Vibrato, übergehen, worauf ein Gebiet der Rauigkeit folgt, die nach BÉKÉSY ihr Maximum bei einer Differenzfrequenz von etwa 50—60 Hz erreicht und erst bei etwa 200 Hz unhörbar wird.

Unter der Annahme, daß das Maximum der Erregungskurve in Fig. 1 für die Empfindung maßgebend ist, entspricht ein Größer- und Kleinerwerden des Maximums bei gleichbleibendem Ort des Maximums auf der  $x$ -Achse einer Lautstärkeschwankung, während eine Frequenzschwankung durch Hin- und Herpendeln des in seiner Größe gleichbleibenden Maximums in Richtung der  $x$ -Achse zustandekommt.

Der Umstand, daß diese Erscheinungen nur bei kleinen Frequenzabständen auftreten, rechtfertigt noch nicht den Schluß, daß bei größeren Abständen der Überlappungsbereich, der ja auch noch bei Intervallen jenseits der Doppeloktave deutlich in Erscheinung tritt, für die Konsonanzempfindung gänzlich ohne Bedeutung sei. Die Überlappung der Schwingungen führt zu einer Verdeckung des höheren Tones durch den tieferen, d. h. der höhere Ton wird überhaupt nicht gehört, wenn er nicht eine gewisse Mindestlautstärke aufweist. Die Qualität des Zusammenklanges ist daher unter anderem auch von den Lautstärken der Teiltöne abhängig.

Alle diese Erscheinungen treten bei musikalischen Klängen zwischen den objektiven Teiltönen und den subjektiven Ober- und Kombinationstönen auf. Wie und wo diese subjektiven Töne entstehen, ist noch nicht eindeutig geklärt, es ist jedoch sicher, daß sie bei größeren Lautstärken für die Konsonanzempfindung von hoher Bedeutung sind.

Das Gehörorgan versieht also die physikalisch zunächst nur quantitativ unterschiedenen Klänge mit einer qualitativen Komponente. Diese besteht aus den Trübungen des Klangbildes, die ihren Ursprung in den kritischen Überlappungsbereichen haben. Bei dissonanten Klängen sind größere Abschnitte der Basilmembran mit solchen kritischen Bereichen bedeckt, bei zunehmender Erhöhung des Konsonanzgrades geht der Anteil dieser Trübungsgebiete immer mehr zurück, bis schließlich bei den besten Konsonanzen ein nahezu reines Klangbild erreicht wird.

Derartige qualitative, mit den Zahlenverhältnissen des physikalischen Reizes wechselnde Beimischungen sind im Gebiet der optischen Wahrnehmung nicht anzutreffen. Die Beurteilung von Farbzusammenstellungen wird daher mehr durch psychologische Faktoren bestimmt. Feste Zahlenwerte sind in der Malkunst nur ein Anhaltspunkt für den Mittelwert ästhetischer Urteile, in der Musik hingegen zeigen sie bestimmte Optima für die Befürschlagung eines physiologischen Apparates an.

## 2. Die Sukzessivkonsonanz

Dieser Beitrag des Gehörorgans fällt bei der Sukzessivdarbietung weg. Zur Erklärung der Sukzessivqualität ist ein Blick auf die Musikethnologie und Musikgeschichte angebracht.

Nach STUMPF kann die Sukzessivkonsonanz aus der Simultankonsonanz abgeleitet werden. Richtet sich bei mehrstimmiger Musik, die schon im primitivsten Stadium bei reiner Distanzmelodik vorkommt, die Aufmerksamkeit auf die Qualität des Zusammenklanges, dann werden die im Zusammenklang besonders bewährten Intervalle vor den anderen ausgezeichnet und als Gerüsttöne für die Melodien benutzt. Diese Erklärung ist insbesondere dann plausibel, wenn innerhalb eines Gesanges die Grade des Zusammenklanges wechseln, also bei Bordun und Imitation, nicht aber bei Parallelen.

Ob dieses Prinzip zur Erklärung der Sukzessivkonsonanz ausreicht oder nicht, ist schwer zu entscheiden. Jedenfalls ist auch der einstimmige und unbegleitete Gesang der Primitiven nicht ganz regellos. Die Melodie zeigt Quinten, Quartan und seltener Oktaven. Auch hierfür ist eine physiologische Grundlage denkbar. Die Regeleinrichtung der Stimme könnte im Zusammenwirken mit dem Gehörorgan bestimmte einfache Verhältnisse bevorzugen.

Feste Töne, bestimmte Intervalle und damit Tonsysteme sind erst auf Instrumenten möglich. Für ihre Stimmung sind zahlreiche Faktoren maßgebend, von denen einige auf harmonische Intervallteilung hinführen. Beim Überblasen mancher Blasinstrumente ergibt sich die Obertonreihe, Zahlen Spekulation führt auf einfache Saitenteilung usw.

Andere Einflüsse wiederum hemmen die Ausbildung konsonanter Intervalle. Sukzessivdistanzen können mit ziemlich guter Genauigkeit geschätzt werden, so daß ein gegebener Tonschritt in untereinander gleich große Teile geteilt werden kann. Mehrere in gleicher Richtung sich bewegende Schritte im Gesang zeigen daher auch die Tendenz, sich in ihrer Größe einander anzupassen. Bei experimentellen Untersuchungen gelang die Teilung umso besser, je weniger die Versuchsperson von harmonischen Intervallen beeinflusst war. Dieses Vermögen kann sich also umso eher entfalten, je weniger harmonische Belastung eine Musikkultur aufweist.

Auch bei Instrumenten führen manche Prinzipien zu unharmonischen Intervallen. Teilung nach dem Maßstab führt z. B. auf gleichabständige Griffhöhen von Pfeifen mit stetig zunehmender Intervallgröße, verschiedene Versuche, durch Einschieben von Zwischentönen Widersprüche in bestehenden Systemen auszugleichen, komplizieren unnötigerweise das Schema usw.

Jedes dieser Tonsysteme übt auf die Empfindung der Sukzessivqualität eine Rückwirkung aus. Ein Intervall wird als richtig oder falsch empfunden, je nachdem, ob es dem erlernten Schema entspricht oder nicht. Die naturgegebenen harmonischen Intervalle können durch die normative Wirkung der erlernten Intervalle verdeckt werden (HUSMANN).

Die Unterschiede der zahlreichen Musiksysteme fallen bei einstimmiger Musik und bei Parallelen nicht sehr ins Gewicht. Dies gilt auch für Mehrstimmigkeit, solange man die Aufmerksamkeit nur auf Distanzwerte richtet. Umgekehrt mußte, sobald die Unterschiede in der Simultanqualität beachtet und bewußt ausgenutzt wurden, die Entwicklung mehr und mehr konvergieren. Die schwachen und sich vielfach widerstreitenden bisherigen Ordnungsprinzipien werden nun abgelöst durch die sehr genaue Kontrolle der Simultanklänge durch das Gehörorgan. Anstelle der Vielfalt der musikalischen Ordnungen, die von den Schallerzeugern her bestimmt waren, tritt, sobald man auf den qualitativen Beitrag des Gehörs zu hören begann, die einzige, vom Schallempfänger her bestimmte Ordnung.

Durch diese auf der Diatonik beruhende Musik, die wir von Kindheit an hören, speichert sich in unserem Gedächtnis eine bestimmte Ordnung des Tonraumes auf, gleichsam als Extrakt der musikalischen Erfahrung des Individuums, mit dem jede angebotene Intervallfolge verglichen wird. Im Gegensatz zur Simultanqualität müssen also die Faktoren, die die Sukzessivqualität konstituieren, zentral gelegen, d. h. psychologischer Natur sein.

In der Tat sind auch die Ordnungen der Simultan- und Sukzessivintervalle durchwegs verschieden. So werden z. B. zwei Töne von 168 und 300 Hz bei Sukzessivdarbietung unter gewissen Bedingungen als Oktave empfunden, bei Simultandarbietung als Dissonanz gewertet. Entsprechend ihrer physiologischen und damit letzten Endes physikalischen Herkunft wird die Simultankonsonanz durch die objektiven Frequenzen der Einzeltöne bestimmt, während die Sukzessivkonsonanz durch die subjektive Zuordnung der Tonhöhenempfindung zu den Frequenzen bewertet wird, die dem logarithmischen Gesetz nur annähernd folgt. In hohen Tonlagen (2 kHz) entspricht z. B. eine Simultanquint etwa einer Sukzessivterz. Durch musikalische Schulung paßt sich dann die gleichsam elastische Sukzessivordnung der starren Simultanordnung an.

Die Simultanintervalle sind im wesentlichen durch die Beziehungen der einzelnen Töne aufeinander bestimmt, die Sukzessivintervalle aber noch zusätzlich durch ihre Einordnung in den im Gedächtnis bereit liegenden, gegliederten Tonraum, also durch ihre Beziehung zu anderen, nicht mit-

erklingenden Tönen. Der Tritonus ist im Zusammenklang dissonant wegen der zahlreichen kritischen Überlappungen im Innenohr, in der Aufeinanderfolge ist es die Nähe der Quart und der Quint, die ihn zum diabolus in musica machen.

Damit hängt auch zusammen, daß die „harmonische Kraft“ und die „melodische Kraft“ (HINDEMITH) eines Intervalles verschieden ist. HANDSCHIN bemerkt, daß einstimmige Musik beim Hören mehr innere Aktivität voraussetzt als mehrstimmige. Dies ist verständlich, da die harmonische Qualität vom Hörorgan ohne unser Zutun mitgeliefert wird, während zum Erfassen des rein Melodischen Speicherung und Vergleich, Gedächtnis und Urteil, also zusätzliche psychische Leistung notwendig ist. Eine derartige Einordnung in erlernte Schemen von Akkordcharakteren spielt sicherlich auch bei Simultanklänge eine Rolle.

Auf der psychologischen Ebene erfolgt aber auch die Einordnung in den Ablauf des musikalischen Geschehens. Hier ist der Bereich der „musikalischen Logik“ (RIEMANN), für die der reale sinnliche Klang nur wie ein stenographisches Sigel ist, das je nach dem Zusammenhang verschiedene Bedeutung erhält. Sowie eine gleichlange Strecke vor verschiedenen Hintergründen verschieden lang erscheint, ebenso erscheint vermöge einer akustischen Täuschung ein Ton bestimmter Frequenz vor verschiedener Umgebung verschieden hoch (c, his, deses). „Das Ohr hört, was es zu hören wünscht, auch wenn das akustische Intervall dem nicht genau entspricht“ (EULER, 1739). Ebenso wie wir durch geeignete Führung der Stimmen bei an sich dissonanten Akkorden dazu verhalten werden, unsere Aufmerksamkeit von den durch das Gehörorgan beigegebenen Qualitäten abzulenken, ebenso kann auch ein an sich konsonanter Zusammenklang in bestimmter harmonischer Bedeutung als Dissonanz aufgefaßt werden (Scheinkonsonanz).

Für die europäische Musik ist also das Konsonanzphänomen vielschichtig und fordert demgemäß eine pluralistische Betrachtungsweise. Die Behauptung, daß Schwebungen und Rauigkeit nicht das Wesen der Konsonanz, sondern nur Begleiterscheinungen seien, mag für uns im gewissen Sinn immerhin zutreffen; indessen waren es wohl diese Erscheinungen im mittleren Tonbereich, die zur qualitativen Bewertung der Intervalle führten, wodurch dann in weiterer Folge der zusätzliche psychologische Überbau entstand. Die psychologische Instanz erhält dadurch einen Rang, der weit über dem liegt, den sie gegenwärtig bei der Erklärung der Konsonanzempfindungen beanspruchen darf, sie erweist sich als eine „angeborene Form möglicher Erfahrung“ und als ein notwendiger strukturbestimmender Faktor der Musik. Es ist dabei höchst wichtig, daß man beim Aufbau der Musik nicht nur auf „trial and error“ angewiesen war, sondern daß harmonische Verhältnisse manchmal bereits von der Seite des Schallerzeugers angeboten wurden. Der Grund hierfür liegt in einer gemeinsamen, im Prinzip auch mathematisch erfaßbaren Struktur der Wellenvorgänge im physikalischen

Bereich. Die Auffassung, daß die Obertöne die naturgegebene Urzelle der Tonverhältnisse seien oder daß gar in den einfachen Zahlenverhältnissen das Wesen der Konsonanz beschlossen sei, ist dabei höchstens eine Analogie, die nur mit Vorsicht angewendet werden darf und eigentlich keinen Erklärungswert hat. Das legitime Bindeglied zwischen Mathematik und Musik ist vielmehr die Physik des Gehörorganes.

### 3. Die Temperatur

Teilt man die Oktave in  $m$  gleiche Teile, dann können die Konsonanzen mit Ausnahme der Oktave selbst nur angenähert erreicht werden. Die Grundgleichung eines gleichschwebend temperierten Systems lautet nämlich

$$2^{\frac{n_i}{m}} = \left(\frac{p}{q}\right)_i \cdot \left(1 + \frac{\delta_i}{100}\right)$$

Hierin bedeutet:  $n_i$  eine ganze Zahl, die die Anzahl der Stufen vom Grundton ab angibt,  $1 \leq n_i \leq m-1$ ,  $\left(\frac{p}{q}\right)_i$  die Zahlenverhältnisse für die Konsonanzen (3:2, 4:3 usw.) und  $\delta_i$  die prozentuelle Abweichung der Schwingungszahl vom Sollwert.  $\delta_i$  muß stets von Null verschieden sein,

da  $2^{\frac{n_i}{m}}$  eine Irrationalzahl, d. h. durch Brüche nicht darstellbar ist. Für die Quint in unserer chromatischen Skala lautet die Gleichung

$$2^{\frac{7}{12}} = \frac{3}{2} \left(1 + \frac{\delta_i}{100}\right).$$

Das Problem der Temperatur besteht darin, diese  $\delta_i$  für die musikalisch wichtigsten Konsonanzen möglichst klein zu machen.

Durch zweimaliges Logarithmieren der Temperaturgleichung entsteht

$$\ln \frac{n_i}{m} + \ln \ln 2 = \ln \ln \left[ \left(\frac{p}{q}\right)_i \cdot \left(1 + \frac{\delta_i}{100}\right) \right] \doteq \ln \ln \left(\frac{p}{q}\right)_i - \frac{\delta_i}{100} \ln \left(\frac{q}{p}\right)_i$$

Mit dieser Beziehung ist das Diagramm in Fig. 2 gezeichnet. Der Istwert, d. h. die physikalisch meßbare Frequenz bei temperierter Stimmung ist durch die Schnittpunkte der schrägen Geraden  $n = konst$  mit den vertikalen Geraden  $m = konst$  gegeben. Die Sollwerte, d. h. die naturgegebenen

konsonanten Intervalle entsprechen den horizontalen Geraden  $\frac{p}{q} = konst$ .

Die Distanz zwischen dem Schnittpunkt der horizontalen Geraden mit den vertikalen Geraden und dem Schnittpunkt der schrägen Geraden mit den vertikalen Geraden ist ein Maß für den Fehler  $\delta_i$ . Diese Distanz beträgt

angenähert  $\frac{\delta_i}{100} \ln \left(\frac{p}{q}\right)_i$ . Derselbe Fehler wird also im unteren Teil des

Diagrammes durch eine größere Strecke dargestellt als im oberen.

Der Quintenfehler, für den das Ohr besonders empfindlich ist, wird klein für  $m = 5, 7, 12, 17, 19, 22$  und  $24$ . Die 5- und 7-Teilungen stellen erste Näherungen des Temperaturproblems dar, die allerdings für unsere harmonische Musik unbrauchbar sind, da die Terzen entweder überhaupt nicht (Fünfteilung) oder nur so mangelhaft dargestellt sind, daß zwischen Groß- und Kleinterz nicht unterschieden werden kann (Siebenteilung).

Die Zwölfteilung ist das erste Optimum für die harmonische Musik, obwohl sie mit größeren Terzenfehlern behaftet ist, was bekanntlich den Unterschied zwischen Dur- und Mollakkorden herabsetzt. Die Teilung der Oktave in 17 Teile ist bei Quint und Quart befriedigend, jedoch infolge der großen Terzenfehler unbrauchbar.

Die 19-stufige Teilung blieb zwar auf die Theorie beschränkt, sie hätte aber gegenüber der seinerzeit von HÁBA erprobten Teilung in 24 Stufen einen Vorteil: die Vierteltonmusik weist nämlich den Hörer auf die altvertraute Zwölfordnung hin, von der auf aufgefaßt die Viertelöne nur Intonationsrückung oder Vermehrung der Dissonanzen bringen (MOSER); die 19-stufige Leiter führt aber, da mit Ausnahme der Oktave kein Intervall dieser Leiter den bisher verwendeten Intervallen entspricht, in eine neue Klangwelt, die nicht so sehr den Vergleich mit dem Bekannten herausfordert.

Die Teilung in 22 Stufen, die aus der indischen Musik bekannt ist, sowie die Annäherung an die 5- und 7-Teilung, wie sie in Java und Siam vorkommt, dürfen vielleicht als ein Beweis dafür angesehen werden, daß einige Lösungen der Temperaturgleichung zumindest angenähert auch auf empirischem Weg gefunden werden können. Die linke Seite der Gleichung entspricht hierbei dem psychologischen Vermögen der Gleichteilung, die rechte Seite der physiologischen Instanz. Vor kurzem wurde auf rein experimentellem Weg sogar die 19-stufige Temperatur abgeleitet (HARRIS).

Daß sich die Zwölfteilung durchgesetzt hat, ist letztlich eine Folge der physiologischen Instanz. Wäre infolge eines andersartigen Aufbaues unseres Gehörorganes der Unterschied zwischen Konsonanz und Dissonanz herabgesetzt, sodaß auch größere Abweichungen des Istwertes vom Sollwert nicht als störend empfunden werden würden, dann würde die Siebenteilung auch bei harmonischer Musik ausreichen. Wegen dieses Qualitätsnivelements wäre die mögliche Spannweite des harmonischen Gefalles (HINDEMITH) geringer und die Musik entsprechend reizloser.

In Verfolgung dieses Gedankens könnte man schließen, daß jede Temperatur mit höherer Stufenzahl (z. B. 19) die musikalischen Möglichkeiten erweitern müßte. Dies ist aber nicht ohneweiteres der Fall. Bei der 19-stufigen Teilung ist zwar der Fehler bei der großen Terz nur halb so groß, der Quintenfehler jedoch dreieinhalbmal so groß wie bei der Zwölfteilung. Die 19-Teilung würde daher, ebenso wie die Teilung in 24 und 36 Teile, in erster Linie nur die Anzahl der möglichen dissonanten Akkorde vergrößern, ohne die Reinheit der konsonanten Akkorde wesentlich zu fördern.

Wäre unser Gehör gegenüber Frequenzabweichungen bei harmonischen Intervallen noch empfindlicher, dann würde dies viel höhere Stufenzahlen (etwa  $m = 53$ ) erfordern, die für die praktische Ausübung der Musik wohl unbrauchbar sind.

Wiederum ist es also die physiologische Instanz, die aus den theoretisch unendlich vielen Lösungen der Temperaturgleichung mittels des Kriteriums der gerade noch zulässigen Abweichungen zwischen Istwert und Sollwert eine bestimmte Lösung aussondert. Diese zulässigen Abweichungen sind gegeben durch jenen Frequenzabstand, bei dem die aus den Überlappungsbereichen abzuleitenden Erscheinungen das Klangbild noch nicht so nachteilig beeinflussen, daß eine Umdeutung auf den Sollwert nicht mehr möglich ist. Die erste, für harmonische Musik taugliche Lösung erweist sich dabei gleichzeitig als die letzte praktisch brauchbare Lösung.

#### 4. Zur Atonalität

Der Höhepunkt der harmonischen Musik scheint heute überschritten zu sein. Man könnte es auch so formulieren, daß die physiologische Instanz ihre dominierende Rolle eingebüßt und vielleicht den Platz für andere Instanzen freigemacht hat. In der Tat kann das Dogma der Atonalität von der Gleichberechtigung aller 12 Töne an das Vermögen zur Teilung eines Intervalles in gleiche Teile anknüpfen, das in früheren Entwicklungsstadien der Musik bereits eine gewisse Rolle gespielt hat. Auch die allererste Mehrstimmigkeit war bei reiner Distanzmelodik frei von tonaler Bindung und nahm auf die Qualität des Zusammenklanges keine Rücksicht (SCHNEIDER). „So bringt das Ende wieder, was am Anfang war“. Übrigens zeigen auch die bildenden Künste etwa um dieselbe Zeit, in der die Atonalität aufkam, Anklänge an die Anfänge der Kunst.

Zwischen dem Anfang der Entwicklung und unserer Zeit ist aber die rangstiftende Funktion des Gehörs zur vollen Entfaltung gekommen, sodaß die Atonalität die vorgegebene Rangordnung nur in der Theorie überspringen kann. Treffend sagt PFROGNER: „Eines steht jedenfalls fest: daß es kein adäquates Hören eines abstrakten Tonwerkes gibt. Denn läßt die musikalische Wirklichkeit sich auch beim Komponieren eines atonalen Musikstückes zurückstauen, im Augenblick des Erklingens bricht sie unaufhaltsam in das Werk hinein . . . Freilich kann in diesem Falle die musikalische Wirklichkeit nur sehr verzerrt durchkommen, denn es läßt sich nicht ungeschehen machen, daß die konkreten Tonwerte“ — der Umstand, daß ein Ton stets eine Rangstufe verkörpert — „negiert worden waren, umgekehrt vermag wiederum das atonale Tonwerk, die abstrakt-temperierten Voraussetzungen“ — die Verabsolutierung des Distanzprinzips — „unter denen es entstand, dem unvoreingenommenen Hörer nicht aufzunötigen, es bleibt dagegen machtlos, daß es zwar ein abstrakt temperiertes Komponieren, nicht aber ein entsprechend abstrakt temperiertes Hören gibt.“

In Fig. 2 ist die den naturgegebenen Intervallen entsprechende „musikalische Wirklichkeit“ durch die horizontalen Linien  $\frac{p}{q} = konst$  repräsentiert, während das „abstrakt-temperierte“ System durch die Schnittpunkte der schrägen Geraden  $n = konst$  mit den senkrechten Geraden  $m = konst$  (im besonderen  $m = 12$ ) dargestellt wird. Tonale Musik im Rahmen der Enharmonik bedeutet: durch die Istwerte auf die den Sollwerten entsprechende Ordnung hinweisen. Atonale Musik bedeutet: die durch die horizontalen Linien in Fig. 2 repräsentierte Ordnung eliminieren und die Istwerte als Sollwerte anerkennen.

Dieser Elimination stellen sich aber zwei Hindernisse entgegen, nämlich ein psychologisches — das latente tonale Schema im Gedächtnis — und ein psychologisches — die beim Zusammenklang entstehenden Qualitätsunterschiede. Durch besondere Maßnahmen der Kompositionstechnik, etwa durch Bevorzugung von Sekunden, Septimen und Nonen, können bekanntlich diese Hindernisse zurückgedrängt werden. Hier sollen aber mehr die psychologischen und physiologischen Aspekte betrachtet werden.

WELLEK hat mit Hilfe statistisch-experimenteller Methoden zwei Typen der Musikbegabung festgestellt, nämlich einen *linearen*, der sich vorwiegend an der Distanz und einen *polaren*, der sich vorwiegend an der Qualität orientiert. Diese Typen unterscheiden sich also in der Richtung der Aufmerksamkeit beim Erleben der Musik. Dementsprechend ist die physiologische „Zugabe“ und das tonale Schema im Gedächtnis für den linearen Typ von geringerer Bedeutung als für den polaren, während umgekehrt alle Distanzerlebnisse beim linearen Typ viel stärker sind. Diese Typen weisen einen Zusammenhang mit Körperbau und Charakter auf: lineares Hören findet sich beim Schizothymen, polares beim Zyklithymen. Nicht jedem dieser Typen ist eine zusätzliche, bewußte Konzentration der Aufmerksamkeit auf die Distanz bei gleichzeitigem Weghören von den übrigen, tonalitätsbildenden Faktoren gleich gut möglich. Zu einer derartigen Leistung disponiert offenbar der schizothyme Charakter mit seiner Spaltungsfähigkeit, d. i. „die Fähigkeit zur Bildung getrennter Teilintentionen innerhalb eines Bewußtseinsablaufes“ (KRETSCHMER). SCHÖNBERG stellt geradezu ein Musterbeispiel für den schizothymen Typ dar.

Größere Schwierigkeiten wird die Atonalität dem Zyklithymen bereiten, dessen geringe Spaltbarkeit mehr zu einer synthetischen, ganzheitlichen Auffassung des musikalischen Geschehens drängt, jener Typ, der unter den Musikantennaturen oft vertreten ist. Auch der „Integrierte“ im Sinne der Charakterologie von E. JAENSCH wird sich schwerer auf atonale Musik einstellen können als der „Desintegrierte“.

Je weniger tonalitätsgebunden die Musik ist, die eine Person im Laufe des Lebens hört, desto langsamer wird sich das tonale Schema im Gedächtnis ausbilden. Aber selbst dann, wenn man einer idealen Versuchsperson nur

atonale Musik zuführen würde, müßte sie, wenn sie ihre Aufmerksamkeit auf die Unterschiede im Zusammenklang lenkt, wiederum zu einem Empfinden für den Intervallrang kommen. Es ist also das Gehörorgan, das eine völlige Entleerung des musikalischen Gedächtnisses von einer Rangordnung unmöglich macht und andererseits bei tonaler Musik diese Ordnung immer wieder bestätigt und festigt.

Könnte man aber dieser idealen Versuchsperson atonale Musik unter Umgehung des Gehörorganes anbieten, etwa durch direktes Einspeisen in das Zentralorgan, dann wären die letzten Hindernisse der Atonalität beseitigt. Ein buchstäblich aufzufassendes Beispiel für die Tendenz zur „Zerebralisierung“ in der modernen Musik!

Aber auch bei normaler Darbietung lassen sich Maßnahmen angeben, die die rangstiftende Funktion des Gehörorganes zumindest teilweise außer Kraft setzen und damit die von der Atonalität theoretisch geforderte Gleichsetzung von Konsonanz und Dissonanz bei Simultanklängen auch praktisch erreichen.

Völlig umgehen ließen sich die kritischen Überlappungen bei Beschränkung auf Einstimmigkeit; aber auch bei mehrstimmiger Musik kann durch obertonarme Instrumente bzw. durch Unterdrückung der Obertöne bei der Wiedergabe die Dissonanzschärfe vermindert werden, weil mit abnehmender Stärke und Zahl der Obertöne immer weniger Gelegenheit zur Ausbildung störender Überlappungen vorhanden ist. Einen Schritt weiter würde man durch reine Sinustöne gelangen, die im mittleren Tonbereich praktisch nur bei Sekunden Schärfe zeigen. Auch die Verringerung der Lautstärke muß den Schärfegrad der Dissonanzen herabsetzen. Denn bei abnehmenden Amplituden werden die subjektiven Ober- und Kombinationstöne schwächer und die Überlappungsbereiche sinken immer mehr unter die jeweilige Schwelle der Wahrnehmung. Ferner würden bei gleichzeitiger Darbietung eines weißen Rauschens (ein Geräusch, dessen Frequenzen den ganzen Hörbereich stetig und gleichmäßig erfüllen) Ober- und Kombinationstöne infolge der Tonverdeckung unhörbar werden, so daß obertonreiche Klänge mit Sinustönen in Bezug auf die Rauigkeit äquivalent wären. Dieses weiße Rauschen würde sich wahrscheinlich auch auf der psychologischen Ebene auswirken. Paradoxerweise könnte man nämlich das weiße Rauschen als die Tonika der Atonalität bezeichnen. Der tonale Bezugspunkt wird ersetzt durch eine ungegliederte Strecke, auf der jede *polare* Orientierung unmöglich ist.

Es könnten auch Ausschnitte aus dem „weißen Rauschen“, also „farbiges Rauschen“ als Tonmaterial verwendet werden. Der jeweilige Schwerpunkt dieser Ausschnitte müßte in der Frequenz eines der 12 Töne der Oktave zusammenfallen. Bei entsprechender Wahl der Breite dieser Ausschnitte wäre die Entscheidung, ob die Schwerpunkte zweier simultan ertönender Ausschnitte eine Konsonanz ergeben oder nicht, unmöglich, da die Schwin-

gungsform der Basilmembran gegenüber Sinustönen gänzlich geändert ist, so daß das Innenohr für die Qualität des Zusammenklanges keinen Beitrag liefern kann. Wahrscheinlich würde auch das Zentralorgan bei genügender Breite dieser Ausschnitte über die genaue Lage des Schwerpunktes im Unklaren bleiben, so daß die Einordnung in das tonale Schema erschwert und damit auch die psychologischen Hindernisse für ein adäquates Hören teilweise beseitigt werden.

Während das Konsonanzprinzip auf die diatonische Leiter führt, die als ein Rangsystem von sich aus bereits formbildend wirkt (vgl. die Bedeutung der Kadenz in der Formenlehre), läßt sich aus dem Gleichteilungsprinzip nicht einmal eine Tonleiter deduzieren. Entfernt man in Fig. 2 die horizontalen Geraden, dann sind weder die Endpunkte des zu teilenden Intervalles, noch auch die Anzahl der Schritte gegeben. Ohne Konsonanz wäre nämlich die Oktave eine Distanz wie jede andere; daß sie sich vor anderen Distanzen auszeichnet, kann nur durch das Ohr erkannt oder erlernt werden. Zwölftteilung und Oktave in der atonalen Musik beruhen also auf Voraussetzungen, die gerade von der atonalen Musik geleugnet werden.

Für die Zwölf spricht außer dem Umstand, daß sich die atonale Musik natürlich der vorhandenen Instrumente bedienen muß, lediglich der Vorteil des Duodezimalsystems, die größtmögliche Anzahl symmetrischer Unterteilungen zu gestatten ( $2 \cdot 6, 3 \cdot 4, 6 \cdot 2$ ).

Man kann jedoch fragen, ob die Übernahme der 12 chromatischen Töne zweckmäßig ist. Die unerwünschte Umdeutung der atonalen Distanz zu einem tonalen Intervall wird nur dadurch möglich, daß Ist- und Sollwerte in unserer chromatischen Skala so nahe beieinanderliegen. Man könnte daher das Temperaturproblem umkehren und die Distanzen so wählen, daß diese Umdeutung nicht oder nur mit Anstrengung vorgenommen werden kann.

Hiezu bieten sich mehrere Wege. In der Temperaturgleichung

$$2^{\frac{n_i}{m}} = \left(\frac{p}{q}\right)_i \cdot \left(1 + \frac{\delta_i}{100}\right)$$

könnte  $m$  so bestimmt werden, daß die  $\delta_i$ , insbesondere für die wichtigsten Intervalle, möglichst groß werden. Fig. 2 zeigt, daß mit Ausnahme der kleinen Sext für  $m = 9$  die Grundintervalle ziemlich gleichmäßig vermieden werden. Die Teilung  $m = 14$  ergibt zwar geringere Quint-, aber große Terzabweichungen usw.

Man könnte aber auch anstelle der Oktave ein Grundintervall  $C$  bei festgehaltener Stufenzahl  $m = 12$  so bestimmen, daß die Maximalbedingung

für die  $\delta_i$  erfüllt ist. Mit  $C = 2^{\frac{1}{a}}$  erhält man

$$m^* = am,$$

$$2^{\frac{n_i}{m^*}} = \left(\frac{p}{q}\right)_i \cdot \left(1 + \frac{\delta_i}{100}\right).$$

Dieser Weg empfiehlt sich dann, wenn man die Vorteile der Duodezimalteilung beibehalten will. Für diesen Fall ist im Diagramm die fiktive Stufenzahl  $m^*$  anstelle von  $m$  auf der Abszissenachse abzulesen, während das

Grundintervall  $C = 2^{\frac{1}{a}}$  durch die Gerade  $n = m = 12$  dargestellt wird. Die Bedingung möglichst großer Fehler für alle konsonanten Intervalle ist nicht leicht zu erfüllen; immerhin sind beispielsweise für  $m^* = 10.6$  und  $m^* = 12.8$  die Fehler einigermaßen gleichmäßig verteilt. Für eine genauere Betrachtung wären allerdings auch die über die Oktave hinausgehenden Intervalle zu berücksichtigen. Endlich lassen sich beide Varianten vereinigen, indem man ein von der Oktave verschiedenes Grundintervall mit weniger oder mehr als 12 Stufen verwendet.

Durch diese Maßnahmen würde sich die atonale Musik denselben Vorteil sichern, den eine Musik mit 19 Stufen gegenüber einer mit 24 Stufen pro Oktave hätte. Die Verwendung völlig neuen Tonmaterials würde nämlich einen Vergleich mit dem Bekannten unterbinden und die innere Logik des Systems auch beim Hören deutlicher hervortreten lassen. Allerdings würden auch dann noch geringere Unterschiede in der Qualität des Zusammenklanges zurückbleiben, die zusätzlich durch die oben angegebenen Maßnahmen ausgeschaltet werden könnten.

Der praktische Wert dieser Gedanken bleibe dahingestellt. Indessen dienen sie hier auch nur dazu, in der Art eines Gedankenexperimentes die Problemlage der Atonalität zu erhellen. Diese Problematik rührt eben davon her, daß die Voraussetzungen der Musik nicht zur Gänze bloß Konvention sind, sondern sogar in einem erheblichen Maße durch unsere Natur, und zwar durch unser Gehörorgan, bedingt sind.

## Literatur

- K. Albert, Die Schwebung 15 : 16 im Innenohr nach Ort und Zeit, *Z. Biol.* 104 (1951), S. 391.
- G. von Békésy, Über akustische Rauigkeit, *Z. techn. Physik* 16 (1935), S. 276.
- G. von Békésy, Sensations of the Skin similar to directional Hearing, Beats and Harmonics of the Ear, *Journ. Acoust. Soc. Am.* 29 (1957), p. 489.
- R. Feldtkeller und E. Zwicker, Das Ohr als Nachrichtenempfänger (Stuttgart 1956).
- H. Geiger und K. Scheel (Hrsg.), Handbuch der Physik, Bd. VIII (Berlin 1927), darin: E. M. von Hornbostel, Musikalische Tonsysteme.
- J. Handschin, Der Toncharakter (Zürich 1948).
- J. Harris, On Progressions of equal appearing Pitch Intervals, *Progr. 46. Meeting Acoust. Soc. Am.*, 1953.
- H. von Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, 6. Ausg. (Braunschweig 1913).
- F. Herzberg, *Musica Nova* (Berlin 1954).
- P. Hindemith, Unterweisung im Tonsatz (Mainz 1937).
- H. Husmann, Vom Wesen der Konsonanz (Heidelberg 1953).
- R. Husson, Etude des conditionnements acoustiques, physiologiques et psychophysologiques de l'esthétique musicale, *Annales de Télécommunications* 8 (1953).
- T. Kornerup, Acoustic Evaluation of Intervals (Copenhagen 1938).
- H. J. Moser, Musikästhetik (Berlin 1953).
- H. Pfrogner, Die Zwölfordnung der Töne (Zürich, Leipzig, Wien 1953).
- O. F. Ranke und H. Lullies, Gehör, Stimme, Sprache (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1953).
- G. Révész, Einführung in die Musikpsychologie (Bern 1946).
- H. Robracher, Kleine Charakterkunde (Wien 1948).
- M. Schneider, Geschichte der Mehrstimmigkeit, *erster Teil* (Berlin 1934).
- E. Skudrzyk, Die Grundlagen der Akustik (Wien 1954).
- S. S. Stevens and H. Davis, Hearing Its Psychology and Physiology (New York 1938).
- C. Stumpf, Die Anfänge der Musik (Leipzig 1911).
- C. Stumpf und E. M. von Hornbostel (Hrsg.), Abhandlungen zur vergleichenden Musikwissenschaft (München 1922).
- A. Wellek, Das absolute Gehör und seine Typen (Leipzig 1938).
- A. Wellek, Typologie der Musikbegabung im deutschen Volke (München 1939).
- F. Winckel, Klangstruktur der Musik (Berlin 1955).

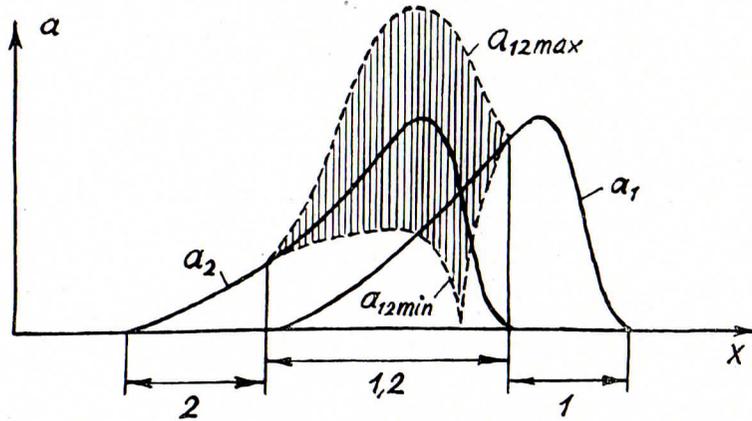


Abb. 1 Maximalausschläge der Trennwand des Innenohres bei Erregung mit zwei Sinustönen verschiedener Frequenz.  
 Fig. 1 Maximum displacement of the inner ear's dividing wall excited by two pure tones.

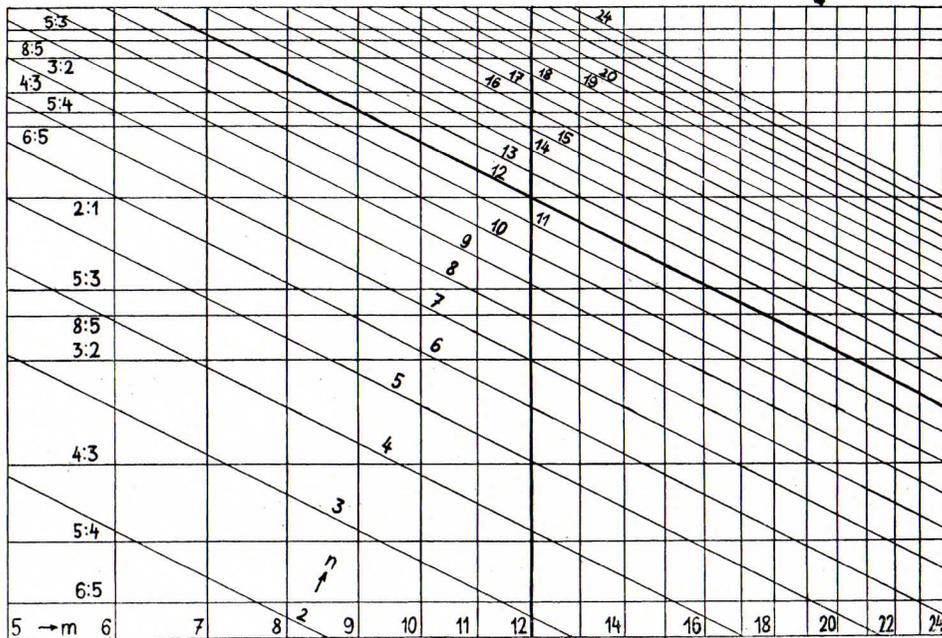


Abb. 2 Teilung der Oktave  $m$  in gleiche Teile.  
 Fig. 2 Division of the Octave in to  $m$  equal parts.

