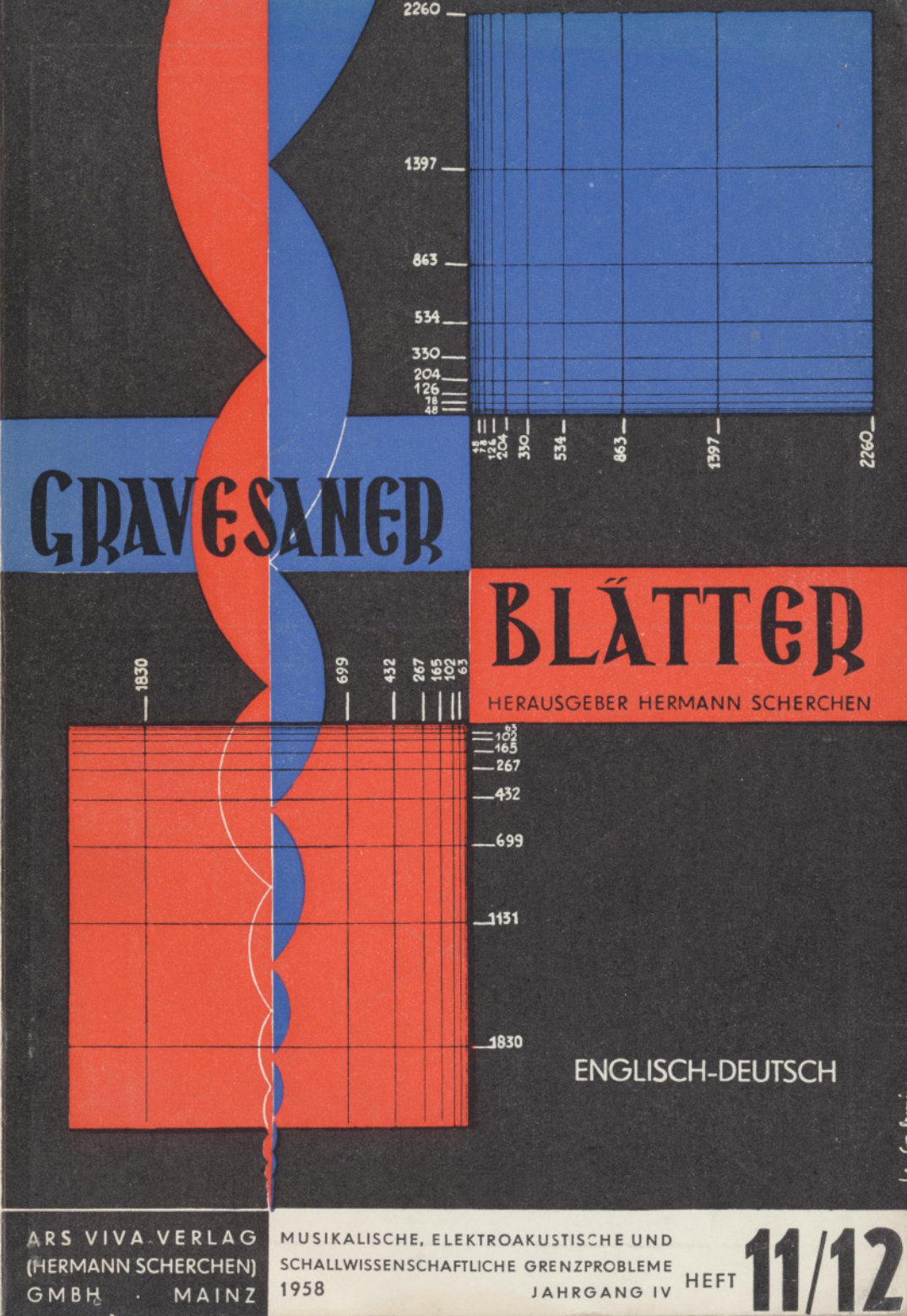




GRAVESANER

BLÄTTER

HERAUSGEBER HERMANN SCHERCHEN

ENGLISCH-DEUTSCH

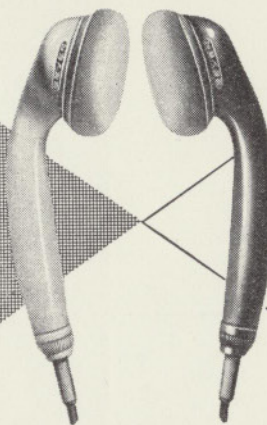
ARS VIVA VERLAG
(HERMANN SCHERCHEN)
GMBH · MAINZ

MUSIKALISCHE, ELEKTROAKUSTISCHE UND
SCHALLWISSENSCHAFTLICHE GRENZPROBLEME
1958 JAHRGANG IV

HEFT

11/12

Beim Schallplattenverkauf ist die Vorführung
von STEREO-Schallplatten
praktisch nur mit dynamischen Stielhörern möglich!

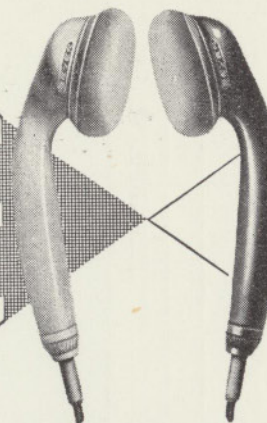


für rechts-links-Markierung in zwei Farben lieferbar

BEYER

HEILBRONN • BISMARCKSTRASSE 107

The effective ness of
STEREO-records
may be fully appreciated while listening
by our Dynamic-Headphones.



BEYER

107, BISMARCKSTR., HEILBRONN/Neckar
GERMANY

Die Redaktion der Gravesaner Blätter erlaubt sich den Abonnenten für 1959 als Festgabe das Buch

„GRAVESANO“,

herausgegeben von Prof. Meyer-Eppler, zu übersenden.

Die Schallplatten zu Heft X und Heft XI/XII werden den Abonnenten Ende Januar gesondert zugestellt. Der Jahrgang 1959 wird von Schallplatten von Prof. Meyer-Eppler, Universität Bonn; Chef-Ing. Pierre Schaeffer, R. D. F. Paris; Prof. Grützmacher, Physikalische Bundesanstalt Braunschweig; Dr. Moles, Centre des Etudes Radiophoniques, Paris, begleitet sein.

Wir bitten die beiliegenden Werbekarten an Interessenten weiter zu leiten. Für Mitteilung der Adressen für eventuell in Frage kommende neue Abonnenten danken wir bestens.

Hermann Scherchen

The Editor of the Gravesano Review permits himself the liberty of extending his best wishes for the Year 1959, by sending each subscriber a "gift copy" of the book "GRAVESANO", edited by Professor Meyer-Eppler.

The Gravesano Scientific Records for Volume X and Volume XI—XII will be sent as an additional delivery at the end of January. The journals for the year 1959 will be accompanied by recordings made by: Prof. Meyer-Eppler, University of Bonn; Chief Engineer Pierre Schaeffer, R. D. F. Paris; Prof. Grützmacher, W. G. D. R. Research Institute for Physics, Braunschweig; Dr. Moles, Centre des Etudes Radiophoniques, Paris.

We kindly request subscribers to bring to attention to all interested friends and colleagues, the enclosed subscription cards. With gratitude for any further subscribers we may eventually secure through your kind cooperation,

Sincerely,

HERMANN SCHERCHEN, Publisher

GRAVESANER BLÄTTER

Nr. XI/XII

IV. Jahrgang

1958

INHALT

	Seite
Tonlagenregler und Informationswandler	A. M. Springer 3
Lautsprecheranlage mit schallquellengesteuerter Richtcharakteristik	Fritz Enkel 10
Ein Laufzeitgerät für Dauerbetrieb	H. Petzoldt 20
Die Entzerrung von Magnetonanlagen	F. Hammon 29
Zum Verhältnis von Musik und Technik heute	Theodor W. Adorno 36
Die akustischen Probleme beim Bau des F. R. Mann-Auditoriums in Tel-Aviv I	Jakob Redter 63
II	Leo L. Beranek 69
Materialien zur Rekonstruktion akustischer Charakteristiken	Herta Singer 87
Auf der Suche nach einer Stochastischen Musik	Yannis Xenakis 98
Der Stereophoner A	P. Bellac 123
Besuch in Gravesano B	H. H. Fantel 126
Kritische Stellungnahme C	A. M. Springer 129
Orgelneubau auf akustischer Grundlage	W. Lottermoser 131
Die Oper im Fernsehen	Clemens Münster 158
Die Innenstimmung von Musikinstrumenten. (III) Die Klarinette	R. W. Young und J. C. Webster 174

Redaktion: Gravesano (Tessin) Schweiz

Herausgeber: Hermann Scherchen

Nachdruck verboten!

GRAVESANO REVIEW

No. XI/XII

Vol. IV

1958

CONTENTS

	Page
A Pitch Regulator and Information Changer	A. M. Springer 7
Loudspeaker Combination with a Signal-Controlled Directional Characteristic	Fritz Enkel 17
A Time Delay Unit for Continuous Operation	H. Petzoldt 26
Equalisation of Tape Recording Installations	F. Hammon 33
Technique, Technology, and Music To-day	Theodor W. Adorno 51
The Acoustical Design of the F. R. Mann Auditorium in Tel-Aviv I	Jakob Redter 66
II	Leo L. Beranek 82
Facts for the Reconstruction of Acoustical Characteristics	Herta Singer 93
In Search of a Stochastic Music	Yannis Xenakis 112
The Stereophoner A	P. Bellac 124
Visit to Gravesano B	H. H. Fantel 127
A Critical Opinion C	A. M. Springer 130
Organ-building on an acoustical basis	W. Lottermoser 147
Televised Opera	Clemens Münster 166
The Tuning of Musical Instruments. (III) The Clarinet	R. W. Young and J. C. Webster 182

Published by Experimental Studio Gravesano

Editor: Hermann Scherchen

Extracts may not be published without permission

Tonlagenregler und Informationswandler

von

A. M. SPRINGER*

Unter der Bezeichnung *Tonlagenregler* und *Informationswandler* verstehen wir ein Gerät, mit welchem die Tonlage einer Schallaufnahme verändert werden kann. Zum Unterschied von der bekannten Möglichkeit, die Tonlage zu verändern etwa durch Änderung der Drehzahl des Plattentellers bei der Wiedergabe einer Schallplatte oder der Änderung der Wiedergabegeschwindigkeit eines Tonbandes, wird beim *Tonlagenregler* nur die Tonlage, nicht aber das Tempo bzw. die Wiedergabedauer verändert.

1. Tonlagen-Regler

Während der Temporegler, der bereits im ersten Heft dieser Zeitschrift beschrieben wurde, dazu dient, das Tempo oder die Wiedergabezeit einer Tonband-Schallaufnahme unter Beibehaltung der Tonlage zu verändern, ist der *Tonlagenregler* das Gegenstück dazu, genauer gesagt, er ist das gleiche Gerät, nur wird durch veränderte Tonbandführung und einen geänderten Antrieb die Relativgeschwindigkeit bei der Abtastung verändert. Der Tonbandantrieb bei der Wiedergabe erfolgt mit der normalen Tonwelle der Magnettonmaschine; die Wiedergabe läuft also mit der gleichen Geschwindigkeit wie die der Schallaufnahme ab, jedoch ist der Wiedergabekopf beweglich drehbar, so daß die Relativgeschwindigkeit durch das Drehen des Mehrfachkopfes verändert werden kann. Dreht sich beispielsweise während der Wiedergabe der Hörkopf in Richtung der Tonträgerbewegung, so wird die aufgezeichnete Modulation in verlängerten Abständen abgetastet, d. h. die Tonlage fällt. Dabei werden einzelne Abschnitte auf dem Tonträger übersprungen und die verbleibenden lückenlos aneinandergereiht. Dreht sich der Mehrfachkopf gegen die Bewegungsrichtung des Tonträgers, dann wird die aufgezeichnete Modulation verkürzt abgetastet, das bedeutet, daß die Tonlage steigt.

Man muß sich darüber im klaren sein, daß es ein großer Unterschied ist, ob mit Hilfe von Trägerung einer Modulation und anschließender Herabsetzung auf eine gegenüber der ursprünglichen etwas verschobene Frequenzlage eine Tonlagenänderung erzielt wird, oder ob die Tonlagenänderung durch Hinzufügen oder Wegnehmen von Modulationsabschnitten entsteht. Das Resultat ist in jedem Falle verschieden.

Die Trägerung einer Modulation bedeutet eine Addition oder Subtraktion einer gewissen Frequenz über ein ganzes Frequenzband. So besitzt ein Nachrichtenband von beispielsweise 300—3000 Hz, das mit 20 000 Hz geträ-

* Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H. Frankfurt a. M.

gert wird, zwei Seitenbänder von 17 000 bis 19 700 Hz und von 20 300 bis 23 000 Hz. Wird das obere Seitenband anschließend mit 19 700 Hz moduliert, so verbleibt nach Abtrennung des zweiten Seitenbandes ein Frequenzband von 600—3 300 Hz. Harmonische Frequenzabstände werden nach dieser Urformung völlig zerstört. So ergibt beispielsweise die Oktave von ursprünglich 300 Hz 600 Hz. Nach der Frequenzverschiebung ist die Frequenz von 600 Hz auf 900 Hz gestiegen, wodurch die ursprüngliche Oktave von 600 auf 900 Hz also in ein anderes Frequenzverhältnis geraten ist. Die gleiche Frequenzverlagerung, die bei 300 Hz 100% Verschiebung ausgemacht hat, macht bei 3000 Hz nur noch 10% aus. Daran ist zu erkennen, daß die gegenseitigen Frequenzabstände unharmonisch geworden sind. Demgegenüber unterscheidet sich beim Tonlagenregler die Tonlagenänderung durch eine multiplikative Mischung des ursprünglichen Frequenzbandes. Die Frequenzbandverschiebung kann größer oder kleiner als 1 sein. In dem einen Fall entsteht eine Tonlagenanhebung, im anderen Falle eine Tonlagensenkung. Es bleibt somit das gegenseitige Verhältnis, die Harmonie, erhalten.

Eine solche Einrichtung ist für Tonbandaufnahmen von Musik und Sprache gleich gut verwendbar.

Soll beispielsweise die Tonlage um 10% gesenkt werden, so dreht sich der Mehrfachkopf mit 10% der Tonträgergeschwindigkeit in der Tonträgerrichtung und sämtliche auf dem Tonträger aufgezeichneten Frequenzen werden im gleichen Prozentsatz gedehnt. Dabei werden 10% der aufgezeichneten Modulation übersprungen und nach der Art der Konstruktion des Gerätes die verbleibenden Tonspurteile zusammenhängend ohne Lücke abgetastet. Soll die Tonlage um 10% erhöht werden, dann dreht sich der Mehrfachkopf mit 10% der Tonträgerbewegung gegen die Bewegungsrichtung des Tonträgers, die Frequenzen werden enger aneinandergerückt und 10% der Modulationsspur wiederholt abgetastet.

2. Informationswandler

Der Informationswandler unterscheidet sich vom Tonlagenregler dadurch, daß die Tonlage von Sprache und Musik fast unmittelbar geändert werden kann, wobei eine Speicherzeit von wenigen Millisekunden nötig ist. Damit ist eine unmittelbare Tonlagenänderung für Sprache und Musik möglich, woraus sich eine Reihe neuer Anwendungsgebiete ergibt:

1. Bei Nachrichtenübermittlung läßt sich der Informationswandler mit Vorteil anwenden.
2. Durch die mögliche Veränderbarkeit der Tonlage kann die Sprachverständlichkeit durch Wahl der geeignetsten Tonlage verbessert werden.
3. Es besteht die Möglichkeit, Stimmen, die sich über das Telefon schlecht vermitteln lassen, in eine günstigere Tonlage bei verbesserter Silbenverständlichkeit zu bringen.

4. Für akustische Effekte läßt sich der Informationswandler zur unmittelbaren „Herstellung“ verschiedener Stimmen verwenden.
5. Die künstliche Nachahmung bekannter Stimmen oder der Stimmen nicht mehr lebender Personen, insbesondere in Verbindung mit einem „Gummifilter“^{**}, läßt sich ermöglichen.

Die akustischen Beispiele werden auf der anliegenden Schallplatte für beide Geräte demonstriert.

In Bild 1 ist der Aufbau und der Zusammenbau des *akustischen Temporeglers* als Zusatzgerät für eine Magnettonmaschine dargestellt. Man erkennt aus dem Bild, daß der Tonträger, nachdem er um den Mehrfachkopf herumgeführt wurde, durch die Tonwalze dieses Gerätes angetrieben wird. Die Gummiandruckrolle des Zusatzgerätes liegt an der Tonwalze an. Der Tonträger läuft weiter um zwei Umlenkrollen zur Aufwickelvorrichtung.

In Bild 2 ist der Anschluß des gleichen Zusatzgerätes an die gleiche Magnettonmaschine, jedoch in der Verwendung als *Tonlagenregler* dargestellt. In diesem Falle liegt die Gummiandruckrolle des Zusatzgerätes nicht an. Der Tonträger läuft jedoch um die Andruckrolle der Magnettonmaschine und wird von deren Tonwalze in Bewegung gesetzt. Daher bleibt die Geschwindigkeit des Tonträgers konstant. Die Wiedergabedauer ist ebenso lang wie die Aufnahmezeit. Die Tonlage wird durch Verdrehen des Knopfes am Temporegler eingestellt; sie entspricht der Tonlage der Aufnahme, wenn der Mehrfachkopf still steht, wenn also der Zeiger der Skala auf 100% steht. Eine Änderung der Skala um 6% entspricht einer Tonlagenänderung um etwa einen Halbton. Es läßt sich somit die Tonlagenänderung bis zu einer Quint nach oben und bis zur Tonlage 0 nach unten verändern. Tonlage 0 heißt, daß der Hörkopf sich mit der gleichen Geschwindigkeit bewegt wie der Tonträger, mit anderen Worten: er wird am Tonträger abgewälzt.

Bild 3 zeigt die Skala des *akustischen Tempo- und Tonlagenreglers* (Magnettonlaufzeitregler MLR 38 oder MLR 19), wobei zur Geschwindigkeitsskala in Prozenten der Aufnahmegeschwindigkeit die Tonlagenskala bei unveränderter Geschwindigkeit eingetragen ist.

^{**} Variabler Terzfilter. Albis-Werke-Zürich. 30—19 000 Hz.



Bild 1 — Fig. 1



Bild 2 — Fig. 2

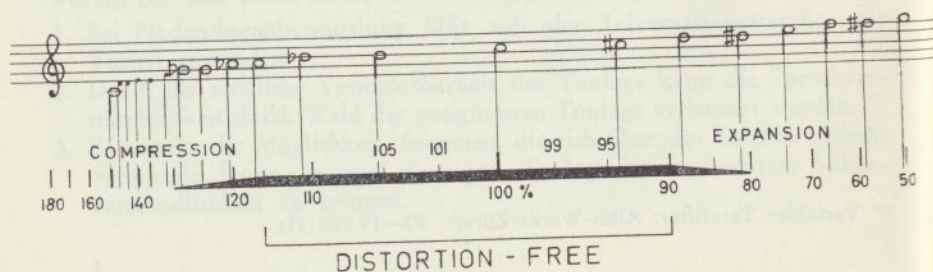


Bild 3 — Fig. 3

A Pitch Regulator and Information Changer

by

A. M. SPRINGER*

The Pitch Regulator and Information Changer is an instrument to change the pitch of a sound recording at will. It is common knowledge that a change in the reproducing speed of a record player or tape recorder is accompanied by a proportional change in pitch. The Pitch Regulator and Information Changer differs from these simple cases in that it changes not the speed, but *only* the pitch.

1. Pitch Regulator

The Acoustic Time Regulator, which has already been described in No. 1 of this journal, is a mechanical device to alter the speed of tape playback without altering the pitch; pitch alteration is the converse of this problem, and is solved by the same device used in a slightly different way: for while the time regulator (Fig. 1) contains a rotating multiple head mechanically connected to the tape driving spindle by an electromagnetic differential which keeps the relative speed of head to spindle and therefore the pitch constant with changing absolute speed, the *pitch* regulator uses the rotating multiple head only, the tape being driven by the main recorder's driving spindle, so that the speed is kept constant at changing relative speed of head to tape. This is illustrated in Fig. 2, where the tape still runs around the Regulator's driving spindle, but is not driven by it because the pressure roller is free, the same tape path being necessary to preserve the angle through which the tape envelops the rotating head.

Suppose as an example that the head is turning slowly in the direction of tape movement: the relative speed between tape and head is reduced and the pitch drops; as soon as the head gap reaches the point where the tape no longer envelops the head but runs off tangentially to it, the next gap of the multiple head is ready to begin tracking the tape. At this point, therefore, a short section of tape is skipped over by the head, the design of which is such as to make the jump inaudible. If, on the other hand, the head is made to turn opposite to the tape movement, the relative speed is increased, the pitch rises, and short sections of tape are played back twice. In other words: in a reduction of pitch the waveform on the tape is expanded in respect to time, and the resulting excess time is curtailed; in a rise in pitch the waveform is compressed in respect to time, and the resulting time deficit is made up by repetition of the minute section immediately preceding.

* Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H. Frankfurt a. M.

It is possible to make a pitch alteration — of a sort — by electronic means. A band of 300 to 3000 c/s, for example, modulated by a 20 Kc carrier frequency, produces side bands of 17 — 19.7 and 20.3 — 23 Kc. Let now the upper side band be modulated again by a new carrier of 19.7 Kc, and we obtain a new frequency band of 600 — 3300 c/s (apart from the upper side band, which is filtered out). There has been a uniform increase of pitch of the original 300—3000 band: 300 c/s have been *added*. What happens to any harmonic relationships existing in the original band? Consider an octave, which originally consisted of the frequencies 300 and 600 c/s. The new frequencies are 600 and 900 c/s, the octave has been transformed into a fifth. It is clear that many consonant intervals will be turned into discords by the *addition* of a constant frequency, as is possible by electronic means. The mechanical Pitch Regulator differs from this in that it *multiplies* the original pitch by the desired factor instead of adding or subtracting a frequency. The multiplying factor can be made greater or less than, or equal to, 1, corresponding to a rise, a drop, or no change in pitch, and adjustment is continuous. By virtue of the multiplying factor, the original harmonic relationships are preserved.

2. Information Changer

The Information Changer differs from the Pitch Regulator in that it immediately changes the pitch of the acoustic event itself instead of a recording of it, with a time delay of a few milliseconds only. Such a device can be used to great advantage both in communication and broadcasting or recording. In the former case, the intelligibility of speech, for example, can be improved by choice of the most suitable pitch, especially with voices difficult to transmit; in the latter, acoustic effects are possible by the immediate "manufacture" of a number of voices, even if there is only one speaking person; well-known voices of persons living or dead can be easily imitated, especially if the Information Changer is used in combination with a variable filter.** Some examples of the Information Changer and Pitch Regulator's applications are illustrated by the record accompanying this volume.

The pitch adjustment on the Pitch Regulator, like the speed adjustment on the Time Regulator, is done by the turning of a knob, with the tape either still or in motion. A setting of 100% on the scale corresponds to unchanged pitch, while a change of $\pm 6\%$ corresponds to about a semitone up or down respectively. The range of the instrument for transposition upwards is to about a fifth, while downward transposition can be made as far as zero pitch, where the head rotates at the same speed as the tape just as if it were a freely rotating pulley, so that there is no more play-

** Variabler Terzfilter. Albis-Werke-Zürich. 30—19 000 Hz.

back: the downward transposition is infinite. The instrument's scale is shown in Fig. 3, and indicates changes of speed with constant pitch, based on an index of 100% for no change in speed, as well as changes of pitch with constant speed, based on the note c^2 for no change in pitch, although simultaneous pitch and speed changes, independent of each other, are possible by changing the mains frequency to the Speed and Pitch Regulator. The scale of Fig. 3 shows also that distortion-free speed changes are possible between about 90 and 115% of the original speed, while pitch changes remain distortion-free for transpositions a minor third down to a major second up.

Die neuesten Werke von

BORIS BLACHER

- opus 54 „Eine Amsel dreizehnmal gesehen“ nach Gedichten von Wallace Stevens für hohe Stimme und Streichorchester
Uraufführung: 11. Januar 1959 Wien, Konzerthausgesellschaft;
Solist: Helmut Krebs
- opus 55 „Two Poems“ f. Jazz-Quartett. Dem „Modern-Jazz-Quartett“ gewidmet
- opus 56 „Die Gesänge des Seeräubers O'Rourke“ nach Gedichten von Gregor von Rezzoci für hohen Sopran, Bariton, Chanson-Sängerin, Sprecher, Sprechchor und Orchester. Uraufführung: 4. Januar 1959 Hamburg. Norddeutscher Rundfunk; Dirigent: Hans-Schmidt-Isserstedt
- opus 75 „Après-lude“. Vier Lieder von Gottfried Benn für hohe Stimme u. Klavier
Uraufführung: 4. Dezember 1959 Berlin, Sender Freies Berlin;
Solist: Theo Altmeyer
- opus 58 Requiem für Sopran, Bariton, Chor und Orchester
Uraufführung: Juni 1959 Wien, Konzerthausgesellschaft

BOTE & BOCK Berlin/Wiesbaden

Lautsprecheranlage mit schallquellengesteuerter Richtcharakteristik

von

FRITZ ENKEL*

Aufgabenstellung

Der naturgetreuen elektroakustischen Übertragung von Schallereignissen sind grundsätzliche Grenzen gesetzt. Die angewandte Akustik muß sich daher mit der Übermittlung einer mehr oder weniger vollkommenen Illusion der vor dem Mikrofon ablaufenden Schallvorgänge begnügen¹. Zur Lösung dieser Aufgabe werden Lautsprecher benötigt, die — ganz unabhängig davon, ob es sich um ein- oder mehrkanalige Übertragungen handelt — eine Richtcharakteristik besitzen, welche entsprechend der jeweils übertragenen Schallquelle zu verändern ist².

Üblicherweise erfolgt die Wiedergabe durch elektroakustische Wandler, deren Richtcharakteristik entweder gebündelt oder ungerichtet ist. Wird ein gerichteter Strahler gewählt, so werden zwar punktförmige Schallquellen präzise dargeboten, größere Klangkörper verlieren dabei aber weitgehend an räumlicher Wirkung. Entscheidet man sich für eine ungerichtete Schallabstrahlung, so tritt bei punktförmigen Quellen eine unnatürliche Verbreiterung ein. Es wäre daher wünschenswert, einen Lautsprecher zu besitzen, dessen Abstrahlungseigenschaften sich nach den Richtcharakteristiken der übertragenen Schallquellen richtet. Diese Forderung braucht jedoch, um den Eindruck der Natürlichkeit hervorzurufen, nicht streng erfüllt werden. Es genügt, wenn der Lautsprecher zwei Abstrahlungscharakteristiken, nämlich eine gerichtete und eine ungerichtete, aufweist. Dabei ist es jedoch wegen des schnellen Wechsels der Abstrahlungsbedingungen notwendig, daß die jeweils zweckmäßige Richtcharakteristik durch die wiederzugebenden Schallquellen selbst gesteuert wird. Im folgenden wird ein Verfahren beschrieben, das diese Aufgabe mit verhältnismäßig kleinem Aufwand löst.

Die Ausgleichvorgänge

Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe bieten sich die Ausgleichvorgänge der Schallereignisse an. Die räumliche Ausdehnung einer Schallquelle kann durch den Differentialquotienten des Schalldruckes nach der Zeit gekennzeichnet werden. Räumlich ausgedehnte Schallquellen haben große Einschwingzeiten, punktförmige Schallquellen kleine³. Der unterschiedliche Verlauf von Einschwingvorgängen ist in Bild 1 gezeigt. In *a* ist der Vor-

* Vortrag gehalten auf der Frühjahrstagung der Nordwestdeutschen Physikalischen Gesellschaft in Bad Neuenahr April 1958.

gang bei einem Sprecher und in *b* für die tieferen Lagen eines Klaviers oszillographiert. Die wesentlich größere Steilheit des Anstieges bei der punktförmigen Schallquelle ist deutlich zu erkennen.

Die Einschwingzeit einer Schallquelle ist weitgehend von ihrer akustischen Umgebung abhängig. In geschlossenen Räumen wird dieser Vorgang im direkten Schallfeld, d. h. innerhalb des Hallradius, vorwiegend von der Schallquelle selbst bestimmt. Befindet sich das Aufnahmefunktion jedoch außerhalb des Hallradius, so geht die Anhallzeit des Raumes in den Ausgleichvorgang mit ein. Am Mikrofonort liefern nur gerichtet abstrahlende, punktförmige Schallquellen, die ohne merkliche Beeinflussung ihrer akustischen Umgebung bleiben, kurze Einschwingzeiten. Diese Schallstrahler werden vom Ohr als punktförmig empfunden. Sprecher, Schlagzeuge geringer Maße, sowie Blasinstrumente mit kleiner schwingender Luftsäule, deren Stürze auf das Mikrofon gerichtet ist, rufen diese Wirkung hervor. Die Steilheit des Einschwingvorganges gibt daher Information darüber, ob eine Schallquelle über den Lautsprecher punktförmig wiederzugeben ist.

Die elektronische Differentiation

Durch elektronische Differentiation der Einschwingvorgänge läßt sich ein Signal gewinnen, das zur Steuerung der Richtcharakteristik der Lautsprecheranlage verwendet werden kann. Hierzu wird — wie in Bild 2 gezeigt — über einen Bandpaß im Bereich von 5 kHz der Teil der Modulation herausgeschnitten, der besonders definierte Hüllkurven liefert. Durch Gleichrichtung werden diese Hüllkurven gewonnen und elektronisch differenziert. Die hierbei entstehenden Spannungen sind von der Steilheit des Einschwingvorganges abhängig. Erreicht diese Spannung einen bestimmten Wert, so wird ein Thyatron gezündet, das seine Impulse an einen Impulsspeicher liefert. Dieser Speicher soll das Steuersignal erst auslösen, wenn durch mehrfaches Auftreten kurzer Einschwingvorgänge das Vorhandensein einer punktförmigen Schallquelle sichergestellt ist.

Die durch Differentiation der Einschwingvorgänge entstehenden Spannungen sind für Sprache in Bild 3 und für Geige in Bild 4 oszillographisch dargestellt. Während bei der Sprechstimme die am Ausgang der Differenzierereinrichtung hervorgerufene Spannung groß genug ist, um das nachfolgende Thyatron zum Zünden zu bringen, ist dies bei der Geige nicht der Fall.

Der Schallstrahler

Mit Hilfe des auf die geschilderte Weise gewonnenen Steuersignals lassen sich nun Lautsprechergruppen zusammenschalten, welche die gewünschten Richtcharakteristiken besitzen. Eine recht elegante Anordnung besteht darin, daß ein aus einer größeren Zahl von Einzelsystemen bestehender Kugel-

spicuous analogies of colour or rhythm are used to indicate and clarify them.

A check along these lines is essential if the constructional design is to have any bearing on the music itself — and it can be done only by the composer himself, and only if he regards his own work with a completely objective eye.

3. The test between construction and music is the imagination. Ever since music turned away from tonality, anecdotes have been told — especially by orchestral players — about modern composers who did not notice some gross mistakes (intentional or otherwise) in the performance of their own music. Apart from the fact that these stories are usually doubtful, it must be said that a good ear is an inestimable advantage but by no means essential for a composer; I have known some very distinguished composers whose hearing was anything but reliable.