# The Ear's Part in the Structure of Music

by

KURT SCHÜGERL

## Summary

Experiments prove that the ear itself produces the characteristic interval quality of simultaneous sounds; it also plays an important part in the psychological factors entering into an evaluation of successive sounds. The ear's constructive function is seen even in the choice of tempered systems. Atonal music can be considered as an attempt to evade this function.

## 1. The Simultaneous Concord

Physiological and psychological factors participate in various ways in bringing about the sensation of consonance, depending on whether the two tones of the interval are heard simultaneously or consecutively. In the consecutive interval the ear acts essentially as transmitting medium, in the simultaneous interval, however, it adds its own contribution as the decisive factor for the interval's colour. In an experiment to prove this, one tone of a pure tone interval is presented to the left ear through one headphone and the other to the right ear: the harshness of discord disappears and the interval is no longer recognisable (HUSSON, HUSMANN). The intensity of the tones must however be sufficiently low to bring the bone conduction between the ears below the hearing threshold.

Repeating this test with impure tones, HUSMANN found that simple intervals were now recognisable qualitatively although still not quantitatively. While it might be possible to explain this result by bone conduction, HUSMANN states that the nerves leading from both ears to the central organ are connected together at a certain point so that each cerebral hemisphere is connected to each inner ear in the same way. When the stimuli due to the two sounds meet at this junction, the sense of hearing becomes orientated by the first harmonics which coincide here.

Now if the interval is equally presented to each ear as in normal listening, the stimuli coming from both ears are — apart from the influence of directional hearing — the same, so that the harmonics reaching the junction from left and right are the same for all intervals. Hence HUSMANN'S mechanism of the sensation of consonance can apply only to the laboratory test described above.

In normal listening, a pure tone interval of less than about a second produces the well known phenomena of beats and harshness. A comparison with the experiment of listening with separate ears necessarily shows that these phenomena must arise before the junction of the left and right nerve fibres. Because in impure tone intervals the same relationships as between

the fundamentals exist between the harmonics and between their combination tones, it follows that interval harshness must find its origin in the middle and inner ear and the subsequent nerves. It will be useful to give the vibrations in the inner ear closer consideration.

The working of the inner ear can best be illustrated by a piece of elastic tube filled with liquid. The tube wall's natural frequency diminishes evenly from the end which receives the sound energy via the middle ear's stirrup to the other end. Under the influence of a pure tone waves start in the liquid and on the wall of the tube. In Fig. 1, the  $x$  coordinate represents the length of the tube (the basilar membrane of the inner ear); at the stirrup  $x = 0$ . The curve  $a_1$  represents the wall's maximum displacement caused by the frequency  $f_1$ . At the stirrup the wall's natural frequency is much higher, and at the opposite end much lower than  $f_1$ . As the amplitude of vibrations in an elastic body increases as the exciting frequency approaches the body's natural frequency, the amplitude of the tube wall grows with the distance away from the stirrup. At the same time the loss of energy due to damping increases, so that the amplitude decreases again towards the right end of Fig. 1, after having reached a maximum. At the point where the wall's natural frequency is equal to the exciting frequency the amplitude has already practically reached zero. The higher the exciting frequency, the nearer to the stirrup is the maximum of the wall's amplitude.

The curves of Fig. 1, measured on a corpse, can be derived with good approximation from linear differential equations whose solutions can be superimposed. Hence Fig. 1 allows us also to study the behaviour of the basilar membrane under the influence of two pure tones. The curves  $a_1$  and  $a_2$ , representing the maximum amplitude of the basilar membrane due to the frequencies  $f_1$  and  $f_2$  respectively, have an overlapping range which is the greater, the closer the frequencies are together. The interval shown in Fig. 1 is about an octave, the distance on the basilar membrane between the two maxima then being about  $1/8 - 3/16''$ . In the ranges 1 and 2 the wall vibrates with the frequencies  $f_1$  and  $f_2$  respectively, and in the overlapping region 1,2 the maximum displacement itself oscillates between its maximum  $a_{1,2 \text{ max}}$  and its minimum  $a_{1,2 \text{ min}}$  at the difference frequency  $f_1 - f_2$ . When the two tones are presented separately to each ear the curve  $a_1$  would be produced in one ear and the curve  $a_2$  in the other, so that the complicated process in the overlapping region 1,2 could not take place.

If the frequency difference between the two tones increases from zero, the curves  $a_1$  and  $a_2$ , first coinciding, grow further apart; the first sensation is a modulation of intensity, merging into a modulation of frequency similar to a vibrato, followed by a stage of harshness reaching its maximum, according to BÉKÉSY, with a frequency difference of about 50 — 60 c/s and which becomes inaudible only at about 200 c/s. Under the assumption

that it is the maximum of the curve of Fig. 1 which is decisive for the sensation, an increase and decrease of this maximum with  $x$  constant corresponds to an amplitude modulation while frequency modulation comes about through a constant maximum oscillating along the  $x$  axis.

The fact that these phenomena occur only at small intervals does not yet justify the conclusion that the overlapping region, which is still very evident for intervals greater than a double octave, has nothing to do with the sensation of consonance. The overlap of vibrations leads to a masking of the higher tone by the lower, i. e. the high tone is not heard at all below a certain minimum intensity. Simultaneous quality, then, depends, among other things, also on the intensity of the individual sounds.

All these phenomena occur in musical sounds between the objective harmonics and the subjective overtones and combination tones. Where and how these subjective tones come about has not yet been explained, but it is certain that they are of great importance to the sensation of consonance at greater intensities.

The ear, then, imposes its own qualitative component on tones differentiated at first only quantitatively, so that the sound image becomes blurred to greater or lesser degree. This blurring in the critical overlapping region begins with fast beats, from about 6 — 7 c/s, which are interpreted as an intermittent pulse sequence and then merge into harshness. In the case of dissonance, large sections of the basilar membrane are covered by such critical regions, and with increasing consonance this blurring increasingly recedes until a nearly pure sound image is obtained with the best concords.

Such qualitative admixture varying with the arithmetical relationships of the physical stimulus is unknown in optics, where an evaluation of colour composition depends more on psychological factors. Fixed numbers in painting are only a guide to the mean aesthetic evaluation, while in music they indicate definite optima in a physiological function.

## 2. The Consecutive Concord

This contribution of the ear is lacking when the two tones are not simultaneous. For an explanation of the quality of consecutive intervals we must consider musical ethnology and history.

STUMPF is able to derive the consecutive concord from the simultaneous ohne. In polyphony, which occurs already at the most primitive stages in the form of nonharmonic melodics, it can be observed that the harmonically most useful intervals are also used with preference in the melody, acting here as a framework. This explanation is particularly plausible if the harmonic intervals change during the course of the piece, as in bourdon or imitation but not in parallels.

It is hard to decide whether this explains the consecutive concord adequately; in any case, even the unaccompanied unison songs of primitive peoples are not entirely irregular: these melodies show a preference for fifths and fourths, and more rarely octaves. There might be a plausible explanation for this too: the vocal pitch mechanism might work together with the hearing mechanism for the preference of certain simple relationships.

Fixed tones, definite intervals and tonal systems became possible only with instruments. Numerous factors contribute to their tuning, some of them leading to a harmonic division of intervals: overblowing of some wind instruments gives the harmonic series; juggling of numbers leads to a simple division of strings, etc.

Other factors again work against the formation of consonant intervals. Consecutive distances can be estimated pretty accurately, so that a given step can be easily divided into equal parts. This is why, in singing, several steps in the same direction show a tendency to approach one another in size. In an experiment, the persons with the least experience of harmonic intervals gave the most nearly equal divisions; this capacity evidently is given the freest run, the less harmonic ballast a musical culture carries with it.

Certain principles can also lead to non-harmonic interval division in instruments: divisions of equal length produce finger holes with constantly increasing intervals, and attempts at compensation of such paradoxes by the insertion of intermediate tones are just an unnecessary complication, etc.

Every such system reacts on the subjective impression of consecutive quality: intervals are regarded as in or out of tune depending on whether they fit in with the system that has been learned; the harmonic intervals given by nature can be obscured by the tradition of learned intervals (HUSMANN).

Differences between numerous musical systems are not very important as long as they remain in unison or restrict themselves to parallels, and even in polyphony as long as only distances are considered. But the various systems had to converge more and more as soon as the differences in simultaneous quality were considered and consciously made use of. The unfounded systems in frequent contradiction were replaced by the ear's very exact control of simultaneous sounds; the ear's own sense of order replaced the variety of instrumental orders as soon as the ear's qualitative contribution was taken notice of.

This diatonic music, which we hear from childhood, stores in our memory a certain order in the world of sound, an extract of each individual musical experience as it were, a standard of comparison for every interval sequence. It becomes evident that consecutive quality, contrary to simultaneous quality, is evaluated psychologically.

The sense of order does in fact work differently for simultaneous and consecutive intervals: for example, under certain conditions it is possible to perceive frequencies of 168 and 300 c/s as an octave when heard consecutively but as a discord when heard simultaneously. In accordance with its physiological, and therefore after all physical, origin, the simultaneous concord is determined by the objective frequency ratio, while a subjective ratio is attributed to the consecutive concord, this subjective relationship being only approximately logarithmic. In the upper register (about 2 Kc/s) a simultaneous fifth for example sounds much like a consecutive third. Musical training adapts the more elastic sense of consecutive order to the rigid sense of simultaneous order.

Simultaneous intervals are essentially determined by their tonal relationships; in the case of consecutive intervals, their positioning in the world of sound waiting preorganised in our memory — in other words their relationship to other tones not actually heard — play an additional part. The simultaneous tritone is discordant because of all the critical regions of overlap in the inner ear, but in succession it is its proximity to the fourth and fifth which let it play the musical devil.

Relevant also to all this is the fact that the "harmonic force" and the "melodic force" (HINDEMITH) of an interval are different. HANDSCHIN has observed that unison demands more active participation from the listener than polyphony. This is understandable, since harmonic quality is delivered free by the ear, while memory, comparison and judgment — additional mental effort — are required for an appreciation of melody. Such organisation within learned schemes of chord types surely plays a part also in simultaneous sounds.

A whole succession of musical events is also organised psychologically. This is the subject of "musical logic" (RIEMANN) to which the actual material sound means no more than a grammalogue in shorthand, to be given various interpretations depending on the context. Just as a given length seems changed when seen with various backgrounds, so does a given frequency appear to have different pitches in different surroundings (C, B sharp, D double flat). Already in 1739 EULER wrote: "The ear hears what it wants to hear, even if the acoustic interval does not exactly correspond." Just as suitable voice leading can divert our attention from the ear's contribution to chords dissonant in themselves, just so can an in itself consonant chord in a certain harmonic environment be conceived as discordant.

The phenomenon of consonance in European music then is many-sided, demanding a correspondingly many-sided approach. The statement that beats and harshness are not the essence of, but accessories to, consonance, may apply in a certain sense; even so, it was no doubt these phenomena, about the middle register, which first provided the motive for a qualitative classification of intervals, which in turn led to the psychological super-

structure. The physiological side is thus seen to be of a stature far above its due by the usual explanation of consonance — it turns out to be an “inborn form of potential experience” and as a necessary formative factor in music. It is most important here that trial and error was not the only way of progress in music but that harmonic relationships sometimes were provided by instruments. The reason for this is that wave mechanics are the same in physics and in physiology. The concepts that the harmonic series is the nature-given basis of tonal relationships or even that the being of consonance is summed up in simple numerical relationships are at best analogies to be used with caution and of no real explanative value. The legitimate liaison between mathematics and music is to be looked for in the physics of the ear.

### 3. Temperament

If the octave is divided into  $m$  equal parts, the concords can only be approximated, with the obvious exception of the octave itself. The basic equation of tempered systems is

$$2^{\frac{n}{m}} = \left(\frac{p}{q}\right)_n \left(1 + \frac{\delta_n}{100}\right)$$

where  $m$  = the number of divisions of the octave,  
 $n$  = the particular degree above the tonic on the scale under consideration, and  $1 \leq n \leq m-1$ ,

$\left(\frac{p}{q}\right)_n$  = the numerical ratio of the concord (if any) at  $n$  (e. g.  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{4}{3}$ , etc.),

and  $\delta_n$  = the percentage deviation of the actual interval ratio from the consonant ratio  $\left(\frac{p}{q}\right)_n$ .

Now  $2^{\frac{n}{m}}$  is a surd and cannot be expressed as a fraction,

$$\therefore \delta_n \neq 0$$

As an example, the fifth in the 12 tone scale is expressed by the equation as

$$2^{\frac{7}{12}} = \frac{3}{2} \left(1 + \frac{\delta_7}{100}\right).$$

The problem of temperament is to make  $\delta_n$  as small as possible for the important concords.

When the logarithm of the equation is taken twice, we get

$$\ln \frac{n}{m} + \ln \ln 2 = \ln \ln \left[ \left(\frac{p}{q}\right)_n \left(1 + \frac{\delta_n}{100}\right) \right] \doteq \ln \ln \left(\frac{p}{q}\right)_n - \frac{\delta_n}{100} \ln \left(\frac{q}{p}\right)_n$$

This is the equation from which Fig. 2 was drawn: for any desired tempered scale of  $m$  degrees, represented by the vertical lines of  $m$  constant, the actual degree of the scale in equal temperament,  $n$ , is given by the

intersection with the slanting lines of  $n$  constant, while the desirable value for consonance is shown on the same scale by its intersection with the horizontal lines of  $\frac{p}{q}$  constant. The distance along the vertical line between the intersection with the slanting line (actual value) and the intersection between the horizontal line (required value) is a measure for the error  $\delta_n$ , the actual distance being approximately equal to

$$\frac{\delta_n}{100} \ln \left(\frac{p}{q}\right)_n,$$

so that the same error is represented by a greater distance in the lower part of the diagram than in the upper.

The error in the fifth, to which the ear is particularly sensitive, is small for  $m = 5, 7, 12, 17, 19, 22$  and  $24$ . Of these, the divisions of 5 and 7 are the simplest approximations to the problem of temperament, but these are useless to harmonic music, for there are no thirds at all in the 5-scale, while in the scale of 7 they are so poorly represented as to make no difference between the major and minor third.

The 12 tone scale is the first optimum for harmonic music although containing fairly large errors in the thirds so as to reduce the difference between major and minor chords. The 17 tone scale gives good fifths (and therefore fourths) but the thirds error is too large for use.

The 19 tone scale has not been tried in practice although it has a great advantage over the 24 tone scale which was once tried out by HABA: quarter-tone music reminds the listener too much of the familiar 12 tone order, into which they bring but a shift in the intonation and a multiplication of discord (MOSER); the division of 19 however contains no familiar interval except the octave, so as to lead us into a new world of sound entirely.

The 22 tone scale, used in Indian music, and the divisions of 5 and 7, known in Java and Siam, might be regarded as evidence that some solutions to the equation of temperament can be arrived at empirically. The left hand side of the equation represents here the psychological capacity for equal division of intervals and the right hand side the physiological requirements of the ear. Recently the 19 tone scale even was arrived at by pure experiment (HARRIS).

The fact that the 12 tone scale has stood the test of time is really due to the physiological moment. If our hearing was constructed differently, so as to make the errors in the consonant intervals less disturbing, we would find that a division of the octave into 7 parts would do also for harmonic music, although the range of harmonic tension (HINDEMITH), because of this levelling-off of quality, would be narrower and the music correspondingly insipid.

A continuation of this train of thought would tend to the conclusion that any temperament with a greater number of divisions (e. g. 19) would broaden the musical scope. But this is not so: while the error in the major third of the 19 tone scale is only half, the error in its fifth is  $3\frac{1}{2}$  times that in the 12 tone scale. The division of the octave into 19, just as that into 24 or 36 parts, would therefore primarily increase the number of possible discords without bringing any benefit to the purity of the concords. If our hearing were even more sensitive we would need many more steps to the octave, e. g. 53, which would be of no use to the practice of music as we know it.

Again it is the physiological moment which sifts one practical solution out of the infinite number of possible solutions to the equation of temperament, using the criteria of just permissible deviations. These are given by that frequency difference which just fails to have such a detrimental effect on the regions of overlap in the inner ear as to make an interpretation of consonance impossible; and the first solution fit for harmonic use turns out at the same time to be the last solution fit for practical use.

#### 4. On Atonality

It would seem to day that harmonic music has passed its climax. Another way of saying this is that the physiological moment has abdicated from its dominating position, making room perhaps for other moments. Atonality's dogma of the equality of all the 12 tones does in fact connect onto the capacity for equal interval subdivision which played its part already in earlier stages of musical development. The very first polyphony, too, was as pure distance melody free of all tonal ties, entirely disregarding harmonic quality (SCHNEIDER), so that we have a clear case of history repeating itself. In the plastic arts too, reminiscences of their beginnings arose about the same time as atonality.

But since the beginning, the ear's sense of order has reached full development, so that atonality can disregard the fact of this sense of order in theory only. PFROGNER aptly says: "One thing at any rate is definite: there is no such thing as adequate listening to an abstract musical work. For even if musical reality can be dammed up during the composition of an atonal piece, at the moment of its sounding it breaks loose irresistible. . . Naturally only a very distorted musical reality can come through in such a case, for the fact that the concrete tonal values" — that every tone has its rank in the order — "were negated cannot be undone; again the atonal work is powerless to force the abstractly tempered relationships," — the distance principle made absolute — "by which it came into being, upon the listener; it can do nothing about the fact that although there is abstractly tempered composition, there is no equivalent abstractly tempered listening".

In Fig. 2, musical reality, corresponding to the nature-given intervals, is represented by the horizontal lines of  $\frac{p}{q}$  constant, while the "abstractly tempered" system is shown by the intersection of the slanting lines of  $n$  constant with the vertical lines of  $m$  constant, especially when  $m = 12$ . Tonal music, where enharmonics exist, means: to allow the order existing among the required values to indicate each actual value its rank. Atonal music means: to eliminate the required values altogether and accept the actual values as required values.

Now there are two obstacles before this elimination: one, psychological — the latent tonal scheme in the memory — the other, physiological — the differences of simultaneous quality. Special measures are known to exist in composition, a preference of 2nds, 7ths and 9ths for example, which can serve to keep these obstacles back. In the following, however, we will give more consideration to the psychological and physiological aspects.

WELLEK used statistical methods of experiment to discover two types of listeners, which he called *linear*, orientated mainly by distance, and *polar*, with quality orientation. These types then are distinguished from each other by the channels into which they direct their attention when listening. Hence, the physiological "contribution" and the remembered tonal scheme is more important to the polar than to the linear type, while conversely anything to do with distance comes more to the fore for the linear listener. Now there is a connection between these types and types of character and physique: linear listening is found in schizothymics, polar listening in cyclothymics. Not each of these types can consciously concentrate on the distance, while also consciously not listening to the other tonality-formative factors, to the same degree. Clearly such a feat is the province of the schizothymic with his splitting ability, i. e. "the ability to form independent part intentions within a single elapse of consciousness" (KRETSCHMER). Schoenberg was a downright prototype of the schizothymic. Cyclothymics will have more difficulty with atonal music; their small splitting ability tends more towards a synthetic, overall conception of music — many musicians are of this type. Also the "integrated" type, in the sense of E. JAENSCH's characterology, will find atonal music harder than the "disintegrated" type.

The less tonality tied the music a person hears during the course of his life, the more slowly will the tonal scheme develop in his memory. But even if an ideal test person could be made to hear exclusively atonal music, a spontaneous direction of his attention to the various differences in harmony would again inevitably lead him to a feeling for the order and rank of intervals. It is the ear then, which makes it impossible for the memory completely to empty itself of the order of rank and which on the other

hand keeps on confirming and strengthening this order at every sound of tonal music. Now if this ideal test person could be given atonal music by some route other than his ears, perhaps by direct feeding into the brain, then the last obstacles to atonality would be removed: a literal example of the modern tendency towards "cerebral" composition!

But even if intended for normal listening purposes, atonal music knows certain measures to inhibit at least partly the ear's natural sense of order, enabling the former to turn into practice its theory of equality of concord and discord. Only unison would allow a complete circumvention of the critical regions of overlap. In polyphony, the employ of instruments poor in overtones, or the suppression of overtones in reproduction, reduce disturbing overlap and therefore discordant harshness. Pure tones are a step further, sounding harsh in the middle register practically only in seconds. Yet a further help is a reduction in sound intensity, reducing subjective overtones and combination tones and pushing overlaps further below the threshold of consciousness. If in addition white noise (i. e. noise of a continuous and constant frequency spectrum over the whole audio-frequency range) is heard together with the music, overtones and combination tones would be masked out of hearing, reducing sounds rich in overtones to the level of pure tones; this white noise would probably also have a psychological effect: it is no paradox to suggest that white noise might be described as the tonic of atonality, replacing the traditional tonic point of reference by a uniform band giving no opportunity for polar orientation.

Extracts of white noise, in other words coloured noise, could also be used as tonal material, the centre of gravity of each such extract coinciding with one of the 12 tones of the octave. A suitable choice of bandwidth for the coloured noise would make it impossible to say whether or not the centres of two simultaneous bands amount to a concord or discord, because the waveform in the basilar membrane would be so different to that due to sine waves that the inner ear would be unable to make a contribution to the simultaneous quality. Sufficient bandwidth for coloured noise would probably keep the brain in the dark even about the band's centre of gravity, so that it would have difficulty in assigning the noise its right place in the tonal scheme, thus partly removing also the psychological obstacles to adequate listening.

The principle of consonance leads on to the diatonic scale, which, as a system of order and rank, acts spontaneously as a formative force (cf. the importance of the cadence in the theory of form). But not even a musical scale can be deduced from the principle of equal division: remove the horizontals from Fig. 2, and we are left with neither the end-points of the interval to be divided nor with the number of divisions, for without consonance even the octave would just be a distance among others; what

distinguishes it from others is recognised or learnt by the ear alone. Therefore dodecality and octave in atonality rest on the very assumptions denied by atonality. Still, there is something to say for the Twelve apart from the obvious necessity of performability on existing instruments: it contains a large number of mathematical combinations,  $2 \times 6$ ,  $3 \times 4$ ,  $6 \times 2$  etc.

The expediency of simply taking over the 12 chromatic tones is questionable. The undesired ambiguity between atonal distance and tonal interval comes about because the actual and required values of our chromatic scale are so close together. Could not therefore the problem of temperament be inverted and the distances chosen so as to make such ambiguity difficult if not impossible?

There are several ways of doing this: in the equation of temperament

$$2^{\frac{n}{m}} = \left(\frac{p}{q}\right)_n \left(1 + \frac{\delta_n}{100}\right)$$

$m$  could be decided on so as to make  $\delta_n$  as large as possible, particularly for the important intervals. Fig. 2 shows that when  $m = 9$ , the basic intervals, with the exception of the minor sixth, are avoided fairly constantly. For  $m = 14$ , the errors of thirds are even larger, although the fifth is closer, etc. Another way would be to replace the octave by a basic interval  $C$  and, keeping  $m = 12$ , determine  $C$  so as to fulfil the conditions of  $\delta_n$  maximum.

If  $C = 2^{\frac{1}{a}}$

we get  $m' = am$

and  $2^{\frac{n}{m'}} = \left(\frac{p}{q}\right)_n \left(1 + \frac{\delta_n}{100}\right)$

This method is to be recommended when it is desired to keep the advantages of dodecimal division. In this case the abscissa is used as a scale of the hypothetical number of divisions  $m'$  instead of  $m$ , the latter being

constant and equal to 12; the basic interval  $C = 2^{\frac{1}{a}}$  is then represented by the line  $n = 12$ . It is by no means easy to fulfill the condition of large errors for all consonant intervals; just the same, the errors are more or less evenly distributed for  $m' = 10.6$  and  $m' = 12.8$ . A closer examination would also have to take the intervals above the octave into account in this case, of course. Finally, the two variants could be combined, dividing a basic interval other than the octave into a number of parts other than 12.

Such measures would assure for atonal music the same advantages which music of 19 divisions per octave has over that of 24 steps. The use of entirely new tonal material would prevent a comparison with the already familiar, permitting the system's inner logic to stand forth more clearly

also in listening. The smaller differences in simultaneous quality still remaining could be eliminated by the additional measures already outlined.

The practical value of these thoughts is a matter of opinion. Let them help, in the form of a mental experiment, to shed light on the problematical position of atonality. This problematical position is the result of the fact that music is not wholly convention, but determined — to a very large extent in fact — by our nature and our hearing.

#### References

Please refer to the end of the original German of this paper.

## Stockhausen und die Zeit

Zur Geschichte einer Geschichte

von

HERMANN SCHERCHEN

### I

Eine große Epoche schöpferischer Musik ist zu Ende. Ihr Wesentliches war, „unsagbare“ Botschaften zu übermitteln. Ausübende — Instrumentalisten wie Sänger — kennen heute solchen „Auftrag“ kaum mehr. Sie begnügen sich immer mehr mit rhythmisch-virtuoser Genauigkeit. Die Technik ist gesteigert, der Mensch wurde vermindert. Das gleiche gilt für Schaffende. Das technisch Besondere drängt immer mehr zum außergewöhnlich Absonderlichen — „Intuition“ und Einfall sind fragwürdig geworden. Das „Wunder“ des Kunstschaffens ist dahin. An seine Stelle ist weitgehend manipulierendes Errechnen und klangmaterielles Experimentieren getreten.

### II

1951 erwies mir der Kölner Rundfunk die Ehre der Uraufführung von Stockhausens *Kontrapunkten*. 1952 lud mich Boulez ein, das Werk in Paris zu wiederholen. Beide Aufführungen wurden von Stockhausen vorbereitet. Beim Studieren der Partitur erwies sich die vorgeschriebene Metronom-Angabe Stockhausens sogleich als zweifelhaft:  $\frac{3}{8}$ ,  $\downarrow$  = ca. 60. Die mit integraler Reihentechnik — also auch die Zeitdauerwerte betreffend — arbeitende Partitur schrieb 32tel Figuren für Trompete, Posaune, Klavier etc. vor, im metronomisierten Zeitmaß unmöglich ausführbar. Als ich zur ersten Probe nach Köln kam, fand ich, was ich erwartet hatte: Stockhausen selbst hatte seine Metronomisierung modifiziert und das Gesamttempo soweit reduziert, daß alle 32tel für virtuose Spieler grade noch ausführbar waren. Der Pianist versagte dennoch bei dem überaus schweren Schluß. Wir einigten uns deshalb, das Stück früher zu beenden, als es in der Komposition selber ausging. Hätten wir das nicht getan, so wäre der Klavierschluß in einem breiteren neuen Tempo erfolgt, sodaß die Zeitdauerbeziehungen in sich selbst illusorisch geworden wären.

Ich fand es durchaus verständlich, das Grundtempo zu verlangsamen (jedes fixierte Tempo bedeutet besten — und seltesten — Falles die ideale Mitte, über die hinaus es nach beiden Tendenzen hin — schneller resp. langsamer — in Grenzen verändert werden kann). Stockhausen teilte meine Meinung, lieber den gefährdenden Schlußteil zu verkürzen als — aus technischen Schwierigkeiten — die kompositorische Idee antastende Tempowechsel zu gestatten.

In Paris begegnete ich etwas neuem: es wurden — der Spielschwierigkeit wegen — durchwegs Tempoanpassungen vorgenommen. Trotzdem mir dadurch der Grundcharakter der *Kontrapunkte* angetastet schien, überließ ich es der Verantwortung des Komponisten, solche, die schöpferische Idee gefährdenden Kompromisse vorzunehmen. Ich erlaubte mir einzig die Frage, wie das völlig falsche (weil *absolut* zu schnelle) Grundtempo,  $\frac{3}{8}$ , ♩ = 60, zu stande gekommen sei, worauf die Antwort kam, das sei ein *Druckfehler* gewesen; es hätte ♩ = 60 heißen müssen (nun bezeichnet aber auch der unerfahrenste Musiker  $\frac{3}{8}$  metronomisch nur entweder durch M. M. ♩ =  $x$ , oder ♩ =  $x$ , nie aber durch M. M. ♩ =  $x$ )!

### III

Ich habe dies niemals erwähnt, weil mir die Schwierigkeiten einwandfreier Fixierung dessen, was beabsichtigt ist, nur zu gut bekannt sind. Vor allem, wenn es sich um kompositorisch noch kaum begangenes Neuland handelt. Nun aber ist in Heft 4 der *Reihe* ein Artikel erschienen: „Stockhausen und die Zeit“, der das „Wunder“ von neuem in das musikalische Schaffen einführt. Wie dieses *schöpferische* „Wunder“ entdeckt werden konnte, wurde mir indes begreiflich, als ich den zweiten Druck der Kontrapunkte mit der Partitur der Uraufführung verglich, die auch Paris noch zu grunde gelegen hatte. Er bringt *ohne Abänderung* den gleichen Handschrifts-Nachdruck in etwas verkleinertem Format, dazu neu allerdings metronomisch „sieben  $\frac{3}{8}$  Pulsationen in verschiedenen Tempi“! Wie und warum diese, bei den ersten beiden Werkaufführungen noch nicht existent gewesen, „sieben  $\frac{3}{8}$  Pulsationen“ nachträglich erzeugt worden sind, erhellt aus einer Nachprüfung der zweiten Partitur:

♩ = 126 (Seite 3)	♩ = 120 (Seite 26)	♩ = 184 (Seite 63)
♩ = 120 (Seite 6)	♩ = 152 (Seite 27)	♩ = 120 (Seite 64)
♩ = 136 (Seite 6)	♩ = 120 (Seite 30)	♩ = 126 (Seite 67)
♩ = 120 (Seite 9)	♩ = 184 (Seite 33)	♩ = 200 (Seite 68)
♩ = 136 (Seite 9)	♩ = 120 (Seite 34)	♩ = 168 (Seite 68)
♩ = 120 (Seite 12)	♩ = 168 (Seite 37)	♩ = 136 (Seite 70)
♩ = 152 (Seite 13)	♩ = 120 (Seite 39)	♩ = 120 (Seite 71)
♩ = 120 (Seite 16)	♩ = 200 (Seite 42)	♩ = 152 (Seite 74)
♩ = 184 (Seite 17)	♩ = 168 (Seite 43)	♩ = 168 (Seite 75)
♩ = 120 (Seite 19)	♩ = 126 (Seite 45)	♩ = 120 (Seite 75)
♩ = 200 (Seite 21)	♩ = 120 (Seite 47)	♩ = 126 (Seite 76)
♩ = 120 (Seite 22)	♩ = 168 (Seite 58)	♩ = 120 (Seite 76)
♩ = 136 (Seite 24)	♩ = 120 (Seite 59)	♩ = 168 (Seite 76)

♩ = 120 (Seite 76)	♩ = 120 (Seite 78)	♩ = 136 (Seite 80)
♩ = 168 (Seite 77)	♩ = 184 (Seite 79)	♩ = 168 (Seite 80)
♩ = 200 (Seite 78)	♩ = 120 (Seite 79)	♩ = 200 (Seite 80)
♩ = 168 (Seite 78)	♩ = 126 (Seite 79)	

Die „ $\frac{3}{8}$  Pulsationen in sieben verschiedenen Tempi“ spiegeln verschiedene Schwierigkeitsgrade technischer Art wider: vom langsamsten Metronom ♩ = 120 (für die nur in diesem Tempo risikolos ausführbaren Figuren) bis zum schnellsten ♩ = 200 (für Stellen, an denen das eigentliche Grundtempo ♩ = 180 (♩ = 60) mühelos überzogen werden kann). Die Behauptung des genannten Artikels: „Diese sieben Tempi, die ja Frequenzen darstellen, entsprechen *vage* den sieben Frequenzen, mit denen das Stück beginnt“ veranlaßte folgende Gegenüberstellung:

Die sieben Tempo-Pulsationen	Die sieben „vage“ entsprechenden Frequenzen
♩ = 120, proportional zu 1	<i>cis</i> = 277 Hz, proportional zu 1
♩ = 126, „ 1,05	<i>d</i> = 294 Hz, „ 1,06
♩ = 136, „ 1,13	<i>es</i> = 312 Hz, „ 1,12
♩ = 152, „ 1,27	<i>e</i> = 330 Hz, „ 1,19
♩ = 168, „ 1,40	<i>fis</i> = 370 Hz, „ 1,33
♩ = 184, „ 1,53	<i>g</i> = 392 Hz, „ 1,41
♩ = 200, „ 1,67	<i>a</i> = 440 Hz, „ 1,59

Danach versteht man allerdings kaum, was eigentlich dem Leser durch diese nachträgliche „Entsprechung“ suggeriert werden soll . . .

### IV

Der Komponist hat das Recht, sein Werk abzuändern und neu zu interpretieren (am Werk selbst wurde indes *nichts* geändert, nur die sieben Tempo-Pulsationen sind hinzugekommen). Daß diese nachträgliche Anpassung an die Ausführungsschwierigkeiten aber gewissermaßen benutzt wird, um das „Wunder“ von neuem in das künstlerische Schaffen einzuschmuggeln ist zu bedauern im Interesse der *Neuen Musik* und Aller, die es ernst meinen mit Stockhausen.

# Stockhausen and Time

## The Tail of a Tale

by

HERMANN SCHERCHEN

### I

A great age of creative music has come to an end. Its essential message was the expression of the inexpressible. Music began where words failed. Today's performers — instrumentalists as well as singers — have all but lost sight of this "commission". They are more and more content with rhythmically accurate virtuosity. Technique has been raised, man debased. The same can be said about composers. The technically special tends ever more to the extraordinary and peculiar — "intuition" and idea have become questionable. The "miracle" of artistic creation is gone. Its place has mainly been taken by manipulating calculation and experiments with the tonal medium.

### II

In 1951 I was honoured to give the first performance of Stockhausen's *Kontrapunkte* for the *Westdeutscher Rundfunk* in Cologne. In 1952, Boulez invited me to repeat the work in Paris. Both performances were prepared by Stockhausen. My study of the score immediately cast doubt on the metronome marking of  $\text{♩} = \text{ca. } 60$  ( $\frac{3}{8}$  time) prescribed by Stockhausen. The score, based on an integral serial technique involving, naturally, also the note values, gives passages in 32nds (demisemiquavers) for trumpet, trombone, piano, etc., unplayable to the metronome. At my arrival at the first rehearsal in Cologne I found what I had expected: Stockhausen himself had modified his metronome marking, reducing the overall speed to the point where brilliant instrumentalists could just manage all the 32nds. Even so, the pianist failed in the extremely difficult ending, and we agreed to curtail the performance at this point. But for this decision, a new, broader tempo would have been necessary for the piano ending, thus turning the time relationships into an illusion.

The idea of reducing the basic speed was quite understandable to me (every fixed tempo represents — at the very best — the ideal mean, subject to variation in either direction within limits). Stockhausen shared my view, rather to cut the dangerous final passage than to compromise the idea behind the composition through a change of speed for technical reasons.

In Paris I came face to face with something new: the speed was being adapted to the technical difficulty. Even though this appeared to me as an

attack on the basic character of *Kontrapunkte*, I left the responsibility of such compromise, so dangerous to the creative idea, to the composer. The only question I permitted myself to ask was how the basic speed of  $\text{♩} = 60$ , entirely wrong because *absolutely* too fast, could have come about in the first place. I was told that this had been a printer's error for  $\text{♩} = 60$ . (Now the least experienced of musicians defines the metronome for  $\frac{3}{8}$  time either as  $\text{♩} = x$  or as  $\text{♩} = x$ , but never as  $\text{♩} = x$ .)

### III

Being only too fully aware of the difficulties of making one's intentions irreproachably irrevocable — especially in hardly explored compositional virgin country — I have never mentioned this before. Now however, an article has appeared in No. 4 of *Die Reihe*: "Stockhausen and Time", once again bringing the "miracle" into musical creation. The discovery of this creative "miracle" was made clear to me when I compared the second printing of *Kontrapunkte* with the score I had used at the first performance as well as in Paris. This second edition is an unchanged reprint of the printed manuscript of the first edition, slightly smaller in format, but with the addition of "seven  $\frac{3}{8}$  pulsations at different speeds" in the form of new metronome marks. An examination of the second edition shows how and why these "seven  $\frac{3}{8}$  pulsations", which had not yet been in existence at the work's first two performances, were produced:

 = 126 (page 3)	 = 120 (page 34)	 = 168 (page 75)
 = 120 (page 6)	 = 168 (page 37)	 = 120 (page 75)
 = 136 (page 6)	 = 120 (page 39)	 = 126 (page 76)
 = 120 (page 9)	 = 200 (page 42)	 = 120 (page 76)
 = 136 (page 9)	 = 168 (page 43)	 = 168 (page 76)
 = 120 (page 12)	 = 126 (page 45)	 = 120 (page 76)
 = 152 (page 13)	 = 120 (page 47)	 = 168 (page 77)
 = 120 (page 16)	 = 168 (page 58)	 = 200 (page 78)
 = 184 (page 17)	 = 120 (page 59)	 = 168 (page 78)
 = 120 (page 19)	 = 184 (page 63)	 = 120 (page 78)
 = 200 (page 21)	 = 120 (page 64)	 = 184 (page 79)
 = 120 (page 22)	 = 126 (page 67)	 = 120 (page 79)
 = 136 (page 24)	 = 200 (page 68)	 = 126 (page 79)
 = 120 (page 26)	 = 168 (page 68)	 = 136 (page 80)
 = 152 (page 27)	 = 136 (page 70)	 = 168 (page 80)
 = 120 (page 30)	 = 120 (page 71)	 = 200 (page 80)
 = 184 (page 33)	 = 152 (page 74)	

The " $\frac{3}{8}$  pulsations at seven different speeds" reflect different degrees of technical difficulty, from the slowest metronome  $\text{♩} = 120$  (for the passages which cannot be safely navigated faster) to the fastest  $\text{♩} = 200$  (for parts where the original basic speed of  $\text{♩} = 60$ , or  $\text{♩} = 180$ , can be exceeded with no trouble). The above mentioned article's statement, "These seven speeds, *which, after all, represent frequencies*, correspond *vaguely* to the work's seven commencing frequencies," gave rise to the following comparison:

The seven speed pulsations	The seven "vaguely" corresponding frequencies
$\text{♩} = 120$ , proportional to 1	$c\# = 277$ c/s, proportional to 1
$\text{♩} = 126$ , " 1.05	$d = 294$ " " 1.06
$\text{♩} = 136$ , " 1.13	$eb = 312$ " " 1.12
$\text{♩} = 152$ , " 1.27	$e = 330$ " " 1.19
$\text{♩} = 168$ , " 1.40	$f\# = 370$ " " 1.33
$\text{♩} = 184$ , " 1.53	$g = 392$ " " 1.41
$\text{♩} = 200$ , " 1.67	$a = 440$ " " 1.59

After this it is certainly difficult to see what kind of a suggestion the reader is supposed to understand by this afterthought of a "correspondance".

#### IV

The composer has every right to alter his work and to give it a new interpretation (nothing was changed in the work except for the addition of the seven speed pulsations). But the fact that this subsequent adaptation of the work to the difficulties of execution should in a sense have been used to smuggle a new "miracle" into artistic creation must be regarded as unfortunate, in the interest of the new music and of all those seriously concerned with its welfare and Stockhausen's.

## ELEKTROAKUSTISCHES EXPERIMENTALSTUDIO GRAVESANO

8./9. AUGUST 1959

Unter dem Protektorat  
der  
REGIERUNG DES KANTONS TESSIN  
der  
GENERALDIREKTION DER SRG  
des  
INTERNATIONALEN MUSIKRATES  
DER UNESCO

Under the Sponsorship  
of  
THE CANTON OF TESSIN  
of  
THE SWISS RADIO CORPORATION  
the  
INTERNATIONAL MUSIC COUNCIL  
OF UNESCO

### „FUNF JAHRE GRAVESANO“

### "FIFTH ANNIVERSARY OF GRAVESANO"

I. Elektromagnetische  
Klangmanifestationen  
(Uraufführungen)

I. Electromagnetic  
Sound-Presentations  
(First Performances)

II. BRECHT-HINDEMITH „Lehrstück“  
(Scenische Gestaltung)

II. BRECHT-HINDEMITH "Lehrstück"  
(Staged Performance)

III. Die aktive Apparatur  
(Demonstrationen)

III. Active Apparatus  
(Examples)

Alle Veranstaltungen finden statt im  
**FREILUFT-THEATER GRAVESANO**  
Die stereophonischen Vorführungen  
erfolgen mittels Hermann Scherchen's  
**SPECTROPHON**

All Presentations Take Place in the  
**GRAVESANO OUTDOOR-THEATRE**  
The Stereophonic Transmissions Are  
Achieved with the **SPECTROPHON**

ELECTRO ACOUSTIC EXPERIMENTAL STUDIO GRAVESANO

# Scambi<sup>1</sup>

von

HENRY POUSSEUR

Zwei Gedanken beschäftigten mich, als ich die Arbeit an diesem Stück anfang. Erstens hatte ich die Absicht, Strukturen zu konzipieren, die dem Hörer bestimmte Freiheiten bei der Gestaltung seiner Wahrnehmung (bestimmte Möglichkeiten der Mitwirkung am Formen der Zeit) gewähren würden. Zweitens schien es mir notwendig, ein Material zu gebrauchen, welches sich ausdrücklich von der *periodischen* Natur der traditionellen Musik entfernt.

Wenn man bei Webern und bei den meisten Instrumentalwerken der nachwebernschen Produktion so etwas wie die ständige Ausführung eines *negativen* Grundsatzes vorfinden kann, wenn man viele ihrer Gestaltungsweisen (besonders auf harmonischem Gebiete) als ausgesprochene, gewollte Gegensätze zu den Formen der tonalen Sprache deuten kann (gespannteste Dissonanzen, nicht-lineare polyphone Typen, Ungleichmäßigkeit des zeitlichen Ablaufs, Diskontinuität der Instrumentation und des dynamischen Diskurses, usf.), dann wesentlich aus dem Grunde, daß zwischen dem Projekt einer integralen und weitangelegten Asymmetrie (welche das Interesse auf das ganze chronologische Geschehen verteilen soll und verbinden soll, daß sich dieses chronologische Geschehen bloß in eine mechanische Notwendigkeit auflöst), daß also zwischen diesem Projekt und dem Tonhöhenmaterial, von dem man noch Gebrauch zu machen gezwungen schien, ein radikaler Gegensatz bestand. Aus diesem Material, dessen Produktionsmittel zu *einem ganz anderen Zweck* auserlesen worden waren (und die dann auch ganz andere Sprachformen bedingt hatten), hatte man alles nicht absolut Periodische streng ausgeschaltet<sup>2</sup>. Nur die einfachsten, regelmäßigsten Formen des Materials waren nämlich imstande, die gesuchten kausalen Verknüpfungen mit genügender Durchsichtigkeit auszudrücken, um beim Hörer die Überzeugung ihrer Unwiderruflichkeit zu wecken. Wollte man nun einen Raum und eine Zeit gestalten, welche sich aus den Polaritäts- und Kausalitätsbegriffen des klassischen Denkens endgültig gelöst hätten (man denke an Weberns „Es soll alles schweben“), wollte man in die Musik wieder eine „Dimension Freiheit“ einführen (und das — so wenig es Manchen auch einleuchten möge — ist tatsächlich der tiefste Beweggrund der ganzen heutigen musikalischen Revolution), dann war es notwendig, solange nur das genannte Material zur Ver-

<sup>1</sup> Scambio heißt im Italienischen Austausch, Verwechslung; Scambi ist die Mehrzahl davon.

<sup>2</sup> Bemerkenswert ist beispielsweise, daß im klassischen Orchester das Schlagzeug auf die einzigen Pauken reduziert ist, die ja bekannterweise *gestimmte* Tonhöhen hervorzubringen fähig sind.

fügung stand, mit größter Vorsicht zu verfahren: es wartete sozusagen auf die geringste Unaufmerksamkeit, um wieder zusammenzuschließen und die Verbindungen, zu denen es eigentlich *vorgeformt* worden war, wieder herzustellen. Darum finden sich schon bei Webern die vorwiegend chromatischen Relationen (meist noch in den gespannten Formen der Nonen und Septimen), sowie das — schon von Schönberg vorgeschriebene, aber erst hier restlos verwirklichte — Ausweichen vor *wahrnehmbaren* (simultanen oder sukzessiven) Oktavbildungen, vor leeren Quinten, vor allzukonsonanten Zusammenklängen, usf., darum tritt hier, kurz gefaßt, die genannte Vorsicht, die — allzuoft für sich selbst bewunderte — *Strenge*, so sehr in den Vordergrund. Diese erstreckte sich dann aber so weit, es wurden aus dem periodischen Material so komplexe, so wenig reduzierbare Klangerlebnisse gewonnen (man denke an Weberns fünfte Bagatelle, oder an die berühmten „Klangblöcke“ der Orchestervariationen und — im besonderen — des ersten Satzes der zweiten Kantate), daß sich schließlich dem bewußten Hören jetzt eine neue, völlig positive Dimension erschloß: der Bereich des bis dahin nachlässig benannten „Geräusches“, ein Bereich, der nichtsdestoweniger eine ungeheure Vielfalt an Verschiedenem, einen unleugbaren Reichtum an differenzierten Empfindungen enthielt. Erst die elektronischen Produktionsmittel aber, die nicht mehr an die „natürliche“, harmonische Klangerzeugung unseres traditionellen Instrumentariums gebunden sind, geben heute die Möglichkeit, diesen Bereich anders als eine — konstruierte — Ausnahme anzusehen und die darin vorgefundenen „Güter“ mit einer neuen Freiheit zu handhaben und zu bewerten. Tatsächlich scheint zwischen den neuen Mitteln und dem gesuchten Zweck eine völlig funktionelle Adäquation zu bestehen.

Endlich mußte noch eine dritte Bedingung ins Auge gefaßt werden: die Zeit, über die ich verfügte, um meine Arbeit durchzuführen, war eine relativ kurze. Es mußten Methoden der Materialerzeugung sowie der Materialgestaltung gefunden werden, welche bei bedingungslosem Bewahren der Stoff- und Formqualität eine ziemlich rasche Realisation ermöglichten. Daher mußten diese Methoden von vorneherein von den bisher im elektronischen Komponieren fast allein üblichen „microphysischen“ Arbeitsweisen abweichen.

\*

Im Mailänder Rundfunkstudio fand ich einen kleinen von Dottore Lietti, dem technischen Leiter des Studios, gebauten Apparat, den man einen Amplitudenselektor oder einen Lautstärkenfilter nennen könnte. Mit Hilfe dieses Filters ist es möglich, aus einer Signalgruppe (oder aus einem längeren, komplexen Schallvorgang) nur das herauszuwählen, was eine bestimmte Lautstärke übersteigt. Diese Grenze, die so geregelt werden kann, daß das Nichtgewählte vom Gewählten entweder scharf abgeschnitten oder nur allmählich zurückgedrängt wird, kann außerdem frei gehoben oder gesenkt werden. Mit anderen Worten: man kann, je nach der Lage der Durchgangs-

stufe, aus ein und derselben Signalreserve mehr oder weniger durchgehenden sollendes absondern.

Läßt man beispielsweise ein aus weißem Rauschen höhenmäßig gefiltertes Band von farbigem Rauschen durch den Apparat gehen, so daß dabei die — auf „scharf“ eingestellte — Durchgangsstufe ziemlich hoch reguliert wird, so geht das Kontinuierliche, Ununterbrochene des Rauschbandes verloren und man hat nurmehr mit einer Folge kurzer, trockener, Paukenschlag- oder (je nach der mittleren Höhe) Pizzicatoähnlicher Signale zu tun. Da das Rauschen höchst ungleichmäßig gestaltet ist (was in jedem Falle von dem gebrauchten Generator abhängt), ist die zeitliche Aufeinanderfolge dieser Signale völlig a-periodisch. Über ihre „Schnelligkeit“ kann nach einer gewissen Zeit des Hörens nur eine mittlere, statische Aussage gemacht werden. Auch hinsichtlich der Lautstärke und ihrer bei so dichten Spektren nur approximativ feststellbaren Tonhöhen zeigen die Signale feine, unvorausehbare Unähnlichkeiten auf. Was die Durchgangsstufe überschreitet, ist aber nicht von gleicher maximaler Lautstärke: hier sind dynamische Unterschiede. Diese „Spitzen“ des Rauschbandes aber nehmen ganz unterschiedlich diesen oder jenen der von seiner Mitte mehr oder weniger entfernten Tonhöhen-„Punkte“ in Anspruch: hier sind frequenzmäßige Unterschiede (abhängig von der *Breite* des Bandes schaffen sie kleine, untemperierte Schwankungen um dessen zentrale Lage).

Die oben erwähnte statische Schnelligkeit kann dadurch verändert werden, daß die Durchgangsstufe des Selektors (oder die Globallautstärke des durchgehenden Rauschens) in feinen Abstufungen verändert wird. So ist es möglich, aus einem und demselben Rauschband sowohl eine dünne Signalfolge, in der kaum Einzelelemente vorkommen, herauszuwählen, als auch eine Art „Brodeln“ herzustellen, bei dem die Elemente fast wieder zu kontinuierlichem Rauschen zusammenklingen (Abb. 1). Um diese zwei extremen Fälle auf ein gemeinsames dynamisches Maximum zu bringen (was die Voraussetzung zu einer strukturellen Handhabung zu sein scheint) braucht man sie nur, nachdem sie auf Tonband aufgenommen wurden, über einen Verstärker und dann wieder durch den Selektor zu schicken. Dieses nachträgliche Verfahren hat zum Resultat, erstens alles auf die gleiche höchste Stufe von 0 db zu bringen, die Signalfolgen zweitens (besonders die „langsamen“, in denen die *Pausen* am auffallendsten sind) von kleinen, uninteressanten „Knacken“ (in denen das Spektrum keine Zeit hatte, sich zu entfalten) und von allem Verstärkerrauschen zu säubern, und endlich den so erhaltenen Schallvorgängen eine gut abgerundete Form zu verleihen<sup>3</sup>.

Der so erzielte Materialzustand wird — bis zu einem gewissen Grade — den zwei früher genannten Ansprüchen gerecht: dem einer hohen Asymmetrie und dem einer relativ raschen Produktionsweise. Ohne daß es nötig

<sup>3</sup> Der Techniker Marino Zuccheri ist mir bei dieser Sorge um die Sauberkeit und Qualität des Materials von großer Hilfe gewesen.

ist, Signale zuerst ihrem Spektrum nach zusammenzusetzen und dann unperiodisch aneinanderzureihen, gelangt man so in den Besitz eines Grundstoffes, der bereits mit einem — wohl noch elementaren, aber umso unbestreitbaren<sup>4</sup> — Leben beladen ist. Die berühmte „Alea“ gibt es hier nur in ganz bestimmten, vom bewußten Denken festgelegten und strukturell auswertbaren Grenzen: über *mittlere* Tonhöhe, Lautstärke und Ablaufgeschwindigkeit des erzeugten Stoffes aber (das heißt über seine eigentlichen, empfindungsmäßigen Wirksamkeitsindizien) wird eine absolute Kontrolle ausgeübt.

Die systematische Produktion einer in Tonhöhe und Zeitdichte differenzierten Reserve dieses Materials wurde zum ersten Teil meiner Arbeit. Es wurden elf verschiedene, in halber Oktavbreite gefilterte Rauschbänder (140—200, 200—280, etc. . . . bis 4500—6400 Hz) als Ausgang gewählt, aus denen je fünf verschiedene Ablaufgeschwindigkeiten — von der äußerst hohen bis zur niedrigsten — gewonnen wurden. Die erhaltenen Schichten wurden dann — aus einem Grunde, den man erst später rechtfertigen können wird — drei zu drei synchronisiert (je drei Schichten gleicher Schnelligkeit und unmittelbar nächster mittlerer Tonhöhe zusammen: 1—2—3; 2—3—4; usw. . . .). Das veränderte die Bandbreite der Schichten und hatte zur weiteren Folge, ihr inneres Bewegungspotential (besonders die Tonhöhen betreffend) beträchtlich zu heben, ohne daß dabei die spektrale Struktur der Signale selbst angetastet worden wäre. Statt elf, gab es nun nur mehr neun verschiedene Tonhöhenstufen innerhalb jeder der fünf mittleren Geschwindigkeiten.

\*

Als nächstes Moment der Arbeit tauchten zwei getrennte Probleme auf. Zuerst war es nicht möglich — und auch nicht erwünscht — ein ganzes Stück aus diesem trockenen, „gezupften“ Material aufzubauen. Es mußte ihm eine andere, kontinuierlichere, länger ausgehaltene Klangfamilie gegenübergestellt werden, die verwandte Merkmale der inneren Asymmetrie und der strukturellen Geschmeidigkeit aufzuweisen hatte, das heißt, die fähig war, mit der ersten in ständige Verbindung und in allmählichen Austausch gebracht zu werden. Zweitens mußte aus der statischen, skalenmäßigen Anordnung des ersten Materials eine noch höhere, äußere Geschmeidigkeit gewonnen werden. Genauer gesagt, mußten sowohl hinsichtlich der Zeit als auch der Tonhöhe — aber unabhängig voneinander — progressive Bewegungsformen, kontinuierliche Veränderungen und Durchgänge verwirklicht werden können (was sich nicht auf einfache Aneinanderreihung kurzer, statischer Stücken aus verschiedenen Stufen reduzieren ließ).

<sup>4</sup> Es sei hier kurz auf Wladimir Weidlé's so aufschlußreiche „Biologie der Kunst“ hingewiesen (*Diogen*, 18, April 1957), wo gerade die Beziehung zwischen — natürlicher oder künstlerischer — Lebendigkeit und bestimmten Formen der Asymmetrie hervorgehoben wird.

Obwohl nun eigentlich das erste Problem von mir vor dem zweiten gelöst, obwohl noch richtiger, die gesamte Arbeit mehr oder weniger parallel geführt wurde, möchte ich, der Klarheit und Einfachheit wegen, die Lösungen hier in umgekehrter Ordnung schildern.

\*

Die fünfundvierzig Schichten der Materialreserve wurden auf geschlossene „endlose“ Bandschleifen aufgenommen, die genügend lang geschnitten waren (8 bis 10 Meter bei 38 cm/sec. Bandgeschwindigkeit) um eine allzu rasche Wiederkehr der gleichen — aleatorisch hervorgebrachten — Figuren zu vermeiden. Diese Schleifen wurden einem Magnetophon aufgesetzt, dessen Laufgeschwindigkeit veränderlich ist. Ein anderes Magnetophon wurde mit einer weiteren, nur zu einem Teil (8 bis 80 cm) aus Magnetband und zum anderen aus Weißband bestehenden, Schleife versehen, die aus der ersten mittels Aufnahme kurze Abschnitte herauswählte. Im Augenblick wo diese Aufnahme geschah, wurde auf dem ersten Magnetophon eine allmähliche Veränderung der Bandgeschwindigkeit ausgeführt, deren Breite am Regler und deren Dauer am Vorbeifahren der zweiten Schleife am Aufnahmekopf gemessen wurde. Gleich nach der Aufnahme wurde das aufgenommene Stückchen gehört, eventuell gelöscht und beliebig oft von neuem angefangen, um erst dann aufbewahrt zu werden, wenn es (nicht einer absolut präzisen Vorstellung entsprechend — was ja bei diesem aleatorischen Verfahren höchst unprobabel gewesen wäre) für die *Funktion*, die es erfüllen sollte, sich auf befriedigende Weise als fähig erwies.

Die Veränderung der Bandgeschwindigkeit der ersten Schleife hatte theoretisch eine proportionelle Veränderung der Tonhöhe sowie der eigenen Ablaufgeschwindigkeit der aufgenommenen Signale zur Folge. Doch bei der Kürze der auf der zweiten Schleife aufgenommenen Auszüge, bei ihrer aperiodischen Struktur und bei der immer gleich geringen Breite der ausgeführten Bewegung konnte die zeitliche Veränderung meist gar nicht zum Ausdruck kommen; nur die Tonhöhenbewegung wurde wahrgenommen! So waren die zwei Veränderungsbereiche *praktisch* voneinander abgesondert. Die zeitliche Veränderung mußte durch andere, erst weiterhin geschilderte Mittel verwirklicht werden. Doch war auch die Veränderung der Tonhöhen keine einfache, und es wird jetzt wohl klar, weshalb die anfänglichen Materialschichten hatten drei zu drei synchronisiert werden müssen. Erst das konnte ermöglichen, eine unerwünscht lineare Evolution des Frequenzbereiches zu vermeiden, und ihm eine sprunghafte, gebrochene, nur global feststellbare Bewegungsform zu verleihen (setzen sich manche der nach allen Seiten gerichteten inneren Intervalle einer Schicht — bedingt durch die Überlagerung der drei Schichtkomponenten — doch der globalen Tendenz ganz entgegen!) (Abb. 2). Die fertigen, eine Viertelsekunde bis zwei Sekunden langen Gruppen wurden dann durch Bandkleben aneinandergereiht. Da-

durch entstanden größere (längere und in breiterem Bereich erfolgende) Bewegungsformen. Erst hier wurden die eigentlichen, wahrnehmbaren Veränderungen der statistischen Ablaufgeschwindigkeit der Signalgruppe vorgenommen, und zwar ganz einfach dadurch, daß die angereihten Stückchen aus verschiedenen (meist benachbarten) Schnelligkeitsstufen stammten. Dabei entstanden keine Brüche in der Bewegung. Die statistische, aperiodische Beschaffenheit jeder Gruppe, die Tatsache, daß es in den langsameren einzelne kürzere und in den schnelleren einzelne längere Zeitintervalle geben kann, stellte die Verbindung zwischen ihnen tadellos her. Die Klebestelle wurde — außer in bestimmten, erwünschten Fällen — gar nicht empfunden, und die zeitliche Veränderung konnte man — genau wie die tonhöhenmäßige — nur nach einer gewissen Zeit beurteilen: im Augenblick wo sich, ohne daß man es merkte, vielleicht eine neue Richtung angebahnt hatte.

So wurden endlich vier längere Grundmodelle (von 8 bis 16 Meter, d. h. von ca. 21 bis ca. 42 Sekunden) aus trockenem Material hergestellt, die sich durch verschiedene *globale* (aber vielfach gebrochene) Gerichtetheit der Tonhöhen- und Zeitevolution voneinander unterschieden:

hoch und schnell bis hoch und langsam,  
hoch und schnell bis tief und schnell,  
tief und langsam bis tief und schnell,  
tief und langsam bis hoch und langsam.

Diese vier Modelle, die einer weiteren Verarbeitung zu Grunde liegen sollten, konnten nun auch in Krebsform gebraucht werden. Zwar hatten die Signalelemente keine absolut symmetrische Struktur, also war ihr „Krebsgang“ nicht genau derselbe wie ihr gerader Ablauf. Aber in jeder der Modellsequenzen waren Gruppen sowohl in gerader als auch in Krebsform gebraucht worden, so daß die Dosierung jeder dieser Arten bei der zeitlichen Umkehrung einer Sequenz ungefähr dieselbe blieb.

\*

Es war nun möglich, die schon gefundene Lösung des zweiten Vorhabens — das der Produktion und Integration anderer, länger tönender Klangtypen — auf diese Grundformen anzuwenden. Das organischste Verfahren schien darin zu bestehen, die neue Klangfamilie aus der ersten abzuleiten. Dazu sollte der *Hallraum* — und zwar nicht als Effektquelle, sondern als wirkliches Schallproduktionsmittel — dienen (was schon für Stockhausens zweite Etüde, aber auf anderer Weise, der Fall gewesen war). Wurde ein Signal des „trockenen“ Materials in den Echoraum geschickt und das aufgenommene Ergebnis zeitlich umgekehrt — also rückwärts gespielt — so erhielt man selbstverständlich den Nachhall *vor* dem Ausgangssignal. Er gab dann nicht mehr den Eindruck eines Echos, sondern hörte sich wie ein langsam anschwellender Ton (oder besser wie ein ganz enges Geräuschband) an,

der auf einem scharf abgeschnittenen, plötzlich noch angehobenem Maximum (dem Signal) endete. Kam nun diese Crescendoform nochmals in den Echo-raum, so wurde der neue Hall, der hier hinzukam, einigermaßen vom ersten, *umgekehrten* angesteckt und dann selbst auch nicht mehr als einfacher Echoeffekt, sondern *als das was er eigentlich war*, als von einer realen Tiefenakustik freigemachter Schallvorgang empfunden. Was normalerweise von der Wahrnehmung als Zeichen eines Raumes gedeutet worden wäre, war jetzt sozusagen in den Stoff eingefaßt, von ihm ergriffen worden: es hatte sich materialisiert! Doch blieb dadurch dieser Materie eine innere Räumlichkeit und sonderbare Tiefe anhaften, und so gewissermaßen die Wechselbeziehung „Raum-Materie“ bewahrt (welche vielleicht als ein Medium modernen Empfindens und neuzeitlicher Vorstellungen angesehen werden darf) . . . Wurde nicht nur ein einziges Signal, sondern eine ganze, in Tonhöhe und Geschwindigkeit artikulierte Signalgruppe in den Hallraum geschickt, so verschärfte diese Doppeldeutigkeit sich dadurch, daß die von jedem einzelnen Signalelement keimhaft hervorgebrachten Schallvorgänge mehr oder weniger ineinander klangen. Bei genügender Dichte der Gruppe konnten die Ausgangssignale im neu erzeugten Klangnetz sogar fast völlig verschwinden, so daß man es wieder mit homogenen, einem *geläuterten* Rauschen ähnlichen Geräuschflächen zu tun hatte, denen eine bestimmte Unebenheit — das trockene „Brodeln“ — innewohnte und die sich langsam — gemäß der globalen Bewegung der Ausgangsgruppe — in der Tonhöhenlage fortbewegten. Interessant war auch, daß das, was beim ersten Material als zeitliche Dichte (Geschwindigkeit) wirkte, bei seiner durch das Hallverfahren verarbeiteten Form zu räumlicher („harmonischer“) Dichte umkippte: je häufiger die Ausgangssignale, desto dichter und geräuschähnlicher das Ergebnis, je seltener die ersten, desto durchsichtiger, akkord- oder melodieähnlicher das zweite. So verfügte man — *durch ein rein technisches Verfahren* — über eine neue, enge Verwandtschaft, über eine organische Verbindung zwischen den Dimensionen *Zeit* und *Raum*.

Jetzt hieß es noch, sie in eine konkret empfundene, zeitlich darstellbare Verbindung umzusetzen, indem das trockene und das homogenisierte Material in eine echte Wechselbeziehung zu einander gebracht wurden. Das war leicht durchzuführen.

Es war möglich, am selben Steuerpult gleichzeitig zwei Potentiometer zu handhaben. Mit dem einen konnte der — direkt an Lautsprecher und Aufnahmegerät angeschlossene — Ausgang des mit trockenem Material beladenen Magnetophons geregelt werden (der außerdem — unabhängig von diesem Regeln — mit dem Hallraum in Verbindung war), mit dem anderen wurde der Ausgang des Hallraumes selbst gesteuert. So war es möglich, die zwei Erscheinungsformen frei miteinander zu mixen. Wurde der erste Potentiometer allein aufgelassen, so kamen nur die kurzen Signale zu Gehör, öffnete man nur den zweiten, so hörte man allein die verhallten Schallvor-

gänge. Durch verschiedene Dosierung der beiden Regler konnten endlich alle Zwischenformen erzeugt werden, und zwar in ständiger Veränderung der Dosierungsproportion, da das Regeln natürlich ganz progressiv vor sich gehen konnte. Diese Materialabänderungen verhielten sich wiederum dialektisch zu den Tonhöhen- und Schnelligkeitsveränderungen.

Jedes der vier erzeugten trockenen Sequenzmodelle wurde so acht verschiedenen Mixturbewegungen unterzogen, vier in geradem und vier in krebsförmigem Ablauf. Diese vier Typen unterschieden sich wieder durch eine globale — aber gebrochene — Gerichtetheit der Mixturveränderung voneinander:

trocken bis homogen,  
trocken bis trocken,  
homogen bis trocken,  
homogen bis homogen.

Vorderer und hinterer „Hall“ wurden selbstverständlich getrennt reguliert, und zwar in der entsprechenden Reihenfolge. Dieses Verfahren — wie schon die zwei vorigen Phasen der Arbeit — ging immer vor sich als konkreter, direkter Eingriff in das tönende, zeitlich ablaufende und vom Gehör unmittelbar kontrollierte Material, so daß es sich dabei um eine Art instrumentaler Aufführung handelte (was für das weitere Verständnis nicht ohne Wichtigkeit ist). War dabei nach dem Kompositionsplan eine Mixtur nicht gut gelungen, so konnte sie beliebig oft von neuem angefangen werden, so lange bis ihre Form eine befriedigende war.

\*

Bevor ich die Strukturen als fertig ansehen konnte, bevor sie dem erstgenannten Anspruch, dem „Hörer“ zur weiteren Manipulation weitergegeben werden zu können, gerecht waren, brauchte jetzt nur mehr eine Frage gelöst zu werden. Die zweiunddreißig Sequenzen, die zur Verfügung standen, waren ununterbrochene, nur in Tonhöhe, Schnelligkeit (der „inneren“ Materialbewegung) und Materialqualität (trocken und homogenisiert) sich verändernde Gebilde. Bevor sie (wie ich es wünschte) sich einer freien Aneinanderreihung, einer variablen polyphonen Überlagerung und einer nichtobligaten, aber immer sich erneuernden Modulation der Lautstärke bereitstellten, schien es mir notwendig, größere *Pausen* in sie einzubauen, die den noch allzuleinen Fluß unterbrechen, neue psychologische Zusammenfassungen der Einzelgestalten verursachen und dadurch die Einbildungskraft des „Mitwirkenden“ kräftiger anzuspornen vermochten.

Ein späterer Eingriff mit der Schere widerstand mir: das fertige Material hatte jetzt eigene, komplexe Gesetzmäßigkeit, welche ein Hineinschneiden in diese nur hätte brechen, ja fast fleischlich verletzen können (so empfand ich wenigstens die organische Kohäsion dieses Stoffes). Formell gesprochen: jeder kleinste Schnitt hätte unabsehbare Folgen auslösen müssen, er hätte

wieder ganz neue Voraussetzungen in die Struktur hineingebracht und eine weitere, längere Verarbeitung nötig gemacht. Dazu stand aber keine Zeit zur Verfügung und ich selbst wollte dieser Arbeit auch keine weitere Entwicklung geben. So beschloß ich denn, den Amplitudenselektor, den ich anfangs zur Materialproduktion gebraucht hatte, nochmals zur Hilfe heranzuziehen. Die Strukturen wurden auf ein Magnetophon gebracht, mit dessen Potentiometer ihre Lautstärke beim Vorbeifahren geregelt werden konnte; danach wurden sie in den Selektor geschickt — der nicht mehr auf scharfes, sondern auf allmähliches Auswählen eingestellt war — bevor sie von neuem aufgenommen wurden. Jenachdem wie ich regelte, wurde das Material hörbar oder unhörbar. Doch konnte ich den genauen Punkt im Regeln, da wo das Erklängen plötzlich anfing oder wo es ebenso endete, nicht festlegen: dazu hing er zu sehr von den mehr oder weniger feinen dynamischen Unterschieden, die in den aleatorisch bedingten Strukturen ständig wirkten, ab. Meine Manipulation war also bis zu einem gewissen Grade eine „blinde“: dasjenige nämlich, was in der Stille vorbeifuhr, konnte ich nicht verfolgen, und das Nächstklingende, was ich danach herausbringen würde, konnte ich nur sehr approximativ (trotzdem ich die ununterbrochene Sequenzen gut kannte) voraussehen. Selbstverständlich war mir möglich, meine Manipulation so lang zu „üben“ wie ich es wollte, bevor ich zur Aufnahme überging, und ich konnte dann auch mehrere „ Fassungen“ aufnehmen, um erst später die „beste“ herauszuwählen. Doch mußte ein Prozentsatz an Zufälligem bestehen bleiben, den nur langwierige Arbeit hätte beseitigen können. Das war aber nicht der Sinn der Sache: denn dieses Dialogisieren mit einem äußeren, bis zu einem gewissen Grade unbekanntem Geschehen, dieses teilweise tastende Einwirken auf eine von „der Welt“ vorgeschlagene Ereignisfolge schien mir geradezu das Beispiel einer für die wirklich schaffende Freiheit offenen Arbeitsweise. Es gab darin nichts anderes als die Weiterentwicklung der von Anfang an applizierten Prinzipien einer Verwertung des Aleatorischen. Die Produktion der „Generalpausen“ stimmte deshalb auch mit dem bestehenden Material überein: waren doch die Durchgangspunkte von der Beschaffenheit des Materials selbst bestimmt.

Vielleicht könnte noch der Einwand erhoben werden, daß bei diesem Verfahren manches verloren ging, was zu verwirklichen, ich mir zuerst Mühe gegeben hatte, womit auch die Frage gestellt war, ob es deswegen nicht als unfunktionell zu verwerfen sei. Doch sollte man nicht vergessen, daß die jedesmal vier Sequenzen nichts anderes als Klangfarbenvariationen einer einzigen „trockenen“ Signalfolge waren. Diese „Variation“ aber genügte nicht, um die Identität des Ursprunges zu verdecken, und die vier Sequenzen glichen durch zahlreiche fast „wörtliche“ Wiederholungen (sogar auf dem Gebiete der Materialqualität) einander sehr. Nachdem jedoch die Pausen eingebaut und so verteilt worden waren, daß sie gerade dort, wo die stärksten Ähnlichkeiten bestanden, Differenzen der bewußten Gruppierung schufen, sah man sich in Gegenwart von vier zwar einander verwandten Gebil-

den, ohne daß es jetzt aber noch privilegierte, längere Wiederholungen (die, bei der einheitlichen Beschaffenheit des Stoffes, allein als solche wirken konnten) gegeben hätte. Außerdem kam, *grosso modo*, alles wenigstens einmal zum Vorschein, so daß der Einwand (den ich mir selbst einen Augenblick lang gemacht hatte) liquidiert schien.

\*

Ich sah nun die Zweiunddreißig, so mit verschiedenen dosierten und in verschiedener *Gerichtetheit* der Dosierung verteilten, Pausen versehenen Sequenzen als meine fertige Arbeit an. Damit war es möglich, eine große Vielfalt verschiedener Totalabläufe herzustellen<sup>5</sup>. Ich sah, daß man zwei Sequenzen dann aneinanderreihen könnte, wenn das Ende der einen und der Anfang der anderen in ihrer Materialbeschaffenheit völlig miteinander übereinstimmten (beispielsweise wenn beide hoch, schnell und homogen waren). So war eine absolute Kontinuität möglich, und der geringste Eindruck eines Bruches an den Begegnungsstellen vermeidbar (größere Brüche kamen jetzt — nach dem Einbau der Pausen — eher im Innern der Sequenzen vor. Vier der zweiunddreißig Sequenzen fingen an einem gleichen charakteristischen Punkte an, um in vier verschiedenen Richtungen zu divergieren und bei vier verschiedenen Endpunkten anzukommen. Vier Sequenzen aber, die aus verschiedenen Richtungen kamen, endeten zugleich im selben charakteristischen Punkt. Dadurch war, außer den vielen sukzessiven Kombinationen, die Möglichkeit offen gelassen, an einer einzigen Sequenz zwei (oder mehr) verschiedene anzuschließen, die mit gleichen Merkmalen anfangen, was Abzweigungen in der Evolution und somit Veränderungen der großen polyphonen Struktur zur Folge hatte. Jede der Schichten mußte dann unabhängig von der anderen so lange weitergeführt werden, bis sie auf der gleichen Charakteristik wieder zusammentreffen und sich zu einer einzigen Branche vereinigen konnten. Das wurde teilweise dadurch erschwert, daß die Sequenzen nicht alle die gleiche Länge hatten. Die Strukturen konnten von Anfang bis Schluß auch auf eine gleiche Anzahl voneinander unabhängiger Schichten verteilt werden und nicht alle Strukturen mußten in jeder „Fassung“ vorkommen.

Die globale Dynamik als „freie Dimension“ war indes noch ganz undefiniert geblieben. Selbstverständlich gab es in den Strukturen, besonders nach der letzten Phase der Arbeit — den Einbau der Pausen — ganz beträchtliche Unterschiede der Lautstärke, aber alles war immer auf das gleiche Maximum (0 db) hin gerichtet worden. Dadurch war es nun möglich, entweder größere Veränderungen der Dynamik vorzubereiten und vor der Montage auf Tonband aufzunehmen, oder aber bei der Vorführung entweder zu interpretieren zu beginnen (nach einem Plane), oder sogar unmittelbar zu improvisieren. Und zwar konnte diese Art der Regelung autonom für jede der

<sup>5</sup> Der Anfang und das Ende jeder Einzelschicht konnten, dynamisch sinnvoll moduliert, als Anfang und Ende eines Gesamtablaufes passend funktionieren.

polyphonen Schichten entweder mittels eines einzigen, oder durch mehrere „Interpreten“ durchgeführt werden.

\*

Ich selbst habe danach in Mailand zwei ziemlich voneinander unterschiedene Fassungen meiner Arbeit zusammengestellt. Seitdem sind drei weitere Fassungen entstanden: zwei stammen von Luciano Berio (dem musikalischen Leiter des „Studio di Fonologia“), und eine dritte von Marc Wilkinson (London); dabei ist es bemerkenswert, festzustellen, wie in einem und demselben — dabei so ausgeprägten — Stoff ganz verschiedene musikalische Persönlichkeiten zum Ausdruck kommen können. Keiner der beiden hat die Verbindungsvorschriften, die ich aufgestellt hatte, respektiert, und das mißfiel mir gar nicht: waren sie doch nichts anderes als eine Art von „Garantie“ für einen verbindlichen Ablauf. Sieht jedoch jemand die Möglichkeit, ohne diese „Hilfe“ ein sinnvolles Geschehen auszusteuern, dann kann und möchte ich das nicht abraten<sup>6</sup>. Bei Wilkinson führten die von ihm gewählten Freiheiten zu einer Gesamtform, die dem Gegensatz vieles verdankt. Ich glaube, daß er — aus ganz bestimmten Gründen — diese Kontrastwirkung auch gesucht hat. Bei Berio, wo sie noch häufiger vorkommen, führen sie indes zu keinem einzigen Bruch, und die Form ist hier distributiv, unfixierbar, ein typisch modernes Zeitbewußtsein hervorrufend. Hier handelte es sich um zwei Musiker, die im Mailänder elektronischen Studio selbst Montagen verwirklichen konnten. Ich kann mir aber gut vorstellen, daß eines Tages solche Arbeiten dem Publikum selbst zur Verfügung gestellt werden könnten. Man brauchte bei sich zu Hause nur ein, oder möglichst zwei oder drei — mit mehreren „Liebhavern“ ist das leicht zu ermöglichen — einfache Magnetophone<sup>7</sup> und außerdem etwas Klebe- und eventuell Weißband<sup>8</sup>, um selbst eigene ein- oder mehrschichtige Zusammenstellungen auszuprobieren. Die Freude am — möglicherweise „konzertierenden“ — dynamischen Regeln oder gar an einer kleinen Raumaufteilung (wozu ebenfalls keine teuren Apparaturen erforderlich sind) würde dazu beitragen, dem jetzt „aktiven“ Hörer das Erlebnis zu verschaffen, wie zeitliches Geschehen beeinflusst und zu einer Form lebendiger, schöpferischer Freiheit emporgehoben werden kann.

<sup>6</sup> Auch könnte ich niemandem verbieten, die erzeugten Strukturen in anderen Bandlaufgeschwindigkeiten zu gebrauchen. Das Material verträgt es leicht, bis zu einer ganzen Oktav tiefer transponiert zu werden, ohne dabei an Interesse zu verlieren. Im Gegenteil, manches was normalerweise in homogenen Flächen verloren geht, kommt durch die Verlangsamung plötzlich zum Vorschein, und so wird diese durch eine innere Beschleunigung equilibriert.

<sup>7</sup> Eine strenge Synchronisation der Bandlaufgeschwindigkeiten braucht es ja hier nicht zu geben und die kleinen Verrückungen der Überlagerung ergeben im Gegenteil immer neue Resultatsfiguren, die mir der Aufmerksamkeit würdig scheinen.

<sup>8</sup> Oder es könnte das ganze Material in irgendwelchen neuartigen „Musiklokalen“ den „Amateurs“ zur Verfügung gestellt werden.