Different composers work in different ways: there may be some whose inspiration is so accurate as to need just writing down; others may choose the best of a number of possibilities for their expression, listening, testing, comparing, critic of their own ideas; Haydn, and more recently Stravinsky — never let it be said that the sense of his music is uncertain — work at the keyboard; Mozart and Schoenberg frowned on this practice. But in all this again there is no strict analogy between the past and the present: details uniquely determined by the technical construction are of an altogether different order of importance to those where the notation is understood to be just an approximation to the music as made, leaving the imagination a certain scope for variation. If serial music really allows no freedom, if it is really upset by the slightest deviation from the constructed text, then the composer must really think and hear each note with all its directions exactly as it stands, or else he contradicts his own principle. It was remarkable how much liberty Webern towards the end of his life sometimes took when interpreting his own music — it was just this flexibility which brought musical meaning to his Mondrianish structures, and one could rightly ask if this meaning was not actually smuggled into the bare lines, which were then apparently not uniquely predetermined after all. When however free rhythmic interpretation of the finale of the Piano Variations made offbeat notes unintelligible as such, obscuring the written design of a whole variation, doubt is cast on the very principle behind this design. When an important composer of the most complicated serial music rides roughshod over his own text — and the most experienced musician would hardly be able to tell the difference just by following the score — it would seem to indicate that he would one day give up the principles of integral composition and just follow his ear. In any case, no composer who wishes to avoid being a victim of purely abstract construction must omit

a most diligent comparison of what he has written with what he imagined. The result of such comparison could easily shake the very foundations of total composition.

4. The new rules of design came about through the need to discipline an abundance discovered by Schoenberg's unparalleled flair for combinations; since the prop of tonality was removed, this abundance, without discipline, would reduce to chaos. What then, if there is nothing left to discipline, if the victory of the rules, whose only point is in their conflict with the vague, unruly musical impulses, is a foregone conclusion? Where then will Nietzsche's *dancing star* come from? This question is yet another way of expressing the loss of tension. Those moments in Webern where, in Schoenberg's words, a whole book is compressed to a sigh, do not allay the suspicions about highly constructed music which is essentially poor although giving the appearance of great concentration. Every composer to-day must ask himself about the actual substance of his constructions — and how much musical substance deteriorates through construction; while this would not suffice for the production of intense music, it might at least save many a superfluous diagram.

This danger of deterioration through construction — the making of music to suit the rules instead of the rules to suit the music — seems particularly serious in electronic music. As the antithesis of theme and development is *passé*, everything, instead of nothing, should have thematic importance; thoroughly developed polyphony is the means to organise the complex — but it loses all its worth when through all its implied canonicities it atrophies to monody. Electronic music means the liberation in a continuous spectrum of all possible tonal colours previously depending on, and strictly compartmented by, the accidental properties of traditional instruments. Most of the electronic music I have heard — even a work so sensational and powerful as Stockhausen's *Jünglinge* — seems however just an adaptation and enlargement of pianoforte ideas to the new medium. No sign is visible of the colour continuum's latent force, of a polyphony to create truly new musical space. Technical unification can come into its own only by this multiplicity of voices setting each other off — and not by their limitation.

5. It is a just demand that orchestration should be part of composition, a *parameter* of it. What then does *functional orchestration* mean? That colours, following some formula, are shuffled up as in a kaleidoscope? Perhaps if this formula and those of intervals and time are connected by certain equations? Not so: he orchestrates functionally who knows how to employ every colour, and the instrumental arrangement above all, so as to bring out in the music each moment of import to the musical sense: he does not, then, "invest his music with an orchestral garb" but transforms its own articulateness into sound. Clarity is the principle of functional

lautsprecher in zwei Hälften aufgeteilt wird, die entsprechend Bild 5 gleich- oder gegenphasig zusammengeschaltet werden⁴. Bewegen sich die Systeme gleichphasig, so hat man es mit einem Strahler nullter Ordnung zu tun, der keine ausgesprochene Richtwirkung aufweist. Bewegen sich die Systeme gegenphasig, so ist dieser Lautsprecher mit großer Annäherung als ein Strahler 1. Ordnung anzusehen, der über eine ausgeprägte Richtwirkung verfügt. Die Umschaltung der beiden Kugelhälften erfolgt über einen Stromwender. Es wird jeweils nur eine Kugelhälfte umgeschaltet, während die andere in ihrem ursprünglichen Zustand weiterarbeitet. Das auftretende Schaltgeräusch wird hierdurch verdeckt. Da Strahler verschiedener Ordnung unterschiedliche Schalldruckverläufe besitzen, wird zum Ausgleich der Lautsprecherentzerrer durch die Steuerspannung auf den jeweils passenden Frequenzgang geschaltet.

Die psychoakustische Auswirkung

Als Folge des Haas-Effektes ist im diffusen Schallfeld die das Ohr treffende Primärwelle für die Lokalisierung einer Schallquelle maßgebend⁵. Bei der kugelförmigen Schallabstrahlung tritt eine scheinbare Verbreiterung der übertragenen Schallquelle auf, deren Größe von der Nachhallzeit des Abhörraumes abhängig ist. Hierdurch wird eine räumliche Wirkung erzielt, die der Wiedergabe aller Schallquellen mit Ausnahme der punktförmigen zugute kommt. Bei punktförmigen Quellen dagegen wird diese Verbreiterung als unnatürlich empfunden. Lautsprecher mit ausgesprochener Richtwirkung zeigen diese Verbreiterung nicht. Die punktförmige Lautsprecherwiedergabe von Schallerzeugern mit kleiner Einschwingzeit wird als *Präsenz* bezeichnet. In Bild 6 ist die unterschiedliche Präsenz der Wiedergabe punktförmiger Schallquellen in Abhängigkeit von der Richtwirkung des Lautsprechers dargestellt. Bei dieser Untersuchung wurde eine Sprechstimme aus einem schalltoten Raum einmal über einen ungerichteten Kugelstrahler und zum andern über einen Strahler 1. Ordnung wiedergegeben. Während bei dem Kugelstrahler der scheinbare Ort der Schallquelle von den Versuchspersonen mit einer Unsicherheit von im Mittel 6° angegeben wurde, betrug die Unsicherheit in der Lokalisierung bei dem Strahler 1. Ordnung nur etwa 1°. Zum Vergleich wurde dann an die Stelle des Lautsprechers ein Sprecher in den Abhörraum gestellt. In diesem Fall wurde praktisch das gleiche Ergebnis wie bei dem Strahler 1. Ordnung erzielt. Es ist hiermit gezeigt, daß punktförmige Schallquellen, deren Einschwingvorgänge nicht durch die akustische Umgebung geändert sind, durch einen Strahler 1. Ordnung auch punktförmig wiedergegeben werden.

Durch zahlreiche Abhörtests wurde versucht, ein Bild von den Eigenschaften der schallquellengesteuerten Lautsprecheranlage zu gewinnen. Bei der Wiedergabe von Sprache fiel besonders die Natürlichkeit und die Prä-

senz der Stimme auf. Vor allem wurden Hörspiele gut beurteilt, bei denen Sprache und Musik abwechseln. Das gleiche gilt für die Wiedergabe von Opernaufnahmen. Durch die veränderbare Richtcharakteristik gewann besonders auch Jazzmusik.

Die auch schon von andern gemachte Feststellung, daß das Entfernungsempfinden durch die Richtcharakteristik des Lautsprechers beeinflusst wird, konnte bestätigt werden. Der gerichtete Lautsprecher wird vom Beobachter als näher empfunden als der ungerichtete. Durch diese Eigenschaft gewinnt man mit der schallquellengesteuerten Lautsprecheranlage Schallbilder, die nach der Tiefe gestaffelt sind und erzielt auf diese Weise eine merkbare Annäherung an die Illusion einer naturgetreuen Übertragung.

Schrifttum

- 1 H. Kösters: Qualitätsfragen der Rundfunkübertragung. Techn. Hausmitt. NWDR 4 (1952), S. 127.
- 2 G. Kaufmann: Beitrag zur subjektiven Beurteilung von Lautsprecherkombinationen. Techn. Hausmitt. NWDR 8 (1956), S. 93.
- 3 F. Winkel: Klangwelt unter der Lupe. S. 25—47, Berlin und Wunsiedel 1952.
- 4 Stenzel/Brosze: Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen. S. 111, Berlin 1957.
- 5 V. Aschoff: Probleme der elektroakustischen Einkanalübertragung. Arbeitsgem. f. Forschung des Landes Nordrh./Westf. Nr. 33 (1954), S. 17.

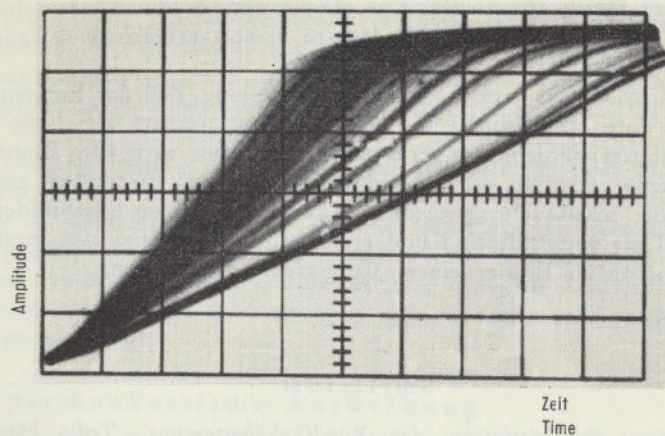
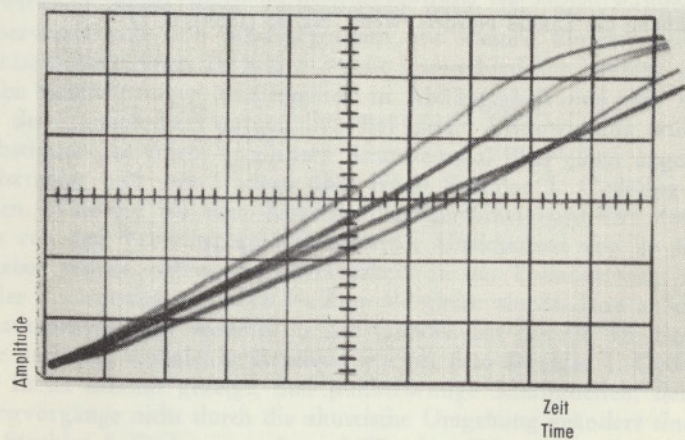


Abb. 1 Verlauf von Einschwingvorgängen
a. bei Sprache

Fig. 1 Initial transients
a. Speech.



b. bei Klavier.
b. Piano.

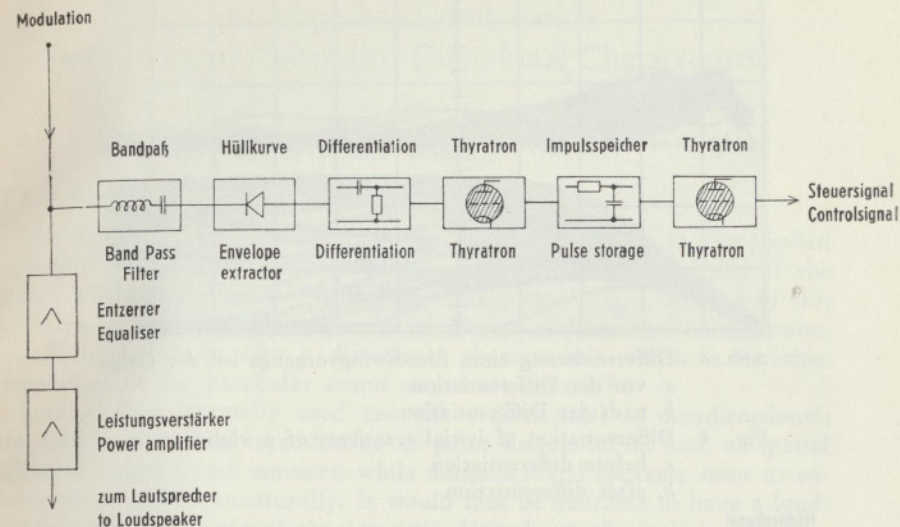


Abb. 2 Blockschaltbild der Einrichtung zur elektronischen Differentiation von Schallkurven.

Fig. 2 Block schematic for electronic differentiation of A.F. envelopes.

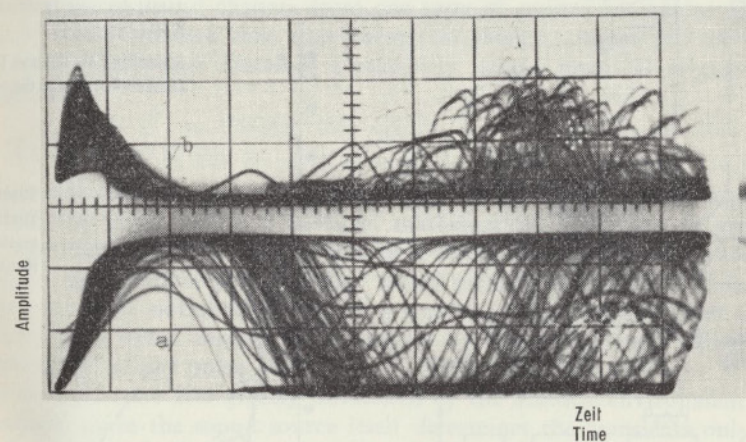


Abb. 3 Differenzierung eines Einschwingvorgangs bei Sprache
a. vor der Differentiation
b. nach der Differentiation.

Fig. 3 Differentiation of initial transients of speech
a. before differentiation.
b. after differentiation.

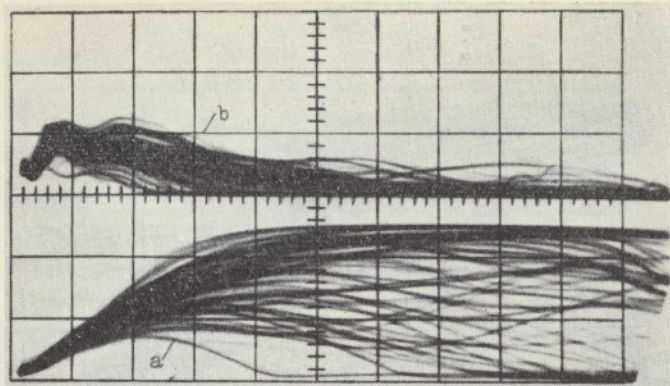


Abb. 4 Differenzierung eines Einschwingvorgangs bei der Geige
a. vor der Differentiation
b. nach der Differentiation.

Fig. 4 Differentiation of initial transients of a violin
a. before differentiation.
b. after differentiation.

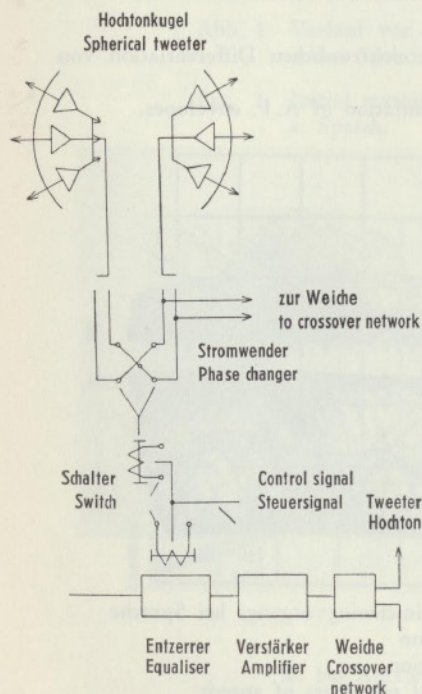


Abb. 5 Schaltung der Lautsprecheranlage mit schallquellengesteuerter Richtcharakteristik.

Fig. 5 Block schematic of the signal controlled loudspeaker.

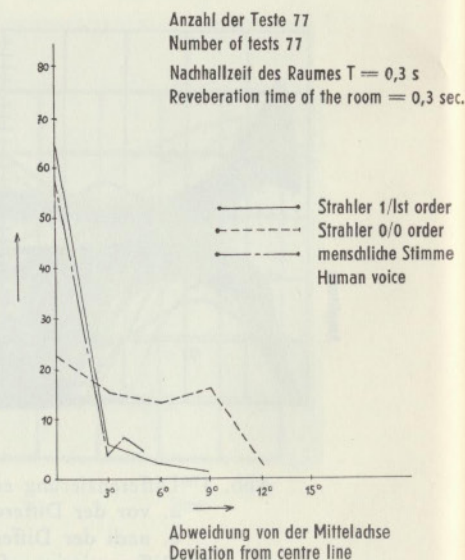


Abb. 6 Ortungsschärfe bei gerichteter und ungerichteter Lautsprecherabstrahlung

Fig. 6 Accuracy of localisation for directional and random radiation.

Loudspeaker Combination with a Signal-Controlled Directional Characteristic

by

FRITZ ENKEL*

The Problem.

The fidelity of sound reproduction has its practical limits, so that applied acoustics must make do with an illusion, more or less complete, of the sound which was originally before the microphone¹. The solution of this problem, which stays the same for single or multichannel transmission, entails loudspeakers with a directional characteristic which is variable, depending on the particular sound source transmitted².

Loudspeakers normally used are either directional or nondirectional; the former give good reproduction of point sources at the cost of spatial effect of larger sound emitters, while nondirectional speakers seem to enlarge point sources unnaturally. It would thus be desirable to have a loudspeaker whose directional characteristic depends on the emitter to be reproduced, although an impression of naturalness can be gained even if this condition is not rigorously fulfilled: it is enough if the loudspeaker has two directional characteristics — one sharply defined and the other random. However, the rapid changes from one type of emitter to another in reproduced sound demand that they themselves should control this twin characteristic. This paper describes a relatively simple practical solution to this problem.

The Transients.

The fact that small sound sources have sharp initial transients and large sources gradual ones³ offers a suitable mathematical approach to the general acoustical problem, for the size of a sound source can be distinguished by the differential quotient of sound pressure in regard to time. Oscillograms of the initial transients of a speaking voice are shown at *a* and those of the lower register of a piano *b* of Fig. 1, showing clearly the steeper slope of the point source.

Initial transients are also greatly influenced by the acoustic environment. In a confined space the sound source itself determines the transients only within the radius of direct sound, while the transient properties of the room play a part beyond this radius. Emitters which are of small dimensions and have well defined directional properties are the only ones to

* Lecture given at the Spring Convention of the North-West German Physical Society, Bad Neuenahr, April 1958.

give a sharp transient at the microphone, as they are the least to be influenced by the surrounding acoustics. Speaking voices, small percussion instruments and wind instruments with short vibrating air columns, their bells facing the microphone, all have this effect. The slope of the initial transient thus indicates whether the loudspeaker is to represent a small or large emitter.

The Electronic Differentiation.

Electronic differentiation of initial transients can be used to produce a signal to control the loudspeaker's directional characteristic. Fig. 2 shows how the signal goes through a band pass filter which selects the region around 5 Kc/s in which the envelopes are particularly marked; these envelopes are then obtained by rectification and differentiated electronically. The voltages produced here depend on the slope of the initial transient, and if they reach a certain value they flash across a thyatron after which they are stored in a pulse collector which releases the control signal only after several sharp initial transients make the presence of a small emitter certain.

Figs. 3 and 4 are oscillograms recorded respectively with a speaking voice and a violin: the initial transients are shown in each case at *a*, while *b* is the electronic differentiation of *a*. The steeper transients of the speaking voice of Fig. 3*a*, compared to those of the violin, are marked, so that much higher voltages are reached in Fig. 3*b* than in Fig. 4*b*; the former are high enough to release the control signal, while the latter are not.

The Sound Radiator.

With this control signal loudspeaker groups can be switched so as to have the desired directional characteristics. A rather elegant arrangement is to divide a spherical loudspeaker consisting of a fair number of single speakers into two halves which can be switched so as to work either in phase or in opposition (Fig. 5)⁴. The two halves working in phase act as a zero order radiator of random directional distribution; the two halves in opposing phase give very nearly a first order radiator with marked directional selectivity. A phase changer operated by the control signal is in the circuit of one speaker half only, so that the switching noise is masked by the continued operation of the other speaker; the loudspeaker equaliser is also switched by the control signal to compensate for the difference in frequency response between various order radiators.

The Psychological Effect.

As a result of the Haas effect, the first wave to fall on the ear decides its apparent direction⁵. Random radiation apparently enlarges the sound

source reproduced, the degree of enlargement depending on the reverberation time of the room, and this brings about a three-dimensional effect which benefits the reproduction of all except point sources, for which such an enlargement would be unnatural. Loudspeakers with marked directional selectivity show no such enlargement. The point-like reproduction of sound sources with sharp initial transients is described as *presence*; Fig. 6 shows how the presence of reproduced point sources depends on the loudspeaker's directional properties. In this test, a voice speaking in an anechoic room was presented once over the random radiator and once over the 1st order radiator; in the former case the apparent sound direction was judged with a mean error of 6° while the mean error in the latter case was about 1°. Next, the loudspeaker was replaced by an actual speaking voice, the result being practically the same as for the 1st order radiator, proving that point sources whose initial transients are not influenced by the acoustic surroundings are in fact reproduced as point sources by a 1st order sound radiator.

The signal controlled loudspeaker was tested extensively in practice. In the case of speech, presence and naturalness were remarkable; radio plays in particular, with speech and music alternating, also opera, received favourable opinions. Jazz also gained by the changing directional properties.

An observation already made by others, that the apparent distance depends on the directional properties of the loudspeaker, was confirmed: the directional speaker is perceived as closer than the random speaker. This results in sound images which, in the case of the signal controlled loudspeaker, are spaced in depth, which considerably helps the illusion of highly faithful reproduction.

References.

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

Ein Laufzeitgerät für Dauerbetrieb

von

H. PETZOLDT

In der Elektroakustik führt die unterschiedliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwellen in der Luft und ihrer umgesetzten Energie im Draht oft zu Schwierigkeiten. Es können sich Laufzeitdifferenzen ergeben, die zu einer Verwaschung des Klangbildes oder sogar zu Doppelhören führen.

Diese Laufzeitsituationen sind in Fig. 1 dargestellt. Der Ort der Originalschallquelle und des Mikrofones ist mit D bezeichnet. Ist die Entfernung von D zum Lautsprecher L > 17 m, dann entsteht für den Hörer im Punkt H ein Doppelhören (Fig. 1a). Auch in Anlagen mit dezentral angeordneten Lautsprechern ist dies der Fall, wenn Lautsprecherabstände gegeben sind, wie es in Fig. 1b angedeutet ist. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Lautsprecher L 1 auch noch am Punkt H 3 hörbar ist. Laufzeitdifferenzen können auch den Richtungseindruck verändern. In Fig. 1c ist dargestellt, daß die Entfernung des Hörers H zum Lautsprecher L kleiner ist als sein Abstand zur Originalschallquelle D. Man muß hierbei voraussetzen, daß die Schallenergie von L größer ist als die von D, denn sonst wäre der Lautsprecher zwecklos. Da aber das Ohr auf den zuerst eintreffenden Schall ortet, verschiebt sich für den Hörer H die Schallquelle nach dem Punkt L. Verzögert man den Lautsprecherschall, dann kann man erreichen, daß der Lautsprecher nicht mehr wahrgenommen wird (Haas-Effekt). Diese Verzögerung kann bis zu 30 ms betragen und die Intensität des Lautsprecherschalles kann bis zu 10 dB über der des Originalschalles liegen.

Diese Laufzeitprobleme spielen nicht nur bei Übertragungsanlagen eine Rolle, sondern sind auch bei der Schallaufnahme auf Tonband zu beachten. Sie haben besondere Bedeutung bei Verwendung von Einspiellautsprechern und bei stereophonischer Aufnahme und Wiedergabe.

Die Erzielung einer Laufzeitverlängerung durch Einschalten eines akustischen Laufzeitgliedes hat den Nachteil einer geringeren Wiedergabequalität, bedingt durch die mehrmalige Umsetzung von akustischen in elektrische Schwingungen und umgekehrt. Vorteilhafter ist die Anwendung der Magnetonteknik. Aus dem Abstand des Sprechkopfes vom Hörkopf ergibt sich, gegeben durch die Geschwindigkeit des Tonträgers, eine bestimmte Verzögerungszeit. Man kann dies mit jedem Tonbandgerät durchführen, wenn es getrennte Aufsprech- und Wiedergabeverstärker hat. Geht man davon aus, daß die kleinste erforderliche Verzögerungszeit 30 ms betragen soll und daß aus konstruktiven Gründen der Abstand Sprechkopf — Hörkopf etwa 2 cm beträgt, dann ergibt das bei einer Bandgeschwindigkeit von 33 cms⁻¹ und einer Bandlänge von 1 m in 24 Stunden 29 000 Banddurchläufe. Man

rechnet normalerweise mit einer Bandlebensdauer von 1000 . . . 1500 Durchläufen. Infolge der hohen Durchlaufzahl reißt das Band oft, besonders an der Klebestelle. Hinzu kommt noch, daß sich die Magnettonköpfe infolge des unmittelbaren Kontaktes mit der Magnetschicht schnell abnutzen.

Ein wesentlicher Fortschritt stellt das neue Laufzeitgerät von Telefunken dar, dessen Prinzip Fig. 2 zeigt. Auf dem Rand der sich drehenden Scheibe S ist eine magnetisierbare Schicht aufgebracht. Die Magnettonköpfe sind in einem Abstand von etwa 30 μ von der Schicht angeordnet. Dadurch ist jede Abnutzung der Köpfe und der Schicht vermieden. An dem Aufsprechverstärker mit Löschgenerator AV sind der Sprechkopf SK und der Löschkopf LK angeschaltet. Der Hörkopf HK ist auf einer Kreisscheibe verstellbar, so daß verschiedene Verzögerungszeiten eingestellt werden können. Sie ergeben sich aus dem Winkel α (25 . . . 318°) und der Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe S. Die Wiedergabeentzerrung erfolgt mit dem Wiedergabeverstärker WV. Fig. 3 zeigt das Laufzeitgerät T (Frontplatte abgenommen) mit den Verstärkern AV und WV montiert in einem Gestell. VV und LV sind Mikrofon- und Abhörverstärker, die nicht direkt zum Laufzeitgerät gehören.

Die Drehzahl der Scheibe ist umschaltbar und ergibt in der listenmäßigen Ausführung Schichtgeschwindigkeiten von 0,8 oder 2 m/s. Damit lassen sich Laufzeiten zwischen 30 ms und 390 ms bei einem linearen Frequenzgang 50 . . . 14 000 Hz oder zwischen 75 ms und 975 ms bei einem linearen Frequenzgang von 50 . . . 6000 Hz erzielen. Die Achse der drehbaren Scheibe ist in mehreren in Öl laufenden Präzisionskugellagern geführt, die anderen beweglichen Teile laufen in selbstschmierenden Lagern, so daß eine Wartung auch bei Dauerbetrieb nur in Jahresabschnitten erforderlich ist. Durch eine hohe mechanische Präzision wurde erreicht, daß z. B. der Schlag der Scheibe bei 28 cm Durchmesser höchstens 3 μ beträgt, da sonst Amplitudenschwankungen hörbar werden können. Auch ein Verschieben des Hörkopfes auf dem Umfang der feststehenden Kopfträgerscheibe ist innerhalb eines Winkels von 90° möglich, ohne daß ein Nachjustieren des Abstandes von der Magnetschicht erforderlich ist.

Mit Meßtasten auf dem Aufsprechverstärker kann durch die Anzeigeröhre EM 84 (magisches Band) der Hochfrequenzlöschstrom und der Vormagnetisierungsstrom kontrolliert werden. Fällt der Löschgenerator aus oder wird der Löschstrom zu gering, dann schaltet ein Relais das Gerät automatisch auf „unverzögert“ um. Die Eingangsempfindlichkeit des Aufsprechverstärkers beträgt 450 mV bei einer Impedanz von 2 kOhm, der Ausgang des Wiedergabeverstärkers hat einen Scheinwiderstand von 60 Ohm. Die Ausgangsspannung ist regelbar und beträgt max. 5 V, so daß sich das Gerät anlagentechnisch in jede elektro-akustische Anlage einfügen läßt.

Das Gerät kann auch mit mehreren Wiedergabekanälen ausgerüstet werden, wenn mehrere Laufzeiten erzeugt werden sollen. Zu jedem Kanal gehört ein Hörkopf HK und ein Wiedergabeverstärker WV. Jeder Verstärker AV und WV besitzt einen eigenen Netzteil. Eine Beschränkung in der Anzahl der Köpfe ist lediglich durch ihre mechanischen Abmessungen und der Unterbringung auf der Kreisbahn gegeben.

Für Sonderzwecke läßt sich das Gerät auch zur Erzeugung von Laufzeiten < 30 ms einsetzen. Zu diesem Zweck sind zwei Aufsprechanäle zu verwenden, wie es Fig. 4 zeigt. Die beiden Aufsprechverstärker AV sind eingangsseitig parallel geschaltet. Sind die Abstände der beiden Hörköpfe von den dazugehörigen Sprechköpfen gleich groß ($a_1 = a_2$), dann ist Kanal K 2 unverzögert gegen Kanal K 1. Vergrößert man den Abstand a_2 auf der Kreisbahn um 1 mm, dann wird K 2 um 0,5 ms gegenüber K 1 verzögert. Dies entspricht einer Laufwegdifferenz des Schalles von 17 cm.

Die Fig. 5 zeigt eine beispielsweise Bestückung des Gerätes mit Löschkopf, Sprechkopf und 4 Hörköpfe. Zum Einstellen der Verzögerungszeiten wird eine Meßscheibe mitgeliefert, aus der bezogen auf die Umfangsgeschwindigkeit die Winkelgrade und Laufzeiten beim Verstellen der Hörköpfe ersichtlich sind.

Aus den Ausführungen dürfte ersichtlich sein, daß sich dieses neue Gerät nicht nur für eine Schallverzögerung in Lautsprecheranlagen eignet, sondern auch zur Erzeugung anderer akustischer Effekte, wie Echo und Verhallung und für verschiedene gehörphysiologische Zwecke verwendbar ist.

Literatur:

- Haas, H. Über den Einfluß eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache. *Acustica* 1 (1951) S. 49—58.
- Hepper, H. Ein Laufzeitgerät für wartungsfreien Betrieb. *Telefunken-Zeitung* Jg. 31 (September 1958) Heft 121, S. 200—202.