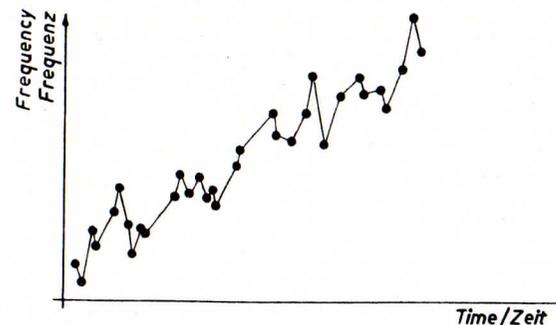


Abb. 1 *Oben:* Oscillogramm eines weißen Rauschens. Die waagrecht Geraden zeigen zwei Durchgangsstufen an. *Mitte:* Resultat bei Verwendung der oberen Durchgangsstufe. *Unten:* Resultat bei Verwendung der unteren Durchgangsstufe.

Fig. 1 *Top:* Oscillogram of white noise. The horizontal lines indicate two settings of amplitude cutoff. *Middle:* Result of using the higher cutoff. *Bottom:* Result of using the lower cutoff.

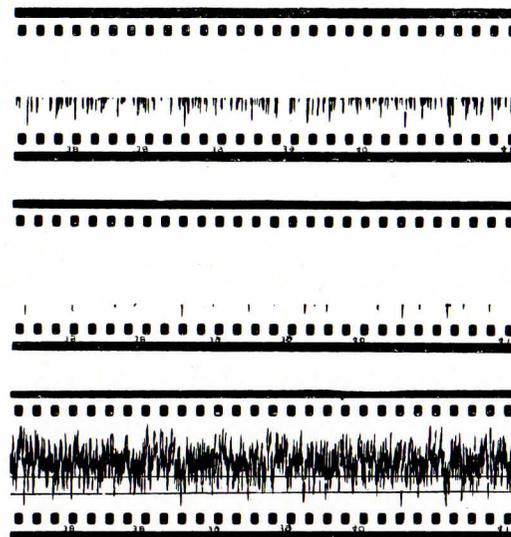


Abb. 2 Die „Partitur“ eines amplitudengefilterten farbigen Rauschbandes: *oben* vor und *unten* nach der Geschwindigkeitsveränderung.

Fig. 2 The „score“ of an amplitude-filtered coloured noise band: *top* before and *bottom* after the change of speed.

## Scambi

by

HENRY POUSSEUR

I started work on this piece with two ideas in my mind: I wanted to create structures such as to allow the listener a certain freedom in forming his own conception, a certain ability to take an active part in forging the time — hence “Scambi”, Italian for exchanges, barter; and I felt the need to stand apart expressly from the periodic nature of traditional music.

A negative principle seems to dominate the instrumental music of Webern and the later composers: many of their techniques (in particular harmonically) seem as if in deliberate opposition to the forms of tonal language: tense dissonances, nonlinear polyphony, irregular timing, sporadic instrumentation and dynamics, etc. This extensively planned asymmetry is intended to spread the interest over the whole line of a work and to prevent that this line resolves itself simply into a mechanical necessity. However, it has been difficult to reconcile this asymmetry with the available selection of fixed tones, which had after all been chosen for an altogether different purpose and had in turn determined an altogether different, strictly periodic musical language. It is worth noting, as an example, that the percussion section of the classical orchestra is limited to timpani, producing a definite tone. Only the simplest and most regular forms were able to show up the looked-for causal connections with a clarity sufficient to convince the listener of their inevitability.

The composer who wishes to create space and time to break away from the polarity and causality of classical thought (consider Webern: “All must float”), who wishes to bring a dimension of freedom back into music — which is the real driving force at the bottom of today’s musical revolution —, such a composer must handle the above-mentioned tonal material with the greatest caution: this material would just be waiting, so to speak, for the slightest opportunity to reestablish the old connections to which it was predestined. This is why we find already in Webern the mainly chromatic relationships (mostly still in the tense forms of ninths and sevenths) as well as an avoidance — prescribed already by Schoenberg, but here taken to its extremity — of recognisable (simultaneous or successive) octaves, of empty fifths, of too consonant chords altogether, this is why the above-mentioned caution, an austerity too often admired for its own sake, is so much in the foreground. Tonal experiences of such complexity, so few of them reducible to simpler terms, were gained from the periodic material (just consider Webern’s 5th Bagatelle, or the famous “sound blocks” in the Variations for Orchestra, and especially in the first movement of the Second Cantata) that this austerity, this profession of the negative, led the conscious

listener to a new, completely positive region: a region of great variety and of finely differentiated sensual experience, up till now carelessly defined as “noise”. Today, electronic means are the key to this region, in letting us regard noise not just as an effect and an exception, in that it can be controlled, employed and evaluated with a new freedom. We are no longer bound to the “natural” harmonic sound production of the traditional instrumentarium. The new means truly appear to be adequate to the required result.

In addition, my time was relatively short, which meant that I had to find ways and means of material production and formation capable of quick realisation with no compromise of quality — the microphysical methods of nearly all previous electronic composition had to be excluded from the start.

\*

At the Milan broadcasting studio I found an instrument built by chief engineer Dr. Lietti, which might be called an amplitude selector, or volume filter, for the suppression of all signals under a selected amplitude; the sharpness of cutoff is also adjustable.

It is interesting to examine the passage of coloured noise through the amplitude selector, set at sharp cutoff: as a noise band is characterised by amplitude peaks of irregular magnitude and spacing (depending in each case on the noise generator employed), the amplitude selector will allow passage only to these peaks, so that the noise will lose its continuity. Depending on the setting of the amplitude selector, the same piece of noise can give all variations from a thinly spaced sequence of signals akin to occasional drum beats or pizzicati, to a kind of bubbling noise (See Fig. 1). Such a signal sequence is completely aperiodic and the listener can obtain a rough statistical indication of the mean “speed” only after some time, any desired variation of this mean speed being obtainable from the amplitude selector setting.

Aperiodic frequency variations exist because each peak passed by the amplitude selector is of a chance frequency somewhere within the noise band, any desired variation of the mean frequency as well as of the range of scatter being obtained by selection of the mean frequency and the width of the noise band used.

Lastly, there are aperiodic dynamic variations because the peaks passed by the selector are not all of the same amplitude above the cutoff.

Alteration of the amplitude selector setting results in a change of not only speed but also volume. In order to bring everything back to zero level — making the material workable — the material is first recorded and then dubbed over an amplifier and back through the amplitude selector, so that the sequences — especially the “slow” ones, where the *pauses* are conspicuous — are freed from uninteresting little “cracks” in which the spectrum had no time to unfold, so that stray amplifier noise is removed, so that, in all,

the sound is given a rounded form. In this regard I must acknowledge the help given me by Sig. Marino Zuccheri of the studio's technical staff in his care for the cleanness and quality of the material.

The two requirements, aperiodicity and fast production, are thus met: without the need to synthesise the signal spectra and then string them together unevenly, a raw material is obtained which is full of life<sup>1</sup>, even if in an as yet elementary form. Its determining qualities of *mean* pitch, volume and speed, and even its range of chance, are completely under control.

The first part of my work was the laying up of a systematic stock of this material. 11 half-octave noise bands of 140-200, 200-280 . . . 4500-6400 c/s were each passed through 5 different settings of the amplitude selector. In each series of equal speed (i. e. equal selector setting) three adjacent frequency bands were mixed (1-2-3, 2-3-4 . . . 9-10-11), thus widening the band width and considerably raising the inner movement, especially in regard to pitch, without however affecting the spectrum of each individual signal. There were now 9 instead of 11 varieties of pitch, each at 5 signal speeds.

\*

Two further problems cropped up at this stage: firstly, it was hardly possible, and not desirable, to build up a piece solely of this dry, "plucked" material; it had to be relieved by another more continuous sound family, but with the same characteristic asymmetry and flexibility for the sake of unity and gradual exchangeability. Secondly, the first material was still too much in block form — means had to be found for gradual and independent changes of speed and pitch. For the sake of clarity, I shall deal first with the solution to the second problem.

The 45 varieties of basic material were recorded on endless loops of a length of about 30 ft., long enough at 15 ips. to avoid too frequent repetitions of the same random figure, and each loop in turn was put on a variable speed tape recorder. A second recorder was loaded with a short length of 3 to 30" of tape, formed into a loop with leader tape, so that short portions of the first loop could be dubbed onto the second loop while the playback speed of the first loop was gradually varied, the total speed change being read off on the speed control of the first recorder, and the duration of the recording being known from the length of tape on the second recorder. Playback and recording until satisfaction was obtained were able to take place without delay.

Although theoretically both speed and pitch were changed in this operation, the signal asymmetry, the small speed changes involved, and the

<sup>1</sup> cf. Wladimir Weidlé „Biologie der Kunst“ (Biology of Art) (*Diogen*, 18, April 1957) where this relationship between vitality (natural or artistic) and certain forms of asymmetry is emphasised.

brevity of the extracts recorded on the second loop all led to the result that the *speed* change remained ineffective in practice, the listener becoming aware only of the movement in *pitch*. The previous mixing of the frequency bands in groups of 3 adjacent precluded a too linear impression of frequency movement, rather, such a movement was perceived only roughly and generally (Fig. 2); this had actually been the *main* reason for mixing the frequency bands in groups of 3.

These bits of tape of  $\frac{1}{4}$  to 2 sec. duration were spliced together to give motion on a larger scale. At this stage changes of *speed* were introduced quite simply by joining tapes of different — usually adjacent — speed groups; the aperiodicity of the speed, the fact that there can be shorter intervals in the slower groups and vice versa, made the splice pass unnoticed (except in special cases where a sudden speed change had been desired). The speed movement, like that in pitch, was perceptible only in a general way and after a certain time, by which, possibly a new direction already been embarked upon.

Four fairly long basic models of this material were produced, lasting 21—42 sec., distinguished by various *general* but not necessarily *even* directions of motion:

high-fast . . . high-slow,  
high-fast . . . low-fast,  
low-slow . . . low-fast,  
low-slow . . . high-slow.

These four models, subject to further working out, could of course also be used in reverse, although the reverse effect was not quite the same, as the signal elements were not quite symmetrical; therefore care was taken to preserve an even balance between the use of forward and reverse motions.

\*

Let us now consider the problem of the second, related sound family, which has already been mentioned: the best way to preserve the relationship seemed to be to derive the second family from the first, and a reverberation chamber was used here, not as effect, but in an actually productive way. (The reverberation chamber as sound source had already been used, in a different way, in Stockhausen's 2nd *Etude*.)

I discovered that a reverberated anechoic signal, played backwards, resulted in an exponentially increasing sound which was sharply cut off; this reverberation in reverse was once more reverberated, and behold, all echo effect was lost — the sound appeared as if liberated by acoustics itself; what would normally have been perceived as the sign of a room now became an inseparable part of the sound, the sound had taken possession of it — it had materialised! And this sound now had an inner spaciousness and

a remarkable depth, and thus preserved the relationship "Space-Matter" — which might be regarded as an aspect of modern feeling and imagination . . .

When instead of a lone signal a whole group, articulated in pitch and speed, was doubly reverberated, this twin relationship became more marked, for the signal elements more or less flowed together; if the signal source was a sufficiently dense group, the original elements became so diffused as to disappear altogether, resulting again in a homogeneous, *purified*, noiselike sound surface, which still, however, preserved some of the unevenness of the original bubbling sound, and which gently moved in pitch, according to the general movement of the original model. Interesting too was the fact that the original time-density (speed) was translated by the double reverberation into space ("harmonic")-density: the faster the original sequence, the denser and more noiselike the result; the slower the former, the more transparent, chordal, or melodic the latter. A purely *mechanical* operation had struck a new, close relationship, making an organic connection between *time* and *space*.

It was easy to make this relationship apparent by alternating and mixing the dry and the homogenised material in varying proportions with two variable attenuators and a mixer-amplifier, during which the pitch and speed/harmonic changes remained as in the original.

The forward and reverse motions of the previously mentioned basic models were each subjected to four different such double reverberations, giving 32 new models. In each of these there is again a general (but not necessarily constant) trend in regard to the amount of reverberation:

dry — homogeneous,  
dry — dry,  
homogeneous — dry,  
homogeneous — homogeneous.

Preceding and following reverberation were of course controlled independently one after the other.

This operation, just like the two previous steps of the work, always took place as a concrete, direct intervention in the sound running off at normal speed and constantly monitored, so that the work rather had the aspect of directing an instrumental performance. This is important for an understanding of the following. Any part of the work which had not come off could be redone as often as necessary.

\*

One last problem remained to be solved before these 32 sequences could be combined consecutively and simultaneously and with dynamic variations: the problem of silences. And yet I could not bring myself to use scissors on what was already finished. The amplitude selector seemed to be the answer once more: the tapes were played back through an attenuator followed

by the selector set, this time, at diffuse selection, and the fact that the tapes already had their own dynamic variation, left me at the attenuator in control of the selector only up to a certain point. I could tell only approximately where the selector would begin to reject, I could not follow what passed in the silence, and I could only roughly predict the next passage I would bring out again, even though I knew the sequences very well by this time, so that this was really a case of blind (or rather: deaf) control: a further development of the element of chance, which had formed the basis of my work from its very beginnings. That is why I put a definite limit on my amount of *practice* with each tape, so as to retain as much chance as was compatible with a satisfactory result; this "holding conversation" with the partially unknown, this partly groping interference with a sequence of events dictated by the *Universe*, seemed to me the archetype of a method of work which allowed Freedom a creative hand. The result: unity of style even in the silences — had not the material itself helped to create its own pauses?

An objection might be raised whether the pauses had not often eliminated something of value, something which had been the result of much previous thought and labour. It must be remembered, however, that every four of the sequences were variations in timbre of one basic model; the reverberating variations failed to completely disguise their own origin — many almost literal repetitions could be found. Care was taken to see that the pauses eliminated these repetitions, but, in general, each different statement still came at least once. The sequences were now seen to be related to one another, to be sure, without however betraying their unique origin by excessive similarity.

\*

I now regarded these 32 sequences, running in various directions of pitch, speed and tone quality, and lastly, provided with pauses, as my finished work. Complete performances could be had in many different ways, for the beginning and end of each separate sequence could serve as the beginning or end of the whole, with suitable dynamic modulation. I saw that two sequences could be joined if their respective end and beginning were of like quality (e. g. both high, fast and homogeneous); complete continuity was thus possible, with not the slightest sign of the joint, more pronounced breaks in the continuity being really more likely to occur within the sequences, especially since the pauses had been built in. There were four sequences with the same commencing characteristic, to diverge into four different directions and to reach four different goals, while four other sequences, coming from various directions, finished at the same point. This greatly raised the number of possibilities, for it was left open to join several simultaneous sequences to the end of one, so that the evolution branched out with consequent effect on the great polyphonic structure. Each layer of structures

then had to find its own way back to a common point, although this was sometimes made more difficult by the fact that they were of varying lengths. Or, independent layers could be formed of equal numbers of structures, and it was not obligatory to use each of the structures.

Although the structures contained considerable dynamic variation, everything had been related to the same maximum of zero level, so that the *free dimension of dynamics* had been left quite undefined, giving rise to the following possibilities: dynamic changes could be worked out in advance, and recorded before montage; it could be left until the performance to start *interpreting*, either to a plan or just improvising; in fact each polyphonic layer could here be controlled separately, if desired, by a group of interpreting artists.

Since finishing these structures, I myself have assembled, in Milan, two rather different versions, two more have come from Luciano Berio and a fifth from Marc Wilkinson; and the variety of musical personality which can stamp itself on material with such marked properties is remarkable. Both Berio and Wilkinson successfully disregarded the connecting rules I had established, which are after all but a guide to the making of a unified whole, it being left open to assemble a meaningful event without their help. (For the same reason I would have no objection to the use of other tape speeds: the structures can easily take a transposition an octave down without loss of interest — on the contrary, some details which tend to become lost in the homogeneous surfaces are suddenly brought out by the loss of speed, which is thus balanced by an increase of inner movement.) The liberties chosen by Wilkinson led to an overall line of contrast, even contradiction; in Berio, this tendency is even more pronounced, without however causing a single break, the form being distributive, indefinable, calling to mind a typically modern time consciousness.

Although the above is a question of two musicians who could realise their montages in the Milan studio itself, I can easily imagine that in the not too distant future the possibility of doing such work will become generally available. All one needs at home is some splicing and leader tape and a simple tape recorder, or preferably two or three (and with several amateurs this should not be difficult), which need not be perfectly synchronised, the small errors here leading to constantly new figures; else, the whole material could be made available to amateurs in some kind of "music bar". The joy of turning the volume control — maybe in company — or even of a little spatial distribution, requiring no expensive apparatus, would help to give the now *active* listener the experience of how the course of an event can be influenced and raised to the form of a vital, creative freedom.

## Zur Entwicklungsgeschichte des Stereophoners

von

ROBERT KOLBEN

In den Fachzeitschriften — besonders in den amerikanischen — schreibt man seit einiger Zeit viel über die Stereo-Platte und über das Problem der zweikanaligen Mikrorille. Über die Frage, wie diese zwei Kanäle überhaupt entstehen, schreibt man viel weniger. Das hat zwei Gründe: den Mann, der diese HiFi-Zeitschriften liest und der sich für das eine oder das andere Stereogerät entscheiden muß, interessiert diese Frage viel weniger, und zweitens wird dadurch das heikle Thema eröffnet, welches in dem Gekummel von der Oberfläche sonderbarerweise verschwunden ist: *Was ist die Stereophonie?* Abgesehen von der Allgemeinbehauptung, die Stereophonie sei die räumliche Schallwiedergabe, gibt es viele Auffassungen davon, die man am besten durch die verschiedenen sich daraus ergebenden stereophonischen Verfahren untersucht.

1. Man ist sich darüber einig, daß eine „wahre“ Stereophonie nur mit Kopfhörern möglich ist, so wie auch die Stereoskopie ein Einzelbild für jedes Auge verlangt. Das Problem scheint zuerst ganz einfach: bei der Aufnahme ist der Zuhörer durch ein Doppelmikrofon vertreten — eins für jedes Ohr — und die Pegel- und Phasenunterschiede erzielt man, indem man diese Mikrofone in einen Modellkopf einbaut. Eine nähere Betrachtung zeigt aber, daß ein solches Verfahren den frühesten elektrischen Aufnahmen gleichkommt, wobei ein einziges Mikrofon den Zuhörer vertrat; die Nachteile davon sind bekannt — seien sie hier nur kurz angeführt: ein verschwommenes Schallbild, Verdeckung mancher Stimmen durch andere gleichzeitige und Dynamikverluste stammen alle daher, daß die Sensibilität und die Intelligenz des Ohres noch nicht nachgeahmt wurde. Die Stereophonie wirkt zwar deutlicher und die gleichzeitige Verdeckung verschwindet, doch haben Aufnahmen mit einem Mikrofonpaar dieselbe Dynamik wie Aufnahmen mit einem einzigen Mikrofon.

Noch wichtiger aber zu beachten ist, daß man im allgemeinen gegen Kopfhörer eine wohlbegründete Abneigung hat — ist es doch fraglich, ob die vollkommene Wiedergabe, sei sie auch erreichbar, dieses Bequemlichkeitshindernis überwiegen würde.

2. Der Kopfhörer erübrigt sich, wenn man das Mikrofonpaar in einigen Meter Abstand aufstellt mit der Absicht, daß die Lautsprecher denselben Abstand haben. Bequemlichkeit wird aber mit Wahrheit bezahlt: auch in dem für eine gute Wiedergabe sehr begrenzten Sitzraum erzielt man zwar eine gewisse räumliche Wirkung, trotzdem gewinnt man einen Hauptindruck von zwei Punktquellen statt einer, die Dynamik ist nicht besser

als vorher, Verschwimmung durch Hallerscheinungen und Verdeckung gleichzeitiger Töne nicht wesentlich besser als in der Monophonie.

3. Durch eine Kanal- und Lautsprechervermehrung hat man versucht — besonders in der Filmvertonung — die Zwei-Punktquellen-Wirkung sowie die Sitzplatzbeschränkungen aufzuheben. Im allgemeinen sind solche Verfahren im Verhältnis zu ihren Vorteilen zu verwickelt, und gerade für den Heimgebrauch ist diese Lösung ohne Bedeutung.

4. Dynamik und Deutlichkeit in der Schallwiedergabe sind heute schon so selbstverständlich geworden, daß man zu der Ansicht neigen muß, daß eine solche Stereophonie eher Nachteile als Vorteile mit sich bringt. Viele Mikrofone in der unmittelbaren Nähe vieler Instrumente ist die Basis der modernen Orchesteraufnahme, und man könnte annehmen, daß sich diese Mikrofone in zwei Kanäle aufteilen ließen. Das ist die bekannte „A-B-Stereophonie“: das halbe Orchester spielt im linken Lautsprecher und die andere Hälfte im rechten. Die Wiedergabe kommt allerdings den monauralen Erwartungen gleich, vorausgesetzt, man hat (oder benützt) nur ein Ohr. Es haben sich aber musikalisch gebildete Hörer gefunden, die eine solche Stereophonie von der Musik zu sehr ablenkt; eine räumliche Wirkung ist auch kaum vorhanden.

5. Die Zwei-Punktquellen-Wirkung läßt sich bis zu einem gewissen Grade beseitigen, indem man die Mikrofone mancher mittleren Instrumente verschieden stark auf beiden Kanälen aufnimmt. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß in diesem vielversprechenden Verfahren die Instrumente zwischen den Lautsprechern wandern, und gleichzeitige Verdeckung ist noch immer ein Problem.

\*

Bemerkenswert ist, daß das erste das einzige aller dieser stereophonischen Verfahren ist, welches ein Recht hat, „wahre“ Stereophonie genannt zu sein; die anderen sind alle eine technische Darstellung des Originalschalls, die so eingerichtet ist, um eine mehr oder weniger stereophonische Wirkung zu erzielen. Nun darf man technische Darstellungen eines Originalschalls nicht herabschätzen: trotz der sogenannten hohen Naturgetreue der Wiedergabe — „high fidelity“, oder kurz „HiFi“ auf Englisch — wird diese heute normalerweise weder erreicht noch verlangt. Die Schallwiedergabe ist reif geworden, sie hat eine eigene Sprache mit Selbstbewußtsein entwickelt: mit dem Mikrophon läßt sich vieles erreichen, das im Konzertsaal ein Musikertraum bleibt; innere Stimmen, vom Komponisten nicht in jedem Fall bloß als Hintergrundgeräusch oder Atmosphäre gedacht, lassen sich verdeutlichen, und besonders Solisten kann man zu einer Brillanz und Präsenz hervorheben, die in einem gewissen Sinne die visuelle Wirkung ersetzt. Groß ist die Verantwortung, die diese Seite der Schallaufnahme mit sich bringt, und

der Aufnahmen sind viele, von denen man behaupten könnte, der Effekt überwiege die Kunst. Die ungeheueren Möglichkeiten der Stereophonie vergrößern diese Verantwortung um das Vielfache: man muß also damit rechnen, daß das Kindesalter der Stereophonie von falschen Anwendungen wimmelt.

\*

Das Vorgehende ist eine kurze Zusammenfassung der Probleme, mit denen die Stereophonie behaftet ist, bevor man überhaupt an die rein mechanischen Probleme der zweikanaligen Schallplatte stößt. *Muß es tatsächlich sein?* Wenn man die handelsübliche Stereophonie gehört hat, wird diese Frage besonders dringend.

Man kann sich darüber einigen, daß der Gehörsinn nicht vollkommen befriedigt sein kann, wenn eine seiner wichtigsten Fähigkeiten — das Richtungsgehör — unerfüllt bleibt. Andererseits zeigt das Vorgehende, daß die Technik die Probleme der wirklich naturgetreuen stereophonischen Aufnahme und Wiedergabe noch nicht gelöst hat, daß auch eine mehr oder weniger erfolgreiche stereophonische Darstellung höchst kompliziert ist — daß sie die Plattenindustrie auf den Kopf stellt, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Bedenkt man das aber, und außerdem eine weitere Selbstverständlichkeit, nämlich daß die Stereophonie mindestens zweier Schallquellen bedarf (und der Einfachheit halber vorzugsweise nicht mehr als zweier Schallquellen), dann erscheint es sonderbar, daß man nicht auf die Idee gekommen ist, die stereophonische Darstellung beim Ausgang statt am Eingang des Tonträgers zu machen. Unter der Annahme, dies sei überhaupt möglich, seien einige auffallende Vorteile eines solchen Verfahrens kurz angeführt: die schon erwähnten Schwierigkeiten und Nachteile der stereophonischen Aufnahme entfallen gänzlich, sowie die Frage, wie die Stereo-Platte zu schneiden ist; und es ist von allerhöchster Bedeutung, daß die vorhandene Unmenge monauraler Platten, wovon viele historischen Wert besitzen, nicht plötzlich veraltern würde.

\*

Dies war Hermann Scherchens Standpunkt, als er seine Reihe von Experimenten mit der Stereophonie in Gravesano einleitete. Das ursprüngliche Ziel war, die Schwierigkeiten der stereophonischen Aufnahme zu überwinden, indem man sie umging, und die schon bestehenden monauralen Platten zu retten, in anderen Worten, es sollten Mittel gefunden werden, aus monauralen Aufnahmen stereophonische zu machen; diese sollten dann in dem bis dann genormten System geschnitten und gespielt werden. Ein einfacher Schallkanal war zu teilen. Nun es gibt Filter, gewöhnliche Frequenzweichen sogar, die das tun — das ist aber noch lange keine Stereo-

phonie; die Kanalteilung mußte auf eine ganz bestimmte Art und Weise vorgenommen werden, die Möglichkeit mußte geschaffen werden, die Amplituden- und Phasenunterschiede unter laufender Kontrolle zu haben, um sie der augenblicklichen musikalischen (oder allgemein akustischen) Situation anzupassen. Dr. Scherchen hieb die Arbeit an mit einem Paar Ekmüller W 86 Entzerrer und einem Paar Regler W 66. Platten wurden abgespielt, Dr. Scherchen regelte ununterbrochen und hörte über ein Paar „Allvox“ Lautsprecher ab. Er wurde sehr bald darauf aufmerksam, daß viele der Aufnahmen technisch viel zu wünschen übrig ließen: seine großen Kenntnisse und Erfahrungen als Musiker rechtfertigten seinen Entschluß, diese zu verbessern, während seine Gravesaner Apparatur diesen Entschluß mit Erfolg belohnte: langweilige Aufnahmen (und Aufführungen) bekamen ein neues dynamisches Gesicht, zu trockene Aufnahmen wurden verhallt (Hallräume, Nachhallerzeugungsplatte der Fa. Franz, und Verzögerungskopf der Albrecht Magnettonkamera), die Geschwindigkeit mußte in gewissen Fällen verändert werden (Springer Zeitregler), ungenügende Orchester bekamen eine Vollbesetzung (verschiedene Verfahren) und die Ergebnisse wurden auf Band aufgenommen, bevor man mit der „Stereophonisation“ überhaupt erst anfing.

Bald vermehrten sich die Filter, es wurden erst vier, dann sechs (verschiedene Typen), der monaurale Kanal wurde in acht Teile geteilt, deren sechs man filterte und regelte und deren anderen zwei man nur regelte, ohne sie zu filtern: man mischte je vier der Kanäle, erhielt also die zwei erwünschten stereophonischen Kanäle. Ein mehrkanaliges Regiepult (Abb. 1) wurde im Studio hergestellt, um die technischen Hindernisse der Arbeit möglichst zu beseitigen, während wirtschaftliche Beschränkungen die Anpassungsfähigkeit des Pultes an fast jede denkbare Situation zur Bedingung machten. Die Stereophonisation einer monauralen Aufnahme wurde nun etwa zu einer Orchesterprobe: die Partitur wurde von einem ganz neuen Standpunkt eingehend studiert, Dr. Scherchen übte die gleichzeitige Handhabung der 14 Regler, und viele Doppelspurbänder wurden aufgenommen, bis er zufrieden war; und dann wurde es seiner Familie, Mitarbeitern und Studenten, und den Besuchern, die das Glück hatten, die fertigen Bänder zu hören, zu einem Erlebnis. Nicht nur Orchestermusik, auch Chorwerke, Kammermusik — sogar Soloinstrumente — Hörspiele, Reportagen, Monologe bekamen alle *Raum*.

Jetzt wurde vereinfacht, alles Unwesentliche wurde herausgesiebt — Dr. Scherchen betrachtete die Stereophonie genauso wie die musikalische Interpretation. Nicht bloß stereophonische Bänder machte er nun, sondern er machte sich eine Notiz von allen Reglerstellungen, die er dafür verwendet hatte; auch fand er, daß sie einander mit wenigen Ausnahmen sehr glichen. Eines Tages machte er eine feste Reglerstellung und überließ das Pult sich

selbst, hörte seine Stereophonie nicht im Regieraum sondern im Hauptstudio. Es war kein besonders hergestelltes Band mehr: die Stereophonie kam aus einer gewöhnlichen Schallplatte.

In den folgenden Monaten kamen hunderte von Reglerstellungen auf die Probe; jede Art von Musik und Sprache, jede Aufnahmekennlinie, jede Mikrofonaufstellung mußte eine einzige befriedigende Lösung finden; ein Stoß alter 78er-Platten wurde sogar ausgegraben und irgendwo im Dorf Gravesano kam ein Apparat zum Vorschein, der bestimmt das elektrische Urgrammophon war, damit man die 78er sachgemäß abspielen konnte, und um sich dessen zu versichern, daß sich unter wirklich allen Umständen Stereophonie ergab. Die Amplituden- und Phasengänge einiger der erfolgreichsten Reglerstellungen wurden gemessen, Verstärker wurden den Meßergebnissen nachgebaut, und der beste von diesen ist jetzt der Stereophonier: er hat einen einzigen Eingang für jedes NF-Signal — Platte, Band, Rundfunk, oder Mikrofon. Er hat keinen Ausgang: ein Lautsprecherpaar, dem *Frequenzgang* sowie dem Widerstand angepaßt, gehören zum Gerät.

\*

Überwindet der Stereophonier nicht nur die Schwierigkeiten, sondern auch die Nachteile aller stereophonischen Aufnahmemethoden? Wie eigentlich klingt der Stereophonier?

Erstens verschwindet der „Zwei-Lautsprecher“-Eindruck völlig: die verschiedenen Schallereignisse scheinen von jeder Stelle zwischen den Lautsprechern zu kommen, ohne Lücken in der Mitte zu lassen; auch bei vergrößertem Lautsprecherabstand erscheinen keine Lücken — ein größerer Abstand vergrößert die Schallfläche im selben Verhältnis.

Alle Instrumente scheinen von ihren normalen Orchesterstellen zu kommen. Diese Wirkung ist so stark, daß jedes Instrument durch seinen ganzen Frequenz- und dynamischen Bereich seinen Platz beibehält.

Außer der Querverteilung der Instrumente ist eine Tiefenstaffelung deutlich erkennbar: die Streicher haben die vordere Präsenz mit den Holzbläsern dahinter, während Blech, Pauke und Schlagzeug von verschiedenen hinteren Punkten aus die Fläche durchdringen. Entsprechend der heute üblichen Konzertpraxis und Mikrofonstellung nehmen Instrument- oder Gesangssolisten immer die vordere Mittelstellung ein.

Die Bedeutung des Hörerplatzes ist auf diejenige im Konzertsaal herabgesetzt und ein herumgehender Hörer beobachtet wie in diesem, daß links oder rechts die linke, bzw. rechte Seite des Orchesters stärker klingt, daß aber das Gesamtchester seine Stellung genau einhält.

Der Schall ist von der Punktquellenwirkung der bekannten Lautsprecheranordnungen — sogar derjenigen von großem Umfang — und gleichzeitig

von der gewohnten Lautsprecherklangqualität befreit. Dies trifft zu einem solchen Maß zu, daß man minderwertige Lautsprecher verwenden konnte, und durch die psycho-physiologische Berücksichtigung des menschlichen Gehörs sind Frequenzen hörbar, deren völlige Abwesenheit von den Lautsprecherspektra nachweisbar ist.

Durch die *Ausdehnung* — nicht bloß Verteilung — der Schallquelle verwindet völlig die Verdeckung, welche zwei gleichzeitige von einer Punktquelle stammende Schallereignisse aufeinander ausüben, da solche Schallereignisse jetzt von verschiedenen Stellen kommen. Dadurch wird die Klangschönheit schöner und die einzelnen Klangfarben kommen mit einer Reinheit zu Gehör, die bei der bisherigen Lautsprecherwiedergabe nicht üblich ist. Die synthetische Anhäufung elektrisch verwandelten Schalls wird vom Stereophonier analysiert, die Klarheit und Durchsichtigkeit eines guten Konzertsaals wird hervorgerufen, und es wird beiden Ohren ermöglicht, ihre eigene Schallsynthese wie in der Wirklichkeit zu machen mit den noch zusätzlichen schon erwähnten Vorteilen der richtig angewandten modernen Mikrofontechnik, falls man es mit einer guten Aufnahme zu tun hat. Auch werden Einschwingvorgänge mit einer Genauigkeit wiedergegeben, die normalerweise einer viel komplizierteren und teureren Apparatur entspricht.

Die akustischen Eigenschaften des Raumes, von dem die Aufnahme oder Übertragung stammt, werden in einem solchen Maße reproduziert, daß die raumakustischen Eigenschaften des Wiedergaberaumes keine Rolle mehr spielen. Durch die Abwesenheit von Punktschallquellen wirkt der übertragene Nachhall sogar in einem kleinen Raum und bei hohem Pegel nicht mehr unangenehm, und trockene Aufnahmen werden lebendig, weil stereophonischer Schall immer halliger als monoraler klingt; der Konzertsaal kann sogar mit ins Freie genommen werden, wo die Reichweite selbst eines kleinen Lautsprecherpaares überraschend ist.

Der Stereophonier eignet sich besonders auch für Hörspiele und überhaupt für Sprache, die mit großer Klarheit und Präsenz wiedergegeben wird.

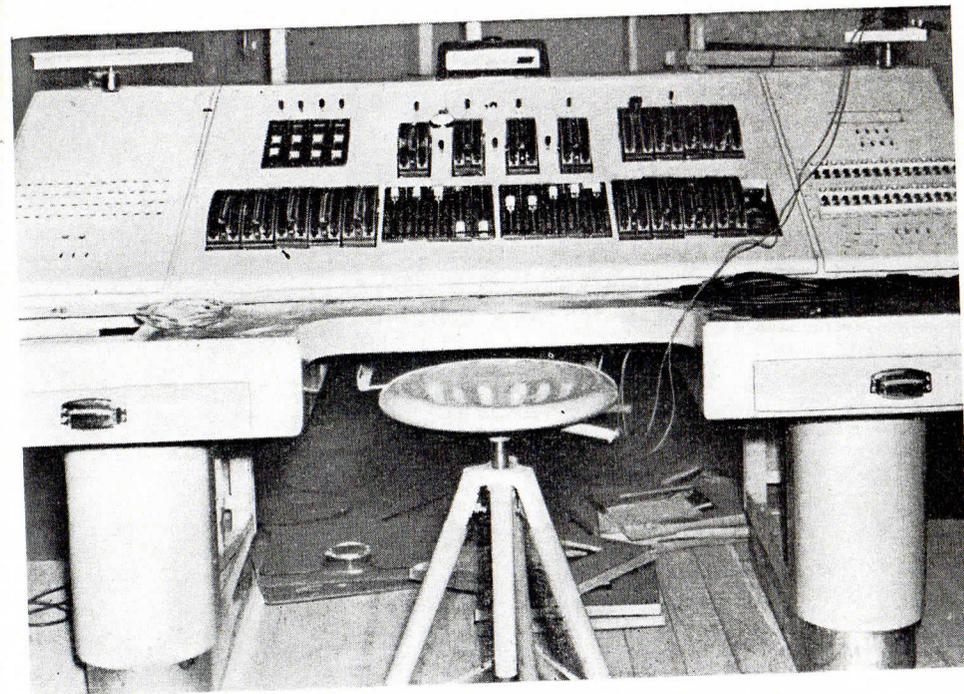


Abb. 1 Mehrkanaliges Regiepult: in der unteren Reglerreihe sind 20 Regler, deren Ausgänge je 5 zu einem Kanal zusammengeschlossen sind. Oben links sind 4 regelbare Filter, in der Mitte ein Gesamtregler für jeden der unteren 4 Kanäle mit Kellogschaltern für den Zusammenschluß mehrerer Kanäle, und rechts sind 4 weitere Regler für Sonderzwecke (Nachhall, Einzelmikrofone u. dgl.). Der rechte Flügel des Pultes enthält Relaischalter zur Überwachung anderer Regieräume und der linke Flügel war zur Zeit der Fotografie noch nicht ausgestattet.

Fig. 1 The multichannel console contains (bottom row) 20 attenuators with their outputs connected to give 4 channels. 4 variable filters are shown top left, the 4 attenuators in the middle are the overriding channel controls with switches between them enabling any desired combination of the channels, while 4 more attenuators at the right are for miscellaneous use (e. g. reverberation, single microphones, etc.). The right wing of the console contains relay switches connected to other consoles, and the left wing had not been fitted out by the time the photograph was taken.

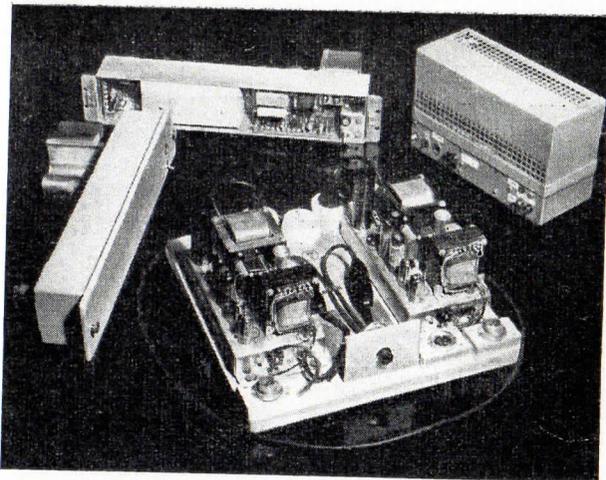


Abb. 1 Drei Entwicklungsstadien des Stereophoners in der Reihenfolge: links — vorne — rechts.  
 Fig. 1 Three stages in the development of the Stereophoner from the pair of rack-mounting amplifiers at the left, over the model in the foreground, to the clean line shown at the right.

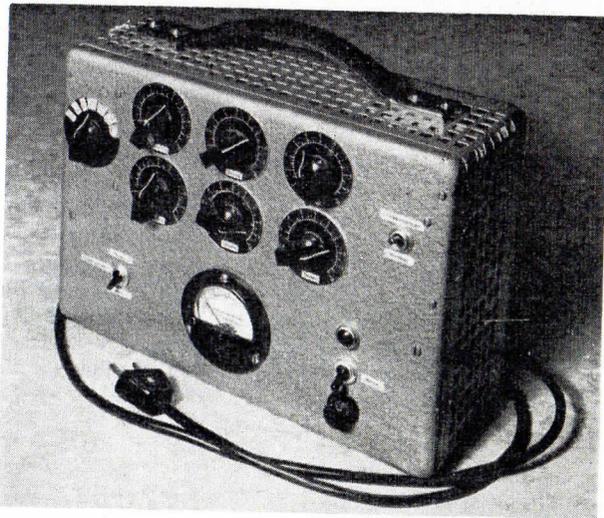


Abb. 2 Prototyp Nr. 4: Universalausführung. Durch den Stufenschalter links mit seinen 7 Stellungen erhält man folgende Möglichkeiten: Radio (Dioden- oder Lautsprecher Ausgang), Tonabnehmer oder Band können monaural über 1 oder 2 Kanäle oder stereophon über Stereophoner wiedergeben werden; die Originalwiedergabe von Stereoradio, -platte oder -band ist möglich, sowie die Zusammenschaltung derer zwei Kanäle mit Wiedergabe über Stereophoner. Die Eingangsbusden befinden sich auf der Rückseite des Gerätes.  
 Fig. 2 Prototype No. 4: universal model. The 7 position switch at the left provides for radio (detector or A. F. stage), pickup or tape inputs for monaural reproduction over 1 or 2 channels or stereophonic reproduction through the stereophoner; stereo radio, tape or disk can be played over it, and it is also possible to mix such a pair of stereo channels and play them over the stereophoner instead. Input plugs are mounted on the back.

## The Stereophoner

by

ROBERT KOLBEN

Much has been written about the stereo disc, about the problems of cutting and picking up two sound tracks in a single groove. Much less is being said about how these two channels come to exist in the first place. There are two reasons for this: firstly, it is of less concern to the general public faced with the problem of what kind of stereo equipment to buy, and secondly it opens up the basic question which, curiously, seems to have been forgotten in the rush: *What is stereophony?* There seems little agreement beyond the sweeping statement that stereophony is the three-dimensional reproduction of sound. The various interpretations of this statement can best be seen in an examination of the various methods which make a claim for stereophony.

1. It is generally agreed that "true" stereophony can only be heard through headphones, just as stereoscopy needs a separate image for each eye. The problem is very simple at first sight: at the recording session, the ultimate listener is represented by a twin microphone — one for each ear — and the intensity and phase characteristics are obtained by mounting these microphones as ears in a head model. But a closer examination shows that this method is the equivalent of the early stages of electrical recording, with a single microphone to represent the listener; the faults here are sufficiently well known to require only listing: a blurred sound image, masking of some simultaneous parts by others, and loss of dynamic range, all resulting from the fact that the sensitivity and intelligence of the ear has not yet been technically duplicated. While stereophony improves the clarity and removes most of the simultaneous masking, recording with one pair of microphones still has the same dynamic range as recording with one microphone.

Even more important is the fact that the public rightly has no wish to use headphones, for it is questionable whether the perfection of the reproduction, even if attainable, would outweigh this encumbrance to the listener's general well-being. It seems to have come into fashion to call this reproduction "binaural".

2. Headphones are no longer necessary if a pair of microphones is placed some yards apart with the intention that the speakers be placed likewise. Convenience is bought at the price of truthfulness, however: even in the limited range of positions for correct listening, there is, to be sure, a certain three-dimensional effect, but the main impression is of just two point

sources instead of one, dynamic range is no better than before, reverberant blurring and simultaneous masking not much better than in monophony.

3. Multiplication of channels and speakers has been tried, particularly in the cinema, to solve the problem of the two sound sources and raise the limits on listener seating. The complications involved generally exceeded the advantages obtained, and especially for home listening this solution is impracticable.

4. Dynamic range and clarity have today come to be taken so much for granted that it really seems as if more is lost than gained by all these stereophonic methods. The basis of modern monaural orchestral recording technique is many microphones placed very near many instruments, and it seemed reasonable to suppose that nothing would be lost but much gained if these microphones were now distributed between two channels. The now well known "A-B stereophony" is the result: half the orchestra comes from the left speaker and the other half from the right speaker. Nothing is lost from the quality expected of monaural recording here, provided the listener has (or uses) only one ear. However, some musically cultured listeners find this kind of stereophony too distracting for musical enjoyment, besides giving really no three-dimensional feel.

5. The two point source effect has been removed to a certain extent by feeding the microphone outputs of some centrally placed instruments into both channels in varying proportions. While this procedure seems to show a great deal of promise, experience has shown that the instruments tend to come now from this side, now from that, and simultaneous masking in each speaker is still a problem.

\*

It is interesting to note that the first method, through all its insufficiency, is the only one having any right to claim a true stereophonic representation of the original sound, all the others being a *technical interpretation of the original* so as to give a greater or lesser stereophonic effect. Not that there is anything wrong with that in itself: in spite of the phrase "High Fidelity", faithful reproduction is very rarely attempted today; sound recording has ripened to a maturity which gives it confidence in a language of its own. Many things become possible in a recording which, in even the best concert hall, remain a musician's dream. Details of orchestration, which the composer did not in every case add just as background noise or atmosphere, can be made audible for example, soloists especially can be, and usually are, given a brilliance and presence which could be said to compensate for the loss of visual effect. This side of recording is fraught with great artistic responsibility, and many are the accusations which can be

levelled at recordings in which effect exceeds art. The tremendous possibilities opened up by stereophonic interpretation enormously add to this responsibility, and at this early stage it must be taken into account that misapplication is still the rule rather than the exception.

\*

This has been a brief summary of the problems confronting the recording industry before even such terms as "45-45", "lateral-vertical", or "compatible disc" begin to have any meaning, and we might be excused for asking, "Is all this really necessary?" Especially after we have heard what comes out of it.

Let us agree that the sense of hearing will not be fully satisfied if one of its very important functions — that of indicating direction — remains unfulfilled. Let us agree also that the technical problems of really faithful stereophonic recording and reproduction have not yet been solved, and that even a more or less successful stereophonic interpretation is extremely complicated — to say that it is creating an upheaval in the industry is so obvious as to require no elaboration. If we start from another near-platitude, that we need at least two sound sources (and for simplicity's sake preferably not more than two) to allow the ears to make their directional synthesis, it is curious that it has not occurred to the industry in general to make their stereophonic interpretation at the output instead of at the input to the recording medium. Assuming first of all that this is at all possible, let us briefly list some of the more obvious advantages of such a procedure: the problems and disadvantages listed above of stereophonic recording methods lose their import, as does the question of how to cut the stereo disc; and — most important — the enormous catalogue of monaural records, many of them valuable, is saved from obsolescence.

\*

It was from this point of view that Hermann Scherchen began his researches at Gravesano into stereophony. The initial aim was to overcome the problems of stereophonic recording by avoiding them, and to save the existing monaural records, in other words, means were to be found to make stereo discs out of monaural ones, and these were to be cut and played by whatever system had been generally agreed upon by that time. A single sound channel needed splitting. Now a filter, a simple crossover network even, does that — but that is still a far cry from stereophony; the splitting of the channel had to be done a certain way, amplitude and phase differences had to be under flexible control to suit the instantaneous musical (or generally acoustical) situation. Dr. Scherchen went to work with a pair of variable filters and a pair of calibrated potentiometers. He played re-

cords, regulating continuously and monitoring over a pair of loudspeakers which were remarkable only in being completely unassuming. Very soon he discovered that many recordings left much to be desired technically: his great knowledge and experience as a musician justified him in attempting to improve these, while his Studio's technical facilities turned the attempt into success; dull recordings (and performances) were given new dynamic scope, dead recordings were given reverberation, speeds were changed in some cases without changing the pitch, insufficient orchestras were made to sound full-sized, and the results recorded on tape before even "stereophonisation" was started.

Soon the number of filters increased to four, and then six: the monaural channel was divided into eight, six of the channels being filtered and amplitude-regulated, the remaining two being regulated without filtering, four and four of the channels were again mixed to give the required pair of stereophonic channels. A special multi-channel console (Fig. 1) was built by Dr. Scherchen's studio staff to enable him to work with the greatest possible technical freedom, while financial limitations — made it essential for the console to be adaptable to almost any thinkable situation. The making of a stereophonic recording out of a monaural one now took on the aspect of an orchestral performance for Dr. Scherchen: the score was studied intimately from an entirely new viewpoint, it was rehearsed, Dr. Scherchen practising his simultaneous handling of the 14 controls, and recorded on double-track tape many times before he was satisfied with his result; and then it meant an experience for his family, staff and students and for such visitors as were fortunate enough to hear his finished recordings. These were by no means limited to orchestral performances: choirs, chamber music — even solo instruments — plays, documentaries, monologues were all given a third dimension.

Then Dr. Scherchen began to simplify, to sift out all inessentials, bringing into stereophony the same feeling as he has for musical interpretation. Not only were stereophonic tapes made now, but a note was taken of all the various console settings used to obtain them, and it was found that with rare exceptions these settings were all closely scattered about a mean. One day Dr. Scherchen set the console up and left it to listen to his stereophony not in the control room but in his large studio, and it was no longer coming from a specially made tape. Stereophony was coming out of an ordinary gramophone record.

Literally hundreds of settings were tried over many months in an attempt to satisfy all kinds of music and spoken text, all standard recording characteristics, all types of microphone placing during recording; a stack of old 78's was unearthed even, and somewhere in the village of Gravesano something was found which was surely the first electric gramophone ever made, to play the 78's on, and to be quite sure that the stereophony worked under

really all circumstances. Amplitude and phase characteristics of some of the most successful console settings were measured, amplifiers were made to follow the measurements, and the best of these is now the Stereophoner: it has a single input into which can be fed any kind of A.F. signal — disc, tape, radio or microphone. There is no output: a pair of loudspeakers, matched in *response* as well as impedance, are part of the unit.

\*

Are the disadvantages — not only the complications — of stereophonic recording methods overcome by the Stereophoner? What does the Stereophoner sound like?

Firstly, the "two loudspeaker" impression is altogether removed: the various sounds seem to come from every position between the speakers, with no gap in the middle; there is still no gap if the speakers are placed very far apart — greater speaker spacing proportionally extends the sound area.

All instruments appear to come from their normal positions in the orchestra; this effect is so strong that each instrument keeps its imaginary position throughout its entire frequency and dynamic range.

In addition to the transverse distribution of instruments, there is a distinct spacing in depth: the string section covers the foreground area with the woodwinds behind, while brass, timpani and percussion seem to pierce through the area at various points from the rear. Instrumental or vocal soloists always take the central front position, corresponding to general practice in performance.

The importance of listener seating is reduced to that in the concert hall, and a listener walking about observes, as in the latter, that when he is at the left or right, the left or right side of the orchestra sounds stronger, but that the orchestra as a whole stays exactly in position.

The sound is freed of the point source effect of known loudspeakers even of large dimensions and at the same time freed of all the familiar loudspeaker quality. This is true to such an extent that it was found practicable to use quite unassuming speakers, like those with which the experiments were done, and because the physiology and psychology of hearing was taken into account, frequencies are clearly audible which can be proved to be all but absent from the speakers' spectra.

Through the *expansion* of the virtual sound area — not just a splitting — the masking effect two simultaneous sounds coming from a point source have on each other was completely removed, as such sounds now come from different points in the room. As a result, the overall tone colour is enhanced and individual timbres are heard with a purity not before associated with

loudspeaker reproduction; the synthetic conglomeration of electrically transduced sound is analysed by the stereophoner, giving the clarity and transparency of a good concert hall and allowing both ears to make their own sound synthesis, as in reality, besides giving the further advantages — in the case of a good recording — which have already been mentioned about properly applied modern microphone technique. Transients also are reproduced with an accuracy normally expected of far more complicated and expensive equipment.

The acoustical properties of the room the recording or transmission originates from are reproduced to the extent that the properties of the listening room become negligible. Through the absence of point sources, reproduced reverberation loses its objectionable quality when heard in a small room, even at high listening levels; dead recordings come to life because stereophony always sounds more reverberant than monophony; the concert hall can even be taken into the open air, where the range of even small speakers is surprising.

The Stereophoner shows plays and other forms of speech to great advantage, reproducing them with great clarity and presence.

## Gravesaner Studien

### Elektronische Klänge

von

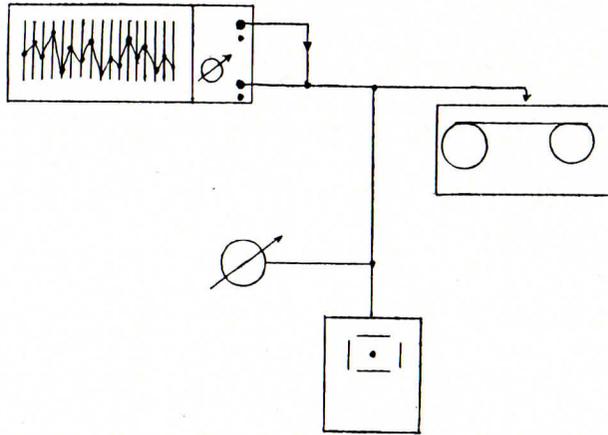
ANDRÉ MOLES

Die Schwingungs-Theorie beweist, daß jeder elektronische Kanal, dessen Verstärkung größer ist als 1, als Oszillator funktionieren kann, wenn man Ausgang und Eingang koppelt. Die gleichmäßige Oszillationsfrequenz ist dann durch den Frequenzgang des Kanals und die zulässige Oszillationsamplitude durch den Kippkreis bestimmt.

Das Vorhandensein des ausgezeichneten, aktiv „polyphonen“ Terzfilters der Firma Albis im Laboratorium von Gravesano hat den Verfasser dazu angeregt, diese allgemeine Theorie über die besondere Art des elektro-akustischen Kanals zu prüfen.

Der Versuch bestand in der Hauptsache aus einer Regulierung von einander folgenden Bändern, die die eigentlichen Frequenzen bestimmen, die man erhält.

Die Vielfalt der Kombinationen geht ins Unendliche, und man verfügt auf diese Weise über einen wahren Generator elektronischer Klänge, ähnlich wie bei einer elektronischen Orgel. Als auf die interessantesten unter diesen Tönen soll auf diejenigen hingewiesen werden, die durch Hervorhebung mehrerer Bänder entstanden sind, das eine *tief*, das andere *mittel*, das dritte *hoch*, wodurch eine besonders vielfältige Oszillation bewirkt wird, bei der die verschiedenen Frequenzen im Stromkreis verteilt sind, und zwar im Verlauf einer eigentlichen Periode, die durch das tiefste Band bestimmt wird.



Der Albis-Terzfilter

## Electronic Sounds

by

A. A. MOLES

The theory of vibrations proves that any electronic channel with an amplification greater than 1 can function as an oscillator when output and input are coupled. The steady frequency of oscillation is determined by the channel's response curve and the permissible amplitude by the relaxation circuit. The existence of the excellent active polyphonic Albis third-octave filter at Gravesano induced the author to test this general theory for this particular case.

The experiment subsisted in general in regulating the filter's consecutive frequency bands, which also determine the actual frequencies obtained. The well-nigh infinite number of combinations places a true electronic sound generator, similar to an electronic organ, at the experimenter's disposal. Of particular interest are the sounds obtained by an accentuation of several bands — bass, middle range and treble — resulting in very complex oscillations of combinations of the various frequencies, the actual period of oscillation being determined by the lowest band.

## Laufzeitstereophonie – ein pseudostereophonisches Verfahren als Gegenstück zur Intensitätsstereophonie

von

HANS RAUG

Das Kennzeichen aller *pseudostereophonen* Tonaufnahme- und Wiedergabeverfahren ist die Tatsache, daß nur *ein* Aufnahme- und Wiedergabekanal, dagegen mehr als oder gleich zwei Wiedergabekanäle verwendet werden. Wird in diesen Übertragungszug eine Schallkassette eingeschlossen, so sind sowohl ein- wie auch mehrere parallele Tonspuren angewendet worden. Es ist im Prinzip gleich, ob diese Schallkassette vor oder hinter der Aufteilung des einen Aufnahme- und Wiedergabekanal auf mehrere Wiedergabekanäle eingeschaltet wird. Dies bedeutet, daß man sowohl Schallaufzeichnungs- wie Wiedergabeapparaturen herstellen kann, die einen Kanal in mehrere pseudostereophone auflösen.

Die Filmindustrie hat — in erster Linie aus Gründen der wirtschaftlichen Ausnutzung ihrer Theaterkopien — neben mit dem „echten“ stereophonen Verfahren (raumbezügliche Stereophonie) sich mit den pseudostereophonen Tonaufnahme- und Wiedergabeverfahren beschäftigt. Zur Zeit arbeitet sie mit folgenden Tonaufnahme- und Wiedergabeverfahren:

Atelier- aufnahme- kanäle	Schallkassette Spurenzahl*)	Theater- wiedergabekanäle	Bemerkungen
1	1	1	einkanalige „Standard“- Wiedergabe
1	1	3	Perspecta-Sound
1	3	3	Panpotisierung
3	3	3	raumbezügliche Stereophonie
3	1	1	Zusammenfassung von stereophonisch aufgenommenen Filmen

Die im Folgenden beschriebenen Versuche, die ausnahmslos im EXPERIMENTALSTUDIO GRAVESANO durchgeführt wurden, dienen zur Untersuchung, ob die auf einer einkanaligen Schallkassette aufgenommenen Schallereignisse, die bei einkanaliger Wiedergabe stets eine punktförmige Schallquelle darstellen, sich nach einem pseudostereophonen Verfahren in eine Pseudoschallfläche auflösen lassen. Zur Zeit der Versuche war gerade die von der Berliner Firma WILHELM ALBRECHT gelieferte Zweiband-

\*) Die darüber hinaus auftretenden Effekttönen haben in dieser Gegenüberstellung keinen Sinn und sind daher fortgelassen.

spieleranlage für 17,5 und 35 mm Magnettonfilm in Betrieb genommen worden. Die Anlage besteht aus zwei Bandspielergliedern, welche miteinander mechanisch gekuppelt sind. Beide Glieder lassen sich wahlweise zur Aufnahme wie auch zur Wiedergabe bis zu max. 4 Kanälen verwenden. Wenn im weiteren Verlauf hier von Tonspuren gesprochen wird, so sind damit die vier zwischen den Perforationslöchern liegenden je 4 mm breiten Tonspuren gemeint, die — Laufrichtung des Filmes von oben nach unten, Schichtseite dem Beschauer zugekehrt — von links nach rechts die fortlaufenden Nummern 1 — 4 tragen.

Zur Sonderausrüstung dieser Anlage gehört noch ein Spezialkopfträger, der lediglich die Abtastung der Spuren 1 und 4 gestattet, wobei aber der Kopf für die Spur No. 4 durch einen Spindelbetrieb mit einer Mikrometerschraube kontinuierlich um  $\pm 10$  mm gegenüber der Spur No. 1 in Laufrichtung verschoben werden kann. (Abb. 1).

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die sich darauf ergebenden Größen:

Kopfversetzung (mm)	entspricht der Wellenlänge einer Frequenz $f$ (Hz)	akustische Wellenlänge $= \frac{331}{f}$ (m) (*)	Verzögerungszeit in ms
1	456	0,73	2,19
2	228	1,45	4,39
3	152	2,18	6,58
4	114	2,91	8,77
5	91,2	3,63	10,96
6	76	4,36	13,16
7	65,14	5,08	15,37
8	57	5,81	17,54
9	50,6	6,54	19,76
10	45,6	7,25	21,95

Wie von J. Cordonnier in Heft 7/8 der Gravesaner Blätter auf Seite 9 bereits angedeutet wurde, ist der stereophone Eindruck durch

- 1) Laufzeitdifferenzen
- 2) Intensitätsunterschiede
- 3) Klangfarbenverschiedenheiten

gegeben. „Echte“ stereophone Verfahren sollten also allen drei Forderungen genügen, während bei den Pseudoverfahren nur eines dieser Kriterien angewendet wird.

\*) Schallgeschwindigkeit = 331 m/s bei 20° C.

Mit der in Gravesano neuerstellten ALBRECHT-APPARATUR und dem Spezialkopfträger sollte als Vorversuch experimentell untersucht werden, welche pseudostereophone Wirkung Laufzeitunterschiede allein erzielen und wie diese sie von der Intensitätsstereophonie unterscheiden. Zu diesem Zweck wurde mit einem normalen Kopfträger auf einem Bandspielerglied auf den Spuren 1 und 4 eine zeitsynchrone einkanalige Aufnahme aufgenommen. (Abb. 2) Diese Aufnahme wurde über das zweite Bandspielerglied unter ständiger Verschiebung der relativen Lage beider Wiedergabeköpfe abgehört. Es zeigte sich, daß sich die Schallquelle — in diesem Falle eine Oboe — entsprechend der Relativstellung der beiden Köpfe zwischen den beiden Lautsprechern hin- und herbewegte. Die Lautsprecher hatten etwa einen Abstand von 1,80 — 2,00 m. Diesem Versuch folgten weitere Abhörproben einstimmiger einkanaliger Aufnahmen, die trotz der Verschiedenheit der jeweiligen Schallquellen — auch eine menschliche (Gesang- und Sprachstimme) war eingeschlossen — in jedem Falle befriedigende Resultate ergaben.

Die nächste Versuchsreihe beschäftigte sich mit der Untersuchung von Klangkörpern, die aus mehreren Schallquellen bestanden (Streichquartett, Gemischter Chor). Diese Versuche bestätigten eindeutig, daß sich die chori-sche Wirkung einer einkanaligen Aufnahme, die über zwei Kanäle abgehört wird, dadurch steigern läßt, daß man die Laufzeitdifferenz von 0 aus auf einen bestimmten Betrag bringt. Im Verlauf dieser Untersuchung wurden auf den Spuren 1 und 4 wiederum zeitsynchrone Aufnahmen gemacht, die sich jedoch dadurch unterschieden, daß auf die eine Spur über einen eingeschalteten Entzerrer jetzt vornehmlich hohe, die andere Spur über einen weiteren Entzerrer vornehmlich tiefe Frequenzen aufgezeichnet wurden. Bei geeigneter Einstellung des in sich verschiebbaren Kopfträgers entstand beim Abhören der Eindruck, daß bei der Wiedergabe die punktförmige Schallquelle durch einen voluminösen Klangkörper ersetzt war. Wenn überhaupt der Ausdruck Stereophonie für diese Art elektroakustischer Übertragung verwendet werden darf, so darf man hier — im Gegensatz zur „Intensitätsstereophonie“ — von „Laufzeit- und Klangfarbenstereophonie“ sprechen. Es handelt sich um eine scheinbare räumliche Trennung der Abstrahlungsorte für die hohen und tiefen Frequenzen in einer Art, wie sie durch Lautsprecherkombinationen mit Hoch- und Tieftonsystem allein nicht darzustellen ist. Im Gegensatz zur Intensitätsstereophonie tritt hier aber noch der Eindruck der Raumentiefe, also einer akustischen Perspektive, deutlich auf. (Abb. 3).

Eine dritte Versuchsreihe beschäftigte sich mit der zusätzlichen Verwendung von Hallräumen. Eine nachhallarme „trockene“ Aufnahme einer Gesangstimme wurde gleichzeitig auf der Spur 1 und — über den Hallraum geleitet — auf Spur 4 zeitsynchron aufgenommen. Bei der Wiedergabe wurde die Spur 1 über einen Wiedergabekanal auf einen Mittenlautsprecher,

die Spur 4 hingegen auf einen weiteren Kanal auf zwei parallel geschaltete Seitenlautsprecher verteilt. (Abb. 4) Bei richtiger Einstellung der relativen Pegel der Wiedergabekanäle zueinander ergab es sich, daß bei der zeitsynchronen Abstimmung die aus dem mittleren Lautsprecher hörbare „trockene“ Originalstimme trotz starker Hallanteile der beiden Seitenlautsprecher deutlich zu verstehen war und „vorn“ lag. Bei der relativen Verschiebung der beiden Wiedergabeköpfe des Spezialkopfträgers begann die Originalstimme aber während der Verschiebung in Richtung des Zuhörers zu wandern. Je nach der relativen Lage des — das Originalschallereignis abtastenden — Magnettonwiedergabekopfes zum den Nachhall abtastenden Kopf, näherte sich die Stimme oder trat zurück. Eine Verwischungserscheinung — ein Undeutlichwerden des Originalschallereignisses —, wie dies bei einer einkanaligen, mit Nachhall gemischten Tonaufnahme häufig der Fall ist, trat in keinem Falle ein.

In einer abschließenden Versuchsreihe wurde die ALBRECHT-Apparatur so geschaltet, daß der ablaufende Magnettonfilm über den Aufnahme- und Wiedergabebandspieler geleitet wurde. Auf dem Aufnahmebandspieler wurden die Spuren 1 und 4 zeitsynchron aufgenommen, während sie auf dem Wiedergabebandspieler je nach Wunsch mit Laufzeitdifferenzen abgetastet wurden. Somit konnte jede einkanalige Schallkassette einer beliebigen Wiedergabeapparatur auf diese Einrichtung geleitet und unverzüglich nach der Aufnahme — wenn man die etwa 3 Sekunden belaufende Zeitdifferenz zwischen den Aufnahme- und Wiedergabeköpfen vernachlässigt — sofort abgehört werden. Mit dieser Anordnung wurden eine Anzahl von einkanaligen Aufnahmen abgehört, wobei es sich herausstellte, daß die zur optimalen Wirkung einzustellende Laufzeitdifferenz am Verschiebekopf (sowie der Abstand der Lautsprecher) von Aufnahme zu Aufnahme durchaus verschieden ist. Diese Größen stehen in funktionellem Zusammenhange mit dem Volumen des darzustellenden Klangkörpers.

\* \* \*

Zusammenfassend kann gesagt werden:

- A) Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich um eine Pseudo-Stereophonie, die dem Begriff „Raumton“ weit mehr entspricht, als dies bei vielen heute unter diesem Namen publizierten Methoden der Fall ist.
- B) Mit der beschriebenen Einrichtung läßt sich jede einkanalige Aufnahme pseudo-stereophon abhören. Die Apparatur stellt lediglich einen Laufzeitverzögerer für einen der beiden Kanäle dar (Spuren 1 und 4).
- C) Während bei der Pseudo-Stereophonie des Panpot- und Perspecta-Verfahrens eine Intensitätsstereophonie erzeugt wird, ist es bei dem Laufzeitverfahren möglich, einen Klangkörper zu erzeugen, bei dem unter Verwendung der Frequenzaufteilung der beiden Kanäle die hohen und

tiefen Frequenzen aus verschiedenen Richtungen kommen. Im Gegensatz zur „Intensitätsstereophonie“ sind bei der „Laufzeitstereophonie“ perspektivische Tiefenwirkungen wahrnehmbar. Dies bedeutet aber, daß bei der einkanaligen Aufnahme von mehrstimmigen Klangkörpern bei der pseudo-stereophonen Wiedergabe ebenfalls ein Klangkörper entsteht.

- D) Bei zu verhallenden Aufnahmen werden Original und Nachhall über getrennte Kanäle geleitet und über verschiedene Lautsprecher wiedergegeben, wodurch das Original auch bei starker Verhallung nicht an Deutlichkeit und Brillanz verliert und der bekannte „Verwischungseffekt“ der einkanaligen verhallten Aufnahmen nicht eintritt. Durch Veränderung der Laufzeitdifferenz lassen sich Bewegungseffekte des Originalschallereignisses erzielen, ohne daß eine wesentliche Minderung der Verständlichkeit eintritt.

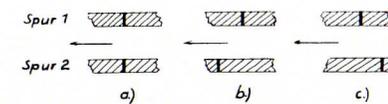


Abb. 1 a) beide Spuren sind zu begleichen, b) Spur 2 (resp. 4) eilt voraus, c) Spur 2 (resp. 4) eilt nach

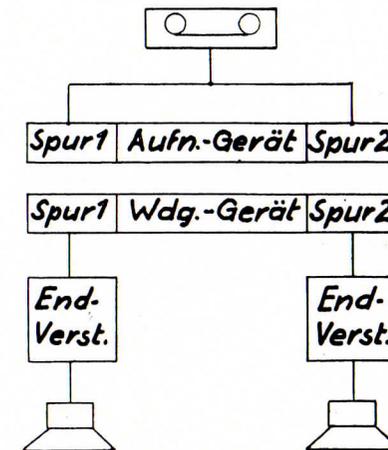


Abb. 2 (Die Spur 2 entspricht auf der Apparatur der Spur 4)

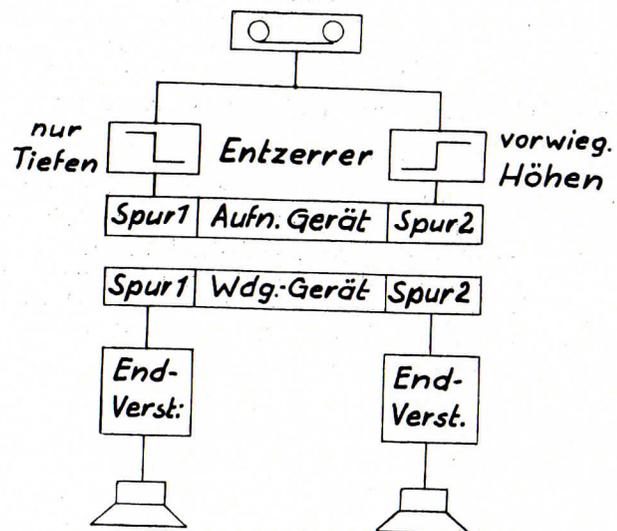


Abb. 3

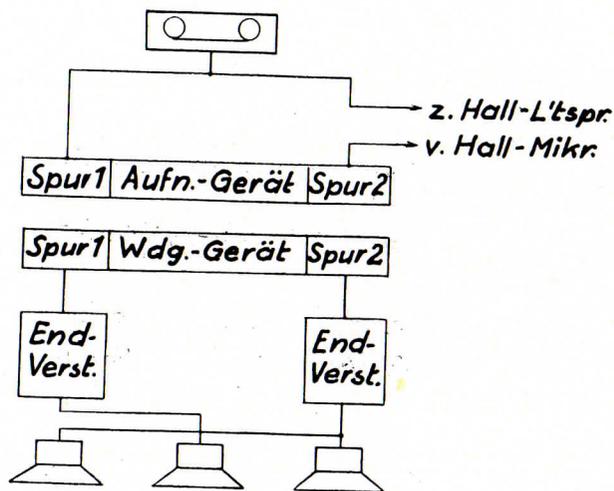


Abb. 4

## Experiments at Gravesano

Time Delay Stereophony — the Counterpart of Intensity Stereophony

by

HANS RAUG

All *pseudo-stereophonic* methods are based on the principle of dividing a *single* recording channel into two or more reproducing channels. The principle of such a method is not affected by the question of whether this division shall take place before or after the recording medium. For economic reasons, pseudo-stereophony plays an important part in the film industry, where the following methods are current:

Recording channels	Number of tracks*	Playback channels	Remarks
1	1	1	Single channel „standard“ sound
1	1	3	Perspecta Sound
1	3	3	Pan-Pot
3	3	3	„True“ stereophony
3	1	1	Monaural contraction of stereophonic recordings

As indicated by J. J. Cordonnier in Gravesano Review 7/8, P. 9, the impression of stereophony results from (1) time, (2) intensity and (3) timbre differences. All three should be present in „true“ stereophony, while pseudo-stereophony usually makes do with evoking one only.

The experiments described here, which were carried out exclusively at the Gravesano Experimental Studios, shed some light on the stereophonic effect of time delay alone. Use was made of the 17.5/35 mm, 4-track, coupled twin tape recorder, supplied to Gravesano by Wilhelm Albrecht Ltd., Berlin; besides the standard 4-track erasing, recording and playback head assembly for each of the two machines, delivery included a head assembly for playback of the two outside tracks only, one of which (track 4) being movable by a micrometer screw up to 10 mm each side out of alignment in respect to the track no. 1 head. From the tape speed of 18 inches = 45.6 cm. per second, the speed of sound in air of 331 m/sec., and the head misalignment in millimetres, the following table can be calculated:

\* Additional „effect“ tracks have been omitted for clarity.

Head misalignment	equal to 1 wavelength of frequency	Wavelength in air	Time Delay
mm	f c/s	m	ms
mm		m	ms
1	456	0.73	2.19
2	228	1.45	4.39
	etc.	down to	
10	45.6	7.25	21.95

For the purposes of the experiments, monaural recordings were made with a normal head so as to give two identical tracks 1 and 4. When these were played back with the time delay head, the virtual sound source — an oboe — was clearly observed to move between the two loudspeakers (placed about 6 ft. apart), to correspond to the head movement. Further tests of such single voiced monaural recordings all gave the same satisfactory result in spite of the wide variety of sound sources used, which included a speaking and a singing voice.

Multivoiced sound sources (string quartet, mixed chorus) were next tested, and proved that playback over two channels enhances single channel recordings, provided one of the channels is delayed. In the course of these tests, the effect of treble pre-emphasis on one track and bass pre-emphasis on the other was examined, and it was found that suitable head-misalignment resulted in the impression of a voluminous sound source to replace the usual point source, an effect which cannot be obtained by separation of the usual tweeter and woofer. This is stereophony of time and timbre differences as opposed to intensity stereophony, except that with it a depth impression, a perspective, is obtained, which is entirely absent from the latter.

Reverberation with time delay was the subject of the third series of tests. Reverberated sound was recorded on one track synchronous with the non-reverberated sound on the other, the former being played back over two side speakers and the latter over one centre speaker. Correct levelling off gave good intelligibility in spite of a large reverberation component, with the non-reverberated voice clearly taking up a frontal position, and moving towards or away from the listener as the delay head was moved. The blurring or indistinctness usually associated with reverberated single track recordings was in no case present.

Finally, one tape was led through both sections of the twin recorder assembly in succession, recording two identical tracks on the first machine and playing them back on the second machine's movable head, the tape taking about 3 seconds to pass through this distance. This enabled immediate playback of any monaural recording over the time delay head arrangement, and it was found that the optimum time delay and speaker spacing varied from one recording to another, depending on the size of the sound source represented.

## ELEKTROAKUSTISCHES EXPERIMENTALSTUDIO GRAVESANO

8./9. AUGUST 1959

Unter dem Protektorat  
der  
REGIERUNG DES KANTONS TESSIN  
der  
GENERALDIREKTION DER SRG  
des  
INTERNATIONALEN MUSIKRATES  
DER UNESCO

Under the Sponsorship  
of  
THE CANTON OF TESSIN  
of  
THE SWISS RADIO CORPORATION  
the  
INTERNATIONAL MUSIC COUNCIL  
OF UNESCO

### „FUNF JAHRE GRAVESANO“

- I. Elektromagnetische  
Klangmanifestationen  
(Uraufführungen)
- II. BRECHT-HINDEMITH „Lehrstück“  
(Szenische Gestaltung)
- III. Die aktive Apparatur  
(Demonstrationen)

Alle Veranstaltungen finden statt im  
**FREILUFT-THEATER GRAVESANO**  
Die stereophonischen Vorführungen  
erfolgen mittels Hermann Scherchen's  
**SPECTROPHON**

### “FIFTH ANNIVERSARY OF GRAVESANO”

- I. Electromagnetic  
Sound-Presentations  
(First Performances)
- II. BRECHT-HINDEMITH “Lehrstück”  
(Staged Performance)
- III. Active Apparatus  
(Examples)

All Presentations Take Place in the  
**GRAVESANO OUTDOOR-THEATRE**  
The Stereophonic Transmissions Are  
Achieved with the **SPECTROPHON**

## ELECTRO ACOUSTIC EXPERIMENTAL STUDIO GRAVESANO

# Akustischer Tempo- und Tonlagenregler

von

ANTON SPRINGER\*

1) Der „Akustische Temporegler“ war ursprünglich für den Anschluß an das Magnetophongerät T 9 (von Telefunken) entwickelt.

Da Herr Prof. Scherchen die Magnetophongeräte der Type M 5 verwendet, wurde ein passender Adapter zum Anschluß des Temporeglers an die M 5 geliefert.

2) Der Umbau wurde in Gravesano vorgenommen. Die Stromversorgung der im Temporegler eingebauten 2 Motoren wurde getrennt, aber über einen gemeinsamen Schalter geführt, so daß der Betrieb als *Temporegler* über beide Stromzuführungen mit 50 Hz, 220 Volt und als *Tonlagenregler* mit Anschluß des Antriebsmotors an 50 Hz, 220 Volt und Anschluß des Differentialmotors an 40—60 Hz, 220 Volt erfolgen kann.

Für die Netzfrequenz standen 2 Stück 120 Watt-Verstärker der österreichischen Firma Lurf, sowie RC-Generatoren von 49 . . . 51 Hz, die sich jedoch nur stufenweise schalten lassen, zur Verfügung. Da die Tonlagenregelung stetig und sehr genau erfolgen muß, wurde für die Speisung des 120 Watt-Verstärkers ein Schwebungssummeer von Brüel & Kjaer verwendet. Der 120 Watt-Verstärker gibt die erforderliche Leistung von ca. 60 Watt, jedoch nur bis zu einer — tiefsten — Frequenz von 37 Hz ab (darunter werden die Röhren (EL 34) übermäßig belastet).

In der besprochenen Anlage läßt sich die Tonlage und das Tempo einer Schallaufnahme bis zu jeweils 25 % verändern. Es ist dabei zu beachten, daß die Tempo- und die Tonlagenregelung zusammen jedoch 25 % nicht überschreiten sollte, wenn keine hörbaren Störungen auftreten sollen.

Beispiel: Tonlagenänderung + 10 % (höher)

Tempoänderung + 10 % (langsamer)

ergibt eine Geschwindigkeitsänderung zwischen Hörkopf und Tonträger um 20 %. Die Qualität der Wiedergabe muß in gewissen Grenzen der Schallaufnahmequalität angepaßt werden.

Bei Tempomessung von Beethoven'schen Sinfonien konnte festgestellt werden, daß die Abweichungen heutiger Schallaufnahmen bis über 25 % von den in der Partitur enthaltenen Metronomangaben Beethovens abweichen, und zwar sind die Tempi durchweg zu langsam.

Die Tonlagenversuche sind angestellt worden bei der H-moll-Messe von Bach. Zu Lebzeiten Bach's lag der Kammerton (siehe Orgel der Thomaskirche in Leipzig) um ca. 6 % tiefer als der heutige von 440 Hz. Die Untersuchungen über den Klang der Instrumente und die Wirkung der Werke sind in dieser Beziehung von großem Interesse.

\* Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt am Main

## Anwendung des Temporeglers für die Tempoänderung mit Hilfe von Metronomwerten.

3) Soll das Tempo eines aufgenommenen Musikstückes auf das in der Partitur metronomisch vorgeschriebene Tempo abgeändert werden, dann muß mit Hilfe des Temporeglers folgendermaßen vorgegangen werden:

Es beträgt das Tempo einer Schallaufnahme „b“-Takte / Minute.

das gewünschte Tempo soll . . . . . „a“-Takte / Minute haben.

Die Korrektur am Temporegler beträgt dann „c“ %.

Der Temporegler ist in Prozenten der Aufnahmegeschwindigkeit geeicht, daher sind die Metronomwerte auf Prozente umzurechnen. Ist das verlangte Tempo (a) höher, als das der Schallaufnahme (b), dann beträgt die Einstellung auf der Skala  $100 - c$  %,

$$c = \frac{(a-b) \cdot 100}{a}$$

Ist das Tempo „a“ niedriger als das der Schallaufnahme, dann beträgt die Einstellung auf der Skala  $100 + c$  %,

$$c = \frac{(b-a) \cdot 100}{a}$$

Beispiel: Eine Sinfonie ist in der Partitur mit dem Metronomwert 86 vorgeschrieben. Beim Abhören der Aufnahme beträgt das Tempo 78, dann ist „c“ gleich  $\frac{86-78}{86} \cdot 100 = 9,2$ , also muß der Zeiger auf 109,2 % eingestellt

werden.

## Acoustic Speed and Pitch Regulator

by

A. M. SPRINGER\*

The „Acoustic Time Regulator“ was originally developed for use with the Telefunken Model T9 tape recorder. However, as the recorders in use at the Gravesano Studios are of the more recent type M5, a suitable adaptor of the Time Regulator to this machine was designed and delivered.

Subsequently, the Time Regulator was changed to function also as Pitch Regulator, this work being carried out in Gravesano itself. The current supply to the two motors was separated but connected over a common switch, so as to enable operation as *Speed Regulator*, as before, by a common 220 V, 50 c/s (European standard) mains supply, or as *Pitch Regulator* by connecting the driving motor directly to the mains and the differential

\* Telefonbau und Normelzeit Ltd., Frankfurt am Main.

motor to a variable frequency supply of 220 V, 40-60 c/s, available from two RC generators (49-51 c/s) via two 120-Watt A. F. amplifiers (Lurf, Vienna). However, the frequency of these oscillators can only be altered step by step, and as pitch regulation must be accurate and continuous, the 120 W amplifiers were fed by a Brüel & Kjaer B. F. O. Each 120 W amplifier can deliver the necessary 60 W down to a minimum frequency of 37 c/s, below which its EL 34's overload.

The pitch or speed of a recording can be altered through 25% by this arrangement. Speed and pitch can also be altered simultaneously but independently, although the *total* change should not exceed 25%, to avoid audible distortion. As an example: pitch +10% (higher), speed +10% (slower) give a total speed change at the rotating head of 20%. Up to a point, these limits depend on the recording in question.

As an interesting and important application, the speeds of performance of recordings of Beethoven symphonies were compared to Beethoven's own metronome markings, and were found to deviate up to 25%, the speeds being almost without exception too slow. Pitch was examined in the case of Bach's B minor Mass, for it is known that the pitch of Bach's organ at St. Thomas's Church in Leipzig, for which the work was composed, was about 6% below today's standard pitch of A = 440. The relevant application of the Speed and Pitch Regulator to these cases were extremely interesting and revealing as regards the sound of the instruments and the effect of the music.

#### Directions for Use of the Speed Regulator with Metronome Markings

Let the indicated speed . . . . . =  $a$  bars/minute  
 The actual speed . . . . . =  $b$  bars/minute  
 To find the scale correction of . . . . . =  $c$  %:

Assume  $a > b$ ,  
 then the scale setting will be

$$c = \frac{100 - c\%}{a}$$

where

When  $a < b$ ,  
 then the scale setting will be

$$c = \frac{100 + c\%}{a}$$

where

Example: The indicated metronome speed of a symphonic movement is 86; the measured speed of the recording in question is 78:

$$\text{then } c = \frac{100(86 - 78)}{86} = 9.2$$

and the pointer must be set to 109.2%.

## Eine bedeutsame Schallaufnahme

Die Totenmesse von Berlioz

von

W. PISTONE

Die Wahl eines Werkes beeinflusst immer den Erfolg einer Schallplatte. Eine Aufnahmefirma, der es heute noch gelingt, ein größeres Werk eines bedeutenden Komponisten zu finden, welches selten oder noch nie aufgenommen worden ist, verdient unsere Anerkennung. Ein Werk, welches dem Tonmeister interessante Probleme stellt, will der *Technik* wegen aufgenommen werden. Der *musikalische Wert* kommt in Betracht, soweit man dem Zeitgeschmack oder auch bleibenden Werten damit dient. Wenn man außerdem ein Werk findet, welches man fast nie in Konzerten hört, dann wird die Aufnahme der Musik einen wahren *Dienst* erweisen.

Die Totenmesse von Berlioz erfüllt diese Bedingungen. Sie verlangt nicht nur ein besonders großes Orchester mit entsprechendem Chor und einem Solosänger, sondern auch Fanfaren aus den vier Windrichtungen und eine selbständige Schlagzeugkapelle von 16 Pauken (Bild 1). Sie bietet daher dem Tonmeister besonderes Interesse, noch dazu, wenn er versucht, alles mit einem Anschein der Wirklichkeit *stereophonisch* aufzunehmen. Der musikalische Wert des Berliozschen Requiems soll hier nicht besprochen werden, doch schließt eine Bekanntschaft mit dem Werk jeden hierüber etwa bestehenden Zweifel aus. Und der Grund, warum ihm in den 121 Jahren seit seiner Entstehung nur etwa 50 öffentliche Aufführungen gegönnt worden sind, ist es gerade, was es dem Tonmeister interessant macht, und wahrscheinlich auch warum es auf das heutige Entwicklungsstadium der Aufnahmetechnik warten mußte, bevor sich die Schallaufnahme mit ihm messen konnte.

Die Schallaufnahme eines solchen Werkes erscheint also als ein umfangreiches Unternehmen. Es lag daher nahe, einen weiteren Schritt zu machen: man nahm die wirtschaftlichen und akustischen Schwierigkeiten, es an dem Ort aufzunehmen, für den das Werk geschaffen worden war und wo es zum ersten Male aufgeführt worden ist, in Kauf. Das brachte einen Vorteil mit sich: Werk und Musiker hatten eine gemeinsame Heimat. Man machte mehrfachen Gebrauch von dieser komplizierten Einrichtung und teilte die Kosten, indem drei Gesellschaften gleichzeitig Aufnahmen machten.

Diese Gesellschaften waren: Véga, Westminster und le Poste Parisien (mit Jacques Duvergé, Kurt List und J. J. Cordonnier als Aufnahmeleitern). Der Ort war der Dom St. Louis-des-Invalides, Paris, und die Musiker l'Orchestre du Théâtre National de l'Opéra, les Choeurs de la Radiodiffusion-Télévision Française, der Tenor, Jean Giraudeau.

\*

Schallaufnahmen unterscheiden sich sowohl durch die Art als auch durch den Zweck der Wiedergabe. Véga nahm monaural auf, Westminster und le Poste Parisien stereophonisch; die Véga- und Westminster-Aufnahmen waren für den Heimgebrauch, die vom Poste Parisien für eine öffentliche Vorführung (Brüsseler Weltausstellung). Da die monaurale Aufnahme keine besonderen, nicht schon allgemein bekannten Fortschritte aufweist, wird sich das Folgende auf die zwei stereophonischen Aufnahmen beschränken.

Die Aufnahme Westminster wurde nach dem folgenden Verfahren gemacht: zu jeder einzelnen Instrumentengruppe gehört ein besonderes Mikrofon; manche dieser Mikrofone sind in die „linke“ Spur, andere in die „rechte“ Spur, noch weitere in beide Spuren eingeschaltet. Durch den kleinen Instrument-Mikrofon-Abstand erzielt man eine Dynamik, die mit der Dynamik von modernen monauralen Schallaufnahmen zu vergleichen ist, obgleich durch die Halb- statt der Vollspur auf 6 mm-Band einige dB verloren gehen. Dieser Mikrofongebrauch gibt mehr Freiheit in der Instrumentenanordnung als eine Reihe frontal aufgestellter Mikrofone. Wenn man bedenkt, daß man es mit einer selbständigen Schlagzeugkapelle, vier Fanfaren rund herum im Raum, Chor und Orchester zu tun hat, wird es offenbar, daß die Nahaufstellung der Mikrofone die einzige Lösung bietet, will man nicht zu einem besonderen Aufnahmestudio Zuflucht nehmen und einen künstlichen Dom aus Nachhallräumen bauen. Ferner vermindert die Verteilung mancher Instrumente auf beide Spuren das „Loch“ zwischen den zwei Wiedergabelautsprechern und gestattet eine beliebige Ortung dieser Instrumente mit der weiteren Möglichkeit besonderer Effekte. Besonders bei den Fanfaren war dies von Nutzen.

Der Grundunterschied zwischen der Stereophonie Westminster und der des Poste Parisiens liegt im Anwendungszweck begründet: die Bänder des Poste Parisien sind nicht für das Heim bestimmt. Damit kommen die Beschränkungen auf das 6 mm-Band und auf zwei Kanäle in Fortfall. Le Poste Parisien arbeitet prinzipiell mit drei Spuren, und das Verfahren unterscheidet sich von den üblichen darin, daß der Mittellautsprecher nicht bloß als Lochausfüllendes betrachtet wird. Im Gegenteil dazu sind die seitlichen Lautsprecher benutzt, um manche Schallereignisse von der Mitte wegzuziehen. In der Tat finden üblicherweise in einem Kino oder Vorführungssaal diese Seitenlautsprecher ihren Platz überhaupt nicht in Bühnennähe, sondern in einer Reihe entlang beiden Seiten des Raumes. Durch eine solche Anordnung wird folgende Wirkung erzielt:

1. aus den Distanz- und daher Laufzeitunterschieden zwischen mehreren parallelgeschalteten Lautsprechern kommt eine räumliche Wirkung hervor, die für die stark gedämpfte Akustik der Lichtspielhäuser vorteilhaft ist;

2. akustisch benachteiligte Sitzplätze gibt es nicht — von jedem Platz hat man zwar nicht genau denselben Eindruck, doch ist der Eindruck überall befriedigend;
3. der Schall wird durch den ganzen Saal dermaßen verteilt, daß der Zuhörer keine Richtungslücken wahrnimmt; Richtungslücken werden zusätzlich dadurch vermindert, daß die akustische Trennung der Mikrofone voneinander nur unvollkommen ist.

Man beschloß, eine Aufnahme von dem Umfang des Requiems von Berlioz auf 7 Spuren statt auf 3 zu machen, welche nachher auf ein normales 3 Spuren-Band zu überspielen waren; dabei erweiterten die 7 Spuren die Möglichkeiten der Nacharbeit wesentlich. Die Mikrofonaufstellung ist in Bild 2 dargestellt: eine „linke“, eine „mittlere“ und eine „rechte“ Spur werden auf je zwei synchronisierte vierkanalige 35 mm-Bänder aufgenommen, wobei die vierte Spur des einen Bandes frei bleibt, auf der des anderen Bandes aber eine zusätzliche Mittelspur aufgezeichnet wird. Die letztere wird mittels 4, die anderen Spuren mittels je 2 Mikrofonen erzielt (im ganzen also 16 Mikrofone). Diese Anordnung erleichterte die Aufnahme dadurch, daß nur die Mikrofone jedes Paares und die vier des 7. Kanals aneinander angepaßt werden mußten, da alle weiteren Anpassungen nachträglich erreicht werden konnten. Natürlich wurde eine Gesamtbilanz schon bei der Aufnahme angestrebt, besonders bezüglich der Mikrofonaufstellung, so daß man die Regler der seitlichen Mikrofone alle unter sich ziemlich gleich, aber schwächer gegenüber den mittleren Reglern einstellen konnte. Dadurch wurde der Nachhall ausgeglichen und natürlich aufgenommen.

\*

Man braucht kaum nachdenken, um zu erkennen, daß der Unterschied zwischen beiden Aufnahmeverfahren nur oberflächlich ist, was auch die vorgehende Bemerkung bestätigt, daß die Mikrofonaufstellung in Instrumentennähe die einzige bei beiden mögliche ist. Man nehme an, Westminster nähme die zwischen den Kanälen aufgeteilten Instrumente stattdessen auf einem dritten Mittelkanal auf und le Poste Parisien machte die dreikanalige Aufnahme sofort (statt nachträglich), so wird aus den beiden verschiedenen Verfahren eins. Um den Grund des trotzdem beträchtlichen Unterschiedes zwischen den Aufnahmen zu finden, müssen wir tiefer nachforschen, denn der Unterschied liegt in der Anwendung des Verfahrens und nicht in diesem selber.

Als erstes: die gleichen Mikrofonaufstellungen wurden unterschiedlich angewendet. Daraus, daß in beiden Fällen jeder Instrumentengruppe ihr eigenes Mikrofon zukam, erhellt, daß die Aufstellungen selbst zumindest ähnlich waren. Bild 2 zeigt, daß le Poste Parisien die folgende Gruppierung vornahm:

1. Streicher und Holzbläser: je 1 Mikrofon links und rechts und 2 in der Mitte;
2. Fanfaren und Chor: je 1 Mikrofon links, rechts und Mitte;
3. Pauken und Schlagzeug: je 1 Mikrofon in der Mitte.

Das ist eine einfache und logische Gruppierung, durch welche die Ortung der Instrumente bei der Wiedergabe ungefähr der bei der Aufnahme entspricht. Dagegen fand die Westminster-Gruppierung nach Instrumentengattungen statt -familien statt. Außerdem behandelte Westminster die Instrumentenrichtungen mit viel größerer Freiheit (auch bei rein links oder rechts geschalteten Mikrofonen). Diese Mikrofonenschaltung ist sehr klug ausgearbeitet, um dem Hörer, der nicht selbst bei der Aufnahme zugegen war, einen höchst natürlichen Eindruck zu vermitteln.

Der zweite große Unterschied bestand in der Handhabung der Mikrofonregler. Über das diesbezügliche Prinzip des Poste Parisien ist schon bemerkt worden, daß man versuchte, die Mikrofone so aufzustellen, daß die Regler feste Stellungen einnehmen konnten; damit ist angedeutet, daß diese Reglerstellungen während der Aufnahme soweit als möglich unverändert blieben. Hier machten sich die Schwierigkeiten der 7 Kanäle bezahlt, denn eine unversehens verdeckte Stimme konnte in den meisten Fällen nachträglich hervorgehoben werden.

Hingegen ist die Nacharbeit auf einem Zweispurenband nahezu unmöglich, denn eine Klebestelle ist fast immer hörbar und nachträgliche dynamische Änderungen sind nur als ganzes möglich oder als eine Änderung des Verhältnisses zwischen den Kanälen, was wiederum die Ortung verschiebt. Westminster war also gezwungen, während der Aufnahme laufend nachzuregulieren, sollten die durch die Nahaufstellung der Mikrofone schwer erlangenen dynamischen Unterschiede zwischen *solo* und *tutti* nicht eingebüßt werden. Unter diesen Umständen liegt es jedem Tonmeister, der die Partitur gut kennt, nahe, sich nicht nur auf die *Ausgleichung* elektroakustischer Mängel zu beschränken, sondern zu versuchen, die Wirklichkeit durch eine elektroakustische, im Konzertsaal unmögliche Interpretation zu *überschreiten*. All das ist auch bei einer monauralen Aufnahme möglich. In der Stereophonie geht man jedoch nicht nur einen Schritt sondern einen großen Sprung weiter: man hilft nicht nur der Dynamik nach zugunsten der Klarheit — auch die Ortung vieler Instrumente hat man in der Gewalt. In einer sorgfältig ausgearbeiteten *Inszenierung* erzielt man also eine „Bewegung“, die sich indirekt auf den dramatischen Fluß der Musik bezieht. Auch kann sie dafür Ausgleich schaffen, daß in der Wiedergabe kein Schall von hinten kommt, obgleich man aus Bild 3 sieht, daß es tatsächlich Fanfaren hinten gab.

\*

Klassische und Expressionistische Aufnahme: das ist der Unterschied zwischen diesen zwei Methoden. Eine Betrachtung wie diese, die versucht, sachlich zu bleiben, muß die Wahl jedem Einzelnen überlassen.

Die beiden Aufnahmen werden einander also hier nicht gegenübergestellt, auch wird von ihnen nicht etwas verlangt, was zu erreichen nicht ihre Absicht war. Dem Poste Parisien wird indes die Frage gestellt: Wurde der Schall so getreu wiedergegeben, wie es mit dem heutigen Stand der Technik, bei den üblichen wirtschaftlichen Einschränkungen und mit konkurrierenden Patenten möglich ist? Man bedenke bei der Antwort, daß der Schall von allen Richtungen her der Aufnahme Interesse verlieh. Fanfaren befanden sich nicht nur im Hinterteil der Kirche, sondern eine im Parterre und eine andere, die in Bild 4 zu sehen ist, auf der Empore. Das aufzunehmen, ist mit 7 Kanälen möglich, vorausgesetzt, man gibt die 7 Kanäle auch wieder; da zur Wiedergabe aber nur 3 Kanäle zur Verfügung standen, wird diese Frage durch die wirtschaftlichen Einschränkungen beantwortet. Trotzdem könnte eine Wiedergabe mit Seitenlautsprechern fast der ganzen Saalseite entlang und so hoch als möglich auf den Wänden aufgehängt diesem Effekt nahekommen, selbst wenn man die Fanfaren nicht von den seitlichen Komponenten des Hauptschalls unterscheiden könnte. Hier ist zu beachten, daß das Mittelmikrofon der Fanfaren in Bild 2 gestrichelt dargestellt ist, die Frage dessen Anwendung also unentschieden blieb, damit wenigstens die hinteren Fanfaren nicht von vorne erklingen sollten. Dieses stereophonische Verfahren ist einer stereophonischen Filmtechnik entlehnt (es ist bekannt, daß Cinemascope und Cinerama bei 7 bzw. 4 Kanälen hintere „Effektlautsprecher“ benützen). Man könnte einwenden, daß man den 4. Kanal der Wiedergabemaschine mit geringem Aufwand zu diesem Zweck hätte heranziehen können. Wenn ein Konzertbesucher plötzlich hinter sich eine Fanfare hört, wird er sich wahrscheinlich unwillkürlich umdrehen; bei einer wirklich naturgetreuen Klangwiedergabe würde ihm dann ein Lautsprecher ins Gesicht schauen. Auf diese Möglichkeit sei hingewiesen, die Ratsamkeit aber, sie herbeizuführen, bleibe dahingestellt. Doch ist anzunehmen, daß le Poste Parisien diese Möglichkeit berücksichtigte — die von ihm getroffenen Maßnahmen weisen auf die Art des Entschlusses.

Die folgende Frage indes muß jeder Gesellschaft, die eine Plattenstereophonie durch ein Aufnahmeverfahren, wie das eben vorher beschriebene, vornimmt, immer wieder gestellt werden: Hilft die Aufnahme nur der Musik, macht sie sie deutlicher, klarer, faßbarer? Oder sind die Effekte, mit denen man der Wirkung der Klangaufnahme selbst nachhelfen will, so angewandt, daß sie auf Kosten der Musik erfolgen?



Bild 1 Blick vom Altar im Dom St. Louis-des-Invalides. Man sieht die Rückseite des Orchesters und einige der 16 Pauken.

Fig. 1 St. Louis-des-Invalides photographed from the altar, showing the orchestra from behind and some of the 16 timpani.

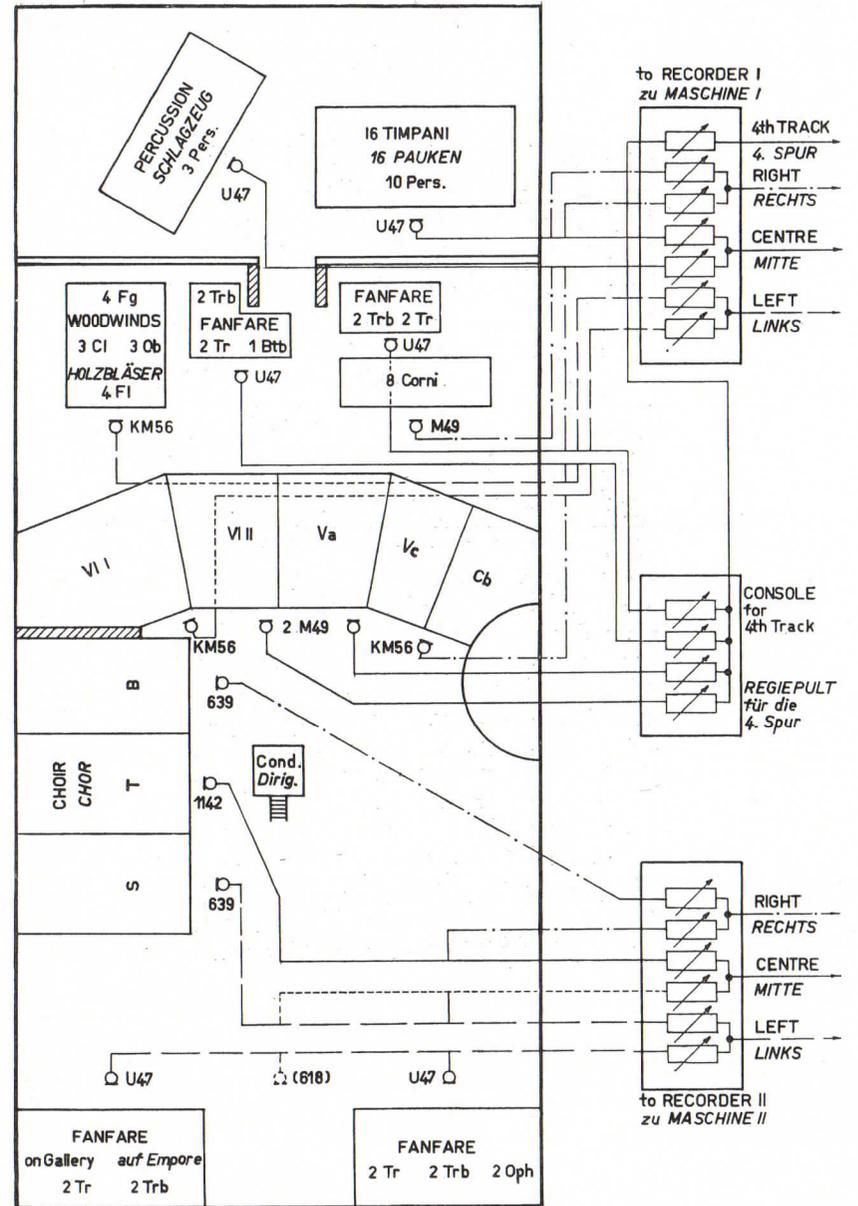


Bild 2 Grundriß des Orchesters in der Kirche, Mikrofonaufstellung des Poste Parisien mit Schaltung der Regiekoffer und Bandmaschinen.

Fig. 2 Sketch plan of the orchestral layout in the church with the Poste Parisien's microphone placing, showing the portable mixer connections.



Bild 3 Der Dirigent dreht dem Orchester den Rücken zu, um die Fanfaren zu dirigieren.

Fig. 3 The conductor has turned his back on the orchestra to conduct the fanfares.

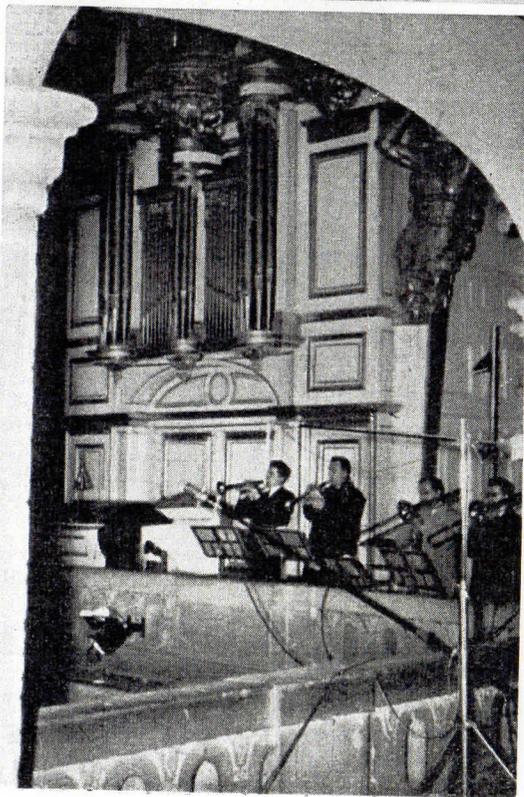


Bild 4 Fanfare auf der Orgelempore.

Fig. 4 Fanfare on the organ loft.

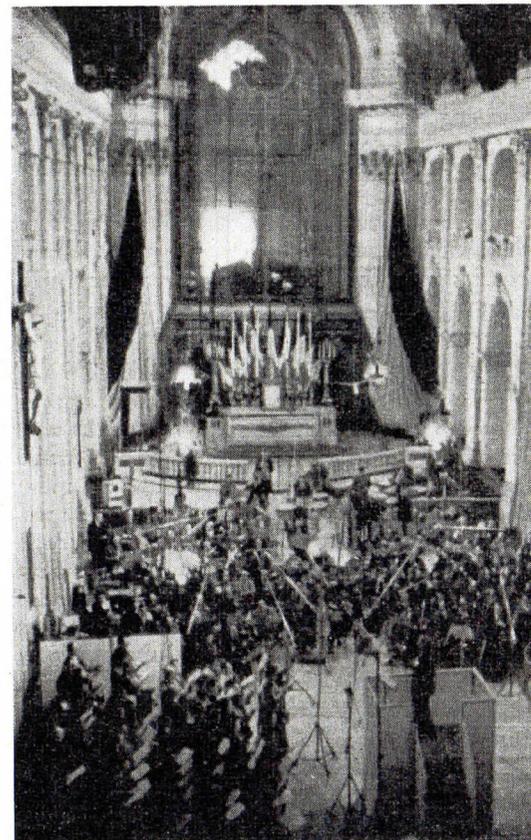


Bild 5 Der Dom St. Louis-des-Invalides mit 300 Aufführenden unter der Leitung von Hermann Scherchen bei der 40 Mikrophon-Aufnahme der Totenmesse von Berlioz.

Fig. 5 St. Louis-des-Invalides with 300 performers conducted by Hermann Scherchen, recording the Requiem Mass of Berlioz over 40 microphones.

# An Epoch-Making Recording

The Berlioz Requiem

by

W. PISTONE

The success of a recording has always been influenced by the choice of a work. A recording company which manages to find a major work — of an established composer — which has seldom or never been recorded before, deserves our admiration. A work which presents special features or problems to the recording engineer stakes a claim from the angle of *technique*. *Musical worth* comes into the picture, this question taking account of popular appeal or going beyond it. If at the same time a work is found which still for some reason is hardly ever heard at concerts, the recording will be of real *service* to music.

The Requiem Mass of Berlioz satisfies every one of the above conditions. Not only does it call for a large orchestra and choir and a soloist, but fanfares sounding from the four corners of the earth and a separate percussion orchestra of 16 timpani (Fig. 1), and is thus of special interest to the engineer, especially if he will try to record all this *stereophonically* with at least some semblance of reality. A discussion of the work's musical worth is beyond the scope of this paper, but those who know the work will agree to the *fact* beyond all doubt, whatever different and perhaps conflicting *reasons* they may bring into the discussion. And the reasons why it has received only some 50 public performances in all the 121 years of its existence are just those which make it interesting to the recording engineer, and probably also the reasons why it has had to wait until this stage of recording development had been reached, before the medium could consider itself adequate to represent it.

A recording of such a work is thus seen to be a major enterprise. Why not take it to its logical conclusion, and go to the trouble and expense, and face the acoustical hazards, of recording it in the surroundings for which it was written and in the place where it was first performed? Especially as this almost automatically brings with it a further advantage of musicians of the work's own nationality. Once this had been done it was a short and natural step to make multiple use of the complicated arrangements, and also to share the cost, which resulted in three simultaneous recordings being made by different companies.

These companies were VEGA, Westminster, and le Poste Parisien, represented by Jacques Duvergé, Kurt List, and J. J. Cordonnier. The place was the church of St. Louis-des-Invalides, Paris, and the musicians

were l'Orchestre du Théâtre National de l'Opéra and les Choeurs de la Radiodiffusion-Télévision Française, with Jean Giraudeau, Tenor.

\*

Recordings are distinguished on the one hand by the type, and on the other by the purpose, of the reproduction. VEGA was monaural, Westminster and Poste Parisien stereophonic; VEGA and Westminster for home listening, Poste Parisien for public demonstration (at the Brussels World Fair). As there have been no important developments to influence monaural recording recently, we shall restrict ourselves to a discussion of the two stereophonic recordings.

With Westminster each group of instruments has its microphone, some being fed to the "left" track, others to the "right" track, and others again to both tracks. By placing the microphones close to the instruments, a dynamic range is obtained which is comparable to that of modern monaural recordings — *comparable*, not quite *equal*, simply because of the difference between a full track and a half track on  $\frac{1}{4}$ " tape — besides allowing much greater freedom in the placing of instruments than a stereophonic method with just frontally placed microphones. When the existence of the percussion orchestra and four fanfares all around is also taken into consideration, it becomes clear that a close placing of microphones is the only possible solution without resorting to a special recording studio and building an artificial church out of reverberation chambers. The division of some instruments between both tracks avoids a gap between the two reproducing loudspeakers, and enables suitable control to place these instruments at will in the space between the speakers, giving the possibility of special effects. This was particularly useful with the fanfares, as will be seen later.

The basic difference between the stereophony of Westminster and that of the Poste Parisien is, as already indicated, one of application: le Poste Parisien's tapes are not intended for home consumption. A difference of approach is immediately indicated, in particular, the restrictions to two channels and to  $\frac{1}{4}$ -inch tape are both removed. The Poste Parisien's principle is three tracks, and is interesting in the respect that the centre loudspeaker group is not regarded just as something to fill in a gap, on the contrary, the side loudspeakers are used to move the sounds away from the centre; in fact, in a demonstration hall or picture theatre these side speakers are not placed near the stage at all, but in a row along each side of the theatre. This is the effect produced by such an arrangement:

1. the distance, and therefore slight time differences, between numbers of speakers in parallel help the illusion of space, especially in the heavily damped acoustics of most picture theatres;

2. there are no acoustically handicapped seats — the impression may not be the same from each seat (but is this the case at a concert?) but it is acceptable everywhere (is this even the case at most concerts?);
3. the sound is distributed throughout the hall to such an extent that there are no directional gaps, and this is further helped by the fact that the microphones are acoustically isolated from each other but imperfectly.

For a recording of the dimensions of the Berlioz Requiem however, it was decided to record on 7 tracks instead of 3; these were later to be combined into 3 tracks for playback through the normal 3-channel equipment, the 7 tracks allowing a great deal of editing freedom. Fig. 2 shows the setup: two synchronised 4-track 35-mm tape recorders each record a "left", "centre" and "right" track, the 4th track remaining unused on one recorder and giving an additional centre track on the other, for additional flexibility. This last "centre" track is fed by 4 microphones, while all the other tracks have only 2 microphones each played into them, giving 16 microphones in all. This made the recording engineer's job relatively easy, as the only permanent balance to be obtained was between the 2 microphones of each of the 6 pairs and among the 4 microphones of the 7th track, every balance among the tracks still remaining under subsequent control. Naturally an overall balance was already sought at the recording itself, particularly as regards a balanced placing of microphones with the side attenuators approximately equal, but damping less than the centre attenuators, so as to record the same amount of reverberation on each side but less in the middle; this sounds more natural and helps to focus the attention.

\*

Some thought will make it clear that the difference between these two stereophonic recording methods is superficial only, and this supports the previous statement that a close placing of microphones is the only possible solution. Let Westminster record those instruments which they divide between both channels on a third centre track, and let the Poste Parisien record on only three tracks immediately instead of eventually, and the two methods resolve into one. For the difference — which is considerable — between the two recordings we must look more below the surface, for it is to be found in the approach to and application of the method and not in the method itself.

The first difference is in the varying application of two similar microphone placings. It has been stated in very general terms that a microphone is placed close to each group of instruments, and it follows that the two companies placed their microphones in similar positions. An examination of Fig. 2 shows that the Poste Parisien made groupings of strings and winds,

each with 1 left, 1 right and 2 centre microphones; fanfares and choir, each with 1 left, 1 right and 1 centre; and percussion and timpani, each with 1 centre microphone. This is a fairly straightforward approach, resulting in that the instruments would eventually be heard from roughly their true positions. Westminster on the other hand made no such overall groupings, treating the instruments according to kind rather than family, and, moreover, taking far greater liberty with the direction, even in the case of instruments feeding only one channel. This is quite ingeniously worked out so as to sound quite natural to everybody except those who were actually there.

The second important difference lies in the balancing of these microphones. Something about the Poste Parisien's principle governing this question has already been said, namely that an attempt was made at placing the microphones so that the attenuators could be set at certain positions, which implies, in addition, that these attenuators were left alone as much as possible during the actual recording. This is where the complicated 7-track recording machinery resulted in operational simplification, for if an important part had been masked out somewhere along the line, this could still be corrected later.

Recording on only two tracks makes subsequent editing far more difficult, for even a splice is nearly impossible to make inaudible on multiple track tape, and a subsequent dynamic change is only possible as a whole, or as a change between the tracks, which, again, shifts the position of the sound. Therefore Westminster were compelled to adjust their attenuators continuously during recording, or the advantages of dynamic difference between *solo* and *tutti*, obtained by closely placed microphones, would be lost. Under those circumstances it would be natural for any recording engineer, who also knows and follows the score, not just to limit himself to a *compensation* of inherent electroacoustic defects, but to attempt to *transcend* reality in a recording interpretation which would be impossible to realise in the concert hall. While all this is possible also in a monaural recording, it can be carried a step further in stereophony, for not only can the dynamics be changed to the advantage of clarity, but the virtual placing of the instruments, where these are connected to both channels. In a carefully worked-out *production* this makes possible a sense of motion which can be indirectly related to the dramatic movement of the music. Also it can be used to compensate for the lack of rear sound from the fanfares (which the conductor is facing in Fig. 3) in the reproduction.

\*

Classical and expressionistic recording: that is the difference between these two techniques. Choice is therefore a personal matter, not for the objective critic, beyond the scope of this paper.

So each recording must still be treated by itself, must not be criticised for doing things it intended to do, or for having "undone that which it ought not to have done". The question to be asked of the Poste Parisien, then: Was the actual sound reproduced as faithfully as present development, economic considerations and other people's patents allowed? An answer must consider that one of the very points which made this work interesting to record was sound all around. Not only were there fanfares at the back of the church, but one on the floor and one on the gallery, seen in Fig. 4. With 7 tracks of tape, it would have been quite possible to record this effect, but then these 7 tracks would also have had to be played back. But as there were only 3 playback channels available, this question falls under the economic hammer. All the same, the playback arrangements, with the side channels represented by speakers running practically the whole length of the hall and as close to the ceiling as possible, might give a reasonable semblance of this, even though the fanfares would be directionally indistinguishable from the lateral components of the main sound. It is worth observing here, from Fig. 2, that the fanfares' centre microphone is shown by a dotted line, leaving the question of its use open, so that, at least, the rear fanfares would not sound as if being in front. However, this is an adaptation of a technique for recording film sound tracks, and Cinerama and Cinemascope, working with 7 and 4 channels respectively, also have sound from "effect loudspeakers" at the back. It can be argued that the 4th track on the playback machine could with very little extra expense be co-opted to this purpose. People hearing a fanfare behind their heads at a concert would be likely to turn involuntarily to see where the sound came from; doing this at a truly faithful stereophonic reproduction, they would find themselves looking a loudspeaker into the face, and we must confine ourselves here to pointing the possibility of such a reaction out but leave the advisability of instigating it open. We may be sure that the Poste Parisien considered this question — their arrangements indicate their decision.

And we ask the following question of every single company recording disc stereophony by a method such as described above: Was proper use made of Recording as a *supporting* art for Music or was Recording allowed to obtrude by the very effects with which it should help?

## Polyvision

von

ABEL GANCE

### I

Im Gegensatz zu den „CINERAMA“- und „CINEMASCOPE“-Verfahren wie auch zu all jenen, die mit Anamorphose und Magnoscopia arbeiten und während der Vorführdauer auf eine den Zuschauer ermüdende „Breitvision“ abzielen, ist es Ziel der Polyvision, in die projizierten Filme im gegebenen Augenblick wünschenswerte Verbreiterungen eines einzigen, großen Bildes mit dreifacher Vergrößerung des normalen Gesichtsfeldes oder ähnliche, umgekehrte und sogar untereinander verschiedene Bilder einzuschalten.\*).

„MAGIRAMA“ ist das neue Aufnahme- und Projektions-Verfahren, durch das die „POLYVISION“ genannte, bildliche Orchestration entsteht, die ihren direkten Ursprung in der Dreifach-Leinwand hat, von der ja auch „CINERAMA“ herkommt.

Je nach bevorzugter Drehtechnik werden die Aufnahmen stumm oder mit Tonband gedreht, wobei man der Kamera eine Vorrichtung aufsetzt, die entweder aus einer Selektionsscheibe oder aus einem die Bilder umkehrenden Spiegelverschluß resp. anderen bekannten Reflektionsvorrichtungen besteht, was eine beliebige Vergrößerung des Gesichtsfeldes erlaubt.

Ein einziger und normaler Negativ-Filmstreifen, schwarz oder farbig präpariert, nimmt mit einer Geschwindigkeit von 48 Bildern pro Sekunde die normalen Szenenbilder auf, wobei mit Hilfe der Verbreiterungsanlage auf ein rechtes Bild, das der rechten Leinwandseite entspricht, ein Mittelbild (Leinwandmitte) und ein linkes Bild, das wiederum der linken Leinwandseite entspricht, einander folgten. Jeweils nach  $\frac{1}{16}$  Sekunden wird jedes rechte, mittlere und linke Bild durch die Fortsetzung des rechten, mittleren und linken Bildes ersetzt, usw. Die Gesamtheit der drei aufeinanderfolgenden Bilder nimmt eine Filmbandlänge von 12 Perforationen ein, während bei der Projektion durch den umgekehrten Vorgang die Sicht eines einzigen Bildes wiederhergestellt wird.