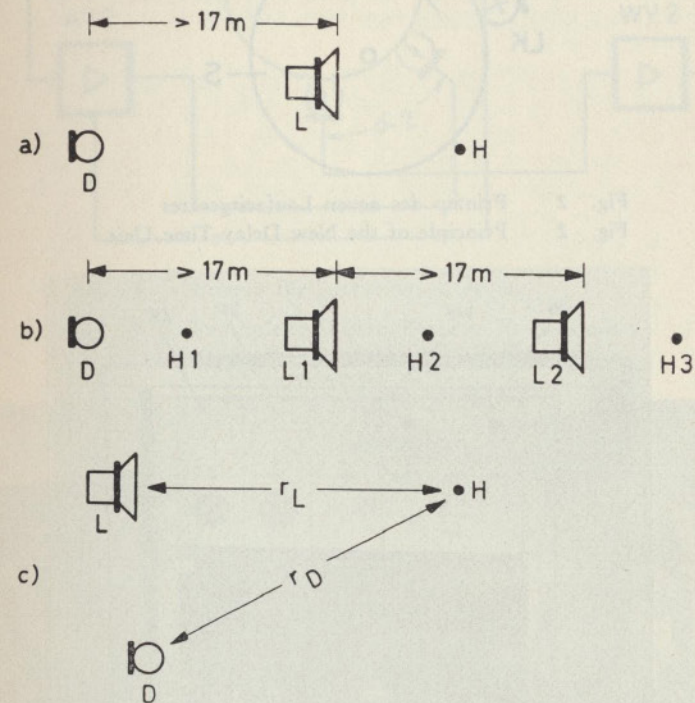


Fig. 1 Laufzeiten in Übertragungsanlagen

Fig. 1 Delay-Times at Transmission Systems

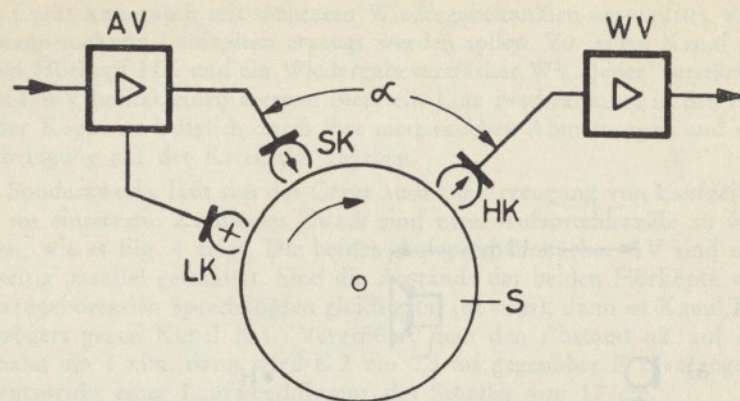


Fig. 2 Prinzip des neuen Laufzeitgerätes
Fig. 2 Principle of the New Delay-Time Unit

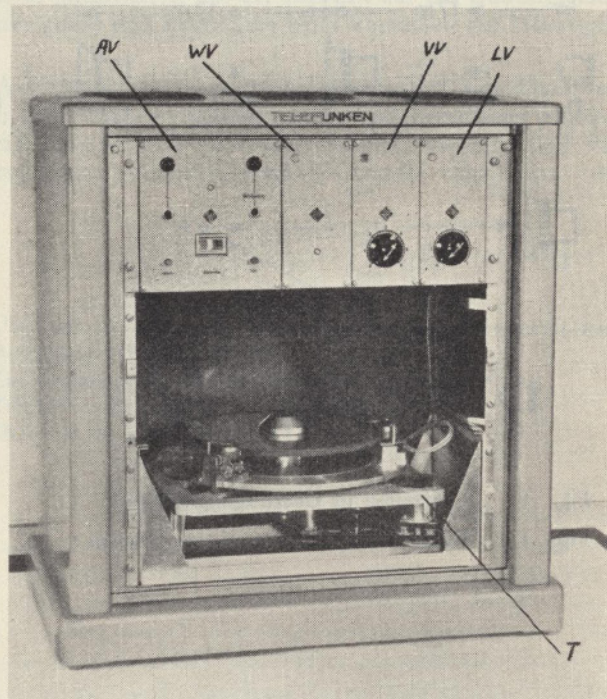


Fig. 3 Ansicht des Laufzeitgerätes
Fig. 3 View of the Delay-Time Unit

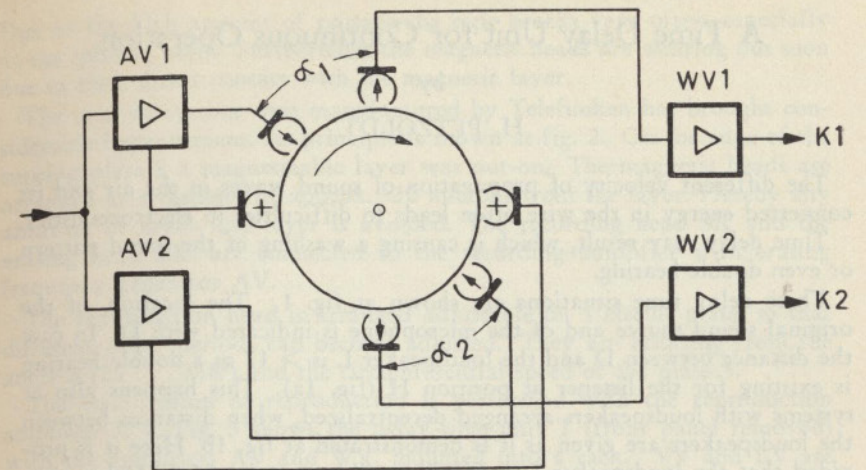


Fig. 4 Prinzip für Laufzeiten < 30 ms
Fig. 4 Principle for Delay-Times < 30 mseconds

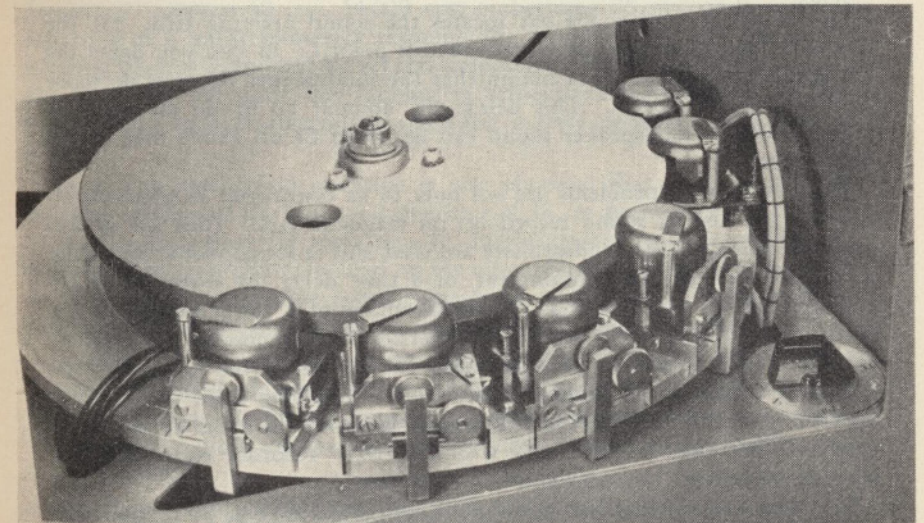


Fig. 5 Beispielsweise Kopfanordnung eines Gerätes
Fig. 5 Example for Arrangement of Heads of a Unit.

A Time Delay Unit for Continuous Operation

by

H. PETZOLDT

The different velocity of propagation of sound waves in the air and its converted energy in the wire often leads to difficulties in electroacoustics.

Time delay may result, which is causing a washing of the sound pattern or even double hearing.

These delay time situations are shown at fig. 1. The location of the original sound source and of the microphone is indicated with D. In case the distance between D and the loudspeaker L is > 17 m a double hearing is existing for the listener at position H (fig. 1a). This happens also at systems with loudspeakers arranged decentralized, when distances between the loudspeakers are given as it is demonstrated at fig. 1b. Here it is provided that the loudspeaker L 1 is still audible at point H 3. Delay time differences may also alter the impression of direction. At fig. 1c it is shown that the distance between the listener H and loudspeaker L is smaller than his distance to the original sound source D. Here one has to presume that the sound energy of L is more intensive than that of D, otherwise the loudspeaker would be useless.

Due to the fact that the ear locates the sound arriving first, for the listener H the sound source moves towards point L. In case you delay the loudspeaker sound, you can obtain that the loudspeaker becomes no more perceived (Haas-effect). This delay can amount up to 30 ms and the intensity of the loudspeaker sound can be up to 10 dB above that of the original sound.

These delay time problems are not only to be considered at transmission systems, but also at sound recordings on magnetic tape. They are of importance when mixing-loudspeakers are used and at stereophonic recording and reproduction. The obtainment of a time delay by insertion of an acoustical delay time unit has the disadvantage of a lower quality of reproduction, caused by the repeated conversion from acoustical into electrical waves and reverse. More profitable is the use of the magnetic tape recording technique. A definite delay time is resulting from the distance between recording- and reproduction head, given by the speed of the sound carrier. This can be performed with any tape recorder equipped with separate recording- and reproduction amplifiers.

Provided that the smallest necessary delay period shall be 30 milliseconds and that, due to reasons of designing, the distance recording head-reproduction head amounts to approx. 2 cm, 29 000 tape passages are resulting in 24 hours at a tape speed of 33 cms⁻¹ and of tape length of 1 m. Normally one calculates on a tape durability of 1000 . . . 1500 passages.

Due to the high amount of passage the tape breaks very often, especially at the splicing point. Furthermore the magnetic heads are wearing out soon due to their direct contact with the magnetic layer.

The new delay-time unit manufactured by Telefunken has brought considerable improvement. Its principle is shown at fig. 2. On the edge of the turning plate S a magnetizable layer was put-on. The magnetic heads are arranged at a distance of approx. 30 microns from the layer. Hereby any abrasion of heads and layer is avoided. The recording head SK and the erasing head LK are connected to the recording amplifier with erasing frequency generator AV.

The reproduction head is arranged adjustable on a circuit plate, so that different delay periods can become adjusted. They are resulting from the angle α (25 . . . 318°) and the circumferential speed of the plate S.

The equalization of reproduction is performed with the reproduction amplifier WV. Fig. 3 shows the delay-time unit T (front panel removed) with the amplifiers AV and WV. mounted into a rack. VV and LV are microphone- and monitoring- amplifiers which are not belonging to the delay-time unit directly.

The rate of revolutions of the plate is changeable. Normally the units are delivered ex works with layer speeds of 0.8 or 2 m/s. Herewith delay-times between 30 mseconds and 390 mseconds are obtained at a linear frequency response 50 . . . 14 000 cps, or between 75 mseconds and 975 mseconds at a linear frequency response 50 . . . 6 000 cps. The axle of the rotating plate is supported by several precision ball-bearings running in oil, the other moving parts are running in self-lubricating bearings, so that maintenance even at continuous operation is only necessary in periods of a year.

By a high mechanical precision it was obtained that, for instance, the eccentric motion of the plate at a diameter of 28 cm amounts to a maximum of 3 microns, otherwise variations of amplitude can become audible. A moving of the reproduction head on the circumference of the tight mounted head carrier plate is also possible inside an angle of 90° without readjustment of the distance from the magnetic layer being necessary.

By means of test keys at the recording amplifier the high frequency erasing current and the biasing current can be controlled by the indicator tube EM 84. In case the erasing frequency generator breaks down, or the erasing current becomes too low, a relay switches the unit automatically over to "undelayed".

The input sensitivity of the recording amplifier amounts to 450 mV at an impedance of 2 kohms, the output of the reproduction amplifier has an impedance of 60 ohms. The output voltage is controllable and amounts to a maximum of 5 V, so that the unit can be used in each electroacoustical system, as far as the circuit technique is concerned.

The unit can further become equipped with several reproduction channels in case different delay-times shall be produced. To each channel belongs a reproduction head HK and a reproduction amplifier WV. Each amplifier AV and WV has its own power supply part. A limit for the amount of heads is only given by their mechanical dimensions and the space available on the circle.

For special purposes the unit can also be used for production of delay-times < 30 mseconds.

For this purpose two recording channels are to be used, as it is shown at fig. 4.

The two recording amplifiers AV are switched in parallel in their inputs. In case the distances of the two reproduction heads from the recording heads belonging to them are equal ($\alpha 1 = \alpha 2$), channel K 2 is undelayed against channel K 1. If you enlarge the distance $\alpha 2$ on the circular path 1 mm, K 2 is delayed 0,5 ms against K 1. This corresponds to a sound delay-way difference of 17 cm.

Fig. 5 shows as an example the unit equipped with erasing head, recording head and 4 reproduction heads. For adjustment of the delay periods a scale for adjusting is delivered with the unit, from which the angle degrees and delay-times referred to the circumferential speed, can be seen at the adjustment of the heads.

From these explanations one can see, that this new unit is not only suitable for delay of sound in loudspeaker systems, but also can be used for production of other acoustical effects, such as echo and reverberation effect, and also for several hearing-physiological purposes.

Literature:

- Haas, H. About the Influence of a Single Echo on the Acoustics of Speed. *Acustica* 1 (1951) page 49—58.
- Hepper, H. A Delay-time Unit for Operation Free of Maintenance *Telefunken-Zeitung* Jhrg. 31 (Sept.1958) Edition 121, page 200—202

Die Entzerrung von Magnettonanlagen

von

F. HAMMON

Das Kernstück einer Magnettonanlage besteht aus einem Aufzeichnungsorgan, dem Sprechkopf, der das zur Magnetisierung notwendige Feld liefert, aus dem magnetisierbaren Tonträger, meistens ein Tonband, und aus dem Abtastorgan, das die auf dem Tonträger liegende Magnetisierung in elektrische und damit verstärkbare Spannungen umwandelt.

Eine solche Anlage ist zunächst alles andere als frequenzlinear, d. h. es darf keinesfalls erwartet werden, daß, wenn dem Sprechkopf konstanter Strom über den ganzen Frequenzbereich zugeführt wird, bei der Wiedergabe an den Klemmen des Hörkopfes konstante Spannung erhalten wird. Hierfür sind anzuführen:

1. Die Bandflußdämpfung auf der AufnahmeSeite,
2. Das Induktionsgesetz,
3. Die Hörkopfverluste auf der Wiedergabeseite, die sich in die Spalt- und die Wirbelstromverluste aufteilen. Letztere können vernachlässigt werden, da sie mit modernen Hörköpfen nicht mehr als 1 dB betragen.

Hält man den Strom durch den Sprechkopf bei Änderung der Frequenz konstant, so bleibt, von tiefen Frequenzen ausgehend, zunächst bis zu einer Wellenlänge von etwa 0,35 mm der remanente Bandfluß Φ_B konstant. Mit kleiner werdenden Wellenlängen nimmt jedoch der Bandfluß etwa nach der gezeichneten Kurve (Abb. 1) ab. Diese Bandflußdämpfung ist von den Eigenschaften des verwendeten Tonbandes, des Sprechkopfes, sowie von der Größe des eingestellten Vormagnetisierungsstromes abhängig und beträgt beispielsweise für Magnetophonband BASF bei 9,5 cm/s Bandgeschwindigkeit und betrieblichem Arbeitspunkt bei 10 kHz ca. 40 dB, bei 19 cm/s Bandgeschwindigkeit 23 dB und bei 38,1 cm/s Bandgeschwindigkeit 14,5 dB.

Als zweite Ursache der nicht frequenzlinearen Übertragung wurde das Induktionsgesetz bei der Wiedergabe genannt. Nimmt man an, daß der Bandfluß Φ_B bei allen auf dem Band aufgezeichneten Frequenzen gleich groß ist, dann induziert dieser Fluß in der Wicklung des Hörkopfes nach dem Induktionsgesetz eine Spannung, die proportional der Frequenz f ist (Abb. 2a). Je höher diese ist, um so größer ist die Spannung an den Klemmen des Hörkopfes. Dieser Umstand ist für die Entzerrung von Vorteil, da die durch die Bandflußdämpfung herabgesetzten Amplituden der hohen Frequenzen auf diese Weise wieder angehoben werden.

Diesem Vorgang bei der Abtastung ist aber noch ein weiterer überlagert. Bei kleineren Wellenlängen (hohen Frequenzen) macht sich die Spaltbreite des Hörkopfes unangenehm bemerkbar, wenn diese sich nicht mehr wesent-

lich von der ausgezeichneten Wellenlänge unterscheidet. Die abgetastete Spannung wird zu Null, wenn die Spaltbreite gleich der Wellenlänge oder ein ganzzahliges Vielfaches von ihr ist. Diese Dämpfung findet ihren mathematischen Ausdruck in der Spaltfunktion und hat etwa den in Abb. 2b gezeichneten Verlauf. Je nach Spaltbreite und Bandgeschwindigkeit verschiebt sich diese Kurve nach links oder rechts. Bei einer Wellenlänge vom 2-fachen der Spaltbreite beträgt der Verlust schon etwa 4 dB, bei einer Wellenlänge vom 1,5-fachen der Spaltbreite erhöht sich der Verlust bereits auf ca. 10 dB. Die Abb. 2c gibt den mit der Spaltfunktion S korrigierten Verlauf der Hörfopfspannung U_{KH} nach dem Induktionsgesetz, also die tatsächliche Klemmenspannung am Hörfopf, wieder.

Bei der Übertragung eines Schallereignisses über eine Magnettonanlage sind die oben genannten Frequenzgänge so zu entzerren, daß bei konstanter Spannung am Eingang der Anlage konstante Spannung am Ausgang über dem gesamten zu übertragenden Frequenzbereich erhalten wird. Man schaltet zu diesem Zweck vor den Sprechkopf den 'Aufsprechentzerrer' und hinter den Hörfopf den 'Wiedergabeentzerrer'. Die Benennung der Entzerrer erfolgte nach ihrer Lage und nicht nach ihrer Aufgabe. Die Benennung 'Aufsprechentzerrer' soll also nicht heißen, daß dieser den bei der Aufzeichnung entstehenden Frequenzgang völlig entzerrt, bzw., daß der Wiedergabeentzerrer den Frequenzgang, wie er durch das Induktionsgesetz und die Spaltfunktion bestimmt wird, linearisiert. Eine solche Aufteilung würde zu einer Übersteuerung der Höhen bei der Aufzeichnung führen. Man legt aber auch nicht die gesamte Entzerrung in den Wiedergabeentzerrer. Dies wiederum würde nämlich zu einer zu starken Anhebung des Bandrauschens und Rauschens der Vorstufe führen. Vielmehr hat man sich so geeinigt, daß der Wiedergabeentzerrer außer der Entzerrung des Frequenzganges, wie er auf der Wiedergabeseite durch das Induktionsgesetz und die Spaltverluste entsteht und die leicht errechenbar sind, auch noch einen Teil der Verluste, die bei der Aufzeichnung entstehen, mit ausgleicht.

Für den Verlauf des nach der Aufnahme auf dem Tonband verbleibenden Bandflusses, den der Wiedergabeentzerrer noch entzerren muß, wählte man eine einfache, mathematische Funktion, die sich physikalisch leicht realisieren läßt und zwar in Form einer Parallelschaltung eines Widerstandes mit einem Kondensator. Der Verlauf des Scheinwiderstandes dieser Parallelschaltung findet reinen mathematischen Ausdruck in der Zeitkonstantenfunktion

$$A = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

RC wird Zeitkonstante genannt.

Aus Abb. 3a ist der Verlauf ersichtlich. Wegen der Unterschiede der Wellenlängen bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten und gleichen Frequenzen wurde für 38 cm/s Bandgeschwindigkeit als Zeitkonstante 35 μs gewählt, für 19 cm/s und 9 cm/s der Wert 100 bzw. 200 μs .

Für die Herstellung solcher normgerechten Aufzeichnungen ist der Aufsprechentzerrer so einzustellen, daß er mit den auf diesen Anlagen verwendeten Tonbändern, Sprechköpfen und mit dem gewählten Arbeitspunkt (Vormagnetisierung) die Differenz zwischen der vorgeschriebenen Bandflußkurve und der tatsächlichen sich ergebenden Bandflußdämpfung ausgleicht. Im allgemeinen verläuft die Bandflußkurve unter der Zeitkonstantenkurve, so daß eine Anhebung des Sprechkopfstromes bei hohen Frequenzen notwendig wird (Abb. 5). Da die hohen Frequenzen im allgemeinen mit kleineren Amplituden im Schallspektrum vorkommen, kann eine maßvolle Anhebung gefahrlos durchgeführt werden. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die für die verschiedenen Bandgeschwindigkeiten genormten Zeitkonstanten in den Wiedergabeentzerrungen und die sich daraus für den Aufsprechentzerrer ergebenden Sprechstromanhebungen für ein Magnetophonband BASF, einen Durchschnittssprechkopf und einen betrieblich günstigen Arbeitspunkt.

Tabelle 1 Aufsprechanhebung

Bandgeschw. cm/s	RC μs	1 kHz dB	6 kHz dB	10 kHz dB	15 kHz dB
38	35	0	2	6	9,5
19	100	0	1,5	8,5	12,5
9	200	0,5	8	20	—

Der Bandfluß auf dem so aufgesprochenem Band entspricht jetzt der Zeitkonstantenkurve, in Abb. 4a nochmals gezeichnet; die Wiedergabe eines Bandes mit konstantem Fluß würde der Abb. 2c, in Abb. 4b wiederholt, entsprechen. Eine Zusammenfassung dieser zwei Kurven also, Abb. 4c, zeigt den Frequenzgang mit Aufnahme-, aber ohne Wiedergabeentzerrung. Zu einem geradlinigen Frequenzgang ist also Wiedergabeentzerrung immer noch notwendig: die Entzerrungskurve ist also einfach die Umkehrung der Abb. 4c (sie ist in Abb. 6 dargestellt).

Für die Studiopraxis ist die Bestimmung der notwendigen Entzerrung durch Berechnung der verschiedenen Funktionen jedoch immer noch zu umständlich. Zur Vereinfachung der Einstellung der Entzerrer werden deshalb Bezugsbänder hergestellt, deren Bandfluß über den Frequenzbereich nach der vorgeschriebenen Zeitkonstanten-Funktion abnimmt und dem Techniker so nurmehr die Aufgabe zufällt, seinen Wiedergabeentzerrer bei der Wiedergabe des Frequenzganges auf konstante Ausgangsspannung einzustellen und anschließend die Sprechstromanhebung im Aufsprechentzerrer unter den gewählten Betriebsbedingungen (Sprechkopf, Tonband, Vormagnetisierungsstrom) so zu regeln, daß nun auch über die gesamte Magnettonanlage gerader Frequenzgang erhalten wird.

Equalisation of Tape Recording Installations

by

F. HAMMON

The heart of a tape recording installation consists of the recording head to deliver the magnetising field, of the tape to be magnetised, and of the playback head to convert the tape's magnetisation back into electrical voltages which can be amplified.

Such an installation has anything but a flat response to begin with: if the recording head receives constant current over the whole frequency range, there is absolutely no reason to expect to see constant voltage at the reproducing head's terminals during playback. The reasons for this are:

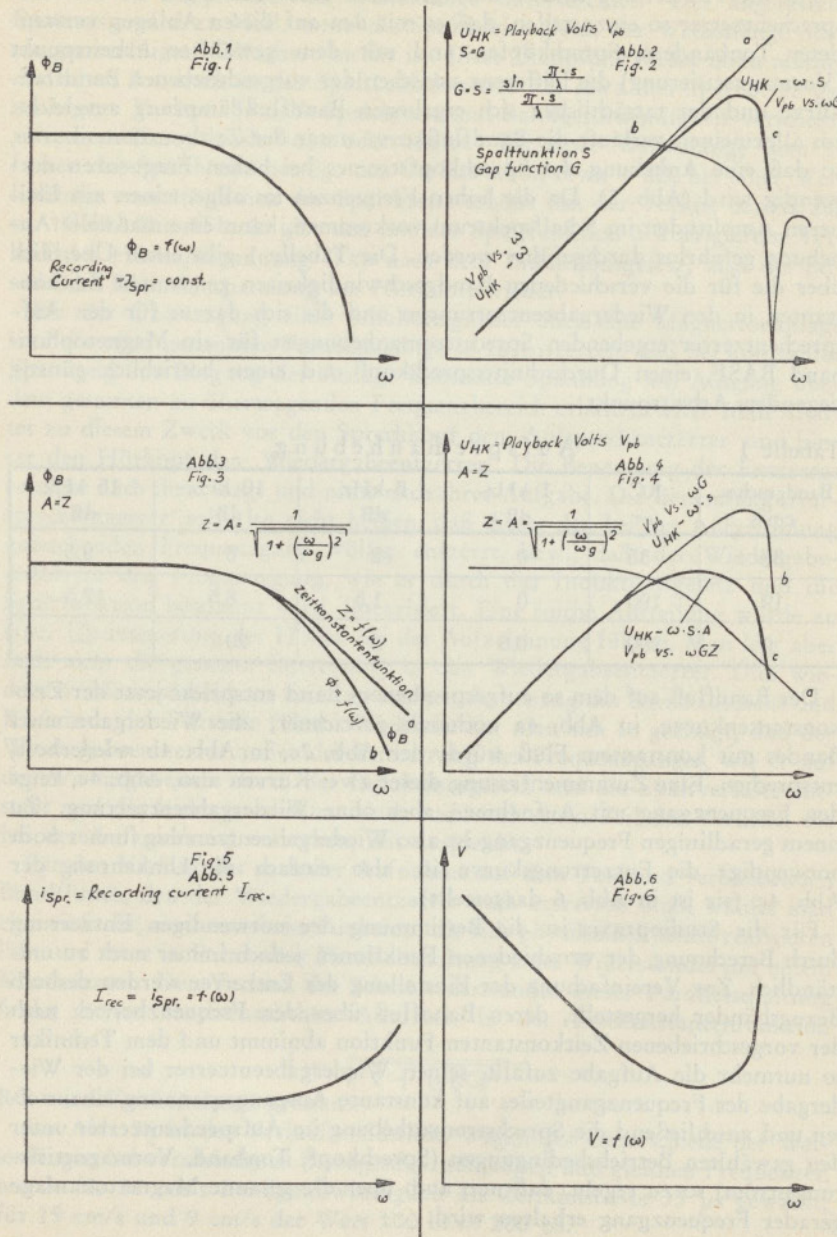
1. falling off of tape flux with frequency during recording,
2. the law of induction,
3. playback head losses, which can be classed into gap losses and eddy current losses, the latter being negligible, as they amount to not more than 1 db in modern playback heads.

Constant current with changing frequency at the recording head keeps the remanent flux Φ on the tape constant with wavelengths down to about 0.014", but with shorter wavelengths the tape flux decreases as shown in Fig. 1. This fall-off of tape flux depends on the tape, the recording head, and the bias; in the case of B.A.S.F. tape it amounts to about 40 db at 3³/₄ ips., 23 db at 7¹/₂ ips. and 14.5 db at 15 ips., at 10 Kc/s under normal operating conditions.

The law of induction states that if the tape flux Φ is constant at all frequencies, it will induce in the playback head winding a voltage proportional to the frequency f (Fig. 2, curve *a*). This helps to counteract the fall-off of tape flux mentioned in the previous paragraph.

In addition to this, the head gap makes itself unpleasantly felt when it approaches the wavelength in order of magnitude: the induced voltage drops to zero when the head gap is a multiple of the wavelength, as shown in curve *b* of Fig. 2, as the gap function. Depending on the gap width and tape speed, this curve shifts to the left or right. When the wavelength is already twice the gap width there is a loss of about 4 db, and at 1¹/₂ times the gap width it has risen to 10 db. Curve *c* of Fig. 2 is a combination of curves *a* and *b*, giving the playback head voltage against frequency when the tape flux is constant.

For flat frequency response over the whole installation, these two response curves must be equalised so that constant voltage at the input produces



constant voltage at the output over the whole frequency range. A recording equaliser or pre-equaliser is therefore put into the circuit before the recording head and a playback equaliser or post-equaliser after the playback head; these are named not in accordance with their task but their position: full equalisation or pre-emphasis of the recording by the pre-equaliser so as to produce constant flux would overload the treble while full post-emphasis would also raise tape noise and thermal noise in the preamplifier stage more than necessary. Therefore a standard of equalisation was agreed upon whereby post-emphasis corrects not only the induction and gap losses, both of which are easily calculated, but also a part of the recording losses.

The curve which was chosen for the recorded flux against frequency, and which must be post-equalised together with induction and gap losses, is a simple mathematical function easily obtained in practice by a resistor and capacitor in parallel, whose impedance together is

$$Z = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

where RC is the time constant.

This impedance is plotted as a function of the frequency in Fig. 3, curve *a*. The time constants chosen for 15, 7½ and 3¾ ips. are 35, 100 and 200 µs respectively.

A recording following the standard curve will result if the pre-equaliser corrects the difference between this curve and the actual tape flux obtained with the tape, recording head and operating bias used. The tape flux response (Fig. 3, curve *b*) is in general below the time constant curve (curve *a*), necessitating an increase of recording head current in the treble; Fig. 5 shows the difference between curves *a* and *b* of Fig. 3. Now since high frequencies are almost always represented by small amplitudes in the frequency spectrum, such an increase is harmless. Table 1 shows the treble increase necessary for B.A.S.F. tape.

Table 1
Treble increase

Tape speed ips.	RC µs	1 Kc/s db	6 Kc/s db	10 Kc/s db	15 Kc/s db
15	35	0	2	6	9.5
7½	100	0	1.5	8.5	12.5
3¾	200	0.5	8	20	—

The flux recorded on the tape now follows the time constant curve, repeated at *a* in Fig. 4; playback of a flat tape would follow curve 2c, which

has been drawn again, for convenience, in Fig. 4 at *b*. Therefore a combination of these two curves, Fig. 4c shows the response obtained with pre-emphasis but no post-emphasis. Post-emphasis is therefore still necessary for a flat response all through, and this is simply the inversion of curve 4c, drawn in Fig. 6.

For the studio staff such calculation of equalisation is still too involved and laborious and would waste valuable recording time. For this reason standard alignment tapes are manufactured; the frequencies recorded on them follow the standard time constant curve and all the technician has to do is to adjust his post-emphasis until the alignment tape gives him flat playback and then, with a sample of the tape he intends to use and with the desired bias, adjust the pre-emphasis until the response is again flat.

Yannis Xenakis

ACHORRIPSIS für Orchester (21 Instrumente)

Spieldauer: ca. 7 Minuten

BESETZUNG: Kl. Fl., Ob., Klar., Baßklar., Fag., Kontrafag., 2 Trp., Pos., Xyl., Holzblock, gr. Trommel, 3 Violinen, 3 Violoncelli, 3 Kontrabässe

Uraufführung: 24. August 1958 Buenos Aires. Teatro Colon;
Dirigent: Hermann Scherchen

Europäische Erstaufführung: 9. September 1958 Darmstadt, Internationale
Ferienkurse; Dirigent: Ernest Bour

Kommende Aufführung: 2. März 1959 Köln, Westdeutscher Rundfunk;
Dirigent: Hermann Scherchen,
Mai 1959 Florenz, Maggio Musicale;
Dirigent: Hermann Scherchen

Taschenpartitur 5.- DM

Orchestermaterial leihweise

BOTE & BOCK Berlin/Wiesbaden

Zum Verhältnis von Musik und Technik heute

von
THEODOR W. ADORNO

I

Die griechische Bedeutung des Wortes *Technik* verweist auf deren Einheit mit der Kunst. Ist diese die auswendige Darstellung eines Inwendigen, ein Sinnzusammenhang der Erscheinung, so fällt unter den Begriff der Technik alles, was sich auf die Realisierung jenes Inwendigen bezieht. In der Musik ist das ebensowohl die des geistigen Gehalts in den Noten wie die durch sinnlich hervorgebrachte Klänge: Produktion also und Reproduktion. Die Totalität aller musikalischen Mittel ist musikalische Technik: die Organisation der Sache selbst und deren Übersetzung in Erscheinendes. Das Wort Technik mahnt dabei ans von Menschen Hergestellte jenes Sinnzusammenhangs, an ein wie immer auch geartetes Subjekt; zugleich ans Moment des Könnens, Gelingens, Funktionierens, auf das die Organisation des Gebildes zielt. Sie sublimiert sich schließlich zu seiner Objektivität, zu einer Gesetzmäßigkeit, die ihm, kraft eben der konstituierenden Subjektivität, den Aspekt des Ansichseins verleiht. Zum Sinnzusammenhang wird das Kunstwerk vermöge seiner technischen Organisation; nichts an ihm, was nicht als technisch notwendig sich legitimierere. Alle Rede von bloßer Technik ist kunstfremd.

Gehalt und Technik sind identisch und nichtidentisch. Nichtidentisch, weil das Kunstwerk sein Leben hat an der Spannung von Innen und Außen; weil es Kunstwerk wird einzig, indem seine Erscheinung über sich hinausweist. Das Kunstwerk ohne Gehalt, der Inbegriff seines bloßen sinnlichen Da, wäre nichts anderes als ein Stück jener Empirie, deren Gegensatz noch als Rationales und Entzaubertes das Kunstwerk bildet. Die unvermittelte Identität von Gehalt und Erscheinung höbe die Idee von Kunst selber auf. Dennoch sind beide auch identisch. Denn in der Komposition zählt nur das Realisierte. Philiströs ist die Vorstellung eines gleichsam fertigen, an sich seienden geistigen Gehalts, der mit Hilfe einer nicht minder dinghaft konzipierten Technik nach außen projiziert würde. Innen und Außen erzeugen sich wechseltätig. Keineswegs ist das Äußere, wie die Phrase vom Geist es will, der sich den Körper baut, bloß von innen her determiniert. Musik kennt ebenso gut den entgegengesetzten Weg. Der Geist Debussys und Ravel's, die kreatürliche Trauer des sinnlichen Glücks wäre nicht Kunst ohne die Verfallenheit an die sei's auch gebrochene Lust des Erklingenden. Das gilt aber für das Verhältnis der Technik zum Gehalt insgesamt. Was Schumann an nie zuvor Gehörtem, Abgründigem in die Musik brachte, verdankt sich nicht nur historisch den Entdeckungen, die er an der Technik der Klaviergriffe machte, sondern ist wesentlich, als neue Dimension geistig musi-

kalischer Erfahrung, gebunden an den Klaviersatz. Er selber meinte einmal, der Unterschied seiner früheren und späteren Arbeiten liege darin, daß er in jenen versucht hätte, spezifisch dem Instrument das seine zu geben, in diesen aber dagegen gleichgültig geworden sei. Die Beschreibung mag zutreffen, die Qualität der Kompositionen zeugt gegen die Bahn, die Schumann einschlug. Seine Musik war inspiriert, wo er vom Klavier sich inspirieren ließ. Analog steht es, in fortschreitendem Maß, um alle Musik.

Daß in der Musik Gehalt und Technik identisch und nichtidentisch seien, sagt nicht weniger, als daß der Begriff der Technik seine eigene Dialektik einschließt. Auf diese verweist, daß das Wort Kompositionstechnik, wie alt auch die Sache sein mag, neueren Datums, kaum vom neunzehnten Jahrhundert gebräuchlich ist. Es kommt auf erst mit der künstlerischen Selbstreflexion des Komponierens, dem Bewußtsein fortschreitender Beherrschung des Tonmaterials durch die kompositorische Intention, der anwachsenden Freiheit in der Verfügung über die Mittel, die eben damit sich verselbständigen. Dieser Fortschritt vollzieht sich gleich jeglichem der Rationalisierung, kraft fortschreitender Arbeitsteilung: indem neue Materialschichten erobert, als Sondergebiete spezialistisch gepflegt, dann in die Einheit des ästhetischen Sinnzusammenhangs hineingezogen werden. Diese neuen Sektoren entstanden zunächst außerhalb der eigentlichen kompositorischen Praxis; bei Bach etwa noch herrscht eine gewisse Beliebigkeit der instrumentalen Realisierung gegenüber dem Kompositionstext. Techniken im engeren Sinn gediehen meist neben dem Kompositionsverfahren selbst, zusätzliche Wirkungen, Effekte wie jene, welche die Instrumentationslehre von Berlioz bei Gluck und Weber rühmt. Dies nach außen gewandte, gewissermaßen kommunikative Element der Musik dringt dann ins Innere ihres Formgesetzes. Nicht mehr bloß der musikalische Sinn wird gestaltet, sondern die musikalische Wiedergabe, die Reproduktion, mitkomponiert. Die Aufführung ist seit Berlioz virtuell in die Hände des Komponisten gegeben, damit bereits die Spannung von Text und Aufführung herabgesetzt. Diese Errungenschaft aber impliziert negativ: daß die Aufführung, das Mittel, den Primat über das erlangt, dem sie dienen soll, die Komposition. Kompositionstechnik als Reflexion auf Mittel, welche vom Zweck zunächst unterschieden waren, ursprünglich wohl eins mit der Behandlung des instrumentalen Parameters als einer besonderen, aus der Reproduktion kommenden Kunstfertigkeit, sedimentierte sich erst in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts als Teil der Komposition. Die Technifizierung des musikalischen Kunstwerks reift heran mit der Einbeziehung von Techniken, die exterritorial, im Zuge der technischen Gesamtentwicklung sich herausgebildet hatten. So war das Ventilhorn, die entscheidende Bedingung von Wagners kompositorischer Instrumentationskunst, längst verfügbar, ehe seine kompositorische Stunde schlug, zu schweigen vom Saxophon. Der Begriff musikalischer Technik kompliziert sich in einer dem Film

vergleichbaren Weise. Mittel, die primär gar nicht aus dem Komponierten flossen, werden zu dessen Erweiterung rezipiert, melden damit aber sogleich auch ihre eigenen Forderungen an, so daß ein gleichsam Außerästhetisches normativ im Ästhetischen sich einrichtet. Die Einheit der Epoche, schließlich die der gesellschaftlichen Gesamttendenz, setzt über die Köpfe der Kunstwerke hinweg in diesen sich durch. Das ist das dialektische Bewegungsgesetz der Technifizierung des Kunstwerks. Es ist das seiner steigenden Integration und seiner Selbstentfremdung. Integration: weil Technifizierung es erlaubt, immer mehr Sektoren, die einmal neben der ästhetischen Gestalt angesiedelt waren, in diese hineinzureißen und der Einheit zu unterstellen. Selbstentfremdung: weil solche Totalität an einem selber Spezialisierten, den vergegenständlichen, vom Gehalt abgespaltenen Mitteln sich mißt und jener Subjektivität sich entgegenstellt, ohne welche ästhetischer Gehalt nicht kann gedacht werden. Je vollständiger der Zweck die Mittel sich unterjocht, desto drohender wird die Herrschaft der Mittel über den Zweck: ästhetische Dialektik von Herr und Knecht. Desingration gesellt sich, im Falschen, jeglicher Integration. Sie läßt jenes Moment im Ganzen bloß verschwinden, das erst als darin aufbewahrtes das Ganze zum Ganzen machte.

Prototypisch für all das war Berlioz, das Urphänomen der Moderne in der Musik, der erste, in dem die Kontinuität der Tradition ebenso wie die des musikalischen Gefüges selber in Stücke brach. Er hat kompositorische Technik im prägnanten Sinn, als ihrer selbst bewußte Verfügung über eine bis dahin der Unwillkürlichkeit überlassene Materialschicht, die der instrumentalen Realisierung, geschaffen. Zugleich war bei ihm als dem ersten bedeutenden Komponisten — sieht man etwa von Gluck ab — die Kompositionstechnik, die Fähigkeit zur einheitlichen, kohärenten, durchgebildeten Gestaltung, brüchig. In seiner Musik als der frühesten aus neuerer Zeit erscheint musikalischer Sinnzusammenhang und musikalischer Sinn selber dubios. Der erste Techniker der Musik war als erster kein guter Musiker mehr: instrumentale Organisation, kompositorische Desorganisation sind bei ihm komplementär. Genau daran hängt seine moderne Wirkung. Die Explosion des Sinnes in der Verfügung über das Erscheinende, der Schock definiert seinen Gehalt: Negation des Sinnes wird zum Sinn wie im Positivismus die Negation der Philosophie zur Philosophie. Daß seine Programmusik einen Opiumrausch schildern wollte, ist keine romantische Schrulle, sondern die Wahrheit über die beginnende Krisis der musikalischen Logik. Nicht in Wagner setzt jene Krisis sich fort sondern in Richard Strauss, wo Technifizierung und Überraschungstechnik, also permanente Suspension des Sinnzusammenhangs, der musikalischen Logik, zusammengehen. Seit Musik emphatisch am Fortschritt — dem industriellen — teilhatte, also seit der Symphonie Phantastique, muß sie gleich der gesamten industriellen Gesellschaft auch den Preis des Fortschritts zahlen.

Trügt nicht alles, so hat diese Entwicklung heute ein Extrem erreicht. Die Trennung von Technik und Komponiertem, die bei Berlioz, Liszt, Strauss so unschuldig-provokativ hervortrat, ward abgeschafft. Alle musikalischen Sektoren sind kraft rationaler Verfügung zu kompositorischen Momenten geworden und aufeinander bezogen: seit der Zwölftontechnik ist das als Telos des Komponierens durchsichtig. Die integrale Organisation des musikalischen Textes hat von diesem her zunehmend die Variationsbreite des Interpretierens verengt und möchte, ihrer Idee nach, der Interpretation selber ans Leben. Gegenüber Notentexten, in denen jede Note, jede Gestaltqualität tendenziell eindeutig bezeichnet ist, wird der Wunsch nach Interpretation obsolet. Angesichts solcher Musik zeichnet das stumme Lesen in genauer Imagination als wahres interpretatives Ideal sich ab. Das integral komponierte Werk als zugleich integral bezeichnetes ist schon seine eigene Realisierung. Umgekehrt nähert die Entfaltung der mechanischen Mittel der Reproduktion, die wie in der bildenden Kunst Musik unabhängig von der ephemeren Aufführung und ihren zufälligen Elementen zu fixieren gestatten, entscheidend die Reproduktion der Produktion an. Die technologische Entwicklung, als zunächst extramusikalische, dann von der kompositorischen Intention überwachte, konvergiert mit der innermusikalischen. Werden die Werke zur eigenen Reproduktion, so ist absehbar, daß die Reproduktionen zu den Werken werden. Mit der absoluten klanglichen Verwirklichung eines Komponierten, durch elektronische Mittel, vielleicht auch schon durch die vollkommene Aufnahme auf Band oder Draht, meldet sich Zweifel an der Niederschrift eines Notentextes an: als könnte man die Musik unmittelbar so musizieren, wie man ein Bild malt, und die signifikative Zwischenschicht, die Schrift, wie eine ornamentale Umständlichkeit einsparen. Damit mindert die Spannung von Technik und Gehalt notwendig sich weiter. Je weniger mehr musikalische Darstellung Darstellung von etwas bleibt, desto mehr scheint der Inbegriff der Mittel übereinzukommen mit dem des Dargestellten selber. Versuche, dem gegenüber Dargestelltes, Geist, Sinn einem von der Technifizierung ausgenommenen Sonderressort vorzubehalten, sind mit Ohnmacht geschlagen. Geist, apologetisch kultiviert als eine Branche neben der technischen, verfällt eben damit jenen Mechanismen, denen er zu widerstehen wähnt, und negiert sich selber. Heute vom Geist in der Musik predigen, ist ungefähr so reaktionär, wie es vor fünfzig Jahren war, wenn einer gegen Kandinskys *Geistiges in der Kunst* das sinnlich Wohlgefällige anpries. Geist, Kultur überhaupt sind verloren, sobald sie sich auf sich berufen.

Aber das Kunstwerk als Totalität der Mittel ist nicht besser daran, nicht minder gefährdet als das des konservierten Geistes. Die legitime Forderung des Materialgerechten, die das Kunstwerk ganz schwer nimmt, indem sie nichts ihm zurechnet, als was es durch die eigene Gestalt verbürgt, und am Ende das alte Urteil über den Überschuß der allegorischen Intention

vollstreckt, kehrt sich gegen die Stimmigkeit des Zusammenhangs, ihr eigenes Idol. Der Zusammenhang, der in nichts mehr besteht als in Relationen, auf die man den Finger legen kann, hört auf, einer zu sein. Er zersetzt sich in die Elemente, die er ohnmächtig, abstrakt subsumiert. Die verifizierbare Richtigkeit in der Komposition, zum Absoluten erhoben, geht auf Kosten eines Wahrheitsgehalts, der nirgends außerhalb des Gebildes zu suchen ist und doch in dem Augenblick sich verflüchtigt, da das Gebilde in der Immanenz seines Tatbestandes sich erschöpft. Wie in einem von Verwaltung total erfaßten Gemeinwesen alle Elemente ineinander greifen, wie jedes darin für jedes lückenlos funktioniert, aber keines mehr weiß, wofür es insgesamt funktioniert; wie keines mehr zurückempfängt, was es unterm Zwang der universalen Identität von allem mit allem von seinem nicht-identischen Wesen abgab, so empfangen die Einzelimpulse nichts zurück von dem, was sie zum Ganzen treibt. Da aber das künstlerische Ganze sein Wesen hat an der Wechselwirkung mit den Teilen, so resultiert Leerlauf, sobald die Wechselwirkung ausbleibt zugunsten der Vorentschiedenheit fürs Ganze. Die widerstandslose Anpassung an technische Möglichkeiten liquidiert das, um dessentwillen Anpassung gesucht wird, die Selbsterhaltung des Komponierten. Musikalische Technik und Gehalt, ganz ineinander gelegt, fressen sich gegenseitig auf wie die zwei Löwen aus dem alten Witzblatt. Außermusikalische Technik fungiert nicht länger als Korrektiv in der Sache und wird zur einzigen Instanz. Der Fetischismus der Mittel, auf welchen ohnehin die gesamte offizielle Musikkultur hinausläuft, triumphiert noch in deren avantgardistischen Feinden. Die Integration von Technik und Gehalt auf ihrer Höhe wird zur Reprise ihres starren Dualismus. Der Habitus wiederererungener Objektivität trägt. Die Vertreibung des subjektiven Moments aus der dinghaft gegenständlichen, nicht unmittelbar vollziehbaren, bloß in abstrakten Entsprechungen sich bewährenden Konstruktion ist kein Akt der Objektivierung. Gerade durch seine Vertreibung wird der Subjektivismus bewußtlos auf die Spitze getrieben, die naturbeherrschende Veranstaltung, die das versteinerte Resultat ihrer Manipulationen anbetet als Sein an sich. Die musikalische Sprache, die sich aus eigener Machtvollkommenheit als schlechthin verbindlich aufwirft und stolz ist zu leisten, was einmal die Tonalität leistete, anstatt dem Glück sich zu überlassen, daß sie jener längst überalterten Allgemeinheit endlich ledig ward — diese Sprache nähert sich dem Galimathias einer von nichts Verbindlichem mehr gezügelten Willkür, der Instaurierung des Abrakadabra als dem Laut der Schöpfung.

Die Desintegrationstendenz des Integralen ist nicht nach ihr äußerlichen Kriterien zu verurteilen, ist kein Verlust irgendwelcher heiliger Güter, auf deren Unveräußerlichkeit sich pochen ließe. Daß alle musikalischen Elemente und Dimensionen aufeinander nivelliert werden, um den vollständigen Sinnzusammenhang, seine Befreiung von jeglichem ihm Fremden,

Heteronomen, in ihm nicht sich Lösenden zu fördern — eben das unterminiert den Sinnzusammenhang. Eine Bestimmung jegliches musikalisch Erscheinenden, die es bricht; die aus einer mit dem Material keineswegs identischen Materialdisposition unerbittlich übers Material ergeht, anstatt dem nachzuhören, wohin das Erscheinende von sich aus will, schneidet inmitten der Determination, in der alles aufeinander bezogen ist, das fort, was verbindet. Auch kompositorisch ist Atomisierung das Komplement der Integration; auch kompositorisch wird ein Verdienst gemacht aus dem Sieg des Gedankens über ein Seiendes, das nicht mehr widersteht und schon nicht mehr ist. Die absolute Notwendigkeit, die eine Notengruppe jetzt und hier aus jenen Noten, jenem Rhythmus, jenen Tonhöhen, Stärkegraden, Farben, womöglich Spielweisen total herauspinnt, die gelungene Subsumtion, verleiht dem einzelnen Phänomen, ohne das in der Zeit explizit Musik nun einmal nicht auskommt, zugleich den Charakter des Beliebigen. Je weniger es anders sein kann, als es ist, desto mehr klingt es, als könne es auch anders sein. Das, nicht ideologische Verluste eines extramusikalischen Gehalts, definiert eigentlich die Krise des Sinnes, in der dessen Integration mit der Technik zu sich selbst kommt.

All das läßt technisch sich greifen. Die Idee der absoluten Identität, die dem technologischen Kunstwerk vorschwebt, ist die der Einheit eines deduktiven Systems, in einem kaum mehr metaphorischen sondern buchstäblichen Verstande: alles, was in einer solchen Musik sich begibt, soll bei möglichstem Ausschluß des Zufälligen aus einer möglichst reduzierten, minimalen Ursetzung abgeleitet werden. Als Ideal wurde einmal formuliert, es müsse in einer seriell ganz konsequenten Komposition bereits durch die Wahl des Ausgangsmaterials das gesamte Stück, bis in den letzten Akzent hinein, vorweg festgelegt sein. Das setzt aber voraus, daß alle musikalischen Parameter auf einen Generalnenner — eben jenes Grundmaterials — gebracht werden können. Unbestreitbar nun, daß alle mit allen zusammenhängen; daß die isolierte Behandlung irgendeiner musikalischen Dimension nicht nur hinter die Entwicklung zurückfällt, sondern auch jeder einzelnen Dimension unrecht tut, insofern eine jegliche nur bezogen auf andere das wird, was sie ist: darin hat endlich die zeitgenössische kompositorische Praxis das Erbe der nach Sparten aufgeteilten Schuldisziplin abgeworfen. Der drastischste Ausdruck dessen ist die Substituierbarkeit der Parameter. Schon vor Dezennien hat Ernest Newman bemerkt, daß etwa die Faßlichkeit sehr komplexer Harmonien durch die instrumentale Disposition hergestellt werden kann. Schönberg hat auf die Substituierbarkeit die Probe gemacht, während der expressionistischen Phase durch die Klangfarbenmelodie, etwa jenes dritte Orchesterstück aus op. 16, wo der bloße Wechsel des Kolorits ineinander fließender Akkorde den Verlauf, die Form zeitigt; später in der Identifikation von Vertikale und Horizontale, von Harmonie und Melodie in der Zwölftontechnik, die freilich selbst nur als Funktion

eines dritten Parameters, des kontrapunktischen, gelingen konnte. Die jüngste Praxis hat diese Tendenz zum Begriff erhoben und zur umfassenden, allseitigen Norm. Dabei ist sie auf die Frage der absoluten Identität der Parameter gestoßen, die theoretisch von Stockhausen mit jener Energie, die bis zum äußersten geht, angepackt wurde. Vielleicht darf man seine Intention auf die Formel bringen, auch die durch Simultaneität und Farbe bezeichneten Parameter, die dem Schein nach zeitlosen also, ließen sich als zeitlich identifizieren. Aber solche Identität der Parameter vermöge ihrer Zeitlichkeit bleibt abstrakt: auch sie sind nichtidentisch zugleich. Gewiß fällt auch die Vertikale in die Zeit; in ihr aber fungiert sie als Gegenkraft, gleichsam räumlich. Darüber hinaus wird von den avanciertesten unter den jungen Komponisten doch wohl anerkannt, daß aus den Intervallverhältnissen nicht eindeutig, einsichtig, realisierbar Zeitverhältnisse, von Tonlängen und Pausen bis zur Form, folgen, so wie umgekehrt die Farben im Phänomen der bruchlosen Kontinuität mit den andern Parametern sich entziehen. Die objektiv physikalische, auch die „tonpsychologische“ Seite ist — die alte Terminologie Ernst Kurths zu zitieren — zu unterscheiden von der spezifisch musikalischen, die Kurth, wohl mit Mißverständnis, musikpsychologisch nannte. Diese begreift die subjektive Vermittlung der musikalischen Phänomene in sich, die so wenig den physikalischen Vorgängen gleichzusetzen ist, wie ein Wahrnehmungsphänomen dem Gehirnvorgang gleicht, der es physiologisch verursacht. Sinnwidrig: falsch wird das technische Kunstwerk überall dort, wo es jene Nichtidentität ignoriert, Ungleichnamiges behandelt, als wäre es gleichnamig; Apfelsinen mit Schreibmaschinen multipliziert. Bloße Analogien in der Behandlung der Parameter einer Komposition verkennen sich als striktes Einheitsmoment, das die Notwendigkeit des Verlaufs garantiere. Was verfemt ist, schleicht sich ein, der Schein. Die Analogie als Mittel ästhetischer Einheit mochte dort legitim sein, wo die Einheit selber nicht buchstäblich sondern als Illusion gemeint war, etwa im Verhältnis von Harmonie und Farbe bei Wagner. Wird aber der Integrationsanspruch rigoros, so steigert sich die Verpflichtung auf Einheit derart, daß, wo das Phänomen sie verletzt, es gegen das eigene Prinzip frevelt und in Beliebigkeit übergeht, mit dem Sinn die Richtigkeit opfert. Die dem musikalischen Phänomen von außen, ohne subjektive Vermittlung oktroyierte, abstrakt mathematisch sich gebärende Notwendigkeit hat Affinität zum absoluten Zufall. Nicht unmöglich, daß die jüngsten „aleatorischen“ Experimente eben das bekunden. In offener Desintegration erlangt das integrale Komponieren produktives Selbstbewußtsein. Es verneint mit dem musikalischen Sinn die eigene *raison d'être*. *Summum ius summa iniuria*.

Will man nicht als Lobredner der Vergangenheit hilflos den Prozeß zurückdrehen, der es dahin brachte, aber auch nicht dem Absurden sich verschreiben, das sein Recht verliert, sobald es aufhört, provokant zu sein,

und als Positivität sich einrichtet, so wird man auf das reflektieren müssen, wovon abhängt, ob der Entwicklung wirklich so zu gehorchen sei, wie ihr diktatorischer Gestus es möchte, der Zweifel weckt an der sachlichen Autorität, die dahintersteht. Das ist aber der musikalische Text. Seiner Auffassung heute liegt die positivistische, übrigens mit dem geistigen Klima der jüngsten Musik seltsam unvereinbare Ansicht zugrunde, er sei Spielanweisung, womöglich ein System von Signalen, zielte auf Kommunikation und „Information“. Daran hängt die unvermittelte Einheit von Komponiertem und Realisierung, das Axiom der absoluten Identität der Parameter, schließlich die Idee der spannungslosen Integration des Kunstwerks. Jene Ansicht vom Text entsteht dadurch, daß, was einmal bloße Darstellung von Musik dünkte, von der Komposition in Regie genommen wird, auch durch jene Konvergenz musikalischer und außermusikalischer Technik, die den Tonmeister und Elektriker zum Komponisten befördert. Hat er erst im musikalischen Produktionsprozeß die Stellung errungen, die er im industriellen besitzt, so eifern die Komponisten ihm nach. All das gehorcht dem Bann jenes ambivalenten Fortschritts, der sich am vermeintlich Buchstäblichen und Faktischen als Garanten von Unwiderleglichkeit mißt auf Kosten des Möglichen, der sich verbeißt in das, was der Fall ist, und damit geheim in eine Regression einschwenkt, in deren Richtung einstweilen die spätindustrielle Gesellschaft insgesamt tendiert.

War jedoch die musikalische Notation ursprünglich einmal keine Spielanweisung, keine Vorschrift, sondern Erinnerungsstütze, Sicherung der Tradition, Objektivierung des Imaginierten, Geistigen, so hat sie davon stets etwas sich erhalten. In der musikalischen Schrift vereinen sich, wie in der Wortsprache, das Moment des Zeichens, das schließlich zur Kommunikation säkularisiert ist, und das des Abbilds, der Ähnlichkeit mit dem Vorgestellten. Nicht nur bildet die musikalische Schrift die Basis der Aufführung, sondern konstituiert auch ein von dieser Unabhängiges, so wie die Wortschrift als stummes Lesen die Bedingung der Objektivierung eines Geistigen ohne Rücksicht auf Übermittlung ist. Wird jenes Moment von Autonomie im musikalischen Text beseitigt, so zergeht die Spannung von Komponiertem, Schrift und Klang zugunsten einer Primitivierung, die durch die Komplexität der Mittel, die für sie entschädigen will, nur desto krasser hervortritt. Das Beste, das droht, vergessen zu werden, und das nicht isoliert gerettet werden kann, findet in der Sache selbst nur dann sich wieder, wenn die kompositorische Energie auf den Notentext als auf die Objektivierung des Subjekts sich richtet, anstatt ans außermusikalische Subjekt oder an manipulierte Objektivität sich zu klammern. Die Einebnung des Komponierten auf sein Erscheinen wäre zu korrigieren nur durch den Primat des Komponierten als einem gespannt der Realisierung gegenüber Tretenden, das nicht ihr sich anpaßt, vielleicht so wenig an sie denkt wie Beethoven an jene „elende Geige“. Dann üben auch die innerkompositorischen Mittel

nicht länger blinde Herrschaft aus: diese Herrschaft selbst ist die des bloß Erscheinenden. Zugleich wäre die volle soziologische Konsequenz aus einer Lage der Musik gezogen, die nur dann das gesellschaftlich Wahre sagt, wenn sie der herrschenden gesellschaftlichen Norm den Gehorsam verweigert, jenem Sein von allem für alles, in dem bloß der Wille derer sich versteckt, die über die Produktion gebieten. Immanente Kritik allein ist das Medium der neuen Qualität. An der Erfahrung der sozialen Unkommunizierbarkeit dessen, was als Totalität des Erscheinenden technische Kommunizierbarkeit als oberste Norm sich wählt; an der Erkenntnis, daß selbst die formale Einbeziehung psychologischer Gesetzmäßigkeiten der Rezeption ins Komponierte, wenn anders sie gelänge, heute nicht vermöchte, der avancierten Musik einverstandene Hörer zu gewinnen, ist zu lernen, daß positivistische Gesinnung ans positiv Gegebene, ans konkrete Verhältnis der Musik zu den Menschen nicht heranreicht. Die Chancen einer Kommunikation des Wahren stünden allein bei einer Musik, die, ohne jener irgend nachzuhängen, sich von der Erscheinung wegzieht und durch Unversöhnlichkeit die überwältigt, denen sie fremd bleiben muß, solange sie ihnen zu Willen ist.

Die fortschreitende Verflechtung von Kunst und Technik ist nicht bloß als unwiderruflich zu akzeptieren. Sie enthält das Potential eines Besseren. Soll Kunst der vom herrschaftlichen Geist verstümmelten Natur zu dem ihren verhelfen, auf Freiheit hin, so einzig in der Befreiung von der Heteronomie der Natur. Dennoch ist das Falsche in der gegenwärtigen technokratischen Praxis nicht zu verschweigen. Dabei läßt sich die verteilte Schwierigkeit nicht umgehen, Kritik zu üben ohne den immer wieder vergeblichen Gestus *Bis hierher und nicht weiter*. Offenbar ist auch das Ungenügen von Vermittlungen und Synthesen wie den von manchen Komponisten mittleren Alters betriebenen, welche ihren Stücken Errungenschaften der radikalen Technisierung als Fermente gegen eigene Veralten beimischen, ohne bis zum Äußersten zu gehen. Wie gut man aber auch strategisch zu wissen meint, wofür und wogegen man ist, so desperat ist die Aufgabe, es bündig zu sagen, und das verrät die Objektivität des Widerspruchs. Denn es ist eine einfache Tautologie, daß sinnloses Komponieren sinnlos sei; Sinn aber, sinnvolles Komponieren ist nicht ein dem unabweislichen integralen Verfahren additiv Hinzuzufügendes. Helfen kann einzig vielleicht die rücksichtslose Reflexion der Sache auf sich selbst, ein technisches sich Abhören der Technik noch dort, wo sie dem selbstkritischen Ohr wie eine Mauer ohne Risse und Griffe entgegentritt. Ist wirklich in der Musik abermals eine Wendung zum Subjekt an der Zeit, dann gewiß nicht so, daß es aufs neue der Sache seine Intention einlegte. Die Vermittlung durchs Subjekt gerät nur als objektive, als Kritik des technischen Zusammenhangs an sich selber, nicht als das, was einer dabei denkt, fühlt, nicht einmal als das, was er in isolierter Inwendigkeit imaginativ hört. Musikalische Vorstellung steigert sich nicht weniger an der Erfahrung der Gestalt und ihrer

objektiven Tendenz, als die Gestalt an der subjektiven Imagination. Gegen das Altern der neuen Musik steht nicht deren ältere Phase sondern die bestimmte Negation: Altern, das seiner selbst innewird und damit über die Kontroverse sich erhebt. Der Ort dafür sind die authentischen Werke. Der Theorie ziemt Bescheidenheit: ein Schelm gibt mehr, als er hat.

II

Immerhin bleibt die Theorie nicht ganz hilflos der Praxis gegenüber: entspringt sie doch selber in der Reflexion von deren Erfahrungen. Einige Faustregeln, Modell zugleich von Erwägungen, wie der Komponist in der eigenen Arbeit sie anstellen mag, seien registriert.

1. Unbedingt notwendig im Sinn künstlerisch-technischer Ökonomie bleibt die Besinnung auf das Verhältnis von Aufwand und Resultat. Stets wieder erhält man von ganzen und halben Dilettanten Kompositionen, die in Begleitbriefen wegen irgendwelcher angeblich neuer Reihenstrukturen oder -beziehungen angepriesen werden, als Musik aber äußert dürftig sich darstellen. Meist ist der Unfug auf den ersten Blick daran kenntlich, daß starr von Taktstrich zu Taktstrich komponiert ist, ohne daß die Bewegung, auch die innere, darüber hinwegtrüge. Charakteristisch weiter, daß nach einem mehr oder minder plastischen Einfall zu Beginn die profilierende Kraft rasch, oft nach wenigen Takten, erlahmt; daß mechanisch-gestaltlos fortgesetzt wird. Durchweg aber ist in solchen Übungen, was musikalisch geschieht, unvergleichlich viel simpler als die Reihencombinationen, deren die Jünglinge sich rühmen; zuweilen so primitiv, daß der Zusammenhang auffaßbar wäre, auch wenn überhaupt keine Reihen verwendet würden. Vielfach stützt er sich auf rhythmische Symmetrien, die ihrerseits wieder mit den asymmetrischen Intervallverhältnissen nicht recht zusammenpassen. Oder es stellt zwischen den abgezählten, von keinem Geist durchgeformten Takten oder Taktgruppen überhaupt kein Zusammenhang sich her, und daran ändert dann auch die Reihe nichts. Von solchen minderen Gebilden fällt aber einiges Licht auch auf manche, die „metier“ haben. Man könnte schon gegen einen Satz wie dem letzten aus dem Kammerkonzert von Webern ketzerisch einwenden, wozu die Reihenkünste taugen, wenn am Ende ein Marsch-Kehraus dabei herauskommt, oder gegen den ersten Teil seiner Klaviervariationen, welche Funktion die Reihe noch erfüllt, wenn das Ganze zu einer fast infantilen dreiteiligen Liedform zusammenschmilzt, die nach Setzweise und Rhythmik hinter jene Intermezzi von Brahms zurückfällt, die als Vorbilder so sonderbar herauslugen. Zeitigt vollends bei manchen Nachfolgern die unendliche Anstrengung der Einbeziehung aller Parameter in die Konstruktion eine Art von Einstimmigkeit aus disparat gegeneinander getupften Tönen, über lange Strecken kraß monoton, so kann auch der Sympathisierende dem Eindruck, es würden mit höchster Muskelkraft Gummigewichte gestemmt, nicht sich ganz entziehen. Zum avancierten Kom-

ponieren, wie übrigens zu allem Radikalismus, der nicht leerlaufen will, gehört eine ordentliche Portion gesunden Menschenverstandes hinzu. Bei denen, die sie zu spät entdeckten, steht zu befürchten, daß sie Renegaten werden und verleugnen, was sie einmal allzu naiv unternahmen. Kein verantwortlicher Komponist kann durch die verbissene Verantwortung für die Mittel sich davon dispensieren, darüber zu wachen, wie die Musik ist, die daraus gerät — ob deren eigene Struktur, ihr Gewicht, ihre Spannung die Mittel rechtfertigen, ob sie dieser bedarf und keiner anderen.