Im Rahmen der Erfindung können die Aufnahmen nach dem Patent von GANCE-DEBRIE auch auf andere Weise ohne weiteres mit drei gleichlaufend verbundenen Kameras auf einem Rahmengestell gedreht werden.

Diese synchronisierten (aber auch) unabhängigen Kameras nehmen jedes der drei Negative mit einer Geschwindigkeit von 16 Bildern pro Sekunde auf.

\*) Wie vorgesehen im französischen Patent No. 633 415 vom 24. Oktober 1927 mit Nachsatz No. 35 034 vom 11. Juni 1929.

Eine dazu passende Vorrichtung für das Ablaufen des Films oder verschiedene der allgemein gebräuchlichen Verfahren ermöglichen die aufeinanderfolgende Übertragung jedes der auf den drei Negativen erhaltenen Bilder auf ein einziges Negativ in der oben vorgesehenen Anordnung.

Die Projektion geht durch einen 48 Bilder pro Sekunde werfenden Projektor vor sich, der ebenfalls mit einer entsprechenden Trennvorrichtung oder einem die Bilder umkehrenden Spiegelverschluss versehen ist. In Bewegung begriffen stellt er die Aufnahme in verbreiteter Sicht wieder her, und zwar unter Zugrundelegung des „Simultaneismus“, der auf der Eigenschaft der Netzhaut beruht, sich folgende Bilder nur in einem Abstand von  $\frac{1}{48}$  Sekunde aufzunehmen.

Im Rahmen der Erfindung kann die Projektion durch drei synchronisierte, 48 Bilder pro Sekunde werfende Projektoren gesichert werden. Jeder von ihnen kann im gegebenen Augenblick (z. B. Auslösen durch Führungsband oder Steuerungsband nach einem bekannten Verfahren) sein Positiv projizieren, das vorher beim Durchlaufen durch Auswahl der Bilder vom Negativ erhalten wurde.

Fig. 1-17 veranschaulicht die Vorrichtung. *G, C, D* (Fig. 1-9) stellen die Bilder links, Mitte und rechts (gauche, centre, droite) dar, während das mittlere Bild *C* der Fig. 10 durch einfache Farben oder abstarkte Muster *E, F* begleitet ist — die Vielfalt der künstlerischen Anwendungen solcher Möglichkeiten ist enorm. Fig. 11-17 zeigt den Einbau der Vorrichtung auf einen Projektor, wobei zu bemerken ist, daß der Einbau auf eine Kamera genau der gleiche ist. 1 ist das Objektiv, 2 dessen optische Achse; zwei sektorförmige Spiegelverschlüsse drehen sich vor dem Objektiv 1 so, daß sie den direkten Lichtstrahl während der Projektion eines Mittelbildes (Fig. 16) durchlassen, daß aber während der Projektion eines rechten, bzw. linken Bildes (Fig. 15, 17) der Verschuß 4, bzw. 5 den Lichtstrahl nach oben reflektiert, von wo er von einem Planspiegel 11 auf die Leinwand geworfen wird. Der horizontale Winkel  $\beta$  der Drehachsen 6 und 7 der Verschlüsse 4 und 5, sowie der vertikale Winkel  $\alpha$  derselben Achsen und des Spiegels 11, sind zur richtigen Übereinstimmung der Bilder berechnet und auch einstellbar. Fig. 13 und 14 stellen schematisch einen Projektor mit der eingebauten Vorrichtung dar: die Vorrichtung ist mit dem Filmantrieb durch ein Getriebe (23, 24) und ein Gelenk (22) gekuppelt, und die Winkelfeinstellung ist durch die Schrauben 21 (für den Winkel  $\beta$ ) und 19 ( $\alpha$ ) dargestellt; die Spiegelebene 11 kann ebenfalls durch eine Schraube 15 justiert werden. Zusätzliche automatische Korrektur der Lichtreflektionsverluste und des Parallaxenfehlers bei sehr kurzen Entfernungen ist ohne weiteres möglich.

VORTEILE — Gegenüber allen existierenden panoramischen Verfahren sind die künstlerischen, technischen und kommerziellen Vorteile nicht zu vergleichen.

In erster Linie ergeben sich eine 100%ige Bildschärfe sowie eine Wiedergabetreue der Farben, die durch die anderen auf Anamorphose („CINEMASCOPE“) oder auf Bildvergrößerung beruhenden Systeme niemals selbst unter optimalen Bedingungen erzielt werden können.

Die von dem Aufnahme- und Projektions-Objektiv erfaßten Flächen werden je nach Wunsch um ein Drittel größer sein als die der oben aufgeführten panoramischen Systeme, allerdings mit Ausnahme der „CINERAMA“, das zu seinem Nutzen die alten Patente für Breitwand und Tonperspektive verwertet und das dieselbe Oberfläche erfaßt wie das „MAGIRAMA“.

Bei der beschriebenen Anlage ist die vollkommene Mischung der drei Bilder untereinander dadurch gewährleistet, daß ein einziges Positiv und ein einziger Projektor automatisch die Bildübergänge sowie eine feststehende, gleichstarke und gleichmäßig verteilte Beleuchtung garantieren. Diese Eigenschaften besitzen weder das „CINERAMA“ mit drei Projektoren und ebensovielen Lichtquellen noch die anderen panoramischen Systeme, die alle das Objektiv unverhältnismäßig beanspruchen und eine erhebliche Beleuchtungsstärke erfordern.

Vom ökonomischen Standpunkt aus können die gleichzeitige Vereinfachung der angewandten Mittel und die erzielten Resultate, die ungleich besser sind als alle bisherigen Versuche auf diesen Gebieten, ihre Wirkung nicht verfehlen. Die Verwendung von normalen Aufnahme- und Projektionsapparaten mit einem einzigen Positiv — das „CINERAMA“ verwendet drei — und das einfache Aufsetzen einer die Bilder trennenden und umkehrenden Vorrichtung beanspruchen nur relativ bescheidene Mittel. Für das „CINERAMA“ ist dagegen sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Projektion ein beträchtlicher Materialaufwand notwendig, und die Kosten sind übermäßig hoch.

Was nun die beiden bedenklichsten Probleme aller panoramischen Verfahren betrifft, nämlich die Notwendigkeit einer kostspieligen Spezialleinwand und die bestehenden Schwierigkeiten, die Intensität des Lichtstroms zu verdoppeln oder zu verdreifachen, so sind diese durch das „MAGIRAMA“ glänzend gelöst; denn einerseits beschränkt sich dieses Verfahren auf die üblichen Projektionsleinwände, indem es nur die Oberfläche verlängert, andererseits auf die bei normalen Filmen angewandte Beleuchtung.

Zusammengefaßt ausgedrückt verwendet man also das vorhandene Material; denn in der großen Mehrzahl der Filmvorführkabinen ist es möglich, die Durchlaufgeschwindigkeit bei der Projektion durch ein einfaches Verstellen der Zahnräder zu verdoppeln.

TON — Für eine lückenlose und von anderen Systemen unabhängige Anwendung des gesamten „MAGIRAMA“-Verfahrens kann man die früheren franz. Patente über sonore Perspektive, laut Patent No. 280.255 vom 13. August 1929 und Patent No. 780.681 vom 29. Mai 1933, um eine neue,

noch unbekannte Vorrichtung erweitern, die stereophonische und tonperspektivische Effekte ermöglicht. -

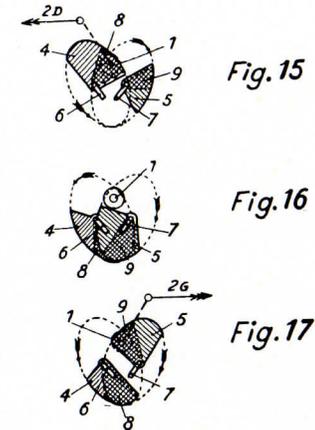
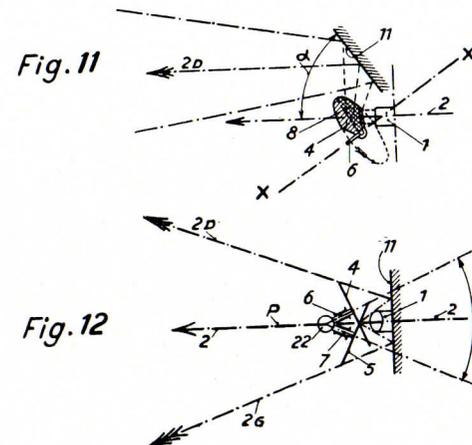
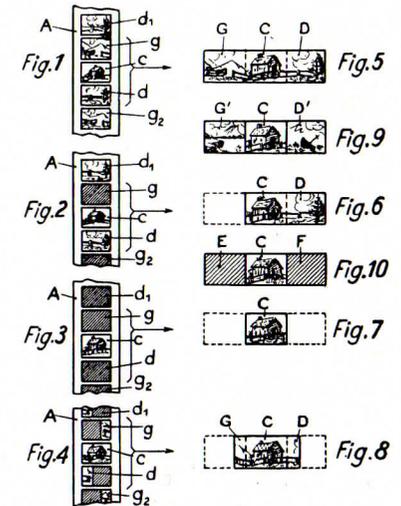
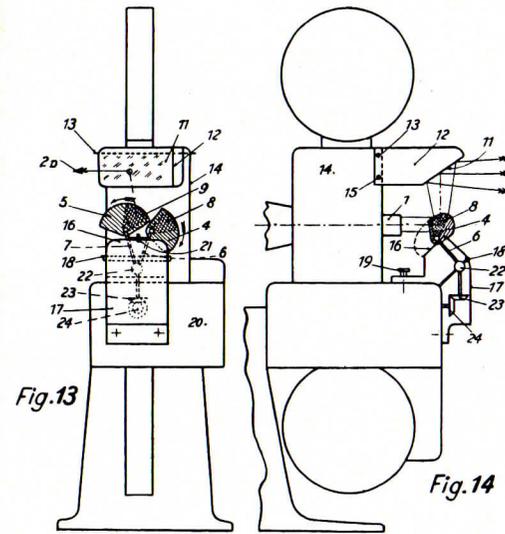
Das von mir und Herrn Debré zusammen patentierte Prinzip kann gleichermaßen auf ein Magnettonband mit eingekerbtem Führungsband, wodurch der Lautsprecher geöffnet und geschlossen werden kann, angewandt werden. Da das Magnettonband zum Zeitpunkt der Patentierung tatsächlich nicht existierte, kann das Patent ohne Zweifel *auf Grund dieser Tatsache* rechtsgültig abgeändert werden.

Schließlich ist zu bemerken, daß die Anwendung von „MAGIRAMA“ mit dem Durchlauf von 48 Bildern pro Sekunde für den Ton von großem Vorteil ist: Ein oder mehrere Tonbänder auf einem oder mehreren Positiven oder auf einem unabhängigen Band rollt oder rollen mit derselben Geschwindigkeit von 48 Bildern pro Sekunde ab, wodurch die Tonqualität wesentlich verbessert wird.

Vorzusehen wäre eine Erweiterung des Verfahrens auf Filmaufnahmen beim Fernsehen, wodurch mit Television — Aufnahme mit 3 Ikonoskop — ein großer Projektionsschirm ermöglicht werden könnte (gleicher Vorgang).

Ich halte den Hinweis für richtig, daß man in allen Kinos, seien es nun kleine, mittlere oder große (mit der einzigen Ausnahme von übergroßen Projektionsanlagen in ungeheuren Sälen oder Arenen von 40 oder 50 m Basis), Leinwände anbringen kann, die die verfügbare Breite voll bedecken, wenn eine ähnliche Aufnahme- und Projektions-Anlage wie die beschriebene vorhanden ist und man sie auf 16 mm-Filme anwendet. Schärfe und Qualität des Bildes sind vollkommen und verdreifachen den, diesen Sälen entsprechenden, normalen 16 mm-Bildschirm.

Allein Frankreich würde im Jahr für mehr als 700 Millionen Franken Filmstreifen und Licht einsparen, wozu noch die Kostenverringerung beim Ablaufen des Films hinzutritt.



# Polyvision

by

ABEL GANCE

Contrary to Cinerama and Cinemascope and all other wide screen methods depending on anamorphosis and magnoscopy with a rather tiring effect on the audience, Polyvision aims at a momentary widening of a single picture, as desired, up to three times normal width, or the simultaneous projection, together with the central image, of similar, reversed, or even quite different side images\*

*Magirame* is the new shooting and projection technique resulting in *Polyvision*, the name for the pictorial orchestration stemming from the triple screen, which is also Cinerama's origin. Shooting takes place silently or with sound, as preferred, but the camera is fitted with an attachment consisting either of a selecting disk or an image-deflecting reflex shutter or similar well-known arrangement, permitting the desired widening of the lens angle. A single, normal, black and white or colour negative film strip is exposed at a rate of 48 frames per second, the widening attachment being coupled to the film drive in such a way that left, centre and right images are exposed in succession at intervals of  $\frac{1}{16}$  second, resulting in the impression of a single wide image by projection through a similar lens attachment, because of the eye's retentivity.

The *Gance-Debrie* patent already referred to also provides for similar shooting with three mechanically coupled cameras running at 16 frames per second, as well as for a device to copy three such films onto a single film strip with successive left, centre and right images, or again, for a coupling of three similar projectors including a film saving arrangement for automatic start-stop of a side projector in case a side image has not been taken.

The device is illustrated by figs. 1-17. *G*, *C* and *D* in figs. 1-9 represent the left, centre, right (*gauche*, *centre*, *droite*) images, while the centre image *C* of fig. 10 is shown flanked by suitably coloured blank projected fields *E* and *F*, or by a suitable abstract design serving to enhance the effect of the central image — these possibilities are vast. Figs. 11-17 show the application of the device to a projector, application to a camera being exactly the same. *1* is the projecting lens, *2* its optical axis; two circular sector reflecting shutters *4* and *5* rotate in front of the lens *1* so as to allow direct passage of the light beam during projection of a central image (fig. 16), but so that the shutter *4* or *5* intercepts and reflects a right or left image, (figs. 15, 17), respectively, during their projection. The reflection of these

\* Cf. French Patent 633 415 of 24. 10. 27 with amendement 35 034 of 11. 6. 29.

images is upwards on to a plane mirror *11*, which again reflects these images on to the screen, the horizontal mounting angle  $\beta$  of the shutters' mounting axes *6*, *7*, and the vertical angle  $\alpha$  of the same axes and of the mirror *11* being suitably chosen, and adjustable, to ensure correct juxtaposition of the projected images. Actual mounting of the device on a projector (or camera) is schematised in figs. 13 and 14, showing how the device may be coupled to the film drive through gearing (*23*, *24*) and a universal joint or similar arrangement (*22*), angle adjusting screws being schematised by *21* (angle  $\beta$ ) and *19* (angle  $\alpha$ ); the plane of the mirror *11* can be similarly adjusted by a screw schematised as *15*. Corrections for light reflection loss or for parallax at very short distances may also be included.

## Advantages

There is hardly any comparison between this method and all existing panoramic techniques, from the artistic, technical as well as commercial angle.

1. 100% image sharpness and true colour rendition is obtained at all times, which cannot be attained even under optimum working conditions with anamorphosis (Cinerama) or image enlargement systems.

2. The available image area is by one-third larger than that of all these panoramic systems, with the exception of Cinerama, which makes good use of some old patents to embrace the same picture area as *Magirame*.

3. The device described here enables perfect blending of the three images because a single positive and a single projector automatically guarantee the image transitions and the even diffusion of light. Neither Cinerama, with its three projectors and light sources, nor the other panoramic systems satisfy these conditions, as their optical requirements tend to exceed available quality, besides requiring an excessive amount of light.

4. *Magirama's* economic efficiency is already made evident by the above three points, when the simple means of using standard cameras and projectors with a single film strip (three in Cinerama) with the simple addition of an attachment is compared to the results obtained.

5. The two greatest problems of all other panoramic techniques — an expensive special projecting screen and doubling or trebling of the light intensity — are done away with, for normal projecting screens and normal lighting are used in *Magirama*.

In short, existing equipment is used throughout, for nearly all cameras and projectors can be run at 48 frames per second by a simple rearrangement of gears.

## Sound

The French patents on sound perspective (280255 of 13. 8. 29 and 780681 of 29. 5. 33) can be amplified by a new, as yet unpublished method, to give stereophony and make Magirama quite independent of all other techniques. The subject of the patents can also be applied to magnetic tape with a notched leader to open and close a loudspeaker as required; as magnetic tape was actually unknown at the time of the patent, the latter can be legally extended. Incidentally, the film speed of 48 frames per second is a great advantage to the sound quality, whether single or multiple sound tracks are used on one or three synchronised positives, or whether separate, synchronised playback equipment is used.

A further extension of this technique can be visualised for television, with a possibility of a larger screen when shooting with 3 iconoscopes.

A most important point is that all picture theatres — small, medium or large (with the sole exception of the most enormous projectors in immense halls or arenas with a base of 150 ft. or so) can be fitted with additional screens to cover the whole available width, when the above described equipment is used with 16 mm film. Perfect image sharpness and quality are obtained and these theatres' normal 16 mm screen area is trebled.

In France alone, Magirama would save over 700 million francs a year on film and light, to which the saving on equipment and labour can also be added.

## ELEKTROAKUSTISCHES EXPERIMENTALSTUDIO GRAVESANO

8./9. AUGUST 1959

Unter dem Protektorat  
der  
REGIERUNG DES KANTONS TESSIN  
der  
GENERALDIREKTION DER SRG  
des  
INTERNATIONALEN MUSIKRATES  
DER UNESCO

### „FUNF JAHRE GRAVESANO“

- I. Elektromagnetische  
Klangmanifestationen  
(Uraufführungen)
- II. BRECHT-HINDEMITH „Lehrstück“  
(Scenische Gestaltung)
- III. Die aktive Apparatur  
(Demonstrationen)

Alle Veranstaltungen finden statt im  
**FREILUFT-THEATER GRAVESANO**  
Die stereophonischen Vorführungen  
erfolgen mittels Hermann Scherchen's  
**SPECTROPHON**

Under the Sponsorship  
of  
THE CANTON OF TESSIN  
of  
THE SWISS RADIO CORPORATION  
the  
INTERNATIONAL MUSIC COUNCIL  
OF UNESCO

### “FIFTH ANNIVERSARY OF GRAVESANO”

- I. Electromagnetic  
Sound-Presentations  
(First Performances)
- II. BRECHT-HINDEMITH “Lehrstück”  
(Staged Performance)
- III. Active Apparatus  
(Examples)

All Presentations Take Place in the  
**GRAVESANO OUTDOOR-THEATRE**  
The Stereophonic Transmissions Are  
Achieved with the **SPECTROPHON**

## ELECTRO ACOUSTIC EXPERIMENTAL STUDIO GRAVESANO

# Die Vermittlung von musikalischen und vibrationellen Erlebnissen als therapeutische Möglichkeit\*

von

H. R. TEIRICH

## Musik als Intensivierung der Tiefentspannung

Das Autogene Training (AT) hat sich in den letzten Jahren in Deutschland und Österreich weitgehend durchgesetzt und spielt in der nervenärztlichen Praxis — vielfach variiert — eine sehr bedeutende Rolle. Es handelt sich um eine Form der Tiefentspannung, die einer Selbsthypnose nahe kommen kann.<sup>1</sup> Die Methode, die von dem Berliner Nervenarzt Prof. J. H. Schultz vor ca. 30 Jahren erarbeitet wurde, nimmt unter den andern zahlreichen Entspannungsmethoden (Atemtherapie, Yoga usw.) eine besondere Rolle ein, da sie in relativ kurzer Zeit lehr- und lernbar ist (sie ist z. T. Hochschulfach geworden). Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen sind auf diesem Gebiet erschienen, die bewiesen haben, daß eine wirklich „gezielte“ Entspannung eine tiefgehende Wirkung auf das vegetative Nervensystem hat, eine Wirkung, die tatsächlich „psychomatisch“ genannt werden kann. Das AT wird für die Behandlung von Neurosen verwendet — insbesondere zur Behebung von Angst-, Hemmungs- und Spannungszuständen —, aber auch bei körperlichen Störungen, wobei z. B. dem Phänomen der gesteuerten besseren Durchblutung bestimmter Körperteile eine besondere Bedeutung zukommt. Da das vegetative System für die Angst (z. B. Lampenfieber), für zahlreiche Schlafstörungen usw. „verantwortlich“ ist, so wird im AT das vegetative System so trainiert, daß es dem Patienten tatsächlich gelingt, von der Unruhe zur Ruhe umzuschalten

Die Verbindung AT—Musik wurde bisher nicht angewandt. Nur *Pontvik* vermittelt Musik neurotischen Patienten in einem (von ihm nicht weiter geschilderten) Zustand der Entspannung; ferner hat *Jaedicke* über Versuche berichtet, das AT musikalisch zu untermalen.

Meiner Meinung nach gibt es drei Möglichkeiten, den Patienten eine vertiefte und anhaltende Entspannung, ferner ein umstimmendes Erlebnis durch Verbindung des AT mit Musik zu vermitteln:

\* Der vorliegende Beitrag stellt eine erweiterte und umgearbeitete Fassung einer Arbeit dar, die aus dem kürzlich erschienenen Band *Teirich* (und 19 Mitarbeiter). Musik in der Medizin (G. Fischer Verlag, Stuttgart) stammt.

<sup>1</sup> Zur ersten Information über dieses Thema sei auf J. H. Schultz: Übungsheft für das Autogene Training, Thieme Verlag, verwiesen,

- a) über Schallplatten bzw. Tonträger,
- b) durch Selbstmusizieren des Therapeuten,
- c) durch Vermittlung vibrationeller Erlebnisse, wofür derzeit nur mechanische Musik in Betracht kommt.

\*

Vorerst: Warum wird überhaupt das AT mit Musik kombiniert? Bereits in der älteren Hypnoseliteratur wird darauf hingewiesen, daß der Patient im Anschluß an eine Hypnose nicht sofort nach Hause gehen soll, sondern noch einen gewissen Zeitraum in seinem Dämmerzustand verweilen möge — die therapeutische Wirkung erhöhe sich dadurch. Was für die Hypnose gilt, hat auch teilweise für die „konzentrierte Selbstentspannung“ (dies ist der Untertitel des AT) Gültigkeit.

Die Entspannung im AT ist dann erreicht, wenn der Patient das Gefühl der Schwere und Wärme der Extremitäten und das Erlebnis der Durchströmung des Sonnengeflechtes hat, ruhig atmet und der Kopf „leicht“ und „frei“ ist. Um mit J. H. Schultz zu sprechen: „Der Patient ist passiv fallend in sein Körpererlebnis hereingeglitten.“ — Dieses Umschalterlebnis kann unter ärztlicher Anleitung erlernt werden; vor Selbstversuchen ist zu warnen, da sehr häufig statt Entspannung Verspannung auftritt. Den Zustand der Entspannung beschreiben die Patienten etwa folgendermaßen: „Man fühlt sich unmittelbar vor dem Einschlafen, die Außenwelt ist gleichgültig.“ Das Ende der Übung besteht im „Zurücknehmen“, d. h. die Arme werden einige Male mit energischem Ruck gebeugt und gestreckt, tief ein- und ausgeatmet und die Augen geöffnet. Bei der von mir verwendeten Verbindung zwischen Musik und AT „nimmt“ der Patient aber nach Schluß der Übung *nicht* „zurück“, schaltet also nicht auf seinen Normaltonus um, sondern bleibt entspannt mit geschlossenen Augen liegen. In diesem Zustand der „vegetativen Ruhe“ hat nun die Musik eine Aufgabe, die im folgenden näher erläutert werden soll.

Im Nebenzimmer wird eine Schallplatte aufgelegt<sup>2</sup> und dem Patienten in dem gleichen monoton-suggestiven Tonfall, in dem das AT geübt wird, ungefähr folgendes gesagt<sup>3</sup>: „Sie brauchen nichts tun, nichts denken, nichts

<sup>2</sup> Es ist wichtig, nicht im gleichen Raum Musik zu machen, da der Patient durch technische Fehler, etwa durch eine zu laute oder zu leise Einstellung des Apparates, durch Kratzen der Nadel usw., stärker als sonst gestört wird. Diese Feststellung ist insofern überraschend, als es für den autogen Trainierten charakteristisch ist, Umweltreize kaum zur Kenntnis zu nehmen.

<sup>3</sup> In der Stimmführung des Übungsleiters sehe ich eine wichtige Komponente. Mein Tonarchiv umfaßt zahlreiche von Ärzten und Psychologen verschiedener Länder besprochene Hypnose- und Entspannungsaufnahmen. Eine stimmkritische Untersuchung, um die verschiedenen suggestiven Effekte herauszuarbeiten, von Prof. Dr. Trojan (Wien) und mir erscheint in Kürze.

erwarten, nur geschehen lassen. Stellen Sie sich ganz auf die Musik ein, unterdrücken Sie nicht Bilder und Vorstellungen, lassen Sie diese Bilder einfach gehen und kommen. Sie stammen aus den Tiefen Ihres Unbewußten, aus dem sie traumartig auftauchen. Das Gefühl der inneren Ruhe verstärkt sich immer mehr . . ." usw.

Nun wird der Patient während der Spieldauer der Platte allein gelassen, wobei auf völlige Ruhe zu achten ist. Nach Beendigung der musikalischen Darbietung betritt der Übungsleiter wieder den Raum und fordert den Patienten in der üblichen Weise auf, „zurückzunehmen“, also: „Arme fest, tief atmen, Augen auf!“

Welche Art von Musik wird nun verwendet? Eine Frage, auf die hier nur mit einigen Hinweisen geantwortet werden kann. Im allgemeinen eignet sich Musik, die organisch und klar durchgegliedert ist, etwa das Konzert für 2 Violinen in d-moll (2. Satz) von Johann S. Bach (Pontvik: „Bach wendet sich ich-ablösend der Ganzheit zu.“) oder das Konzert für Orgel und Orchester in d-moll von Händel. Besonders bewährt hat sich das Concerto Grosso Nr. 3 (Larghetto Affettuoso) von Händel, das durch seine feierliche Getragenheit mit stark melodischen Spannungsbögen eine besondere Wirkung ausübt.

Die Frage bleibt offen, ob es günstiger sei, für das „musikalische AT“ einen Plattenspieler zu verwenden oder selbst zu spielen. *Grote*<sup>4</sup> lehnt jede mechanische Musik ab, während Pontvik für seine therapeutische Arbeit (die allerdings andere Aspekte hat als meine) bestimmte Klangfolgen seines Monochords schätzt; andererseits kann der Patient durch die Gegenwart des Ausübenden abgelent werden, und Pontvik zieht einen erstklassigen, möglichst unsichtbaren Plattenspieler einem leidenschaftsbewegten Künstler vor. Während ich früher ausschließlich „konservierte Musik“ verwendete, bin ich seit 2 Jahren dazu übergegangen, gelegentlich als Abschluß des AT dem Patienten selbst vorzuspielen: bis vor kurzem auf dem Klavichord, jetzt auf dem Spinett. Meist sind es Inventionen von Bach oder kurze Stücke aus dem Notenbüchlein für Anna Magdalena Bach. Die Frage, inwieweit der Klang alter Instrumente eine besondere Wirkung auf die Seele hat, kann ich nicht beantworten.

Bemerkenswert erscheint mir die Erfahrung, daß Selbstmusizieren auch dem Therapeuten sehr helfen kann, worauf L. *Paneth* besonders hinwies. Ohne hier „mediumistische“ Theorien aufzurollen, weiß ich, daß die mehrmals tägliche intensive Vermittlung des AT (insbesondere wenn der Therapeut mit-entspannt) einen sehr bedeutenden seelischen Einsatz verlangt. Hier kann das Selbstmusizieren einen tieferen Sinn gewinnen: einerseits als Ausgleich gegen eine „Über-Entspannung“ (die es zweifellos gibt), andererseits vermittelt das Spielen eines Instrumentes dem Arzt Grundlagen des Übens. Auch eine Passage, ein Triller müssen so lange geübt werden, bis sie

<sup>4</sup> Persönliche Mitteilung.

„sitzen“, d. h., bis sie unbewußt geworden sind. Ein solches Exerzitium hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem von J. H. Schultz verlangten geduldrigen Üben, um das vegetative Nervensystem unter Kontrolle zu bringen. Manche praktische Erfahrungen durch das Üben am Spinett haben meinen Wortschatz bei der Vermittlung des AT vergrößert.

Wichtig ist, daß der Patient, nachdem er „zurückgenommen“ hat und aufgestanden ist, entweder durch den Übungsleiter sorgfältig nach seinen inneren, vor allem musikalischen Erlebnissen befragt wird, oder daß diese regelmäßig notiert werden. Durch das Besprechen bzw. Protokollieren werden manche klangliche Einzelheiten erst bewußt und das Musikstück noch einmal intensiv erlebt. Sehr häufig hören wir, man bekomme allmählich über das AT Zugang zur Musik. „Noch nie habe man Musik so intensiv erlebt, wie in diesem Zustand.“ Die Entspannung unter dem Einfluß von Musik fördert zweifellos Assoziationen der verschiedensten Art, die später analytisch durchgearbeitet werden können — aber nicht stets durchgearbeitet werden müssen. *v. Schumann* schreibt: „Das Erfassen und Verstehen unbewußter Vorgänge kann wesentlich durch die Musik unterstützt und begriffen werden. Der rationale Erkenntnisakt bedarf nämlich einer Ergänzung durch das gefühlsmäßige Ergriffenwerden und emotionale Innwerden.“

#### Vibrationserlebnisse als therapeutische Hilfe

Eine weitere Möglichkeit, auf die hier ausführlicher eingegangen werden soll, ist die Vermittlung von vibrationellen Erlebnissen.

Veröffentlichungen, die sich mit diesem Problem beschäftigen, sind selten. Die letzte Äußerung wird A. Pontvik verdankt, der in seinem Buch „Heilen durch Musik“ (Zürich 1955) darauf hinweist, daß durch Vermittlung der musikalischen Vibrationen, also durch einen körperlichen Kontakt zwischen Patient und Klangerreger oder Klangvermittler, ein Vorgang sich abspiele, der nicht zu Unrecht die Bezeichnung eines musikalischen Erlebnisses verdiene. Eine therapeutische Anwendung dieser auch von *Katz* und *Révész* geschilderten Phänomene scheint meines Wissens bisher nur von Heilpädagogen bei Taubstummen versucht worden zu sein. Dies trifft besonders für M. *Scheiblauser* zu, die nun schon seit Jahrzehnten Mindersinnigen musikalische Vibrationsgefühle vermittelt. In welchem Ausmaße es möglich ist, Hörgeschädigten auf diesem Wege ein neues Tor zur Welt zu öffnen, zeigt das Schicksal der taubblinden Helen Keller, die ihr Erlebnis, Schallwellen über die Membran des Rundfunkapparates aufnehmen zu können, folgendermaßen beschreibt:

„Gerade gestern abend, als die Familie der 9. Symphonie von Beethoven zuhörte, legte ich meine Hand auf den Empfänger und spürte deutlich die Schwingungen. Jetzt ließ ich den Deckel abschrauben und berührte leicht die Membran. Wie groß war mein Erstaunen, als ich entdeckte, daß ich nicht nur jede Schwingung fühlen konnte, sondern auch die Leidenschaftlichkeit des Rhythmus, das Pulsieren und

Anschwellen der Musik. Das Zusammenfließen der Schwingungen der verschiedenen Instrumente entzückte mich und der große Chor schlug mit seinem Gewoge in seinen Pausen scharf gegen meine Finger.“

Von ähnlichen Erfahrungen wissen auch Katz und Révész zu berichten, aus deren Aufsatz „Musikgenuß bei Gehörlosen“ die nachstehend zitierten Äußerungen *Scherrers* und *Lamprechts* entnommen sind:

*Scherrer*, der selbst gehörgeschädigt war, bemerkt: „Obwohl ich . . . sehr unmusikalisch bin (kein Melodiegedächtnis, kein Intervallbewußtsein, qualitätsblind, ziemlich stumpf gegen musikalische Verstimmung), unterliege ich dennoch gefühlsmäßig der Musik. Die Klänge ergreifen mich sensorisch.“

Und von *Lamprecht* stammt der Satz, daß einige Töne auf dem Cello für den Geist des Taubstummen Farbvorstellungen hervorrufen: „Wir sehen buchstäblich Rot, Violett, Gelb und Blau bei einzelnen Tönen gewisser Anschläge, welche den Grundfarben entsprechen . . . Ich glaube, daß wir die Seele der Musik bekommen. Sie erhalten nur den Ton. Die Musik ist für Ihr Ohr allein. Bei uns ist es der ganze Körper, der berührt wird“ usw.

Für meine Arbeit dürften die Ergebnisse am wichtigsten sein, die Katz und Révész a. a. O. auf Grund einer sehr genauen Untersuchung des taubstummen Pfarrers Sutermeister, Bern, vorgelegt haben. Sutermeister wurde nicht taub geboren, sondern verlor im 4. Lebensjahr infolge einer Hirnhautentzündung sein Gehör völlig und bald ebenso die Sprache. Erst 55 Jahre nach seiner Ertaubung stellte Sutermeister fest, daß er Musik genießen könne — eine Erfahrung, die ihn grundlegend veränderte: war er vorher meist melancholisch, so wurde er jetzt heiter und vergnügt; Musik wurde ihm zum Lebensbedürfnis. Er ging regelmäßig zu Konzerten, in denen er die Tonwellen deutlich aufnehmen konnte, aber nicht wie bei Helen Keller über die tastende Hand, sondern über den „innern Vibrationssinn“. Er schreibt hierüber:

„Hauptempfangsstation ist mein Rücken. Hier dringen die Töne herein und durchströmen meinen ganzen Rumpf; es ist, wie wenn dieser ein hohles Metallgefäß wäre, an welches in rhythmischer Weise geschlagen wird, und das nun je nach der Stärke der Töne bald lauter, bald leiser erklingt. Dabei spüren weder Kopf noch Hände das Geringste; am meisten gefühllos ist der Kopf.“

Schon seit langem beschäftigt mich das sogenannte Nachhallphänomen von Orgeln in kleinen Kirchen, das meiner Meinung nach das musikalische Erlebnis in besonderer Weise verstärkt. In Gesprächen hörte ich etwa, man sei von dieser Orgelmusik im wahrsten Sinne des Wortes „erschüttert“, man werde „von den Schallwellen förmlich getragen, das Erlebnis sei hier viel intensiver als in einem Konzertsaal oder in einer großen Kirche“ u. ä. Ich fragte mich, ob es nicht möglich sei, Patienten ähnliche Erlebnisse als therapeutische Hilfe zu vermitteln. Pontvik hält dies für möglich und spricht davon, daß sich eine Einbeziehung des Vibrationssinns in das heil-

musikalische Gebiet als fruchtbar erweisen wird. Ein persönliches Gespräch mit Pontvik ergab, daß er bereits diesbezügliche Versuche unternommen hat; so legte er seinen Patienten einen sogenannten Kissenlautsprecher unter den Kopf oder in den Rücken. Diese Lösung schien mir insofern einleuchtend, als auf diese Art Musik einerseits „zu einem Erlebnis der Stille“ werden kann, andererseits aber sensorische Erlebnisse intensiver Art ausbleiben dürften, da die Schallwellen dem Körper kaum entsprechend mitgeteilt werden können. Pontvik hat sich in der Zwischenzeit, da er den Schwerpunkt seiner Therapie vor allem im Akustischen sucht und sich mit seinem Monochord an das Ohr wendet, mit diesen Fragen anscheinend nicht weiter beschäftigt.

Auch ich begnügte mich bis vor einiger Zeit damit, bei meinen musiktherapeutischen Bemühungen allein an das Ohr zu appellieren, da mir die technische Frage, wie man Vibrationserlebnisse in der Praxis anwenden könne, nicht lösbar erschien. Gespräche mit Herrn Dr. rer. nat. *Michler*, Laboratorium der Freiburger Universitätsklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenkrankheiten, brachten mich aber entscheidende Schritte weiter. Es wurde mir eine Apparatur zur Verfügung gestellt, die so in die Couch, auf der die Patienten im Anschluß an das AT liegenbleiben, eingebaut wurde, daß die Schallschwingungen direkt den Rücken und zwar das plexus solaris Gebiet treffen. Es handelt sich um eine Tieftoneinheit, die vom Rundfunkapparat, der sich in einem anderen Raum befindet, getrennt ist und die 4 Mittel- und Hochtonlautsprecher enthält (Frequenzbereich 20—16 000 Hz). Die Tonqualität mit den glasklaren Höhen und losgelösten Bässen überrascht die Patienten; meist kann der Ton nicht lokalisiert werden, was sich als günstig erweist.

In letzter Zeit wurde von mir ausschließlich diese neue und meines Wissens in der psychotherapeutischen Praxis nie systematisch erprobte Möglichkeit eingesetzt; dieser Versuch hat zu überraschenden Ergebnissen geführt.

Wie früher geschildert, bleibt der Patient im Anschluß an das AT auf der Couch liegen. Er wird aber bereits vor Beginn der Entspannung darauf aufmerksam gemacht, daß er im Anschluß an die Übung nicht nur leise Musik hören, sondern diese auch in den Extremitäten und im Sonnengeflecht spüren würde. Dies könne u. a. zu einem verstärkten Erlebnis der Schwere und Wärme führen, das auf diese Weise verlängert werde.

Es wurde den Patienten ausschließlich Orgelmusik, und zwar die Tokkata und Fuge in d-moll von Bach<sup>5</sup> vermittelt, wobei die Tonblende auf leise

<sup>5</sup> Orgelmusik wurde vor allem gewählt, da wir von akustischen Versuchen her wissen, daß gerade dieses Instrument uns in besonderer Weise berührt — nicht nur in emotionaler Hinsicht! (Siehe die akustischen Untersuchungen von *Lottermoser* an alten und neuen Orgeln.) Die Erfahrung zeigte, daß die tiefen Töne das Sonnengeflecht im Sinne des Wortes „berühren“. Die Wahl des Stückes war naheliegend, da die Toccata in besonderer Weise gefühlsgesättigt ist und zahlreiche Assoziationen vermittelt.

gestellt war. Die bisherigen Protokolle, von denen einige nun folgen, decken sich weitgehend, so daß ich auf Kommentare über die Wirkung der hier vermittelten Vibrationserlebnisse auf das Vegetativum verzichten kann; die Wirkung läßt sich unschwer aus den Berichten herauslesen. — Bis Ende Januar 1959 wurden insgesamt 51 neurotische Patienten (vorwiegend intellektuelle, musische Menschen, fast ausschließlich Männer) über das musikalisch-vibrationelle Erleben behandelt, und zwar stets nach vorhergegangener Entspannung durch das AT.

Zuerst einige Angaben von Kollegen.