2. Wird der Komponist, im Zug der Entfaltung des technischen Kunstwerks, zum Kontrolleur der eigenen Arbeit, so darf diese Kontrolle sich nicht erschöpfen in der Konstruktion, sondern muß sich darauf ausdehnen, *wie weit die Konstruktion ins Phänomen selber findet*. Das ist leichter gesagt als getan, denn es gibt keine abstrakte Norm, die darüber entschiede. Nicht darum geht es, ob man alles, was konstruktiv in einer Komposition steckt, „merkt“: also unmittelbar so realisiert wie die Wiederkehr eines Themas. Schon Beethoven kennt, wie Schenker zeigte, Beziehungen unterhalb der offiziellen motivisch-thematischen Arbeit, die die Einheit um so tiefer und verbindlicher stiften, je weniger sie manifest werden. Vollends war es nie Schönbergs Absicht, die Reihen als solche — sei es als Thema, sei es als etwas der Tonart Ähnliches — hörbar zu machen, sondern sie sollten latent eine Organisation bewirken, die in der Tat gerade in den ausführlichen Stücken des späteren Schönberg als „Kitt“ sich sehr bewährt. Aber diese Latenz wirkender Konstruktionsprinzipien ist kein Freibrief dafür, sie von jeder möglichen Beziehung aufs erklingende Phänomen abzuspalten. Es gibt da einen Schwellenwert. Je weniger allgemein sich beschreiben läßt, was an Konstruktionsprinzipien im Phänomen wie immer auch indirekt sich realisiert und was zur Fleißübung vertrocknet, desto triftiger die Aufgabe des kontrollierenden Komponistenohrs. Wenn etwa Parameter wie Längen und Intervalle, die der musikalischen Identität sich entziehen, trotzdem in der Konstruktion gleichsinnig behandelt sind, so ist jegliche Fühlbarkeit der Konstruktion im Phänomen vorweg ausgeschlossen, die Mühe vergeblich. Darüber hinaus sind etwa zeitliche Entsprechungen zwischen einzelnen Pausen oder Notenwerten, die über lange Strecken voneinander getrennt sind, auch als unbewußte Elemente der Erfahrung vom Kunstwerk nicht aufzufassen, es sei denn, sie würden durch sinnfälligere Kompositionsmittel, wie auffällige Analogien von Farbe oder Rhythmus, verdeutlicht. Die Kontrolle solcher Verhältnisse ist objektiv notwendig, wenn nicht die Konstruktion für die Sache selbst, die Musik, vorkünstlerisch-unverbindlich bleiben soll; sie kann aber nicht anders geleistet werden als vom lebendigen Subjekt. Es wird von Objektivität selber in die Komposition heimgerufen.

3. Die Probe auf die Beziehung zwischen Konstruktion und Phänomen ist die lebendige Vorstellung. Nun werden, seit die Musik der Tonalität

sich entwand, Anekdoten erzählt — mit Vorliebe von Orchestermusikern — welche die modernen Komponisten als Betrüger anschwärzen wollen, weil sie irgendwelche groben Fehler, beabsichtigte oder unbeabsichtigte, in der Wiedergabe ihrer eigenen Sachen nicht sollen bemerkt haben. Die Geschichten sind meist apokryph. Überdies ist ein gutes Gehör zwar ein unschätzbare Vorteil beim Komponieren, aber keineswegs eins mit der kompositorischen Fähigkeit. Ich habe sehr bedeutende Komponisten mit wenig zuverlässigem Gehör gekannt; wie aber komponiert wird, ob aus unbedingt exakter Imagination heraus, oder indem der Komponist unter nicht ganz eindeutigen und fixierten Möglichkeiten real nachhordend, prüfend, vergleichend, Kritiker der eigenen Ideen, die besten auswählt, darüber könnten nur Schulmeister bündige Lehrsätze formulieren. Haydn, neuerdings Strawinsky, dem man gewiß nicht absprechen kann, daß seine Musik im sinnlichen Material präzis sitzt, arbeiten am Klavier. Mozart oder Schönberg haben es verschmäht. Auch das jedoch ist nicht mechanisch vom Älteren aufs Jüngste zu übertragen. In Musik, die beansprucht, das kleinste ihrer Momente sei streng und unabdingbar durch die Konstruktion prä-determiniert, kommt der Genauigkeit in der Vorstellung solcher Momente ganz anderes Gewicht zu, als wo die Schrift vorweg als bloße Annäherung an die lebendige Musik sich versteht und der Vorstellung einige Variationsbreite läßt. Ist in einer seriellen Komposition wirklich nichts frei; gefährdet jede Abweichung vom konstruierten Notentext dessen Stimmigkeit, dann muß der Komponist in der Tat auch jede Note mit all ihren Bezeichnungen genau so denken und realisieren, wie sie dasteht; sonst negiert er das eigene Prinzip. Schon beim späten Webern fiel auf, wie weit er sich zuweilen als Interpret von dem entfernte, was auf dem Papier stand; gerade durch die Flexibilität, mit der er seine Mondrianschen Konstruktionen vortrug, erlangten sie musikalischen Sinn, und man könnte fragen, ob dieser nicht wie Contrebande in die kahlen Linien importiert wurde, die freilich denn doch nicht den Anspruch totaler Determiniertheit buchstäblich anmeldeten. Immerhin, wenn im späteren Verlauf des Schlußsatzes jener Klaviervariationen durch freien Vortrag die auf schlechten Taktteilen einsetzenden Noten durch Freiheit des rhythmischen Vortrags als solche gar nicht mehr verstanden werden können, so daß die Konstruktion einer ganzen Variation, wie sie geschrieben steht, nicht mehr hervortritt, so weckt das bereits Zweifel an dem Konstruktionsprinzip selbst. Sollte es in der Tat sich bewahrheiten, daß ein bedeutender Komponist kompliziertester serieller Musik mit dem Geschriebenen vor allem rhythmisch überaus souverän verfährt — und selbst der Erfahrenste wird beim bloßen Mitlesen kaum darüber urteilen können — so würde das ankündigen, daß er eines Tages von den Prinzipien der integralen Komposition sich lossagt und einfach seinem Gehör folgt; der nächste Schritt dazu wäre, daß er auch nicht mehr im Sinn der integralen Konstruktion notierte, sondern so, wie er hört und

spielt. Jedenfalls aber sollte jeder Komponist, der nicht das Opfer dinghaft entfremdeter Konstruktion werden will, die Niederschrift aufs angestrengteste vergleichen mit der eigenen Imagination. Sehr leicht vermöchten die Folgerungen solchen Vergleichs das Prinzip des totalen Komponierens zu erschüttern.

4. Der Ursprung der neuen Konstruktionsprinzipien ist die Bewältigung einer Fülle — es war wesentlich die von Schönbergs beispielloser kombinatorischer Phantasie — die, nach dem Fortfall der tonalen Stützen, ins Chaotische verfließt, wenn sie nicht aus sich selbst ihren eigenen materialen Bedingungen heraus sich bändigt. Wie aber, wo das Chaos fehlt, wo es nichts zu bändigen gibt und der Sieg von Prinzipien vorentschieden ist, die nur im Konflikt mit ihrem Gegensatz, den ungebärdigen, diffusen musikalischen Regungen ihren Sinn empfangen? Woher soll dann Nietzsches „tanzender Stern“ kommen? Die Frage dürfte technisch den Tatbestand umschreiben, der in der Wirkung als Verlust an Innenspannung sich anzeigt. Jene Augenblicke Weberns, wo, nach Schönbergs Wort, ein Roman sich in einen Seufzer zusammendrängt, widerlegen nicht den Verdacht gegen hochkonstruierte Musik, die arm ist, der aber die Konzentration der Quintessenz abgeht. Heute hätte jeder Komponist sich nach dem zu fragen, woran die Konstruktion ihren Stoff hat; und was durch Konstruktion verkümmert. Das allein genügt nicht, gespannte Musik hervorzubringen, könnte aber sehr viele überflüssige Diagramme verhindern. Der Gegensatz von Thematik und Verarbeitung ist überholt — die Folgerung daraus jedoch wäre die volle Plastizität alles Erscheinenden; alles müßte thematisch sein, nicht alles gleich athematisch und gestaltlos. Das Mittel zur Organisation des Komplexen ist die durchgebildete Polyphonie — aber sie ist es nicht länger, sobald sie vor lauter impliziter Kanonik zur Monodie zusammenschrumpft. Diese Gefahr der Verkümmernng dessen, was eigentlich kompositorisch sich zuträgt, zugunsten der Prinzipien, die dahinterstehen; die Entwertung des Determinierten zugunsten der Determinanten scheint besonders flagrant im Bereich der Elektronik. Diese meint, der Idee nach, die Entfesselung aller klanglichen Mittel und Farben, ebenso wie ihre Vermittlung durch einander, während sie bis jetzt an die Zufälligkeit der Klangmedien gebunden waren und von einander getrennt durch deren Eigentümlichkeiten. Das meiste Elektronische aber, was ich vernahm, selbst eine dem Zug nach so schockierende und starke Komposition wie Stockhausens Jünglinge, scheint dem gegenüber wie die Transposition und Erweiterung von Klavierideen auf das neue Material und zeigt sich seltsam unberührt von dem, was man eigentlich von dem Farbenkontinuum erwarten sollte, dem Potential einer Polyphonie, die wahrhaft neuen musikalischen Raum zu bilden vermöchte. Erst an der Vielfalt gegeneinander und auseinander tendierender Stimmen, nicht an ihrer Reduktion käme die konstruktive Vereinheitlichung zu sicher selber.

5. Mit Recht wird gefordert, daß die Instrumentation ins Komponieren einbezogen, daß sie ein „Parameter“ des Komponierens werde. Aber was bedeutet funktionelles Instrumentieren? Schwerlich, daß nach irgendwelchen Formeln Farben wechseln, herumgeschüttelt werden, wiederkehren wie im Kaleidoskop; auch dann nicht, wenn zwischen jenen Formeln und denen der Intervall- und Zeitverhältnisse Relationen bestehen. Sondern, konstruktiv instrumentiert, wer durch jede Farbe, vor allem aber durch die orchestrale Setzweise, alle in der Komposition beschlossenen Konstruktionsmomente, deren Auffassung wesentlich ist für die des musikalischen Sinnes, realisiert: ein Verfahren also, das nicht, wie die Kritikerphrase lautet, Musik in ein Orchestergewand hüllt, sondern ihre eigene Artikulation in eine des Klanges umsetzt. Das Prinzip konstruktiver Instrumentation ist nicht der Farbenkalkül sondern die kompositorische Deutlichkeit. Darin ist der Orchestersatz des keineswegs toten Schönberg heute noch unerreicht; ein Schulstück des Verfahrens bietet Weberns Bearbeitung der sechsstimmigen Ricercata aus dem Musikalischen Opfer. Anstatt die Instrumentation als einen Parameter zu handhaben, der einzig abstrakt zu den andern vermittelt ist, sollte die Komposition die Instrumentation aus dem Sinn der musikalischen Ereignisse selber entwickeln: dann würde sie wahrhaft zu einem Parameter, einer Funktion der Musik selber. Dieser käme sie wiederum zugute, eines jener Mittel der Objektivierung, deren sie bedarf, seit sie nicht mehr geborgen ist in den alten Schemata. Um derart konstruktiv zu instrumentieren, muß man freilich instrumentieren können. Aber jede andere Handhabung der Palette ist bloße Spielerei.

6. Daraus, daß die Idee der vollkommenen Prädeterminiertheit Illusion ist — weil weder in absoluter Eindeutigkeit sich konstruieren läßt noch gar eine solche Konstruktion je zusammenfiele mit der erscheinenden Musik — sollten die Komponisten die Konsequenz ziehen, auf jenen Schein zu verzichten. Gleichwohl darf man sie nicht einfach preisgeben; muß weiterreiben, was im Material an konstruktiven Prinzipien errungen worden ist. Der Widerspruch läßt wohl nur dadurch sich meistern, daß die Anstrengung des Komponisten allerorten sich dem Verhältnis von Konstruktion und erscheinender Musik zukehrt; daß die künstlerische ratio dazu gebraucht wird, den Sprung zwischen rationaler Bestimmtheit und sinnlich Gegenwärtigem zu schließen. Das wußte Schönberg, als er, grundsätzlich, die Reihe aus dem thematischen Einfall ableitete und nicht umgekehrt: der primäre musikalische Impuls soll jeweils das Konstruktionsprinzip erzeugen. Wie berechtigt das war, ist handgreiflich überall dort, wo das Weiterkonstruieren nicht erlaubt, so zu verfahren, sondern dazu nötigt, die Gestalten aus der Reihe zu entnehmen: jeder einigermaßen scharfhörige Kompositionslehrer könnte den Finger auf die Stellen legen, wo das geschieht, und das Abgezirkelte, Eckige, Willkürliche solcher sekundären Gestalten bezeichnen. Übertreibend wäre zu sagen, integral komponierte Musik be-

stünde überhaupt nur aus solchen sekundären Gestalten. Das ist ihre Schwäche, und ihre heute unabweisbare Aufgabe die Wiederentdeckung von primären, die Erzeugung von Unmittelbarem in der universalen Vermittlung. Es gibt überhaupt keine Vermittlung ohne Unmittelbares, so wie große Musik umgekehrt auch kein Unmittelbares duldet, das nicht vermittelt wäre. Der Konstruktion muß also eine Idee des Ganzen vorausgehen, der ihre Anlage gehorcht, und sie muß, sei sie auch athematisch, die Zellen der Konstruktion, musikalische Kerne welchen Parameters auch immer, als frei erzeugte sich vorgeben, ehe die Konstruktion nur anhebt. Da diese Kerne selbst nicht als apriori den Konstruktionsprinzipien unterstehende gedacht werden können, ist es unmöglich, ihnen bestimmte Normen vorzuschreiben; nicht einmal ihre Zwölftönigkeit. Darin sind die vier ersten Klavierstücke aus Schönbergs op. 23 heute noch exemplarisch: sie arbeiten mit Grundgestalten und sind durchkonstruiert; die Grundgestalten selber aber sind „frei“, und das verleiht ihnen eine Konkretion und Flexibilität, für deren Verlust die spätere strikte Zwölftzahl der Töne der Grundgestalt trotz all ihrer Vorteile nicht entschädigt. Prädeteterminiertheit wäre in die Freiheit einzubringen. Der Verlauf von Musik in der Zeit, der sein Wesen hat an der Erzeugung des Neuen, nicht schon je Dagewesenen, widerspricht selber der Prädeteterminiertheit. Diese sprengte Musik aus ihrem eigenen Element, der Zeit, heraus; total determinierte Musik wäre nicht länger ein Werden sondern nur noch bloßes Dasein, und ihr Werden in der Zeit verkäme zur Illusion, dem Unsachlichen schlechthin. Stockhausen hat einmal im Gespräch, vor die Frage der totalen Determination gestellt, diese durch den der Physik entlehnten Begriff eines unvermeidlichen Moments von „Unbestimmbarkeit“ eingeschränkt. Diese Unbestimmbarkeit aber ist keine Konzession, welche die irrationale Unvollkommenheit des musikalischen Materials der musikalischen Naturbeherrschung abnötigte, sondern benennt, woran die konstruktive Bestimmbarkeit selber erst ihr Substrat findet. Bekannt ist, daß Schönberg im ersten Satz des Violinkonzerts, einem der großartigsten Werke seiner reifen Zeit, in der Behandlung der Reihe ein Irrtum unterlief, der über eine ganze Strecke nachwirkt, so daß der Satz zwölftontechnisch „falsch“ wurde. Michael Gielen hat das Experiment gemacht, die Stelle durch die richtigen Reihentöne zu korrigieren, und gibt, plausibel genug, an, das habe sich als unmöglich erwiesen. Dadurch wird aber weder die Reihentechnik widerlegt, der das Stück seine zwingende Struktur verdankt, noch wird es im musikalischen Phänomen durch den „Irrtum“ weniger logisch, sondern dieser vertritt jenen Durchbruch des zu Konstruierenden durch die Konstruktion, die diese erst legitimiert.

Technique, Technology, and Music To-day

by

THEODOR W. ADORNO

I

The Greeks used the word *technikos* only in its application to art. Its meaning includes every process necessary to turn the original vision into an objective work of art. In music, this process is twofold: the composer uses technique to organise his inspiration into notes, the performer, to give these notes tangible form; the second stage of technique begins where the first ends, and a musical work of art is not complete without both stages; for the goal of the inspiration is its life as sound. There is an idea, an inspiration; then comes technique: the result is an independent being — a work of art, containing only what the idea and the technique have made necessary. There are no inessentials.

Art needs both idea and technique. A work without content is dead, an empty shell. There it is — it inspires no further thought; for it becomes a work of art solely in that its mere external appearance points to something deeper. All talk of mere technique is foreign to art. Also, a work of art does not just happen, a technique is necessary to bring it into the world; mere idea is not enough.

Thus idea and technique, within and without, complement each other; this indicates that the technique is not always determined by the idea — the technique can also influence the idea: Debussy and Ravel would not be art without the lust of yielding to the sound itself; and Schumann brought something new and profound to music through his technique at the keyboard, so that the technique influenced a new conception, a new idea of piano writing. He once said himself that the difference between his earlier and later works lay in that in the former he had tried specifically to give the instrument its own, while in the latter he had become indifferent to it. The description may be appropriate, the quality of his works are evidence against the road he took: his music was inspired where he allowed the piano to inspire him.

In the eighteenth century, *technique*, in the modern sense, was a term hardly applied to composition; techniques, rather, flourished side by side with composition, in the form of instrumental effects in which the performer had a free hand, and which only gradually fell under the care of the composer, who now with growing self-assurance, not only hinted at the musical meaning but indicated his exact wishes in ever growing detail. This progress went hand in hand with nineteenth-century rationalisation in industry and with every other rationalisation, showing how the quality of an age stamps itself inevitably on its art forms.

Here again, the technique influenced the idea as much as the idea the technique: some details grew out of the composers' wish to be more specific, while others were the result of external circumstances. The valve horn, for example, of decisive import to all Wagner's music, was the result of growing industrialisation and was available long before composers began to use it, the saxophone likewise. Thus, composition grows in complication in a way comparable to the film, more, and smaller, details keep being *integrated* in the whole. Simultaneously, increasing indications reduce the tension between performance and text, between means and end, with resulting danger of confusion between the two. Integration, subordination by the whole of an increasing number of details — centralisation — runs the risk, in what sphere soever, that the main purpose will be drowned in the mass of detail.

The prototype for all this, for modernity in music, was Berlioz, the first in whom the continuity of tradition as well as that of the very structure of music broke to pieces. He created the technique of composition in its widest sense, as conscious control of one department — the instrumental realisation — which had previously been more haphazard. He was also the first important composer — with the possible exception of Gluck — whose technique of composition, whose capacity for a unified, coherent structure, was fragile. In his music, as the first in more recent times, musical context and musical sense itself seem dubious. The first musical technician was also the first to be no longer a good musician: instrumental organisation and compositional disorganisation are complementary with him. And his modern effect depends on just that: shock. That his programme music is meant to describe an opium dream is no romantic whim but the truth about the commencing crisis in musical logic. This crisis continued not in Wagner but in Richard Strauss, where technification and the technique of surprise, in other words a permanent suspension of logical continuity, go hand in hand. Since music took part in industrial progress — since the *Symphonie Fantastique* — it has had to pay the price of this progress in company with the whole of industrial society.

This trend seems to have reached an extreme point to-day. Technique for its own sake, gently, provocatively almost, hinted at first in Berlioz, Liszt and Strauss, has progressed to the extent that the dividing line between to-day's musical work and its technique has ceased to exist. Further, rational control has resulted in that all musical concepts have attained compositional importance and are interrelated — this is in fact the very aim of dodecaphony, in which horizontal and vertical pitch, time, phrasing, dynamics and timbre are all brought down to the same level of control; the fetish of the means, which is all the official musical culture amounts to anyhow, triumphs in its very enemies of the avant-garde. Thus, interpretation has not only been greatly narrowed in scope, but is in real

danger: there is just no need for it in a text in which everything is specified — just silent reading of the score seems to be the ideal interpretation of such music: the integrally composed and strictly specified work is at once its own interpretation.

Once more, the trend in musical technique coincides with technical development in industry. Firstly, mechanical means of reproduction liberated music from the element of chance of the ephemeral concert performance and made it permanent, like the plastic arts; secondly, the absolute electronic realisation of a work, enabling music to be made as a picture is painted, saves the liaison of writing the notes at all as an unnecessary ornament. And the tension between technique and content, means and end, drops further.

In vain has it been tried to protect mind, spirit and imagination from the advance of technology. Mind, apologetically fostered as a sideline next to technology, becomes just in this way addicted to the very mechanisms it fancies to be resisting, and negates itself. To preach to-day of the spiritual in music is just about as reactionary as it used to be fifty years ago if someone extolled the sensually pleasant in the face of Kandinsky's *Mind in Art*. Imprisonment in an ivory tower is death to mind and all culture.

But art as a totality of means is no better off than art of the conserved mind. The technical demands of the medium give a work of art but its external form; art, in taking overmuch notice of these technical demands, sacrifices its inner unity. That unity which consists of nothing more than tangible relationships ceases to be unity: it decomposes into the elements it feebly, abstractly pigeonholes. Once provable correctness in composition is raised to the absolute, once art becomes matter-of-fact and strictly limited to its external form, unable to point beyond itself, the inner truth which is behind art evaporates. It is like a community under complete administrative control in which all the elements are geared for smooth cooperation but none knows any longer its true function within the whole and none receives anything in return for what it surrendered of its individuality under pressure of the universal identity. But since the artistic whole lives by its reaction with its parts it comes to a standstill as soon as the parts give way to the whole.

Just as the bringing of everything down to the same level of importance — integration — leads to disintegration, and technique and content, completely coinciding, cancel each other out, just so does an excess of objectivity towards a construction of abstract relationships give new impetus to subjectivity. In the midst of all this control, the integral musical language — setting itself up as binding, proud to have taken over Tonality's job, instead of just relaxing in at last being rid of this long antiquated generality — is approaching the chaos of unrestrained wilfulness, the

restoration of abracadabra as creation's motto. The absolute necessity of thinking up a group of notes here and now of just these notes, this rhythm, this phrasing, these dynamics, this timbre, this way of playing even — the successful pigeonholing — at the same time bestows on them the character of the arbitrary; the less it can be different to the way it is, the more does it sound as if it could in fact be different.

Technological art's aim of absolute equality of its parts is the equality of unity in a deductive system of a literal rather than implied intelligence: every event should be deduceable from the barest possible basic formula — the series or row — chance being kept to a minimum. As an ideal it was once stated that in the wholly consequential serial composition the choice of the basic formula should completely specify the whole piece, down to the very last accent. Complete integration, technique, objectivity, and control are a necessary condition for this, for every musical parameter must be brought down to the level of the basic formula chosen; since each parameter is connected to every other parameter, the isolated treatment of any one of them would not only lag behind musical development but be unjust to all the other parameters; here at last, contemporary composition has cast off its heritage of compartmented school discipline.

The most drastic expression of this is the interchangeability of parameters. Already decades ago Ernest Newman remarked that very complex harmony for instance can be made more intelligible by suitable instrumentation. Schoenberg put this to the test, in his *expressionistic* period, by a *melody of timbres* in the third piece for orchestra from Op. 16, where chords flowing together are given temporal form by a movement of tone colour; his next step was the interchangeability of the elements of counterpoint: melody and harmony, or horizontal and vertical. Since then, this tendency has been raised to a paragon: all the parameters are now said to be interchangeable. Perhaps one can express the theory of Stockhausen, apostle of this faith, in these terms: that even harmony and timbre — the apparently timeless parameters — can be expressed in terms of time. This thinking would really seem to be purely abstract, however: to be sure, the vertical element takes place in time, but acts in it as a counterforce, as space. In this respect, the most advanced younger composers seem to realise that intervals do not lead directly to time-relationships any more than timbre can be directly changed for any of the other parameters.

What this line of thought leaves out of account is the difference between the objective, physical aspect and the subjective, psychological effect of music. Technical art reaches absurdity in ignoring this difference and all the other parametral differences, treating variety as sameness, trying to add oranges to typewriters. In the desire for unity in the heterogeneous technical work too much is made of mere analogy between parameters, which

may well be a legitimate means towards aesthetic unity where this unity is to be taken not literally but as illusion, e. g. harmony and tone colour in Wagner. But in a rigorous integration unity becomes so important that the parameters, in deviating even slightly from this unity, appear to go right over to arbitrariness, and the so desirable *correctness* is lost: the externally imposed, abstract necessity is closely related to chance — could the most recent *aleatoric* experiments be an expression, even if unconscious, of this?

The onlooker who can avoid the pitfall of helplessly turning back the clock without at the same time falling for the absurd — which forfeits its right of existence once it stops being provocative and plays at being a positive force — must reflect whether this development, which casts doubt on the actual musical text, is in fact progress. To-day's view of the musical text as simply directions for playing, a system of communication signals for the transmitting of information, seems singularly hard to reconcile with the present-day musical climate. In it lies the implied oneness of composition and performance, the axiom of parametral identity and tensionless integration, all of them the result of technique and technology converging so that note-spinners and electricians are promoted as composers and are even emulated by musicians. That is the spell of this ambiguous progress, believing only the literal and factual at the expense of the suggested and the possible: a lack of faith by which the whole of modern society is distinguished.

Musical notation was not always a rigid set of directions but only a memory prop, a safeguard of tradition — imagination turned concrete. It was a marriage of the symbol with the image: communication with imagination; from this duality sprang another: the musical text not only formed the basis of the performance but had a separate existence as a thing in itself, just as literature is concretion of the imagination not necessarily paying any more heed to its communication than Beethoven to Schuppanzigh's "wretched fiddle". When the symbol, the desire for communication, and technique predominate over the image, the imagination, and content, the tension inherent to such a duality is reduced and the text cedes its autonomy in favour of something more primitive, which the complexity of the means adopted serve but to emphasise. It is shown by experience that technique alone is no medium of communication, that even a consideration of listener psychology would be unable to win advanced music an appreciative audience. Truth can be transmitted only by a music which overwhelms by its uncompromise those to whom it must remain strange through a willingness to please. To speak truth about society, music must be independent of society, of this idea of everything for all which hides but the will of the industrial despots.

The present state of affairs must not just be accepted as irrevocable

— improvement is latent in it; but it is devilishly hard to be constructive without the ever-recurring ineffectual implication of "Thus far and no further". Neither, unfortunately, is a knowledge of one's personal pro and contra any guarantee for being able to express it concisely, and this betrays the objectivity of the contradiction. To say that senseless composition is senseless, is tautology; just the same, it is far too seldom realised that sense is not an ingredient to be added as an afterthought. It is clear, too, that the moderation adopted by some of the older composers, adding a ferment of recent technical achievement to their pieces as a preservative, without going to the extreme, is just as unsatisfactory. Devastatingly honest self-criticism is the only answer: a technical self-monitoring of technique at those places where it still comes face to face with the critical ear as an unscalable wall.

If music is in reality ready to return to the subjective, then it can certainly be only in the form of objective self-criticism of the technical sense, not as a question of what anyone thinks or feels, not even of what he hears in the seclusion of his inner ear — musical imagination thrives no less by the experience of form than the form on the imagination. The new music should not look to its older phase in its fear of aging: rather, it should grow to a respectful age, rising above the controversy. Modesty becomes the theory: a rogue gives more than he has.

II

All the same, the theory is not altogether abstract, being, after all, the fruits of practical experience. A few rules-of-thumb for composers' consideration might be noted.

1. In consideration of technical economy, it is absolutely essential to keep the effort in proportion to the result achieved. Repeatedly do whole and half dilettants send compositions which are recommended in accompanying letters for some supposedly new serial structure or relationship but which turn out to be very lacking in real music. The mischief can usually be seen at first sight: bar by bar have been stiffly juxtaposed without the presence of enough movement to carry one across. Another characteristic: the force of a more or less graphic commencing idea is soon spent, often after only a few bars — the continuation is mechanical, amorphous. The one thing such exercises have in common is that the musical idea is incomparably simpler than the row combinations so vaunted by these youths, sometimes primitive to such a degree that the connection would be obvious even without any row. A frequent basis is rhythmic symmetry, which again does not go particularly well with the asymmetrical intervals. Or else

there is no continuity at all between the carefully counted, spiritless bars or phrases, and then even the row does not improve matters.

Such lesser creations do however shed some light on others of a more professional nature. It might even be observed heretically about a piece like the last movement of Webern's Chamber Concerto, to what avail all serial skill when all that comes out in the end is a march: or about the first part of his Piano Variations, what the function of the row might still be when the whole dissolves to an almost infantile ternary song form, in arrangement and rhythm falling far behind the Brahms Intermezzi peering out so strangely as models.

And when some of his successors' infinite efforts to include all the parameters in their construction result in a succession of disparately dabbled tones, crassly monotonous over long stretches, even a sympathiser might be excused for the impression here that terrific muscular power is being stemmed against rubber weights.

Ultramodern composition, like all radicalism, needs a good measure of plain common-sense to achieve anything positive. It is to be feared that those who discover this too late will turn renegade and deny what they once took on in their naiveté. The dogged worry over the means dispenses no composer of the responsibility to see what sort of music actually comes out — whether its structure, import, intensity, justify the means used, whether it really required these means and not others.

2. The composer, in checking his work, must not confine this check to the details of his design; he must go further and ask himself just what bearing these details have on the music itself. This is not to say that every detail must be as obviously apparent as the return of a theme for example — Schenker has shown, under the surface of Beethoven's straightforward thematic work, relationships which unify his works more strongly and profoundly the less obvious they are; Schoenberg also never intended his rows to be audible, either as such or as something akin to tonality, rather are they intended as a latent force, which was in fact very effective as "cement" in his large later works. However, subtlety and subconscious effect has its limit: there is a fine dividing line between such details which still come out in the music, even if indirectly, and those that are at best exercises of skill; and the finer this dividing line, the more essential the job of the composer's watchful ear. But when relationships become so abstruse that unlike parameters such as duration and intervals are nevertheless treated as like, the possibility of anyone following the sense is precluded from the very start, the effort wasted. Also, correspondances between widely separated rest or note values cannot be perceived as part of the design even subconsciously unless more tangible means such as con-

spicuous analogies of colour or rhythm are used to indicate and clarify them.

A check along these lines is essential if the constructional design is to have any bearing on the music itself — and it can be done only by the composer himself, and only if he regards his own work with a completely objective eye.

3. The test between construction and music is the imagination. Ever since music turned away from tonality, anecdotes have been told — especially by orchestral players — about modern composers who did not notice some gross mistakes (intentional or otherwise) in the performance of their own music. Apart from the fact that these stories are usually doubtful, it must be said that a good ear is an inestimable advantage but by no means essential for a composer; I have known some very distinguished composers whose hearing was anything but reliable.

Different composers work in different ways: there may be some whose inspiration is so accurate as to need just writing down; others may choose the best of a number of possibilities for their expression, listening, testing, comparing, critic of their own ideas; Haydn, and more recently Stravinsky — never let it be said that the sense of his music is uncertain — work at the keyboard; Mozart and Schoenberg frowned on this practice. But in all this again there is no strict analogy between the past and the present: details uniquely determined by the technical construction are of an altogether different order of importance to those where the notation is understood to be just an approximation to the music as made, leaving the imagination a certain scope for variation. If serial music really allows no freedom, if it is really upset by the slightest deviation from the constructed text, then the composer must really think and hear each note with all its directions exactly as it stands, or else he contradicts his own principle. It was remarkable how much liberty Webern towards the end of his life sometimes took when interpreting his own music — it was just this flexibility which brought musical meaning to his Mondrianish structures, and one could rightly ask if this meaning was not actually smuggled into the bare lines, which were then apparently not uniquely predetermined after all. When however free rhythmic interpretation of the finale of the Piano Variations made offbeat notes unintelligible as such, obscuring the written design of a whole variation, doubt is cast on the very principle behind this design. When an important composer of the most complicated serial music rides roughshod over his own text — and the most experienced musician would hardly be able to tell the difference just by following the score — it would seem to indicate that he would one day give up the principles of integral composition and just follow his ear. In any case, no composer who wishes to avoid being a victim of purely abstract construction must omit

a most diligent comparison of what he has written with what he imagined. The result of such comparison could easily shake the very foundations of total composition.