Dr. M. P. (prakt. Arzt): „Das Sonnengeflecht war sofort strömend warm. Die Wärme verbreitete sich im ganzen Körper. Das Ganze ist ein merkwürdiges Gefühl in den Armen. Bei den Bässen hat man das Gefühl des Schwebens.“

Dr. S. (Internist, bezeichnet sich als völlig unmusikalisch): „Starkes Wärmegefühl in der Magengrube.“

Dr. N. (Nervenarzt): Fast wörtlich die gleiche Angabe wie Dr. M. P.

Dr. H. (Nervenarzt): „Man könnte fast süchtig werden. Das ist ja eine musikalische Klimakammer, ein völliges Versinken. Man ist völlig entspannt in der Magen-egend. Hier muß man mitmachen, ob man will oder nicht; man ist irgendwie an das Musikstück gefesselt. Scheint mir nicht ganz unbedenklich, eine Art musikalische Zwangsjacke.“

Einige Protokolle von Patienten, die sich selbst als unmusikalisch bezeichnen:

„Prickeln in den Händen, Wärmegefühl in den Beinen, Sonnengeflecht heiß. Bei den Bässen eine Art Schweben über der Unterlage.“

„Starkes Rieseln, Gleiten, im Magen etwas Unbehagen, das sich später verliert.“

„Durch die Musik blieb das Schwere- und Wärmegefühl viel länger zurück als sonst — auch nach dem Zurücknehmen.“

„Vibriieren in den Händen. Zuerst Spannung in der Magen-egend, aber die ist später ins Herz gewandert, bleibt dort eine Weile sitzen, dann ging sie weg. Magen restlos entspannt.“

Protokolle von musikalischen Patienten:

„Es ist hart, wieder aufstehen zu müssen. Das Ganze ist wie ein Erlebnis der Geburt. Ich mußte immer an ein Wort denken: Sehn-Sucht. Das Ganze müßte viel länger dauern.“

„Starkes Vibrationsgefühl in den Händen, warm im ganzen Körper, sehr angenehm. Mit der Zeit entwickelt sich ein träumerischer Zustand. Ich sehe eine Frau vor einem Toilettenspiegel ganz deutlich wie eine Miniatur. Das Bild zeigte lebhaft Farben. Ich sehe sonst im AT keine Bilder.“

„Man möchte mittanzen.“

„Man ist bereit für Etwas. Man kommt ins Beten herein, in eine andere Welt. Es ist ein lebendiges Durchströmtwerden.“

„Der ganze Körper ist schwer und warm, nur der Kopf ist ganz frei. Es ist wunderschön.“

„Merkwürdig, ich hörte nur mit meinem Sonnengeflecht, auch die leisen Töne, mit den Ohren gar nichts. Die Hände und Füße blieben diesmal trotz durchgeführtem AT kalt. Die Füße haben sich nur wenig erwärmt, die Hände nun stark. Ein Urerlebnis, schade, daß es so kurz ist.“

„Die Musik ist in mir. Die Arme sind wie Saiten, die angeschlagen werden.“

„Ein genau so schönes Gefühl des Versinkens wie damals bei den Spritzen vor der Operation (Narkose).“

Es war mein Anliegen, nach Beendigung des vibrations-musikalischen Erlebnisses möglichst wenig in den Patienten „hineinzufragen“. Der Patient sollte nicht den Eindruck haben, daß ihm nur aus experimentellen Gründen Vibrationserlebnisse vermittelt würden — was auch keineswegs zuträfe. Begreiflicher Weise muß in einer Privatpraxis bei Versuchen dieser Art mehr Rücksicht genommen werden als in einer klinischen Versuchsreihe. Die Ausgangslage war aber günstiger, da hier die „Versuchssituation“, die sich bei allen Musischen hemmend auswirkt, fortfiel. Es sei nicht verschwiegen, daß es bisher auch zu Zwischenfällen gekommen ist.

Ein Psychologiestudent, der nach Vermittlung des vibrationellen Erlebnisses schilderte, er sei nun sehr ruhig und könne sicher ungestört wieder arbeiten, erschien am nächsten Tag morgens mit einem schweren Angstzustand in meiner Ordination und sagte etwa folgendes: „Ihre Couch, das ist wie Klingsors Zauberbett; sie hat eine schreckliche Wirkung. Ich konnte die ganze Nacht nicht schlafen, hatte einen schwersten Angstzustand. Ich fühlte mich wie angeschnürt auf Ihrem Bett und sah mich wie in einem Spiegel.“ — Der Zustand des Patienten war tatsächlich beunruhigend, und ich fürchtete auf Grund der Vorgeschichte einen schizophrenen Schub. Nach entsprechender Behandlung klang innerhalb von drei Tagen der Erregungszustand wieder ab, der Patient blieb unauffällig und hat kürzlich seine Prüfungen erfolgreich bestanden.

\*

Durch meine Ausführungen glaube ich (und ebenso meine Mitarbeiter) bewiesen zu haben, daß Musik therapeutische Möglichkeiten bietet — insbesondere aber hat das zusätzliche vibrationelle Erleben besondere, bisher nur wenig beachtete Aufgaben. Gerade im Hinblick auf das AT seien noch einmal Katz und Révész zitiert, die von Gefühlen berichten, die auftreten, wenn man sich vom bloßen Zuhören der Vibrationsempfindung zuwendet:

„Man wird dabei einer merkwürdigen Umstellung bewußt, der Umstellung von außen nach innen; während der musikalische Ton immer eine Lokalisation in den äußeren Raum erfährt, erfolgt die Lokalisation des Vibrationserlebnisses in unserem Körper selbst. Man könnte sagen, die Töne werden dabei in das Innere des Leibes hereingezogen, sie stehen dem Körper-Ich näher.“

Schultz spricht im Rahmen des AT von „Nirvanatherapie“ und versteht darunter die bewußte Hinleitung von Patienten, die sich in „völlig unmöglichen inneren und äußeren Lebenssituationen“ befinden, zu einer beglücken-

den Traumwelt. Schultz betont mit Recht, daß diese Therapie das genaue Gegenteil einer sonst sachgemäßen Neurosen- und Menschenbehandlung darstelle, die bekanntlich zur Wirklichkeit und Lebensbewältigung führen muß.

Das musikalische Erlebnis (gleich welcher Art) wird sicher nicht direkt zur „Lebensbewältigung“ führen. In der täglichen Sprechstunde des Nervenarztes sieht man aber immer häufiger akute Angst- und Verstimmungszustände aller Art, ferner auch unlösbare Lebenskrisen, die nicht analytisch angehend sind und sonst meist routinemäßig mit Beruhigungsmitteln behandelt werden.<sup>6</sup> Musiktherapie, wenn wir hier gar nicht so große Worte wie „totale Umstimmung der Gefühlslage“, „Aufruf von Ordnungskräften der Seele“ etc. verwenden wollen, hat (um mich sehr vorsichtig auszudrücken) mindest eine lindernde Aufgabe, die nach entsprechender Diagnosestellung durchaus sinnvoll ist; die Wirkung hält meist wesentlich länger an, als man selbst erwartet. Hilfen dieser Art sollten neben der gegenwärtig so stark von der chemischen Industrie propagierten „Psychopharmakologie“ ihren Platz finden. Es wäre falsch, sie zu unterschätzen.

\*

Abschließend sei noch kurz auf zwei immer wieder gestellte Fragen eingegangen:

1. Das musiktherapeutische Erlebnis sollte m. M. nach kurz sein. Da Entspannungserlebnisse auch eine Konzentrationsleistung des Patienten darstellen, so wäre es eine Überforderung, seelisch kranken Menschen ganze Konzerte vorzuführen. Es bestünde die Gefahr, aus einem „umstimmenden Erlebnis“ eine „musikalische Berieselung“ zu machen, die vielleicht angenehm ist, der aber kaum Heilwert zukommt.

2. „Neue Musik“ aller Art scheint bisher in der Musiktherapie kaum eine Rolle zu spielen, fast alle Musiktherapeuten haben mehr Vertrauen zum „Erlebnis der Stille“. — Versuche in jüngster Zeit mit elektronischer Musik erscheinen mir aber aussichtsreich: vielleicht ist es die „visionäre Irrationalität“ (*Hindemith*), die seelisch kranke Menschen in jener Schicht anspricht, die man durch verbale Äußerungen sonst nicht erreichen kann. . . . Für Hinweise und Vorschläge auf diesem Gebiet wäre der Verfasser zu besonderem Dank verpflichtet.

<sup>6</sup> Es ist heute hinreichend bekannt, daß gerade schöpferische Menschen von neurotischen Ausnahmezuständen befallen werden. Es ist kein Zufall, daß sich die moderne Psychotherapie neuen Verfahren zuwendet: dem unbewußten Malen, der Rhythmik usw.

#### Ausgewählte Literatur

- Frey, E.*: Musik und Psychotherapie. Schw. Arch. Neur. Psych. Bd. 67, H. 2 (1951)  
*Ders.*: Psychotherapeut. Aspekte des unbewußten Musikerlebnisses. Bull. Schw. Akad. Med. Wissenschaft. Vol. 9. 1953.  
*Gaertner, H.*: Die Melotherapie. Ars Medici 1958.  
*Haisch, E.*: Musik in der Pathologie u. Psychotherapie. Schw. Archiv. Neur. Psych. Bd. 74 H. 1/2.  
*Heyer, G. R.*: Künstlerische Verfahren. In: Frankl, v. Gebattel, Schultz: Handbuch der Neurosenlehre u. Psychoth. Bd. IV. München-Berlin 1958.  
*Illing, H. u. Benedict, L.*: Entwicklung und Stand der amerikanischen Musiktherapie. In: Teirich, Musik in der Medizin. Stgt. 1958.  
*Jaedicke, H. G.*: Über Musiktherapie. Hippokrates, H. 1 (1957).  
*Katz, D. u. Révész, G.*: Musikgenuß bei Gehörlosen. Zschr. Psychol. (Leipzig) Bd. 99. H. 5/6.  
*Lottermoser, W.*: Akustische Untersuchungen an alten u. neuen Orgeln. In: Klangstruktur der Musik. Berlin 1955.  
*Pontvik, A.*: Heilen durch Musik. Zürich 1955.  
*Ders.*: Grundgedanken zur psychischen Heilwirkung der Musik. Zürich 1948.  
*Schullian, D. M. u. Schoen, M.*: Music and Medicine. New York 1948.  
*Schultz, J. H.*: Das Autogene Training. Stgt. 1950.  
*Sutermeister, H.*: Über Musiktherapie. Ars Medici. 1950. H. 11.  
*Teirich, H. R.*: Psychiatrisches Turnen im Rahmen gruppentherap. Bestrebungen. Hippokrates H. 15 (1953).  
*Ders.*: Das Tongerät in der Psychotherapie. Psyche, IX, H. 11 (1955/56).  
*Ders.*: Gruppentherapie mit Studenten. In: Hiltmann, Teirich, Wewetzer: Gruppenpsychotherapie. Bern-Stgt. 1957.  
*Teirich, H. R. u. Mitarbeiter*: Musik in der Medizin. Stgt. 1958.

#### Nachwort

Im Rahmen des Internationalen Herbstkurses des Bundesverbandes Deutscher Ärzte für Naturheilverfahren (Prof. Dr. K. Saller) in Velden/W. (Österreich) ist ein Tag (20. Sept. 1959) musiktherapeutischen Fragen gewidmet.

(Anschrift des Verf.: Dr. H. R. Teirich, Nervenarzt, Freiburg i. Br., Sautierstr. 54)

# On Therapeutics through Music and Vibrations\*

by

H. R. TEIRICH

## Music as an Intensification of Deep Relaxation

Autogenous Training (A. T.) in its various forms now plays an important part in psychiatry. It is a type of deep relaxation approaching auto-hypnosis<sup>1</sup>. This method, developed about 30 years ago by the Berlin psychiatrist Prof. J. H. Schultz, takes up an important position among the numerous other relaxation methods (breathing therapy, yoga, etc.), because it can be learned in a relatively short time; it is now even a subject at some universities. The numerous scientific publications which have appeared on this subject have proved that properly aimed relaxation has a profound, quasi-psychosomatic effect on the vegetative nervous system. A. T. is used in the treatment of neuroses, particularly for anxiety, inhibition or tension, and also for certain organic disturbances, e. g. a controlled increase in the blood circulation of certain organs. The vegetative system is "responsible" for anxiety (e. g. stage fright), numerous disturbances of sleep, etc., and A. T. trains it in such a way that the patient becomes able to "switch" over from anxiety to calmness.

No practical use has yet been made of the relation A. T./music. Only Pontvik gives his patients music while they are in a state of relaxation unspecified by him; Jaedicke also reported on tests giving A. T. a musical background.

In my opinion, patients can be induced to deep and lasting relaxation and can also be given an experience to change their attitudes, through a combination of A. T. with music, in three ways:

- a. with records or tape,
- b. with "live" music by the therapist himself,
- c. by providing patients with vibrational sensations, although only mechanical music comes into consideration here at present.

\*

First of all: Why combine A. T. and music at all? Even in the less recent literature on hypnosis we find the direction that patients should not be

\* This article is an enlarged and revised version of a paper appearing in *Teirich* (and 19 collaborators), *Musik in der Medizin* (Music in Medicine), recently published by G. Fischer, Stuttgart.

<sup>1</sup> J. H. Schultz. "Übungsheft für das Autogene Training" (Autogenous Training Practice Manual) (Thieme, pub.) will serve as a preliminary source of information on this subject.

allowed to go home immediately following hypnosis, but should be made to remain for a certain time in a sort of inapprehensive dreamy state, as this increases the therapeutic effect. Anything which is true for hypnosis has also a certain bearing on "concentrative autorelaxation", which is A. T.'s subtitle.

Relaxation has been attained in A. T. when the patient has a sensation of heaviness and warmth at his extremities, of flowing heat in the solar-plexus, when he breathes calmly and when his head is "light" and "free". To quote J. H. Schultz: "The patient has slid, falling passively into his physical sensation." This "switching over" can be learned under medical direction: independent attempts are warned against, as they frequently result in strain instead of relaxation. This relaxed state is described by patients in words like these: "I feel as if I were about to fall asleep; the external world has lost all its significance." "Taking back" forms the last stage of the exercise, i. e. the arms are bent and stretched several times with rapid jerks, the patients take several deep breaths and opens his eyes. However, in my combination of A. T. and music, the patient does not "take back" at the end of the exercise, he does not switch back to his normal state, but remains lying down with closed eyes. In this state of "vegetative rest", music is given a task to perform which will be described more closely below.

A record is played in the next room<sup>2</sup> and the patient is told in the same monotonously suggestive tone of voice used for A. T.<sup>3</sup> something like: "You need not do anything, think anything, expect anything, just let it happen. Just think of the music, do not suppress the images which come to you, just let them come and go. They come from the depth of your unconscious, and come to the surface like dreams. The feeling of inner calm is increasing all the time . . ." etc.

The patient is now left alone while the record is playing; complete quiet and silence is of importance here. At the end of the programme the supervising doctor returns and tells the patient in the usual way to "take back": "Arms tight, breathe deeply, open your eyes!"

What kind of music is to be used? This is a question which can be answered here only by a few general indications. In general, music with

<sup>2</sup> It is important that the music should not come from the same room, as the patient will be more than usually irritated by technical faults, e. g. an incorrectly adjusted volume control, needle scratch etc. This may be all the more surprising as it is characteristic for autogenous trainees to take hardly any notice of external irritations.

<sup>3</sup> I attach much importance to the tone of voice used by the supervising doctor. My tape library contains numerous recordings of hypnosis and relaxation suggestions from physicians and psychologists of various countries. A critical examination, clarifying the various suggestive effects, by Prof. Dr. Trojan (Vienna) and myself, will appear shortly.

a clear and organic structure is suitable, such as the Concerto for two Violins in D minor (2nd movement) by J. S. Bach (Pontvik: "Bach detaches himself from the I to face the All.") or Handel's D minor Organ Concerto. The 3rd Concerto Grosso (Larghetto affettuoso) of Handel has been found particularly useful because of the sustained solemnity of its great melodic arches.

It is as yet undecided whether records or live music should be used. *Grote* told me that he rejects any kind of mechanical music, and Pontvik lays store by certain tone successions on his monochord for his therapeutic work (which has however other aspects than mine); on the other hand, the patient can be distracted by the performers' presence, and Pontvik prefers a high-class record player, out of sight if possible, to a passionately moving artist. Although I used to employ "canned" music exclusively, I came over 2 years ago to playing to some patients myself at the end of their A. T., on the clavichord until recently, but now more often on the spinet. The pieces are usually Bach Inventions or short pieces from Anna Magdalena Bach's Music Book. I cannot answer the question as to how far the sound of ancient instruments affects the soul.

I find it worthy of note that the therapist himself can find a great help in the making of his own music — this is referred to particularly by *L. Paneth*. Without entering here on "mediumistic" theories, I know that the intensive communication of A. T. several times a day (particularly if the therapist relaxes together with the patient) is a great mental effort. The making of music can gain a deeper meaning here: on the one hand it can compensate "over-relaxation" (which exists without a doubt), on the other, the playing of an instrument gives the physician a foundation in practising. Every passage, every trill must be practised until they "are safe", i. e. until they have become automatic. Such practice has some similarity to the patient practice recommended by J. H. Schultz for the control of the of the vegetative nervous system. The practical experience of practising the spinet has also increased my vocabulary for the transmission of A. T.

It is important that the patient who has "taken back" and got up is asked in detail by the supervising doctor about his inner — particularly musical — experience, or that these are noted down regularly. The discussion or noting down bring some details of the music into the consciousness for the first time, and the piece can be experienced intensively once more. Patients have often said that they have found through A. T. a gradual introduction to music. "Never have I had such an intense musical experience as in this condition." Relaxation under the influence of music doubtlessly promotes associations of the most various kinds, which can — but need not — be analysed later. *Von Schumann* writes: "The comprehension and understanding of unconscious processes can be furthered

and supported by music to a marked degree: for the rational act of consciousness needs to be supplemented by deep feeling and emotional perception."

### Vibrational Sensation as an Aid in Therapeutics

The transmission of vibrational sensations forms another possibility which will be examined in more detail.

Publications on this subject are rare. We thank A. Pontvik for the last utterance in his book "Heilen durch Musik" (Healing through music) (Zurich, 1955) that the transmission of musical vibrations, i. e. by actual contact between sound source and patient, is a process which has some right to be described as musical sensation. Therapeutic use of this phenomenon, which has been observed also by *Katz* and *Révész*, has been made so far only in the case of deaf-mutes by teacher-healers, to my knowledge. This is especially true for *M. Scheiblauber*, who has been imparting musical vibrations to mentally defectives for decades. The extent to which a new window to the world can be opened to the hard of hearing in this way is shown by deaf-blind Helen Keller's fate. Her experience with the perception of sound waves through physical contact with a loud-speaker cone is described by her thus:

"Only last night, as the family was listening to the 9th Symphony of Beethoven, I put my hand on the radio and could clearly feel the vibrations. Then I had the cover unscrewed and touched the cone lightly. What was my surprise as I discovered that I could feel not only every vibration, but also the passion of the rhythm, the pulse and swell of the music. I was enchanted at how the various instruments flowed together, and the great choir with its surge in its pauses beat sharply against my fingers."

*Katz* and *Révész* have similar experiences to report. The following quotations of *Scherrer* and *Lamprecht* have been taken from the formers' paper "Musikgenuss bei Gehörlosen" (Enjoyment of music in deafness):

*Scherrer*, whose own hearing was impaired, remarks: "Although I . . . am most unmusical (no musical memory, no sense of intervals, blind to quality, rather insensitive to play out of tune), music has an emotional effect on me. The sounds stir me in a senso-motoric way."

And *Lamprecht* states that some notes of the cello evoke imaginary colours in the minds of deaf-mutes: "We can literally see red, purple, yellow and blue for single notes played in a certain way, corresponding to the primary colours . . . I believe that we are receiving the soul of music. You receive only the note. Music is for your ears alone. For us, the whole body is affected" etc.

As far as my work is concerned, the most important results are probably those of a very exact examination of the deaf-mute parson Sutermeister

of Berne by Katz and Révész. Sutermeister was not born deaf but lost his hearing completely and his speech soon after, through cerebral meningitis at the age of 4. It was not until 55 years later that Sutermeister discovered his ability to enjoy music. This completely changed his outlook on life: his inclination towards melancholy turned to cheerfulness and contentment. Music came to be a necessity vital to him, he became a regular concert-goer, and he was able to receive the sound waves quite clearly — not like Helen Keller through the sense of touch in her fingers, but through an “inner sense of vibration”. He describes it this way:

“My main receiving station is my back. The sound penetrates here and flows through the whole trunk of my body, which feels like a hollow metal vessel struck rhythmically, resounding now louder, now softer, depending on the intensity of the music. But there is not the slightest sensation in my head and hands — the head is the least sensitive.”

For a long time I have been interested in the reverberation of organs in small churches, for I believe that this intensifies the musical message in a marked way. In conversation I hear that this organ music is “moving” in the most literal sense, one seems to be “bodily carried along by the sound waves, it is a much more intense experience here than in a concert hall or a large church” and so forth. It occurred to me that perhaps patients could be given therapeutic aid in the form of similar experiences. Pontvik believes in this, and says that the inclusion of the sense of vibration in musical therapy should prove fruitful. In a personal talk to him it turned out that he had already made some tests in this regard; he had given his patients a so-called “loudspeaker pillow” to put under their heads or backs, so that music became an “experience in silence”, although intense senso-motoric sensations were probably absent, as the sound waves can hardly be transmitted sufficiently to the body in this way. In the meantime, Pontvik is making acoustical sensation the basis of his research, charming the ear with his monochord, so that he appears to have dropped these questions.

To call on the ear was all I also did in this regard until recently, as I saw no way of communicating vibrational sensation in practice. However, I made some important progress through conversations with *Dr. Michler*, D. Sc., of the Freiburg University's Ear, Nose and Throat Clinic Laboratory. I was given the use of an instrument, which I had built into the couch on which the patients lie for their A. T., and which transmits the vibrations straight into the back, in the region of the solar plexus. It is a loudspeaker unit connected to a broadcast receiver in another room, containing, apart from a woofer, 4 middle-range speakers and tweeters, giving a range of from 20 c/s to 16 kc/s. The patients are surprised at the quality of the sound, with its crystal clear treble and unencumbered bass; usually the sound source cannot be placed, and this has turned out to be of advantage.

It has already been mentioned that the patient remains lying on the couch after A. T., but he is already told before the start that after the exercise he is going not only to hear, but to feel music at his extremities and in the solar plexus, and that this could result, among other things, in an increased and prolonged sensation of heaviness and warmth.

The patients were given exclusively organ music — the D minor Toccata and Fugue of Bach<sup>4</sup> — *with the volume control turned right down*. The reports to date coincide to such an extent that I can spare myself any comments on these vibration sensations simply by quoting some of the former. Up till the end of January 1959, 51 neurotic patients (predominantly intellectual, artistically inclined types, nearly exclusively males) were given this musical vibrational treatment, always preceded by relaxation.

First, some reports from colleagues:

Dr. M. P. (general medical practitioner): “The solar plexus was immediately radiantly warm. The warmth spread through the whole body. There is a remarkable feeling in the arms. The basses give a floating sensation.”

Dr. S. (internist, refers to himself as utterly unmusical): “A strong feeling of warmth in the pit of the stomach.”

Dr. N. (neurologist): Almost literally the same report as Dr. M. P.

Dr. H. (psychiatrist): “One could almost become addicted to it. It is really a musical incubator, one is completely lost in it. There is full relaxation in the stomach region. One is forced willy-nilly along with it. Somehow one is chained to the musical piece. To me it seems not quite above suspicion, as a sort of musical strait-jacket!”

Some reports from patients who refer to themselves as being unmusical:

“Pins and needles in the hands, a feeling of warmth in the legs, heat in the solar plexus. The basses seem to make one float, as it were, above the couch.”

“A strong feeling of rippling in the skin, a soaring, in the stomach there is some discomfort which disappears presently.”

“The music made the feeling of heaviness and warmth last much longer than usual, even after the taking back.”

“Vibrations in the hands. At first some tension around the stomach, this moves to the heart, stays there for a while before disappearing altogether. The stomach is completely relaxed.”

Reports from musical patients:

“It is hard to have to get up again. It is like being born again. I kept thinking of one word: *longing*. It should all last much *longer*.”

<sup>4</sup> Organ music was chosen above all because we know from acoustical experiments that this instrument moves us in a special way — and not only emotionally. (Cf. *Lottermoser's* acoustical experiments on new and old organs.) Experience has shown that the low notes literally “move” the solar plexus. The choice of work was a foregone conclusion, as the D minor Toccata is emotionally satisfying in a special way and suggests numerous associations.

"A powerful feeling of vibration in the hands, warmth in the whole body, very pleasant. After a time, a dream-like state comes about. I can see a woman before her mirror quite clearly, as in a miniature. The picture showed lively colours. At other times I see no images in A. T."

"You want to dance to it."

"One is prepared for something. One starts to pray, one is in another world. It is a living irradiation."

"The whole body is heavy and warm, only the head is quite free. It is wonderful."

"It was remarkable, I could hear only with the solar plexus, also the softest notes, but nothing at all with my ears. My hands and feet remained cold this time, in spite of the A. T. preceding. Then my feet warmed up a little, and then the hands a lot more. It is a primeval experience. A pity it's so short."

"The music is inside me. My arms are like strings which are struck."

"It was the same lovely feeling of sinking as the other time with the injections before the operation (anaesthetic)."

After the musical vibration treatment I felt I should ply the patients as little as possible with questions. The patients should not be led to believe that they had been experimented with, which had not been the case anyhow. It is understandable that with tests of this nature in a private practice more care and consideration must be exercised than in a clinic. The results however were more favourable, as the "experimental situation", which bears an inhibiting action on artistically inclined types, was absent. It cannot be denied, just the same, that incidents also occurred.

A psychology student, who reported after the treatment that he now felt quite quiet and would certainly be able to work calmly again, returned the next morning in a state of great anxiety, with the following words: "Your couch — it's like Klingsor's magic couch — it's a fearful thing. I didn't get a wink of sleep all night, I was terribly afraid all the time. I felt as if tied on your couch and saw myself as in a mirror." The patient's state was, in fact, disturbing, and his history made me afraid of a schizophrenic phase. However, suitable treatment was able to remove the anxiety within 3 days, the patient remained unobtrusive and successfully passed his examinations recently.

\*

My collaborators and I believe that these tests prove music as having some therapeutic possibilities, but especially the vibrational treatment has a task to perform which has not attracted any attention as yet. With special reference to A. T., let me once again quote Katz and Révész' reports on the sensations which make their appearance when mere listening is replaced by vibration:

"One becomes conscious of a remarkable change of attitude, a change from without to within; while a musical tone is always subject to localisation in the room, the vibration sensation is localised in the body. One could say that the tones are pulled into the inner self, they come closer to the physical I."

Schultz refers to A. T. as "Nirvana therapy", meaning that patients living in "utterly impossible internal and external situations in life" are purposely led to a happy dream world. He rightly emphasises that this is the exact opposite of the normal, logical neurotic and human treatment, which must of course lead to reality and the mastering of life.

It is certain that musical sensation, in whatever form, does not directly lead to "mastery of life". But in his daily consultation, a psychiatrist sees ever increasing states of acute anxiety and tension of all kinds, also quite insoluble crises in life which cannot be approached by analysis and would normally be treated by sedatives<sup>5</sup>. Leaving out of account such high-sounding phrases as "total change of attitude and emotion", "a call to order of the soul's forces" etc., it must be said that musical therapy has at least an alleviating function, which logically follows suitable diagnosis; the effect is usually much longer lasting than might be expected. Such help should find its rightful place beside that "psycho-pharmacology" so publicised by today's chemical industry. It must not be underestimated.

\*

In closing, let us briefly discuss two ever-recurring questions:

1. In my opinion, the patient's encounter with musical therapy on each occasion should be brief. Relaxation exercises require considerable concentration on the patient's part, so that complete concerts could easily prove overtaxing, with a possible danger of turning the "experience to change his attitude" into a kind of "irrigation by music", of little therapeutic value, pleasant as it might well be.

2. "New music" seems to have acquired little importance in musical therapy as yet, with therapists placing more confidence in the "experience of calmness". More promise seems to be shown by recent experiments with electronic music: perhaps it is that "visionary irrationality" (*Hindemith*) which strikes a chord in the mentally sick in depths out of the reach of mere words . . .

The author would be particularly grateful for any suggestions which readers might wish to make on this subject.

\*

*References.* Please refer to the end of the original German of this article.

*Note.* In the International Autumn Course of the Federal Association of German Physicians for Natural Healing Methods (Prof. Dr. K. Saller) in Velden/W. (Austria), one day (20 September 1959) has been set aside for questions of musical therapy.

<sup>5</sup> It is sufficiently well known nowadays that it is just the creative type of person who is prone to exceptional neurotic states. It is no coincidence that modern psychotherapy is turning to new methods: unconscious painting, rhythms, etc.

## Das Teiltonspektrum einer Glocke

(Erläuterungen zu einem Magnetophonband, das auf dem Internationalen Colloquium in Marseille im Mai 1958 vorgeführt wurde.)

von

M. GRÜTZMACHER

Das Teiltonspektrum einer Glocke kann nicht voraus berechnet werden. Es ist auch nicht ohne weiteres einzusehen, daß eine größere Zahl der Teiltöne harmonisch zueinander liegt, d. h. mehrfach reine Oktav-, Quint- oder Terz-Verhältnisse im Glockenklang vorkommen. Umso erstaunlicher ist es, daß schon seit Jahrhunderten Glocken gegossen werden, bei welchen insbesondere die fünf tiefsten Teiltöne, die Unteroktave, Prim, Mollterz, Quinte und Oberoktave — gelegentlich auch Prinzipaltöne genannt — weitgehend rein gestimmt sind und sich auch die weiteren Teiltöne, die sogenannten Mixturtöne, diesem Grundakkord überraschend rein einfügen bzw. eine harmonische Klangfärbung hervorrufen.

Um diese Verhältnisse auch dem weniger geschulten Ohr zu demonstrieren, wurde in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig auf Anregung und mit Unterstützung des Bochumer Vereins, insbesondere des Herrn Bröcker, ein Magnetophonband hergestellt, das die normalerweise gleichzeitig erklingenden Teiltöne nacheinander zum Ertönen bringt und so das Erkennen der reinen Intervalle wesentlich erleichtert. Auch schließen sich diesem ersten Versuch zwei weitere an, bei welchen das Teiltonspektrum einmal beginnend mit den tiefen, ein zweites Mal mit den hohen Teiltönen bis zum vollen Glockenklang ergänzt wird. Auch bei diesen Versuchen soll dem Ohr durch die zeitlich nacheinander erfolgende Veränderung des Klanges das Erkennen des Einflusses der einzelnen Komponenten erleichtert werden.

Für die technische Ausführung der drei Versuchsreihen wurden elektrische Siebe besonders großer Selektivität bzw. Hoch- und Tiefpässe großer Steilheit an der Durchlaßgrenze verwandt. Abb. 1 zeigt den Versuchsaufbau. Der Glockenklang wurde in unmittelbarer Nähe der Glocke von einem Mikrophon aufgenommen, verstärkt und über die elektrischen Siebe dem Magnetophon zugeführt. Jeweils nach 3 Anschlägen wurde das Sieb verändert. Der ausgesiebte bzw. der jeweils hinzukommende Ton wird auf dem Band angesagt.

Abb. 2 zeigt das Spektrum der hier untersuchten Glocke wie es ein elektrischer Suchtonanalysator liefert. Die Ordinaten geben den Schalldruck der einzelnen Teiltonkomponenten in linearem Maß wieder, die Abszisse die Schwingungszahlen der Töne in Hertz. Über den einzelnen Teiltönen

sind die zugehörigen Schwingungsformen der Glocke dargestellt. Um sie zu finden, wurde die Glocke mit einem elektromagnetischen Anregungssystem jeweils in der Frequenz dieser Teilschwingungen zum Schwingen gebracht. Mit einem Schwingungsmeßgerät wurden dann die Knotenlinien, d. h. die schmalen linienförmigen Gebiete, wo die Glockenwand nicht in horizontaler Richtung schwingt, genauer, wo eine Phasenumkehr der Schwingung stattfindet, ermittelt. Die Knotenbilder zeigen schematisch die Glocke in der Projektion von oben gesehen.

In der Abb. 3 sind die gleichen Teiltöne in der dem Musiker geläufigen Darstellung über einer logarithmischen Frequenzskala wiedergegeben. Zur Vereinfachung wurde der tiefste Teilton, die Unteroktave, auf ein  $c_0$  bei 125 Hz gelegt. Jetzt bedeuten die bei den einzelnen Teiltönen eingezeichneten Ordinatenstriche nicht mehr deren Intensität, vielmehr soll in dieser Darstellung nur ihre Lage im musikalischen System der Intervalle gekennzeichnet werden. Es sind deshalb auch die wichtigen Oktaven, die Unteroktave  $c_0$ , die Prim  $c'$ , die Oberoktave  $c''$  und die Doppeloktave  $c'''$  hervorgehoben. Nach diesen Tönen, die sich auch auf dem Magnetophonband besonders charakteristisch herausheben, kann man sich gut orientieren; sie dürften in erster Linie für den „Schlagton“ verantwortlich sein.

Es empfiehlt sich, die Abb. 3 bei der Vorführung des Magnetophonbandes zu betrachten, da man so die Teiltonreihe besser verfolgen kann.

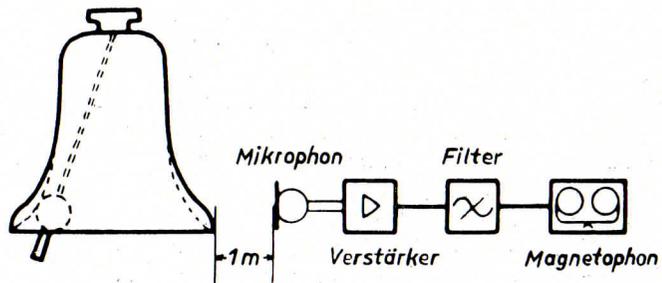


Abb. 1 Versuchsaufbau

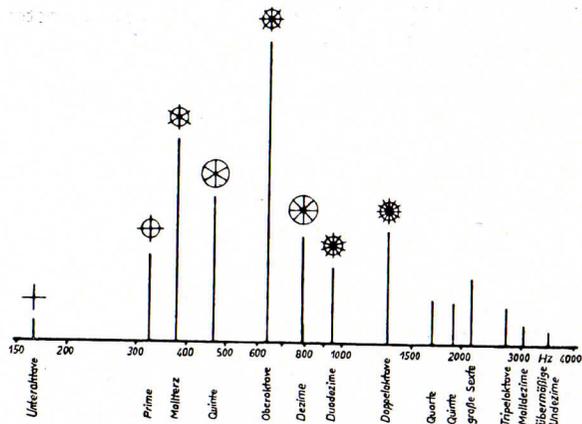


Abb. 2 Frequenzspektrum des untersuchten Glockenklanges, Ordinate: Schalldruck in logarithmischem relativem Maß

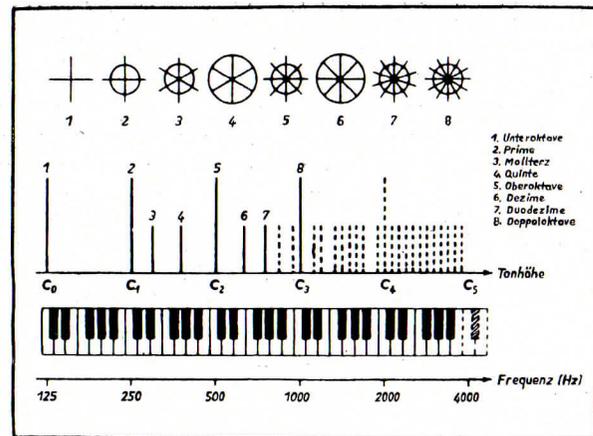


Abb. 3 Schwingungsform und Tonhöhen der Teiltöne der Glocke.

## A Bell's Spectrum of Partial Tones

Explanation of a tape recording presented at Marsaill in May 1958

by

M. GRÜTZMACHER

A bell's spectrum of partial tones cannot be predicted. It cannot even be assumed offhand that a reasonable number of partials will stand in a harmonic relationship to each other, i. e. that pure octaves, fifths or thirds will be well represented in the bell's tone. It is all the more amazing that for centuries bells have been cast whose five lowest partials, the suboctave, prime, minor third, fifth and octave — sometimes also referred to as principal tones — are well in tune, and whose other partials, called mixture tones, blend surprisingly well with this fundamental chord to give a pleasing sound.

To make these relationships clearer even to the less cultivated ear, a tape was produced at the Federal Physical-Technical Institute in Braunschweig at the suggestion of the Bochum Association (in particular of Herr Bröcker). This tape greatly simplifies recognition of the pure intervals in that the normally simultaneous partials are heard in succession; in addition, the bell's

tone is "assembled" out of its partials, added in succession, starting once with lowest and again with the highest partial, enabling the ear to hear the influence each partial has on the whole.

Electronic filters of great selectivity, or high and low pass filters of very sharp cutoff were used for these experiments, the setup being shown in Fig. 1: a microphone very close to the bell picks up the sound, which is then amplified, filtered and recorded; the filter setting was changed after every 3 strokes, and the tone remaining or added is announced on the tape.

The spectrum of this particular bell, as obtained through a frequency analyser, is shown in Fig. 2, with the partials' relative sound pressure plotted on a linear scale on the ordinate, the frequency in cycles per second on the abscissa. The diagram over each line representing a partial shows the bell's mode of vibration for that partial; to find these, oscillations of the desired frequency were produced in the bell by means of a vibrating magnet, while the surface of the bell was tracked by a vibration meter. Thus it was possible to find the bell's nodes, i. e. the thin lines along which there are no horizontal oscillations, or, more exactly, along which the bell's oscillations change phase. The resulting nodal diagrams are drawn so as to show a plan view of the vibrating bell.

Fig. 3 shows again the same partials over a logarithmic frequency scale represented by a keyboard, familiar to musicians. The lowest partial — the suboctave — was allotted a frequency of  $c = 125$  c/s by way of simplification. However, the ordinates have no longer been drawn proportional to the tones' intensities, the tones' positions within the musical system of intervals only being shown here; for this reason also, it is the important octaves — the suboctave  $c$ , the prime  $c^1$ , the octave  $c^2$  and the double octave  $c^3$  — which have been given prominence. These tones, which stand out characteristically also on the tape recording, give the ear its bearings and are probably also mainly responsible for the "stroke" tone. Looking at this Fig. 3 while listening to the tape greatly helps to follow the overtone row.