4. The new rules of design came about through the need to discipline an abundance discovered by Schoenberg's unparalleled flair for combinations; since the prop of tonality was removed, this abundance, without discipline, would reduce to chaos. What then, if there is nothing left to discipline, if the victory of the rules, whose only point is in their conflict with the vague, unruly musical impulses, is a foregone conclusion? Where then will Nietzsche's *dancing star* come from? This question is yet another way of expressing the loss of tension. Those moments in Webern where, in Schoenberg's words, a whole book is compressed to a sigh, do not allay the suspicions about highly constructed music which is essentially poor although giving the appearance of great concentration. Every composer to-day must ask himself about the actual substance of his constructions — and how much musical substance deteriorates through construction; while this would not suffice for the production of intense music, it might at least save many a superfluous diagram.

This danger of deterioration through construction — the making of music to suit the rules instead of the rules to suit the music — seems particularly serious in electronic music. As the antithesis of theme and development is *passé*, everything, instead of nothing, should have thematic importance; thoroughly developed polyphony is the means to organise the complex — but it loses all its worth when through all its implied canonicity it atrophies to monody. Electronic music means the liberation in a continuous spectrum of all possible tonal colours previously depending on, and strictly compartmented by, the accidental properties of traditional instruments. Most of the electronic music I have heard — even a work so sensational and powerful as Stockhausen's *Jünglinge* — seems however just an adaptation and enlargement of pianoforte ideas to the new medium. No sign is visible of the colour continuum's latent force, of a polyphony to create truly new musical space. Technical unification can come into its own only by this multiplicity of voices setting each other off — and not by their limitation.

5. It is a just demand that orchestration should be part of composition, a *parameter* of it. What then does *functional orchestration* mean? That colours, following some formula, are shuffled up as in a kaleidoscope? Perhaps if this formula and those of intervals and time are connected by certain equations? Not so: he orchestrates functionally who knows how to employ every colour, and the instrumental arrangement above all, so as to bring out in the music each moment of import to the musical sense: he does not, then, "invest his music with an orchestral garb" but transforms its own articulateness into sound. Clarity is the principle of functional

orchestration, not the calculus of colour combinations. In this respect, the orchestration of the by no means dead Schoenberg still remains unequalled; Webern's arrangement of the six-voice *Ricercata* in the *Musical Offering* is a model example of it.

If, instead of regarding it as a parameter related in some abstract way to the other parameters, the orchestration were allowed to develop spontaneously out of the musical sense, it would become truly a parameter, a function of the music itself. In return, it would further the objective view of the music which is so necessary now that it has been shaken out of its old pattern. For such functional orchestration one must know how to orchestrate of course. But any other use of the palette is only playing at it.

6. Complete determinacy is an illusion because unique construction is an impossibility and because no such construction, if possible, could ever coincide with the music. Composers ought to draw their consequences from this and dispense with the illusion. Nevertheless, it must not just be abandoned: some very useful design principles have been wrested from the medium, and these are capable of further development. The paradox can be mastered by facing the problem between construction and music, the artistic intelligence used to close the chasm between rational certitude and tangible actuality. Schoenberg knew this: his basic method of working was to derive the row from his original thematic idea, and not the idea from the row, and this is the way it must always be done. The justification for this becomes obvious whenever a "constructing on" does not permit it but compels the figures to be taken from the row; any reasonably acute teacher of composition could put his finger on the places where this happens and describe the measured-off, sharp-cornered, automatic qualities of these secondary figures. To say that integrally composed music consists solely of such secondary figures would be exaggeration — that is its weakness; and its present duty is rediscovery of the primary in music, creation of *presence* in musical presentation. In fact, there is no presentation without presence, just as, conversely, great music tolerates no presence without presentation.

The construction must be preceded by an idea of the whole: the construction's arrangement must obey this idea, and the idea, even if athe-matic itself, must give rise to the constructional elements, musical cells of what parameter soever, before constructing is even begun. As it is axiomatic that these cells are unthinkable as subordinate to the constructional rules, they will have no standards applied to them, not even the figure twelve. The first four piano pieces of Schoenberg's Op. 23 are still exemplary of this: these pieces work with basic figures and are constructed throughout; yet the basic figures are free, and this gives the pieces a

presence and a flexibility which the subsequent figure twelve — with all its advantages — does not compensate.

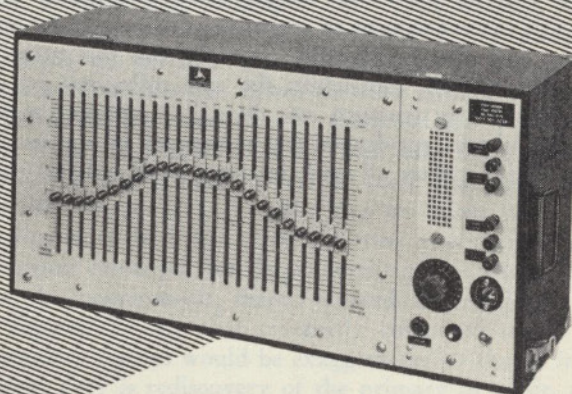
Predetermination must be imported into the free will. Music takes place in time, it has its being in newness, in the previously unheard-of: this in itself contradicts predetermination. Predetermination wrenched music out of time, its element; wholly predetermined music would be no longer a growth full of life but a static object, its taking place in time would deteriorate to an illusion. Stockhausen, faced in conversation with the question of total predetermination, placed limits on its totality by a phrase borrowed from physics: an unavoidable element of "indeterminacy". Now this indeterminacy is not a concession which the irrational imperfections of the musical material extort from the musical domination of nature — rather, it shows what the constructive determinacy can start to work on.

It is well known that Schoenberg, in the treatment of the row of the first movement of his violin concerto, one of the most magnificent works of his ripe years, made a mistake, the effects of which carry on for a whole stretch, so that the movement became dodecaphonically "wrong". Michael Gielen made the experiment of correcting the passage by inserting the right row notes, and alleged, plausibly enough, that this turned out to be impossible. This neither contradicts the row technique, to which the work owes its compelling structure, nor does the "mistake" make the piece less logical: the mistake speaks for this supremacy of the music over the construction, which is after all made legitimate at all only by the music.



ALBISWERK
ZÜRICH A.G.

ALBIS ELECTRO-ACOUSTICS



The variable voice-frequency Filter

is used to obtain any desired frequency response within the frequency range available. It is thus possible to emphasize the tone colour of a piece of music or to achieve special acoustical effects. The ALBIS VF-Filter is already employed by numerous radio and TV studios.

ALBISWERK ZÜRICH AG. ALBISRIEDERSTRASSE 245 ZÜRICH 47

Die akustischen Probleme beim Bau des F. R. Mann-Auditoriums in Tel-Aviv

I

von

JAKOB RECHTER

Das Auditorium ist ein Teil eines Kulturzentrums auf einer leeren Baustelle mitten im Wohnviertel von Tel-Aviv. Das in 1947 für einen Architektenwettbewerb schematisch aufgestellte Bauprogramm war für einen Konzertsaal und ein Kunstmuseum zusätzlich zu einem schon bestehenden Theater. Grundsätzlich sollte ein Zentrum dieser Art eine Gruppe verwandter Gebäude vereinigen — eine Sequenz offener Anlagen von ruhigem, städtischem Charakter, ein Treffpunkt für Jedermann. Leider war es sehr schwer, die verschiedenen Gebäude in vollkommenen Einklang miteinander zu bringen, da das bestehende Theater einen etwas monumentalen Eindruck machte, dem Bauplatz den Rücken zuwendend und mit dem Eingang der Straße abgelegen. Um die Anhäufung unzusammenhängender Gebäude zu vermeiden, beschloß man, Kunsthaus und Konzertsaal unter ein Dach zu bringen; die zwei Aufgaben des so entstehenden Rechteckblocks wurden durch einen zum Teil bedeckten Skulpturgarten geteilt. Das natürliche Gefälle der Baustelle hebt diesen Garten ein Stockwerk über den Hauptplatz, mit welchem es nicht nur visuell sondern wirklich verbunden ist.

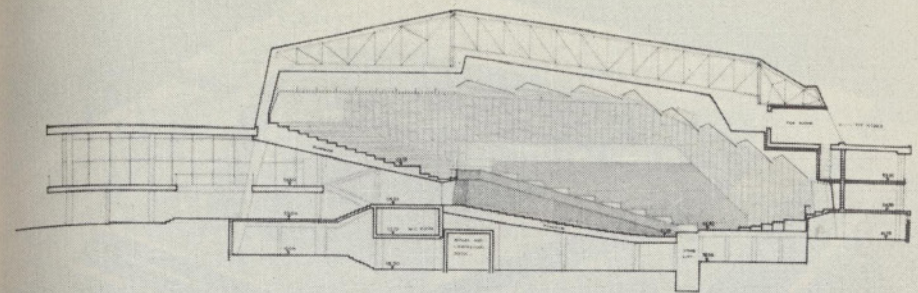
Dieses Gebäude wurde so geplant, daß es sich natürlich in diesen Hintergrund einfüge. Das Auditorium — der Kern des Gebäudes und die das ganze Zentrum beherrschende Struktur — ist vorerst für musikalische Aufführungen gedacht, von der Welt also abgeschlossen. Die großen Hallen und Gänge bilden eine Folge zusammenhängender Räume auf verschiedenen Höhen um den Saal: Garderoben und Buffets für das Publikum, sowie Büros und Musikerräume. Der massive Zuhörerraum wächst aus der Erde heraus, die schrägen Fußböden breiten sich aus durch die Korridore hindurch, und der Saal erstreckt sich über das Flachdach.

Die Form des Saales gab den Rest der Konstruktion an: sie war von bestimmten absoluten Größen abhängig — 2800 Sitzplätze, 200 Stehplätze, Bühnenraum für ein Orchester von 110 und einen Chor von 200 Personen. Diese festgelegte Bühne gibt eine Maximalbreite für den Vorderteil des Saales an, welche für die Wahl entweder einer Rechteckform oder einer Trapezform entscheidend ist. Eine Rechteckform wäre in diesem Fall nur mit einer Galerie möglich, will man unmögliche Entfernungen zwischen Bühne und Hinterreihen vermeiden; eine Galerie war jedoch unerwünscht, nicht nur wegen derer negativen Wirkung auf die Akustik, sondern auch

weil sie die Einheit des Saales unterbrechen würde: Sitzplätze würden entstehen, die keinen Eindruck des Gesamtvolumens geben würden. Die Entscheidung fiel also zugunsten der Trapezform; um aber die große Zuhörergruppe zu unterteilen und einen weniger gedrängten Eindruck zu erzielen, um die Bühne den hinteren Reihen psychologisch anzunähern und um den Verkehr zu erleichtern, vertiefte man den vorderen Teil der mittleren Plätze etwas, während die zwei verbleibenden seitlichen Flügel zu dem breiten Hinterteil durchgehen. Zwei Nischen wurden in den Seitenwänden für die Stehplätze gelassen; sie deuten die den Saal umgebenden Räume an und unterteilen die großen Wandflächen.

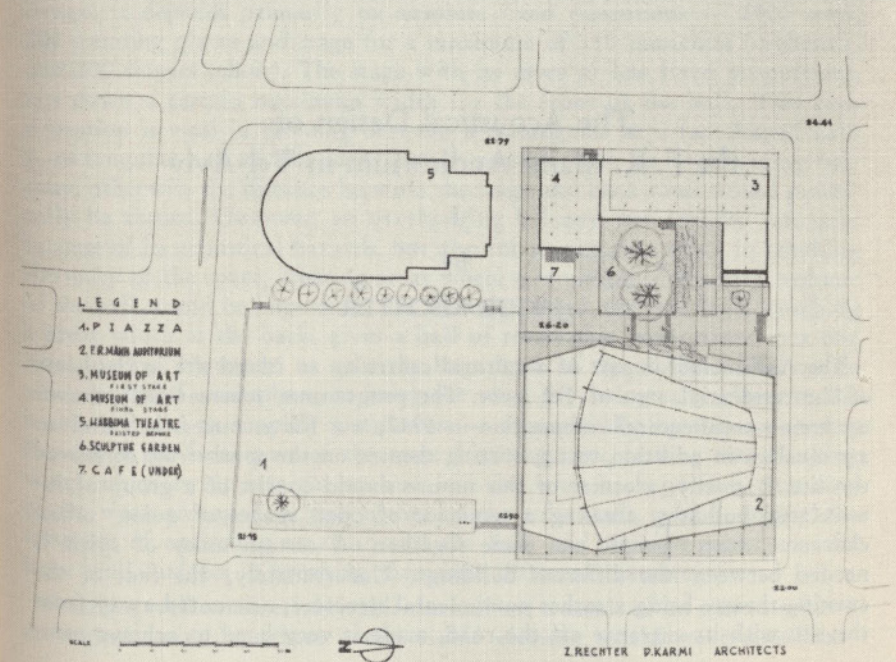
Formen und Werkstoffe im Saalinneren sind alle Teile einer organischen Lösung: jedes sichtbare Element dient gleichzeitig der Akustik, der Beleuchtung, der Luftversorgung, usw., sodaß ein Eindruck der Einheit entsteht. Die dominierende Wandkleidung ist klar lackiertes Eschenholz, verschiedenartig verwendet; Sperrholz aus Esche verkleidet die Hauptflächen der Bühnenumgebung und der Oberteile der Seitenwände. Drei verschiedene Paneelarten sind beliebig angebracht: *a.* zwei 6-mm-Tafeln mit 12-mm-Luftabstand und Quadratverstrebung, *b.* eine 6-mm-Tafel mit Quadratverstrebung, *c.* zwei 6-mm-Tafeln mit Vollholzfüllung. Diese drei Paneelarten schwingen mit verschiedenen Eigenfrequenzen. Die Verkleidung um die unteren Sitzplätze und um die Stehplätze ist aus geriffelten Eschenholzstreifen, die unerwünschte Hallerscheinungen in den vorderen Seitenplätzen verhindern. Die Rückwand und die Decken der Stehnischen sind aus gelochtem, dunkelgrau-blau gestrichenem Blech.

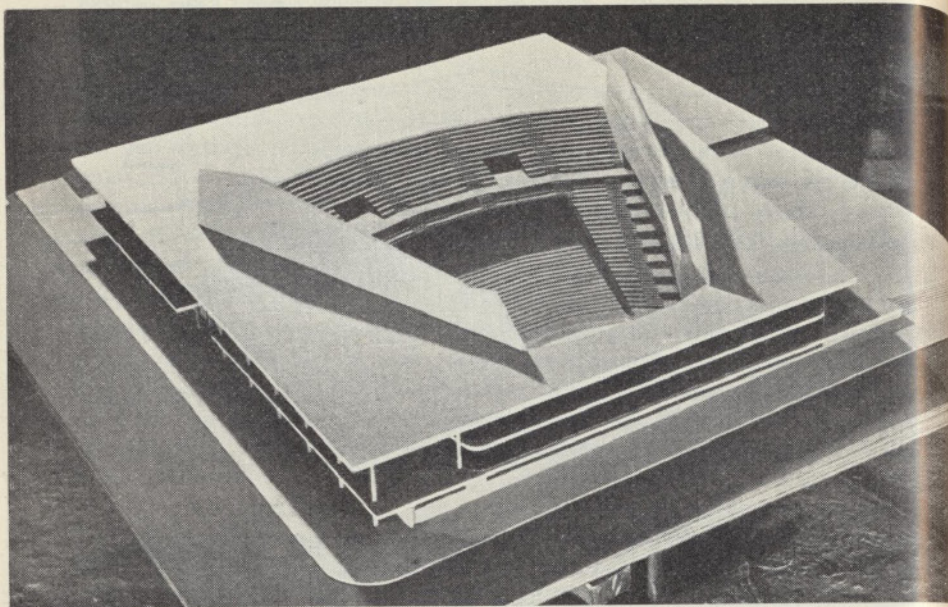
Die Decke ist akustisch und ästhetisch das raumbeherrschende Element. Sie besteht aus zwei Teilen, beide leicht und aufgehängt, die eine akustische und visuelle Aufgabe haben; die eigentliche Decke, die das Gesamtvolumen des Saales einschließt, ist die feuerfeste Eisenbetonmembran über dem Einschub. Der reflektierende Teil des Einschubs, der sich über der Bühne und den vertieften Sitzplätzen befindet, besteht aus 24 einzelnen pyramidenförmigen Teilen aus hellgrauen Asbestplatten auf einem Stahlrahmen. Drei der vier Dreieckflächen dieser Pyramiden sind so berechnet, daß sie den Schall diffus im Saal verteilen, während die kleine vierte Dreieckfläche einen kleinen Teil des Schalls zur Bühne zurückrichtet; die dadurch entstehenden kleinen Echos beheben hörbare Schallspiegelungen von entfernteren Flächen. Auch das Licht der Leuchtröhren am Ende jeder Pyramide wird hier verstreut. Der andere Teil des Einschubs umgibt den ersten und besteht aus Sperrholzlatten mit Lücken dazwischen, die direktes Licht von Glühbirnen durchlassen. Beide Hängedecken ermöglichen es dem Volumen darüber unter der rohen Betonmembran, in den Hallerscheinungen des Saals mitzuwirken.



LONGITUDINAL SECTION

Z. RECHTER P. KARMİ ARCHITECTS





The Acoustical Design of the F. R. Mann Auditorium in Tel-Aviv

I

by

JACOB RECHTER

The Auditorium is part of a cultural centre on an island site in the heart of the residential area of Tel-Aviv. The programme, schematically drawn up for an architectural competition in 1947, was for a concert hall and an art museum in addition to an existing theatre on the south-west corner of the site. Basically, a centre of this nature should consist of a group of interrelated buildings creating a sequence of open spaces of quiet, urban character, where people can come together. A certain unity of spirit is needed between the different buildings. Unfortunately, the fact of the existing theatre being a rather monumental structure, orientated away from the site with its entrance off the road, made it very hard to achieve com-

plete harmony. To avoid piling up a bunch of unrelated structures it was decided to unite museum and concert hall under one roof, forming a large rectangular block. To separate the two functions, a landscaped open space is formed in, with its two ancient sycamores — it will serve as a partly-covered sculpture garden, open to pedestrian traffic. Due to the natural slope of the site this open space is one story higher than the large square and is connected to it visually and physically.

So much for the exterior background of the concert hall. The idea behind the plan of this building is that it should comprise a natural construction for this background. The auditorium, which is the nucleus of the edifice and the dominating mass in the whole centre, is primarily an instrument for the execution of musical works to be listened to by an audience, and as such it must be a place shut off from the outside — a world within itself. The supplementary areas consist of large foyers, designed as a sequence of interrelated spaces on different levels around the hall — cloakrooms and buffets for the public, as well as musicians' rooms and offices. The massive, closed-in body of the hall grows out of the ground, spreading outwards with its sloping floors, projecting through the surrounding foyers and reaching up out of the flat roof.

The actual shape of the auditorium was the dictating element of the design: it depends primarily on absolute fixed dimensions — 2800 seats, 200 standing places and stage for a maximum of 110 musicians (orchestra) and 200 singers (choir). The stage with its more or less fixed proportions, sets down a certain maximum width for the front of the hall. This consideration is vital in deciding between a rectangular or a fan shaped hall. A rectangular hall of this scale is only possible with an overhanging balcony, otherwise the distance between the stage and back rows would practically be absurd. However, an overhanging balcony was avoided not only because of its acoustical hazards, but also for its negative effect in breaking the unity of the space, creating areas where a sensation of the total volume of the hall would be impossible. On the other hand, the fan shape, reaching a great width at the back, gives a hall of reasonable proportions in a one level seating. However, to split the huge mass of the audience and create a less crowded atmosphere, to bring the stage psychologically closer to the back rows and to simplify circulation — a gently sloping depression was formed in the front part of the central seating area, leaving two flanking wings which sweep straight up and join the wide back portion. Standing places were arranged in two niches in the side walls, which suggest the existence of encircling areas around the hall, and provide variety in the large wall surfaces in breaking them into different textures.

Forms as well as materials inside the hall are a result of an aim to achieve an organic solution, where every visible element would serve simultane-

ously the tasks of acoustics, lighting, air conditioning etc. — Clear varnished ash is the dominating wall covering, used in different treatments on the different wall portions. The largest areas, namely the stage enclosure and upper part of the side walls are clad with ash plywood panels. There are three kinds of panels distributed at random: *a.* 2 sheets of $\frac{1}{4}$ " with $\frac{1}{2}$ " air space in between and eggcrate bracing; *b.* a single sheet of $\frac{1}{4}$ " with eggcrate bracing; *c.* two $\frac{1}{4}$ " sheets with a $\frac{1}{2}$ " solid timber filling. The different panels resonate differently at the various frequencies. The walls around the lower seating area and the side walls under the standing galleries are faced with solid ash in strips, the latter being titled in order to prevent echoes in the front side seats. The back wall as well as the ceiling of the standing gallery is finished in perforated metal sheets, painted a very dark greyish blue.

The most dominating element in the hall acoustically and aesthetically is the ceiling. It comprises two parts, both of which are made of light suspended elements and serve an acoustical and visual task, the actual ceiling enclosing the volume of the hall being up above, a concrete membrane which is the structural steel fire protection. The central part of the ceiling — the reflecting part — is above the stage and the depressed seating area. It consists of 24 separate pyramidal elements made of pale grey painted asbestos sheets on a steel framework. These elements, each of which has four triangular areas positioned in calculated angles, distribute most of the sound in the direction of the various parts of the auditorium. The small triangular areas at the back of each element direct a small portion of the sound back to the stage, thus creating a sequence of little "echoes" which eliminate audible echo from reflections of distant areas. These reflecting elements serve also as light reflectors, dispersing the light of cold cathode tubes located at the end of each of them. The second part of the ceiling, which encircles the first, is made of open plywood louvres, also serving as portholes for direct incandescent light. This transparent suspended ceiling, like the other, does not enclose the space, and permits the volume above it, under the rough concrete membrane, to take part in the total reverberating space of the hall.

II

von

LEO L. BERANEK

I. Einleitung

Der Fredric R. Mann Konzertsaal für etwa 2900 Zuhörer wurde am 2. Oktober 1957 in Tel Aviv eröffnet. Seither hat man sich über den Saal günstig ausgesprochen. Im folgenden werden die akustische Planung und die Meßergebnisse besprochen.

Die ersten Konferenzen im September 1951 mit dem Baukomitee und den Architekten führten zu den folgenden Entschlüssen:

1. Die Nachhallzeit der Mittelfrequenzen (500...1000 Hz) soll zwischen den Nachhallzeiten des Kleinhans Hall (Buffalo) und des Boston Symphony Hall sein. Serge Koussevitsky und die Israeli Philharmoniker äußerten sich beide günstig über den Kleinhans Hall, welcher auch in den Besprechungen als Beispiel für die erwünschte Akustik herangezogen wurde. Andere Säle wurden auch erwähnt, s. Tabelle I¹.

2. Der Saal soll wie der Kleinhans Hall fächerförmig sein; aus ästhetischen Gründen zogen die Architekten die Fächerform der Rechteckform vor. Man untersuchte eine Hörerumfrage über den Kleinhans Hall², die hohe Zufriedenheit ergeben hatte: das fast allgemeine Urteil war, daß die Lautstärke, der Nachhall und die Klangqualität richtig seien und daß die Deutlichkeit gut bis ausgezeichnet sei.

3. Zwecks regelmäßigem Ausschwingen sollen die Innenflächen bestimmte Unebenheiten aufweisen; der Vorderteil des Saals und die Orchesterumgebung soll eine richtige Verschmelzung der Instrumente herbeiführen und die Musik gleichmäßig über die ganze Zuhörerschaft verteilen.

4. Schallbündelung und Echo dürfen nicht auftreten.

5. Straßenlärm und das Geräusch der Klimaanlage müssen unhörbar sein.

6. Für einen guten Ausgleich zwischen den Höhen und Tiefen sollen die Seitenwände hauptsächlich aus Holz oder akustisch ähnlichen Paneelen sein.

II. Konstruktionsprinzipien

Ein Saalvolumen von 7...8 m³ pro Person wurde beschlossen, wobei eine Nachhallzeit von etwa 1,4...1,7 s bei 500 Hz bei vollerer Besetzung zu erwarten wäre. Im Rahmen zweier Probekonzerten September 1957 wurde die endgültige Nachhallzeit der Mittelfrequenzen auf 1,55 s eingestellt.

Tabelle I zeigt, daß die Nachhallzeiten aller Säle die größten Unterschiede bei 125 und 250 Hz aufweisen, denn in diesem Bereich kommt der Schallschluckunterschied zwischen Holz- und etwa Gips- oder Backstein-

wänden am meisten zum Vorschein. Eine praktische Kenntnis der Akustik dieser Säle führte zu dem Entschluß, daß die Nachhallzeit bei 125 und 250 Hz nicht wesentlich gehoben sein sollte.

Die Form der Innenflächen — in allen Einzelheiten — eines Saales übt zweifellos den größten Einfluß auf die Akustik aus. Um die Herren Allen und Parkin der Building Research Station in England zu zitieren:

„Für die Aufführenden: Die Spieler und Sänger müssen einander für das richtige Zusammenspiel und für eine gute Intonation gut hören können.

„Für das Publikum: Die Bilanz, die der Dirigent anstrebt, muß überall im Saal unverändert bleiben; der Klang muß deutlich und rund sein.“

Die alten Säle (z. B. das Leipziger Gewandhaus und der Boston Symphony Hall) haben Aushöhlungen in der Decke und unebene Wände mit Nischen und Statuen, welche zusammen mit den kleineren Verzierungen des Barocks eine Folge von Teilreflexionen gegen den Vordersaal und damit einen gleichmäßigen Ausschwingvorgang herbeiführen. Manche dieser Reflexionen kommen zurück zum Orchester, dessen Mitglieder sich also einander besser hören können.

Im vorliegenden Saal wurde diese diffundierende Wirkung durch Pyramidenformen in der vorderen Decke erzielt: 24 solcher Formen, die aus je 4 Asbestzementtafeln bestehen, sind hier angebracht (Abb. 1 und 2). Die kleinste Tafel ist der Bühne zugewandt und wirft einen Teil des Schalls zurück zur Bühne und zu den vorderen Sitzplätzen; die größte Tafel richtet den Bühnenschall dem hinteren Saal zu, während die zwei Seitentafeln dazu dienen, um den Schall von der einen Bühnenseite zur anderen für die Musiker zu richten und auch um alle Instrumente gleichmäßig durch den Saal zu verteilen.

Der hintere Teil und die Seiten der Decke bestehen aus einer unter der hängenden Betondecke aufgehängten Quadratverzellung, deren Hauptteil aus 1,80 m-Quadraten 70 cm hoch besteht und den Schall zusätzlich verteilt. Aus ästhetischen Gründen sind diese Zellen im 30 cm-Quadrate 15 cm hoch unterteilt. Dieser Einschub verhindert nicht das Mitschwingen des Volumens darüber.

Gegen Echo wurden die folgenden Maßnahmen getroffen:

1. die Seitenwände unter den kleinen Galerien lehnen auswärts,
2. die Bühnenwände sind auswärts gebogen (Abb. 2),
3. die Geländer um die Bühne, die Galerien und die Ausgänge sind offen.

Die zwei Rückwände reflektieren, doch sind sie nach vorne gelehnt, um den Spiegelschall auf das Publikum zu richten und zwar so, daß er nicht später als 0,02 s nach dem Direktschall dort ankommt. Diese Wände sind gebogen, mit dem Brennpunkt in Bühnennähe, sind also gefährlich. Versuche

mit Staccatoakkorden des Orchesters bei den Probekonzerten und später auch ohne Publikum zeigten aber kein bemerkbares Echo auf der Bühne oder im Publikum.

Um die erwünschte Nachhallzeit der Tiefen zu erzielen, wurden abgestimmte Holzpaneele an den Seitenwänden angebracht (Abb. 2); deren vier Arten sind in J. Rechters Aufsatz beschrieben.

Poröse Schluckflächen sind auf einige Türen und — gegen Lärm — hinter die Stehplatzgalerien beschränkt.

III. Nachhallmessungen

Die Nachhallzeit wurde sowohl im leeren Saal wie mit vollerer Besetzung während den Probekonzerten gemessen und ist in Abb. 3 frequenzabhängig dargestellt. Die Hängedecke ist die Hauptursache der etwas kürzeren Nachhallzeit in den Tiefen mit Publikum, da für die umgebende Decke mehr Holz, als erwünscht war, aus ästhetischen Gründen verwendet wurde. Auch haben die hängenden Asbestzementplatten aus Belastungsgründen nur die Hälfte der geplanten Dicke, und zwar 5 mm. Diese zwei Ursachen verkürzten die Nachhallzeit mit Publikum schätzungsweise um 0,2 s bei 100 Hz und 0,1 s bei 200 Hz. Die Delle bei 250 Hz in der Nachhallkurve des leeren Saales ist einem Schallschluckmaximum der Sitze bei dieser Frequenz zuzuschreiben, denn das Polstermaterial ist innen mit Latex gespritzt und daher luftdicht.

Die Abb. 4 und 5 zeigen die Ausschwingvorgänge bei verschiedenen Frequenzen und wurden in der Mitte der zwölften Reihe gemessen. Man erkennt, daß der Saal gleichmäßig abklingt, und das Publikum machte hier keinen Unterschied; die 130 Hz-Kurve war bei anwesendem Publikum sogar ebener.

IV. Orchesterumgebung und Versuche

Die Form der Bühne und die Anordnung der Abstufungen darauf wurden dem Royal Festival Hall (London) nachgebaut³. Die das Orchester umgebenden Wände und Decken wurden mit besonderer Sorgfalt konstruiert, um den Schall aller Instrumente gleichmäßig durch den ganzen Saal zu verteilen. Der von verschiedenen Instrumenten in verschiedenen Bühnenstellungen verursachte Schalldruck wurde in verschiedenen Stellen des Saals gemessen, um zu ermitteln, ob es für manche Instrumente bestimmte Optimalstellungen auf der Bühne gab. Horn, Trompete, Oboe, Violine und Triangel wurden für diese Versuche verwendet und die verschiedenen Stellungen sind in Abb. 6 mit H, T, O, V, bzw. TL bezeichnet, wobei 4 Geigen aber sonst Einzelinstrumente benützt wurden. Tabelle II zeigt den Schall-

druckpegel der verschiedenen Instrumentenstellungen in 5 Meßstellungen des Saals und ergibt:

1. es gibt keine Instrumentenstellung auf der Bühne, die der üblichen vorzuziehen ist,
2. auf dem I. Rang ist der Schalldruckpegel um 2 dB weniger als im Parterre,
3. die Intensitätsunterschiede zwischen den hohen und tiefen Tönen desselben Instrumentes sind ohne Bedeutung. (Dies geht zwar nicht aus Tabelle II hervor, ist aber aus den ursprünglichen Meßwerten sofort zu erkennen.)

Aus Abb. 1 ist zu sehen, daß die Pyramidendecke seitlich und nach rückwärts nicht über das Orchester hinausragt; eine geringe Benachteiligung der seitlichen und hinteren Instrumente, denen etwas weniger Reflexierfläche zukommt, wurde auch beobachtet. Eine Gruppierung des Orchesters nach vorne und nach innen erwies sich als vorteilhaft.

V. Außenlärmvermeidung

Der Fredric-Mann-Saal steht von starkem Verkehr umgeben in der Mitte von Tel Aviv, also waren besondere Maßnahmen gegen Lärm notwendig. Zwar sind die Gänge guter Lärmschutz, doch ragt der Saal über die Gänge hinaus, und hier sind die Außenwände aus geripptem Beton 30 cm dick mit einer Innenwand aus Silikatziegeln 10 cm dick in 1 m Abstand. Die Decke ist auch doppelt und besteht außen aus 8-cm-Beton und einer Hängendecke aus 5-cm-Beton, von der Außendecke durch Gummiaufhänger unter Schubspannung isoliert und von den Silikatziegeln durch Weichmaterial getrennt.

VI. Anerkennung

Für ihre Hilfe und Ratschläge während der sechsjährigen Konstruktion ist der Verfasser den Mitarbeitern der Fa. Bolt Beranek and Newman Inc. dankbar; an R. H. Bolt, R. B. Newman, A. Aldersey-Williams, W. J. Cavanaugh, R. Johnson, J. Rodgers und N. Doelling möchte er besonderen Dank erweisen. Dr. Kadury, städtischer Baudirektor der Stadt Tel Aviv, verdient für seine Gefälligkeit anlässlich der Besuche in Tel Aviv die Anerkennung des Verfassers.

Literatur

- ¹ Die Nachhalldaten u. a. sind einem bald zu erscheinenden Buch des Verfassers, *Concert Hall Acoustics*, entnommen.
- ² R. H. Bolt und J. A. Kessler, "A Survey of Acoustics in the Kleinhans Music Hall, Buffalo, N. Y.", 1950.
- ³ P. H. Parkin, W. A. Allen, H. J. Purkis und W. E. Scholes, "Acoustics of the Royal Festival Hall, London", *Acoustica*, 3, 1—21 (1953).

Table I

Reverberation Times of Several Halls

All times are for nearly full occupancy with the performers in the room

Tabelle I

Nachhallzeiten verschiedener Säle

Die Zeiten wurden bei vollerer Besetzung und mit anwesendem Orchester gemessen

Location and Name <i>Ort und Name</i>	Volume <i>ft³</i>	Volumen <i>m³</i>	No. of Seats <i>Anzahl der Sitzplätze</i>	Frequency in c/s <i>Frequenz in Hz</i>					
				125	250	500	1000	2000	4000
Buffalo, Kleinhans	644,000	18.000	2840	1.6	1.45	1.3	1.3	1.15	1.1
Philadelphia, Academy of Music	553,000	15.500	2985	1.4	1.7	1.45	1.35	1.25	1.15
Leipzig, Gewandhaus	375,000	10.500	1560	—	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2
Liverpool, Philharmonic	479,000	13.400	1955	1.3	1.4	1.55	1.45	1.45	1.3
London, Royal Festival	775,000	22.000	3000	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3
Edinburgh, Usher	565,000	16.000	2760	1.9	1.9	1.7	1.5	1.4	1.3
Basel, Stadt-Casino	370,000	10.500	1400	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4
New York, Carnegie	857,000	24.000	2760	1.8	1.8	1.8	1.6	1.6	1.4
Boston, Symphony Hall	662,000	18.500	2630	2.2	2.0	1.8	1.8	1.6	1.4

Table II

Sound pressure levels in decibels at 5 positions in room
for various instrument positions

(See Fig. 6 for Code)

Tabelle II

Schalldruckpegel in Dezibel in 5 Stellungen im Raum
für verschiedene Instrumentenstellungen

(Legende s. Abb. 6)

Instrument and position on stage <i>Instrument und Bühnen- stellung</i>	Room positions <i>Raumstellungen</i>							
	1	2	3	Median 1—3 <i>Durch- schnitt</i>	4	5	Median 4—5 <i>Durch- schnitt</i>	Median 1—5 <i>Durch- schnitt</i>
H_1	71	69	73	71	68	67	68	69
H_2	69	72	70	70	66	69	68	69
H_3	69	70	69	69	68	66	67	69
H_4	69	—	—	69	—	—	—	69
T_1	73	73	74	73	70	71	70	73
T_2	74	74	75	74	72	72	72	74
O_1	63	62	59	62	57	58	58	59
O_2	62	60	59	60	57	60	58	60
V_1	66	—	—	66	—	62	62	64
V_2	66	—	—	66	—	62	62	64
V_3	63	—	—	63	—	64	64	64
TL	Same in all positions <i>Alle Stellungen gleich</i>							

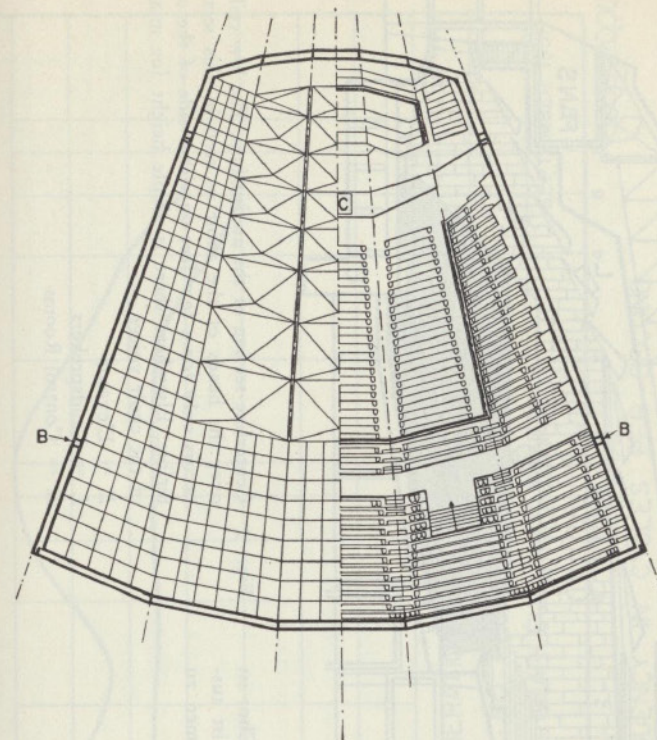


Abb. 1 Grundriß des Saals mit Untenansicht der Decke im Halbschnitt.
B = Enden des hinteren Trägers
C = Dirigentenpodium

Fig. 1 Plan of the auditorium showing the reflected ceiling plan on one-half.
B = Ends of rear beam
C = Conductors podium

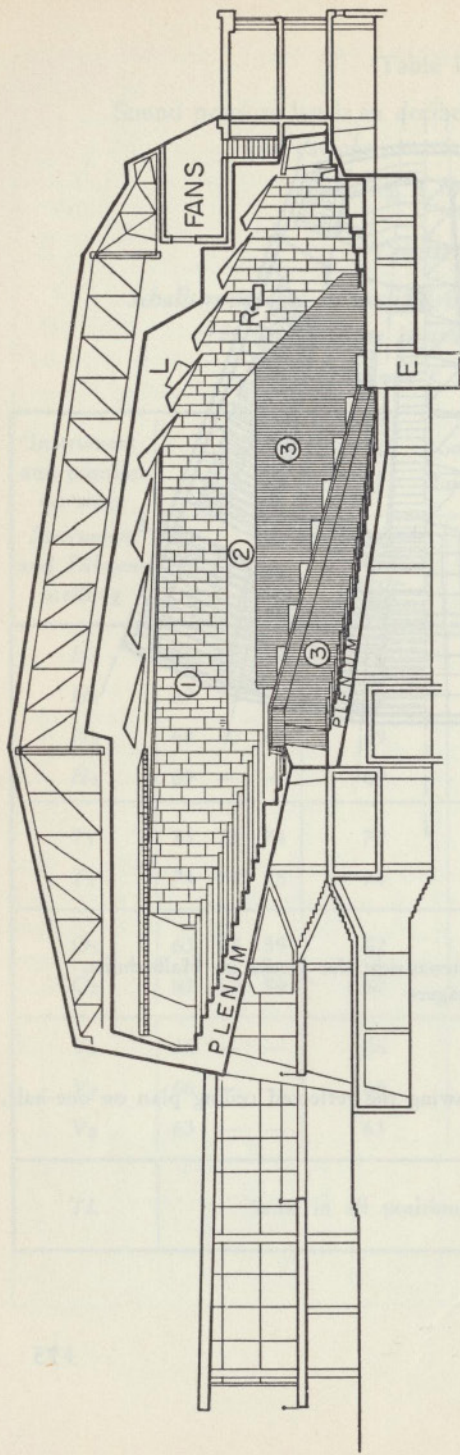


Abb. 2 Mittelschnitt des Saals. Die Decke über dem Chor ist nur kurz in der Mitte so niedrig; anderswo ist ausreichend Raum vorhanden, um die Chorstimmen zu mischen.

E = Aufzug
L = Lautsprecheranlage
R = Regieräume
FANS = Ventilatoren
 1 = abgestimmte Holzpaneele
 2 = Stehplatzgalerie
 3 = geriffelte Holzwände

Fig. 2 Centerline section of the auditorium. The low ceiling over the heads of the choir as seen in this section occurs only for a few feet on either side of the centerline. Elsewhere there is ample height for mixing of the choir voices.

E = Elevator
L = Loudspeakers
R = Control Rooms

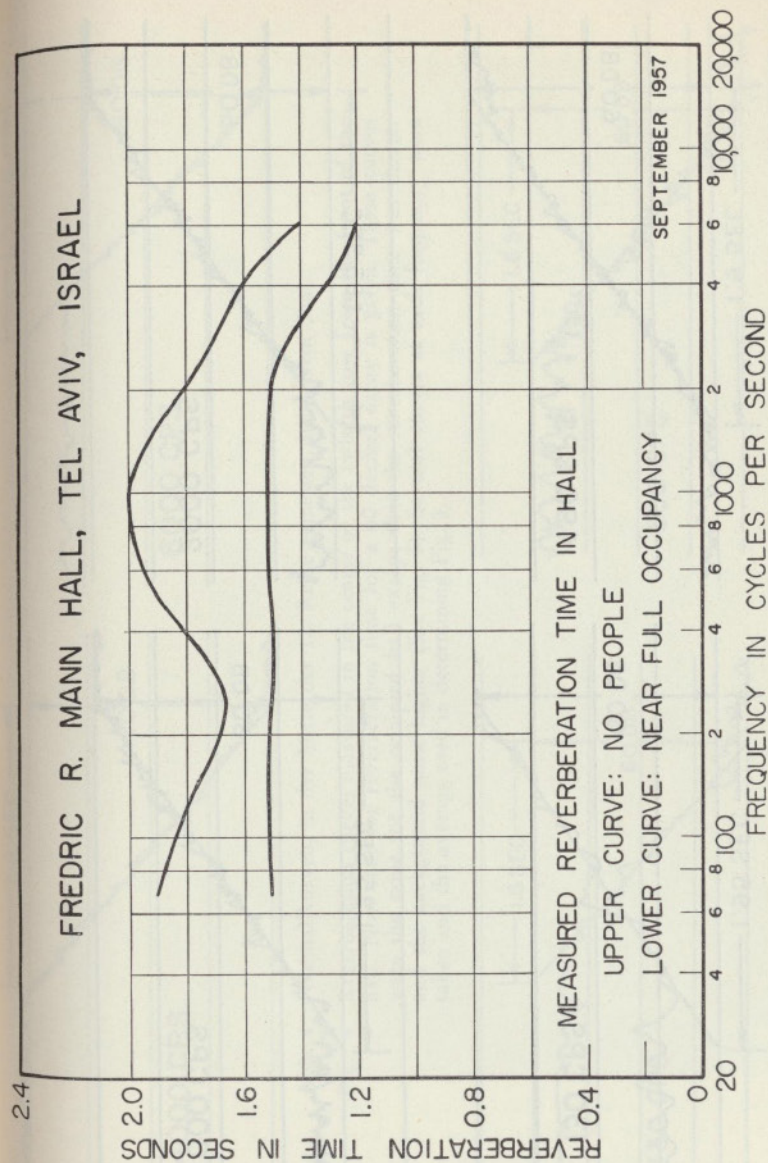


Abb. 3 Nachhallzeit des fertigen Saals in Abhängigkeit der Frequenz: obere Kurve: leer; untere Kurve: mit vollerer Besetzung und einem 70 Mann starken Orchester.

Fig. 3 Reverberation time curves vs frequency for the completed hall with and without people. The "occupied" curve is for near-full audience and a 70-piece orchestra.

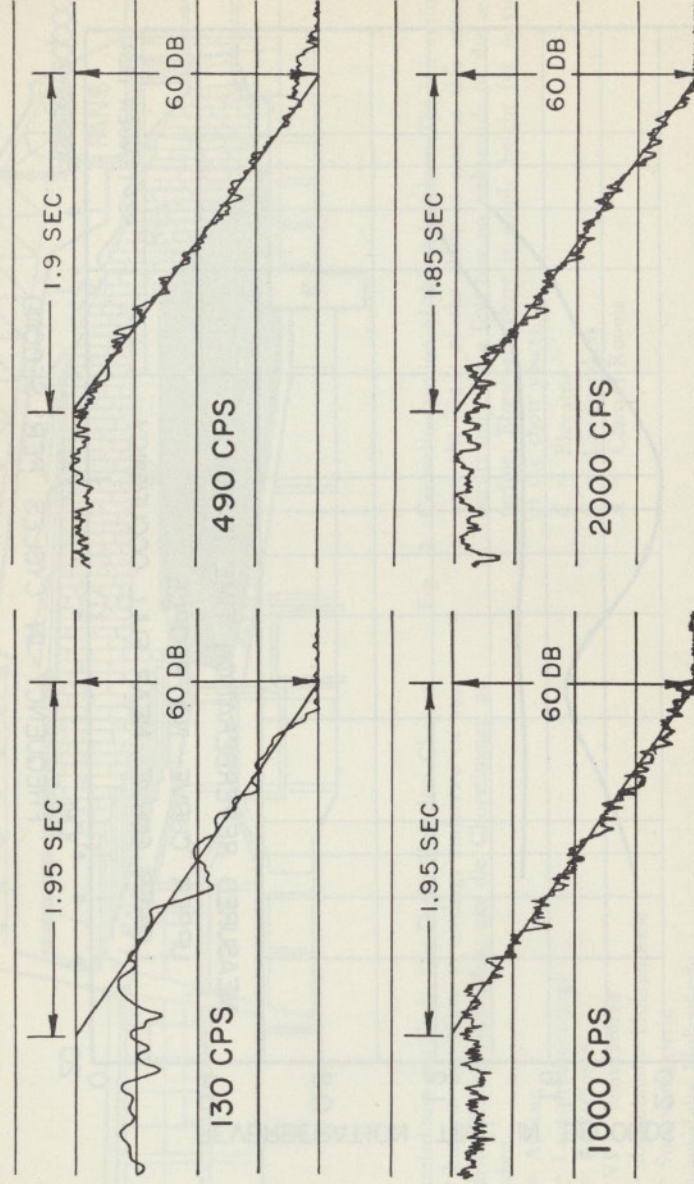


Abb. 4 Nachhallkurven, in der Mitte der 12. Reihe gemessen, bei leerem Saal.

Fig. 4 Reverberation curves measured in the center of the twelfth row from the front of the hall. Note that the reverberation time for a 60 decibel decay is given. These curves were the same for the occupied hall except that the reverberation time was shorter and the background noise higher (See Fig. 5). Several curves at each frequency were taken and the average used in determining Fig. 3.

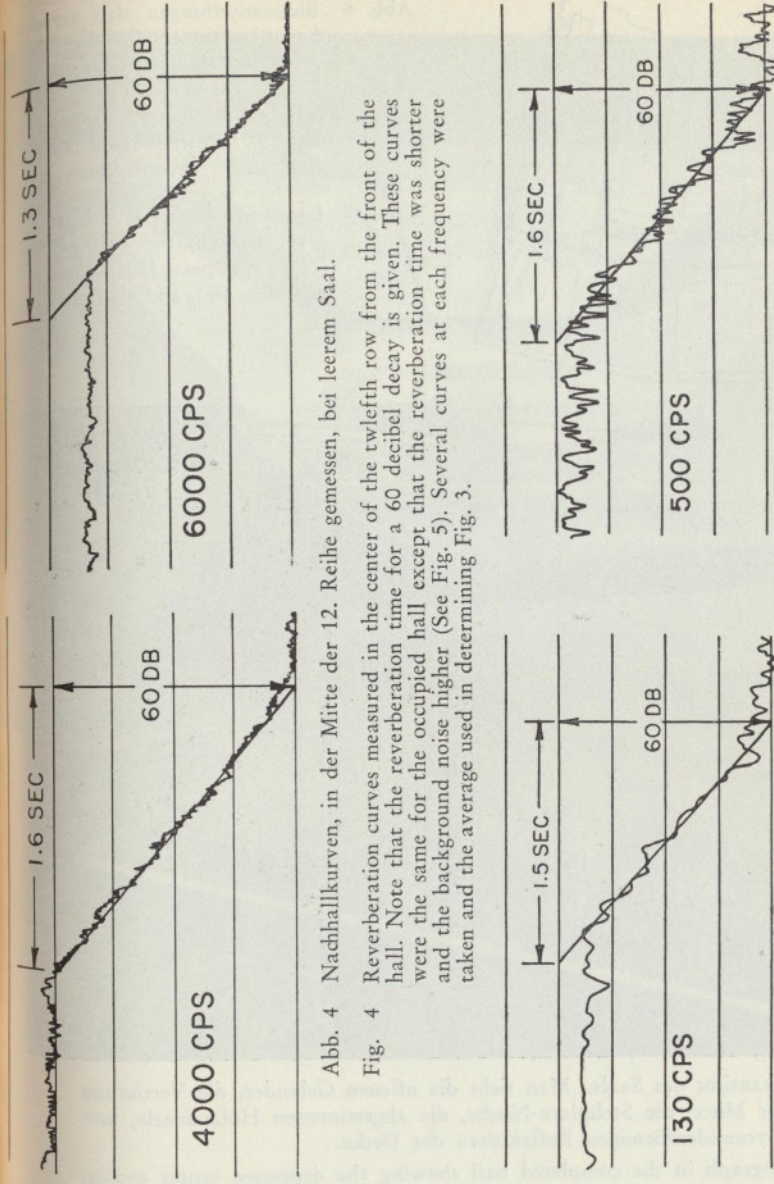


Abb. 5 Nachhallkurven bei voller Besetzung, 130 und 500 Hz. Die Nachhallzeit bei diesen Frequenzen wurde später durch Entfernung einiger Schallschluckflächen verlängert.

Fig. 5 Reverberation curves with near-full occupancy at 130 and 500 cps. Removal later of sound-absorbing material increased the reverberation times at these frequencies slightly.

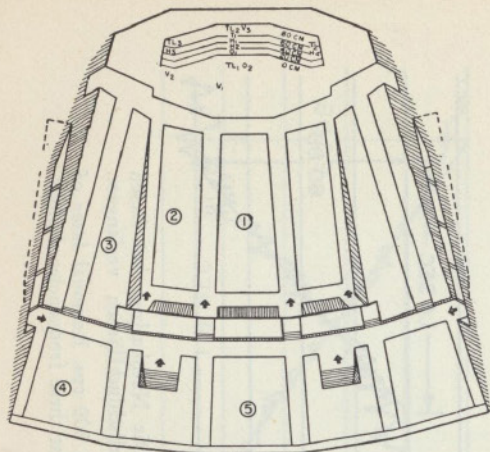


Abb. 6 Bühnenstellungen der verschiedenen Instrumente bei den Schall-
druckpegelmessungen: *H* = Horn,
T = Trompete, *O* = Oboe,
V = 4 Violinen, *TL* = Triangel.
Die 5 Meßstellungen im Saal
sind auch gekennzeichnet.

Fig. 6 Locations during sound pressure
level tests in the hall of horn
(*H*), trumpet (*T*), oboe (*O*),
4 violins (*V*), and triangle (*TL*).

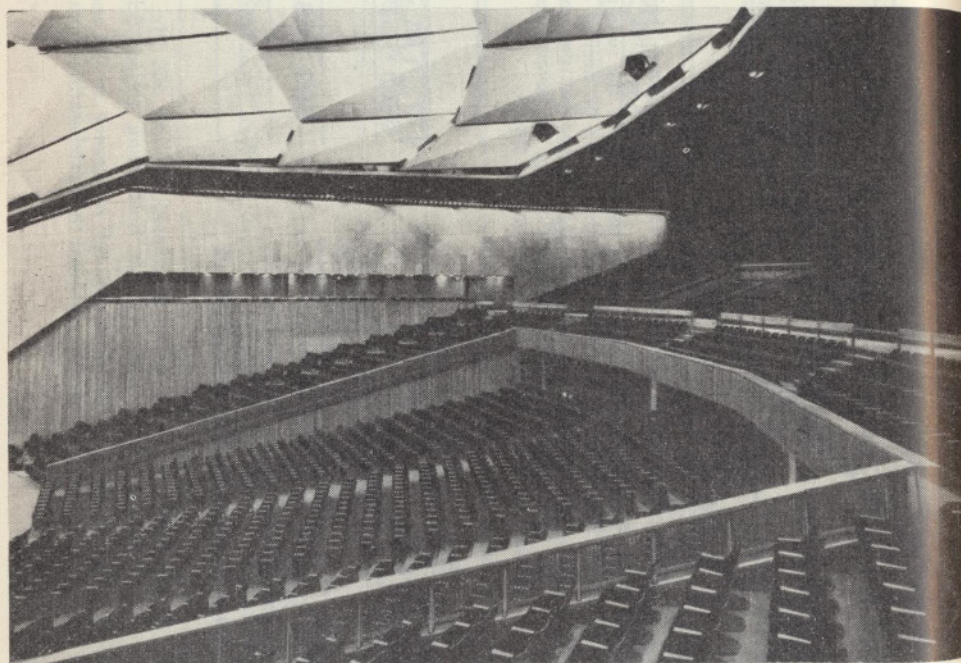


Abb. 7 Seitenansicht des Saals. Man sieht die offenen Geländer, die Vertiefung
in der Mitte, die Stehplatz-Nische, die abgestimmten Holzpaneele, und
die pyramidenförmigen Reflektoren der Decke.

Fig. 7 Photograph in the completed hall showing the depressed center section
and the pyramidal ceiling.



Abb. 8 Ansicht vom Saal auf die Bühne. Man sieht auch die schrägen, echo-
verhindernden Seitenwände.

Fig. 8 Photograph in the completed hall showing the stage and the sloping
lower side walls for control of echo.

I. Introduction

The Fredric R. Mann concert auditorium of Tel Aviv for an audience of about 2900 opened on 2, October, 1957. Audience reaction since has been favorable. This article discusses the acoustical planning and the results of measurements.

At the initial conferences with the building committee and the architects in September 1951, it was agreed that:

1. The reverberation time at mid-frequencies (500-1000 cps) should be higher than that in Kleinhans Hall; but lower than that in Boston Symphony Hall, namely, about halfway between. The late Serge Koussevitsky and the Israeli Philharmonic both spoke favorably of Kleinhans, and it was used in discussions as a model for the acoustical results expected. Data on other halls that were studied are given in Table I¹.
2. The plan of the hall should be fan shaped, similar to that of the Kleinhans Hall in Buffalo, rather than rectangular. The fan shape was preferred by the architects for visual reasons. During these discussions of shaping, a survey of the listeners' opinions of the Kleinhans Hall made in 1950 by R. H. Bolt and J. A. Kessler of M. I. T. was reviewed². This study concluded that there was a high degree of audience satisfaction. Almost all said that the loudness was about right, the reverberation was about right, the definition (ability to hear individual notes) was good to excellent and the quality was right.
3. The interior surfaces of the hall should have controlled irregularities so that the sound will decay in the room smoothly. The front part of the hall and the orchestra canopy should properly blend the music from the various instruments and distribute the music throughout the audience uniformly.
4. There must be no focusing of the sound or any echoes.
5. Street noises and air-conditioning noises should be inaudible in the hall.
6. For proper balance between the bass and treble frequencies the side walls of the hall should be predominantly of wood, or other panels having similar acoustical properties.

II. Design Decisions

It was decided to build the hall with a volume per person of 250 to 300 ft³. This could yield a reverberation time at 500 cps in the range between 1.4 and 1.7 secs with near-full occupancy. The final value of reverberation time was adjusted on the basis of two test concerts in September 1957. The average at mid-frequencies was finally set at 1.55 sec.

It is seen in Table I, that relative to the mid-frequency values, the greatest variation in reverberation times for the various halls occurs at the two frequencies of 125 and 250 cps. It is at these frequencies that the absorption of wood walls differs most from that for hard walls, such as plaster or brick. Based on listening experiences in the various halls of Table I, it was decided to make the reverberation time at 125 and 250 cps equal to or only slightly higher than that at mid-frequencies.

Unquestionably, the most important factor influencing the acoustics of a concert hall, is the detailed shaping of the interior surfaces. As Messrs. Allen and Parkin of the Building Research Station in England have put it:

"For the performers: The players and singers must be able to hear one another well in order to play in good ensemble and intonation.

"For the audience: The output of all departments of the orchestra should be heard in all parts of the house in the balance intended by the conductor. Definition should be clear. Tone should be 'full' and have a 'singing' quality".

In the old halls (e.g., Old Leipzig Gewandhaus and Boston Symphony Hall) coffers are built into the ceiling. Irregular side walls with niches and statues are found. These surface irregularities along with the smaller-scale baroque ornamentation cause a continuous succession of partial reflections towards the forward part of the hall that create a smooth sound decay (reverberation) characteristic. Some of the reflections come back to the orchestra and singers, thereby helping them to hear the ensemble and intonation.

In the Tel Aviv hall, the desired large scale diffuse surfaces have been provided by the incorporation of pyramidal shaping of the ceiling in the forward center part. This part of the ceiling is constructed from 24 hanging elements each made from four sheets of asbestos cement board and cut so that each forms a sort of "pyramid". See Figs 1 and 2. On each "pyramid" the smallest of the four sheets faces the stage and acts to reflect a portion of the sound back to the stage and to the seating in the forward half of the hall. The largest sheet on each pyramid reflects sound from the stage toward the rear part of the auditorium. This part of the pyramid is responsible for providing good definition throughout the hall. The two side sheets reflect sounds from one side of the stage to the other and di-

tribute the sound of any department of the orchestra uniformly to all parts of the auditorium.

Around the sides and in the rear part of the ceiling an "egg crate" construction is hung below the suspended solid concrete ceiling above. This construction consists of two parts. One part is composed of 28-in. high sections in squares of 72 in. $\times$ 72 in. for providing additional reflecting and scattering surfaces. The other part is composed of 6-in. high sections fitted inside of the first part in squares of 12 in. $\times$ 12 in. This part is primarily visual. The entire volume above the hung ceiling is part of the reverberant auditorium.

Shaping features for reducing echo include:

1. the side walls beneath the small galleries on either side of the auditorium are tilted outward,
2. the sections of wall enclosing the stage are splayed (See Fig 2),
3. the railings around the stage, balcony, galleries and vomitories are open.

The two rear walls are reflecting but are tilted forward so as to direct sound from the stage into the audience before the difference between the time of arrival of the direct and reflected waves exceeds 0.02 sec. These rear walls were potential sources of serious echoes because they are curved with focal points near the stage. Experiments conducted by having the orchestra produce staccato chords with audience present during the test concerts and later without an audience showed no noticeable echo on the stage or in the audience.

To provide the desired low frequency reverberation time, tuned wood panels were mounted on the side walls. These panels are of four types as detailed in the companion paper by J. Rechter. Their location is indicated in Fig 2.

In the final form of the hall, no porous absorbing material is contained in any surface except the fronts of the doors at the rear of the depressed section of the main floor seating, and, for noise control, at the rear of the standees galleries.

III. Measured Reverberation Times

The reverberation times were measured in the hall both empty and with near-full occupancy during test concerts in September 1957. The results, as a function of frequency, are given in Fig. 3. The principal reason for the slightly lower reverberation times with audience at low frequencies than was planned for is the hung ceiling. For architectural (visual) reasons more wood had to be introduced into the peripheral ceiling than was desired. For reasons of loading limitations in the main structure, the hung

asbestos-board ceiling was only half as thick (namely, 0.5 cm) as was desired. These two factors reduced the reverberation by an estimated 0.2 sec at 100 cps and 0.1 sec at 200 cps with near-full occupancy. The dip in the reverberation curve at 250 cps, with empty hall, results from a peak in absorption in the seats caused by the fact that the back side of the Cairo cloth used to cover the seats was sprayed with latex, thereby rendering the cloth impervious to airflow.

It is known that for good listening conditions, the sound decay curve should be linear and the irregularities on it should be closely spaced and small. This sort of reverberation curve has been achieved in this hall, as can be seen from the sound decay curves of Figs 4 and 5. These particular curves were measured in the center of the twelfth row from the front of the hall. No differences in the reverberation characteristics could be seen with or without audience. In fact, the 130 cps curve was smoother with audience.

IV. Orchestra Enclosure and Tests

The arrangement of the different levels on the stage and the shape of the stage are modeled after those in the Royal Festival Hall.³ Particular attention was devoted to the design of the orchestra canopy. One of the most important features of its design is that it reflects the sounds of the various departments of the orchestra so that they are heard equally well in all parts of the house. Tests by instrument and by listening were made to determine whether there were optimum locations for particular instruments on the stage. The difference in sound pressure levels throughout the audience were determined for each location. The instruments studied were the French horn, trumpet, oboe, violin and triangle. These instruments are coded by the letters *H*, *T*, *O*, *V* and *TL* respectively and their successive locations are indicated on Fig 6 by H_1 , H_2 , H_3 , T_1 , T_2 , V_1 , V_2 , etc. One of each instrument was used except for the violins, where a group of four played a chord. Median levels at five positions in the hall for a range of four tones on each instrument, each sounded four times are shown in Table 2. The conclusions are as follows:

1. there is no position on the stage for each of the instruments, that is superior to their usual position,
2. the sound pressure levels in the balcony are 2 *db* less than those on the main floor,
3. there are no significant intensity variations between the high notes and low notes for each instrument. (This detail is not shown in Table II, but can be seen immediately from the complete data.)

From the reflected ceiling plan of Fig 1, it is seen that the pyramidal enclosure does not extend beyond the orchestra area. As a result, the instruments located at the sides and rear do not have the benefit of as much overhead reflecting area as the other instruments, and a slight unbalance was noted by the observing group. Listeners' experiments with the full orchestra revealed somewhat better results when the orchestra was moved as far forward (toward the audience) on the stage as possible and with the instruments pulled in from the edge of the pyramidal covered area by about 4 to 6 ft.

V. Control of Exterior Noise

The Fredric Mann Hall is located in the center of Tel Aviv in a region of heavy traffic. As a result, special provisions were taken to eliminate outside noise. At the lower levels of the hall, the corridors act as protection against noise entering the hall. At the higher levels, the hall emerges from the corridor structure and is directly exposed to the traffic noise. The side walls are made from 12-in. thick poured concrete with ribs. The ceiling is made from 3-in. thick poured concrete. To provide the desired noise reduction, a second wall made from 4-in. thick silicate brick is laid about 3 ft inside the outer wall. A hung ceiling, 2-in. thick, isolated from the upper ceiling by rubber-in-shear hangers and separated structurally from the silicate brick is installed. Soft board was placed at the edges of the ceiling to seal the gap between it and the brick.

VI. Acknowledgments

The author wishes to acknowledge the valuable assistance and advice provided by various members of Bolt Beranek and Newman Inc. during the six-year course of design; in particular, special thanks are extended to R. H. Bolt, R. B. Newman, A. Aldersey-Williams, W. J. Cavanaugh, R. Johnson, J. Rogers and N. Doelling. The author also wishes to thank Dr. Kadury, Director of Municipal Buildings, city of Tel Aviv, for his kindnesses during visits to Tel Aviv.

References

- ¹ The reverberation data and some other information in this paper are taken from a forthcoming book by the Author entitled *Concert Hall Acoustics*.
- ² R. H. Bolt and J. A. Kessler, "A Survey of Acoustics in the Kleinhans Music Hall, Buffalo, N. Y.," July 1950.
- ³ P. H. Parkin, W. A. Allen, H. J. Purkis and W. E. Scholes, "Acoustics of the Royal Festival Hall, London". *Acustica*, 3, 1-21 (1953).

Materialien zur Rekonstruktion akustischer Charakteristiken

(Das alte Burgtheater in Wien)

von

HERTA SINGER

Das berühmte Ensemble des Wiener Burgtheaters spielte bis zum Jahre 1888 in einem unansehnlichen Gebäude, das auf dem heutigen Michaelerplatz stand. In der Wiener Überlieferung lebt dieses „Alte Burgtheater“ als vielzitiertes Musterbeispiel eines intimen Hauses mit unübertroffener Akustik fort. Einer aus den „Gravesaner Blättern“¹ empfangenen Anregung folgend, lege ich hier einige Materialien über die Hörverhältnisse in diesem alten Burgtheater vor. Der Versuch einer Rekonstruktion der akustischen Bedingungen dieses Hauses ist aus mehreren Gründen von besonderem Interesse: hier fanden die ersten Aufführungen der Opern „Orfeo“ und „Alceste“ von Gluck statt; für dieses Theater komponierte Mozart seine „Entführung aus dem Serail“ und „Cosi fan tutte“ („Le Nozze di Figaro“ wurde nicht über Auftrag des Burgtheaters geschrieben, wohl aber im Hinblick auf die Aufführungsmöglichkeit in diesem Theater); hier endlich entwickelte sich der spezifische Sprech- und Darstellungsstil des Burgtheaters. Einige Untersuchungen, die ich vorgenommen habe, ergeben, daß die akustischen Bedingungen in diesem Gebäude tatsächlich besonders günstig gewesen sein müssen. Man darf sogar annehmen, daß die Entstehung des vielgenannten Burgtheaterstils weitgehend von den Qualitäten des Raums beeinflußt worden ist.

Das alte Burgtheater war ursprünglich ein Ballhaus, in welchem das spanische Ballspiel (ein Vorgänger unseres modernen Tennis) geübt wurde. Im Jahre 1741 überließ die Kaiserin Maria Theresia dieses Hofballhaus einem Theaterunternehmer, der es für Aufführungszwecke adaptierte. Diese früheste Form des Burgtheaters dürfte aber sehr unbefriedigend gewesen sein, denn am 22. Dezember 1747 wurde mit einem anderen Unternehmer, dem Baron Lo Presti, ein Vertrag abgeschlossen, in welchem sich dieser verpflichtete, „alles dasjenige . . . in besseren Stand herzustellen, dergestalt damit dieses die wahrhafte Form eines Theatri bekomme, nebst einem Proscenarium von den bestmöglichen schönen Auszierungen und den nötigen Gewölbungen über dem Frontispicium des Proscenii und dem Orchester, auf daß die Stimmen der singenden Personen sowohl als die Instrumentalmusik merklicher ins Gehör falle . . .“²

In diesen Jahren bekam das Theater die Form, die es trotz mannigfacher Umbauten und Abänderungen bis zu seinem Abriß (1889) im Wesentlichen behalten sollte. Bis zum Jahre 1776 wurden in diesem Haus hauptsächlich Opern (Gluck), Ballette (Noverre) und Schauspiele in französischer Sprache

gezeigt. 1776 erhob Kaiser Joseph II. dann das einstige Ballhaus zum Hof- und Nationaltheater und quartierte dort die deutsche Schauspieltruppe ein, die bisher im Theater am Kärntnertor gespielt hatte. Diese Übersiedlung war für die Entwicklung der Burgtheaterkunst von entscheidender Bedeutung. Die akustischen Vorteile des Theaters nächst der Burg waren den Theaterfachleuten des 18. Jahrhunderts bekannt. Joseph von Sonnenfels hat bereits 1770 die großen akustischen Unterschiede zwischen Burg- und Kärntnertortheater in einer Rezension dargelegt. Er wußte, daß man im Kärntnertortheater nur langsam und getragen und direkt zum Publikum hingewendet sprechen dürfe³. Der Einzug der deutschen Komödianten in das Burgtheater bedeutete also, daß sie das „Übertriebene des Tons“ aufgeben und natürlich spielen konnten.

Im Jahre 1779, also drei Jahre nach der Schaffung des Nationaltheaters und kurz vor der Übersiedlung Mozarts nach Wien, wurde das Theater umgebaut und renoviert⁴. Aus dieser Umbauperiode sind mehrere Risse erhalten⁵, die meines Wissens noch nicht veröffentlicht wurden. Sie sind mit „I. H.“ signiert, was auf den Oberhofarchitekten Joseph Hillebrandt hinweist, welcher den Umbau von 1779 leitete. Diesen Plänen zufolge war der Zuschauerraum 23 m lang, 10,60 m breit und 12,60 m hoch⁶. Über dem schmalen Parterre und den Parterrelogen zogen sich in Hufeisenform drei Logenränge und eine Galerie. Genaue Angaben über den Fassungsraum sind mir nicht möglich. Fred Hennings⁷ nennt 1125 Personen, doch kann man vermuten, daß im 18. Jahrhundert auch mehr Zuschauer zugelassen wurden. Eine exakte Errechnung wird durch die große Zahl der unnummerierten Plätze im zweiten Parterre und auf der Galerie erschwert.

Nun zu den Baumaterialien! Die Hillebrandt-Risse lassen ein Farbsystem erkennen, dem man entnehmen kann, daß das Theater — von den vier Außenmauern, die den Dachstuhl trugen, abgesehen — ganz aus Holz erbaut war. Dies wird auch durch ein Schriftstück bestätigt, in dem das bei der Demolierung zu gewinnende Material zum Kauf angeboten wird⁸. Dachwerksatzgehölz und Dachverschalung werden auf 958 m² geschätzt, Dippel- und Tramböden auf 1878 m², die „Bretterwände samt deren hölzerne Gerippe“ auf 1041 m², die Fußböden samt Polsterhölzern im Parterre des Theaters und der Nebengebäude auf 996 m².

So also war das Theater, für welches Mozart drei seiner größten Werke komponierte! Ihr legerer Lustspielton und psychologischer Nuancenreichtum entspricht der Entwicklung, die auch das Schauspielensemble des Burgtheaters in dieser Zeit genommen hat. Weitere Untersuchungen mögen ergeben, inwieweit dies von den günstigen Hör- und Sehbedingungen des Theatergebäudes abhängig war. Johann Friedrich Schink betonte 1782, daß auf dem Burgtheater „unter allen Bühnen Deutschlands im ganzen das menschlichste Spiel herrscht, daß Fratze und Karikatur noch am meisten hier entfernt sind“⁹. Auch in den folgenden Jahrzehnten wird von

Wienern und auswärtigen Besuchern immer wieder die Natürlichkeit der Schauspieler, ihr ungezwungener Konversationston hervorgehoben. Der Weimaraner Schauspieler Eduard Genast, der 1847 im Burgtheater gastierte, bemerkt in seinen Lebenserinnerungen: „So viel wurde mir daraus klar, daß ich hier den Tell, in welcher Rolle ich auftrat, noch einfacher spielen müsse, als ich es in Berlin getan, wollte ich in dem einfachen schlichten Rahmen nicht als eine fremde Gestalt erscheinen. Ich schloß mich daher, soweit es mir möglich war, dem rascheren Tempo meiner Mitspieler an . . .“¹⁰.

Den größten Ruhm errang das Burgtheaterensemble durch seine Interpretation von Konversationsstücken und Lustspielen. Die hohe Tragödie scheint nicht die eigentliche Domäne der Künstler gewesen zu sein. „Das Theater ist zu großen Stücken zu klein“, hieß es schon 1794¹¹. Und Eduard Devrient¹² stellte viel später rückblickend fest: „Das Burgtheater konnte so bis zum Jahre 1850 hin . . . seinen seit den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts festgestellten Charakter sich erhalten: im idealen Drama stillos, ungleich, teils prosaisch, teils affectiert declamierend, dagegen in allen Stücken, die auf die Nachahmung der Wirklichkeit gestellt sind, natürlich, wahr, fein und bescheiden.“ Heinrich Laube, der von 1849 bis 1867 Burgtheaterdirektor war, machte sich sogar zum Prinzip, jüngere Darsteller im Konversationsstück auszubilden und erst später im Versdrama hervortreten zu lassen¹³.

Die räumlichen Vorzüge des alten Burgtheaters wurden Besuchern und Schauspielern erst richtig bewußt, als das Ensemble 1896 in den neuen Prunkbau am Ring mit seinem 17,53 m hohen Zuschauerraum übersiedelte. Zahlreiche Pressestimmen, Tagebuchaufzeichnungen und Broschüren künden von der verzweifelten Stimmung der Darsteller und Zuschauer in dem neuen Haus. Burgschauspieler Joseph Lewinsky, dessen Rede sich im alten Burgtheater „wie ein Bergstrom erhob und in rasendem Tempo“¹⁴, erzählte, um wieviel stärker und unmittelbarer der „Faust“ am Michaelerplatz gewirkt habe als in dem neuen Gebäude. Er warnte vor dieser „marmor- und goldstrotzenden Richtstätte der Kunst“ und befürchtete, daß sie die „Brutstätte der Mittelmäßigkeit“ werde, „an welcher der ‚haarbuschige Geselle‘ den natürlichen Schauspieler, der die Bescheidenheit der Natur in Ton und Gebärde verkündet, leicht besiegt“¹⁵.

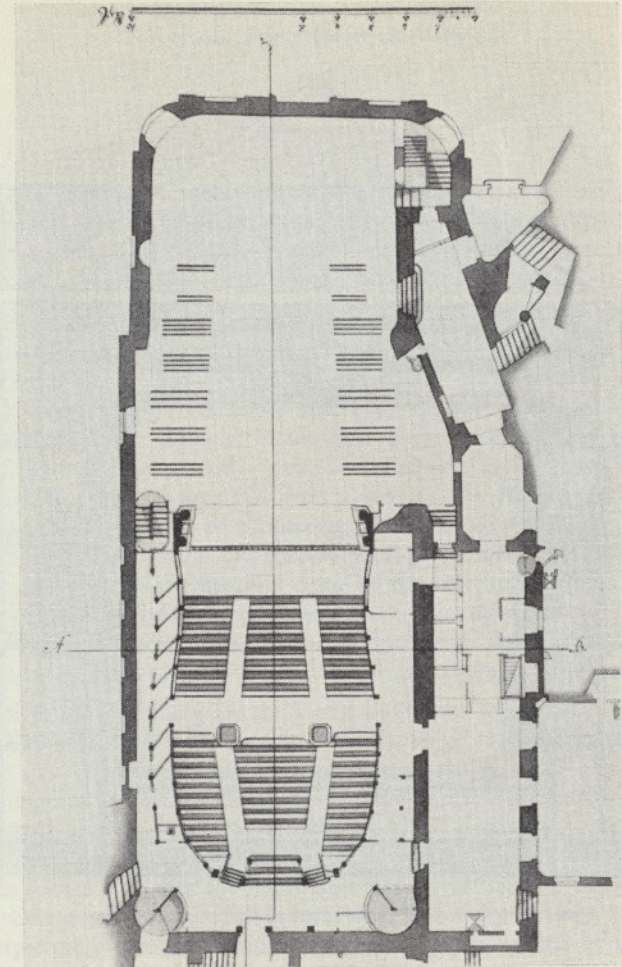
1897 wurde bereits dieses neue Burgtheater umgebaut, wobei auch die Akustik wesentlich verbessert wurde. Trotzdem aber mußte sich ein neuer Darstellungsstil herausbilden, der die neuen Dimensionen berücksichtigte.

*

Die hier veröffentlichten Pläne und Daten über das beim Abbruch gewonnene Material sollten dem Fachmann die Möglichkeit geben, die klangliche Charakteristik des alten Burgtheaters näherungsweise zu berechnen und da-

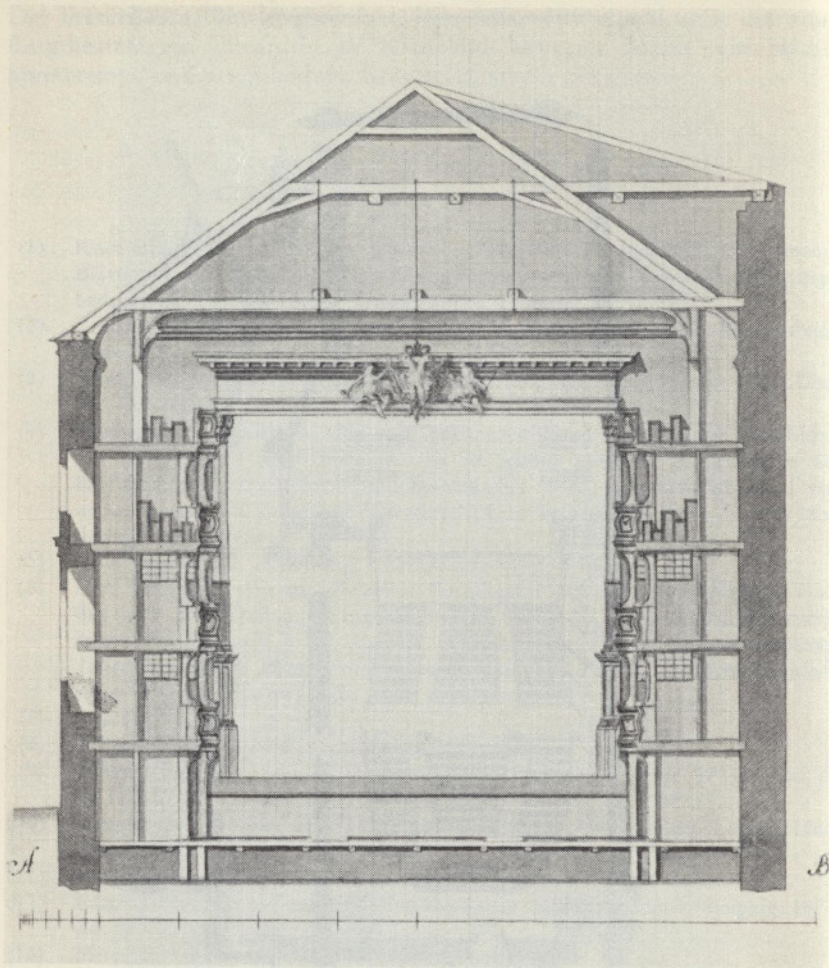
mit eine exaktere Interpretation der zeitgenössischen Zeugnisse zu liefern. Die literarischen Quellen beweisen jedenfalls, daß die Akustik des alten Burgtheaters ein durchsichtiges Klangbild bewegter Musik, ein rasches Sprechtempo und einen leichten Konversationston gestattete.

- (1) Kurt Blaukopf hat in dem Beitrag „Historische Klangtreue“, Gravesaner Blätter, Jahrg. II, Heft 6, zur Untersuchung der historischen Aufführungsbedingungen musikalischer Meisterwerke angeregt.
- (2) Zitiert nach Oskar Teuber: Das k. k. Hofburgtheater seit seiner Begründung, Wien 1896, S. 57.
- (3) Joseph v. Sonnenfels: Gesammelte Schriften, Wien 1784, Bd. IX, „Über die Vorstellung des Brutus“.
- (4) Dieser Umbau wird in den mir bekannten Darstellungen der Geschichte des Burgtheaters nicht erwähnt. Er ist jedoch aus den Indexbänden des Hofbauamtes (Haus-, Hof- und Staatsarchiv Wien) und dem „Journal von auswärtigen und deutschen Theatern“, III. Teil, Wien 1779, S. 190 eindeutig nachzuweisen.
- (5) Albertina, Wien. Abteilung Architektur, Mappe 64.
- (6) Fred Hennings teilt in „Zweimal Burgtheater“, Wien 1955, folgende Größen mit: Höhe 12 m, Länge 23,60 m, Breite 10,30 m. Die Differenzen lassen sich dadurch erklären, daß den Angaben Pläne aus verschiedenen Jahren zugrunde lagen. Auch sind die auf den Plänen enthaltenen Maßstäbe (Wiener Klafter) nicht ganz zuverlässig.
- (7) a. a. O.
- (8) Albertina Wien. Abt. Architektur, Mappe 64.
- (9) Johann Friedrich Schink: Dramaturgische Fragmente, Graz 1781/2, Bd. II, S. 1171.
- (10) Eduard Genast: Aus dem Tagebuche eines alten Schauspielers, Leipzig 1865, Teil IV, S. 17 f.
- (11) Vertraute Briefe zur Charakteristik von Wien, 1793.
- (12) Eduard Devrient: Geschichte der deutschen Schauspielkunst, Leipzig 1874, Bd. V, S. 140.
- (13) Heinrich Laube: Das Burgtheater, Leipzig 1909.
- (14) Auguste Wilbrandt-Baudius: Aus Kunst und Leben, Wien 1919, S. 71.
- (15) Joseph Lewinsky: Das Verhältnis des Raums zur Schauspielkunst, Wien.



Parterre-Grundriß des alten Burgtheaters. 1779, mit „I. H.“ signiert. (Albertina, Architektur Inv.-Nr. 6570).

Floor plan of the old Burgtheater, 1779, signed „I. H.“
(Albertina, Architektur, Inv. No. 6570).



Querschnittsdarstellung von der Linie A — B des Grundrisses gegen die Bühne, 1779. (Albertina, Architektur Inv.-Nr. 6573).

Section AB facing the stage, 1779.
(Albertina, Architektur, Inv. No. 6573).

Facts for the Reconstruction of Acoustical Characteristics

(The old Burgtheater in Vienna)

by

HERTA SINGER

Until 1888, the famous ensemble of the Vienna "Burgtheater" performed in an indifferent-looking building at the present Michaelerplatz. In the Viennese tradition, this "old Burgtheater" is often quoted as an example of a model small theater with unsurpassed acoustic properties.

Stimulated by a publication in the *Gravesaner Blätter*¹, I am herewith presetting some data concerning the conditions for listening in this "old Burgtheater". There are several reasons why a reconstruction of the acoustical properties of this house will find special interest. Here Gluck's operas "Orfeo" and "Alceste" were first performed. It was this theatre for which Mozart composed "Die Entführung" and "Cosi fan tutte". ("Le Nozze di Figaro" was not contracted by the Burgtheater, but was written for the possibility of a performance in this house). Here, also, the special "Burgtheater" style of speech and performance was developed. Through my own investigations, I came to the conclusion that the acoustic conditions in this building must indeed have been most favorable. We may even suppose that the creation of the well-known "Burgtheater" style was substantially influenced by the qualities of the room.

Originally, the old Burgtheater was a ballhouse for playing the Spanish ball game (precedent of our modern tennis). In 1741, Empress Maria Theresa left this court-ballhouse to a theatre manager, who adapted it for theatre purposes. Probably this original form of the Burgtheater was rather unsatisfactory, for on the 22nd December, 1747, a contract was concluded with another manager, Baron Lo Presti, by which he engaged himself "to restore (in such a way that the house becomes a real theatre) the proscenium, with the best possible beautiful decorations, and the necessary arches above the frontispicum of the proscenium and the orchestra, so that both the voices of the singers and the musical instruments become more appreciable for the audience"².

It was during these years that the theatre received its essential form, maintained in spite of many rebuildings and alterations, until 1889, when it was destroyed. Before 1776, there were shown mainly in this theatre, operas (Gluck), ballets (Noverre), and plays in the French language. In 1776, Emperor Joseph II raised the former ballhouse to the court and national theatre, at the same time transferring the German ensemble from the "Theater am Kärntnertor" into the new house. This move was decisive for

the development of the Burgtheater art. The acoustical advantages of the theatre were well known among theatre experts of the 18th century. As early as 1770, Joseph von Sonnenfels stated in a criticism the considerable differences in the acoustics of the Burgtheater and the Kärntnertheater. He knew that in the Kärntnertheater it was necessary for the actors to speak slowly and sustained, facing the audience³. Thus the moving of the German actors into the Burgtheater entailed their abandoning the exaggeration of speech and enabled them to play more naturally.

In 1779, three years after the establishment of the national theatre and a short time before Mozart came to Vienna, the theatre was rebuilt and redecorated⁴. From this period some sketches are preserved which, as far as I know, have not yet been published. They are signed "I. H." pointing to the chief court architect Joseph Hillebrandt, who was in charge of the rebuilding in 1779⁵. According to those plans, the auditorium was 23 m long, 10.60 m wide, and 12.60 m high⁶. Above the narrow pit and the boxes, there were three circles of boxes and a gallery in the shape of a horseshoe. I cannot give exact details as to the capacity of the theatre. Fred Hennings⁷ mentions 1125 persons, but we may suppose that even more spectators were admitted in the 18th century. An exact calculation is difficult because of the many seats, without numbering, in the back pit and on the gallery.

Now something about the materials used for the building. From the colored drawings by Hillebrandt, we may conclude that besides the four outer walls carrying the roof framing, the theatre was entirely built of wood. This is verified by a document in which the material gained by the demolition is offered for sale⁸. Wood from the roof framing and roof boarding is estimated at 958 m³, beams and planks of the loft 1887 m³, wall-panelling with wooden skeleton 1041 m³, floors with bridging joists of the pit and the lean-tos 996 m³.

So this was the very theatre, for which Mozart wrote three of his most important compositions. In their affable, comedy style with various psychological aspects, they correspond to the development of the actors of the Burgtheater at the same time. It may be left to further investigations, as to how far this trend was dependent on the favourable acoustic and visual conditions in the theatre. 1782, Johann Friedrich Schink emphasized the fact that at the Burgtheater "the most human play of all German theatres dominates, far away from the style of grimaces and caricatures"⁹. During the following decades, the simplicity of the actors and their unaffected, conversational speech is again and again praised both by the Viennese and the foreigners. The Weimar actor Eduard Genast, starring at the Burgtheater in 1847, wrote in his memoirs: "I soon found out that I had to play Tell — the part in which I appeared — even more simply than in Berlin,

in order not to appear as a stranger in this plain and simple frame. I therefore followed the faster tempo of my fellow players, as far as I could . . ."¹⁰.

Most glory was won by the Burgtheater ensemble through their interpretation of conversational plays and comedies. Apparently tragedy was not the real domain of the actors. "For big plays, the theatre is not large enough" was already reported in 1794¹¹. Later on, Eduard Devrient retrospectively stated: "Until 1850 the Burgtheater was able to maintain its characteristics, dating from the eighties of the previous century: styleless, prosaic, with affected declamation in ideal drama, but natural, honest, sensitive and modest in all plays portraying real life."¹² Heinrich Laube, director of the Burgtheater from 1849 to 1867, even followed the principle of educating younger actors in conversational plays before allowing them to perform in a verse-drama¹³.

When in 1896 the staff had moved to the new splendid building at the Ring with its 17.53 m high auditorium, the acoustical advantages of the old Burgtheater became only more evident to both actors and audience. There are a good number of newspaper criticisms, diary notes, and booklets telling about the desparation among the ensemble and the audience in the new house. Actor Joseph Lewinsky, who could speak in the old Burgtheater "like a rising torrent and in a swift tempo"¹⁴, told how much more powerful and direct the effect of "Faust" was at the Michaelerplatz than in the new building. He warned of "the replacing of the execution of art by the abundance of marble and gold" and was afraid it would become "a breeding place of mediocrity, where the natural actor, proclaiming the modesty of nature by speech and gesture, is easily overcome by the ham"¹⁵.

Already in 1897, the new Burgtheater was rebuilt and at the same time the acoustical properties improved. Because of this alteration, a new style of performance had to be found considering the new dimensions.

The plans and data published here about the material gained by the demolition should offer to the expert the possibilities of calculating approximately the characteristics of sound in the old Burgtheater, thus providing a more exact interpretation of the contemporary testimonials.

In any case, it is proved by literary sources that the acoustics of the old Burgtheater permitted easy speech and easy conversation as well as a clear presentation of the accompanying music.

- (1) Kurt Blaukopf suggested in his contribution „Historische Klangtreue“, Gravesaner Blätter II, 6, the investigation of historical conditions for the performance of musical masterpieces.
- (2) From Oskar Teuber: Das k. k. Hofburgtheater seit seiner Begründung, Wien 1896, P. 57.

- (3) *Joseph v. Sonnenfels*: Gesammelte Schriften, Wien 1784, Vol. IX. „Über die Vorstellung des Brutus“.
- (4) This rebuilding is not mentioned in the historical papers about the Burgtheater which I know. It can, however, be proved by the index volumes of the Hofbauamt (Haus-, Hof- und Staatsarchiv Wien) and the „Journal von auswärtigen und deutschen Theatern“ III, Wien 1779, P. 190.
- (5) Albertina, Wien. Dept. Architecture, File 64.
- (6) *Fred Hennings* gives the following dimensions in „Zweimal Burgtheater“, Vienna 1955: Height 12 m, length 23.60 m, width 10.30 m. The differences can be explained by the fact that the data are based on plans of various years. Furthermore the scales of the plans are not quite reliable (Viennese fathom = Klafter).
- (7) *Fred Hennings*: „Zweimal Burgtheater“, Vienna 1955.
- (8) Albertina Wien. Dept. Architecture, File 64.
- (9) *Johann Friedrich Schink*: Dramaturgische Fragmente, Graz 1781/2, Vol. II, P. 1171.
- (10) *Eduard Genast*: Aus dem Tagebuch eines alten Schauspielers, Leipzig 1865, Vol. IV, P. 17 f.
- (11) Vertraute Briefe zur Charakteristik von Wien, 1793.
- (12) *Eduard Devrient*: Geschichte der deutschen Schauspielkunst, Leipzig 1874, Vol. V, P. 140.
- (13) *Heinrich Laube*: Das Burgtheater, Leipzig 1909.
- (14) *Auguste Wilbrandt-Baudius*: Aus Kunst und Leben, Wien 1919, P. 71.
- (15) *Joseph Lewinsky*: Das Verhältnis des Raums zur Schauspielkunst, Wien.

Vierling

KIRCHENORGELN

mit elektronischer Tonerzeugung

ELECTRONIC

CHURCH-ORGANS

ORGUES

ELECTRONIQUES

OSKAR VIERLING

ABTEILUNG ELEKTRONISCHE ORGELN

Ebermannstadt (Oberfranken) Pretzfelder Straße 23

Deutschland - Germany - Allemagne

Bitte fordern Sie unseren Prospekt G 12 an

Auf der Suche nach einer Stochastischen Musik

von

YANNIS XENAKIS

Ταυτόν Γὰρ νοεῖν τε καὶ εἶναι

Ταυτόν Γὰρ εἶναι τε καὶ οὐκ εἶναι.

Ontologie

In einer Welt der Leere. Ein kurzer Wellenzug, dessen Anfang und Ende gleichzeitig sind (Zeit Null), klingt ab in Ewigkeit.

Das Nichts saugt wieder auf, das Nichts erschafft.

Es ist der Erzeuger des Seins.

Zeit, Kausalität.

Homomorphe Ontologie

In einem gegebenen Raum bestehen Musikinstrumente und Menschen; es bestehen weder Ursache noch Zwang, Töne zu erzeugen. Doch ist es wahrscheinlich, daß nach einiger Zeit Töne spontan erzeugt werden: Töne von einer gewissen Dauer, einem gewissen Spektrum, einer gewissen Geschwindigkeit, etc. Diese Zufallsereignisse können auch andere als vereinzelte Töne sein, z. B. melodische Figuren, Zellstrukturen, oder Tongruppen, deren Eigenschaften wieder durch die Gesetze des Zufalls bedingt sind, Wolken von Punkttönen, Temperaturen der Schnelle¹, etc. Auf jeden Fall bilden sie eine Auswahl einer Reihe zufälliger Schallereignisse.

Diese Auswahl läßt sich entweder durch eine einfache Wahrscheinlichkeitstabelle oder u. a. durch eine Tabelle mit zweifacher Eintragungsmöglichkeit — eine Matrize — darstellen, deren Felder man mit der Ereignishäufigkeit ausfüllt. Die waagrechten Reihen stellen bestimmte Eigenschaften der Ereignisse dar und die senkrechten Reihen die Zeitpunkte (s. Matrize *M*). Die Häufigkeitsverteilung wird in dieser Matrize nach dem Poissonschen Gesetz der Verteilung von Zufallsereignissen vorgenommen.

Zuerst ist es notwendig, dich über den Sinn einer solchen Verteilung und die Art und Weise ihrer Verwirklichung im Klaren zu sein. Es ist von Vorteil, den Zufall als ein ästhetisches Gesetz, als eine regelrechte Philosophie zu definieren. Der Zufall ist der Grenzbegriff der sich entwickelnden Symmetrie. Die Symmetrie strebt zur Asymmetrie, mit welcher in diesem Sinne die Negierung der durch die Tradition geerbten festen Rahmen gemeint ist; und diese Negierung bezieht sich nicht bloß auf die Einzelheiten, sondern und vor allem auf die Zusammenstellung ganzer Strukturen. Man bedenke nur die heutigen Tendenzen in der Malerei, der Bildhauerei, der Baukunst

¹ vgl. Gravesaner Blätter, Heft 6

und den anderen Gebieten des Geistes. Z. B. in der Baukunst sind die durch das regelnde Maßwerk ausgearbeiteten Rahmen durch Ausnahmen verwirrt und gesprengt. Es ist, als ob zwischen der Symmetrie, der Ordnung und der Vernunft, und der Asymmetrie, der Unordnung und der Unvernunft Schwingungen bestünden, auch in den Reaktionen zwischen den Kultur-epochen.

Bei einer Umwandlung zur Asymmetrie werden anfänglich vereinzelte Ausnahmen eingeführt, die dann als eine Art ästhetischen Sporns wirken. Sobald aber diese Ausnahmen sich vermehren und allgemein werden, entsteht ein Sprung auf eine höhere Ebene: die der Unordnung, die — wenigstens in der Kunst und der Künstlersprache — ihre Entstehung im komplexen, reichen, unermesslichen Bild der brutalen Zusammenstöße des modernen Lebens verkündigt. Die abstrakte und dekorative Malerei, der Tachismus u. a. m. sind die Beweise dessen. Folglich ist der Zufall, der uns — wie wir wissen — auf jedem täglichen Schritt begleitet, nichts als eine Extremerscheinung dieser geregelten Unordnung (d. h., Fülle oder Dürftigkeit der Verbindungen zwischen den Einzelteilen, die auch die Abhängigkeit oder die Unabhängigkeit der Umwandlungen verursacht), übt also mit diesem Recht — der Negierung — die wohltuende Kraft eines ästhetischen Reglers aus, auch die eines Reglers der Schallereignisse, ihrer Entstehung und ihres Lebens. Doch tritt hier die eiserne Logik der Zufallsgesetze ein: dieser Zufall läßt sich nicht schaffen, ohne seinen eigenen Gesetzen unterworfen zu sein. Unter dieser Bedingung wird der durch seine eigene Kraft gebändigte Zufall zueinem hydroelektrischen Wildstrom.

Achtung! Hier ist nicht von jenen Fällen die Rede, wo man sich damit abfindet, um diese oder jene Alternative des Details das Los zu ziehen — es geht um etwas viel Wichtigeres: um einen philosophischen und ästhetischen Begriff, der durch die Gesetze der Wahrscheinlichkeitstheorie und die sie ausdrückenden mathematischen Funktionen bestimmt ist, um einen zusammenhängenden Begriff eines neuen Bereiches des Zusammenhangs.

An Hand der Matrize studieren wir nun ein konkretes Beispiel der Instrumentalmusik².

Zur Rechenbequemlichkeit wählt man eine mittlere Ereignisdichte

$$\lambda = 0,60 \frac{\text{Ereignisse}}{\text{Einheit}}.$$

Nach der Poissonschen Formel

$$P_k = \frac{\lambda^k}{K!} e^{-\lambda}$$

erhält man die folgende Wahrscheinlichkeitstabelle:

² Die folgende Analyse bezieht sich auf *Achorripsis*, ein Werk für 21 Instrumente, von Y. Xenakis (Bote und Bock, Berlin).

TABELLE 1

$P_0 = 0,5488$	$P_3 = 0,0198$
$P_1 = 0,3293$	$P_4 = 0,0029$
$P_2 = 0,0988$	$P_5 = 0,0000$

Hier ist P_i = die Wahrscheinlichkeit, daß das Ereignis i mal in der Volumeneinheit, oder Zeiteinheit, o. a. erfolgt.

Wir wählen *a priori* 196 Einheiten oder Felder, also erhält man die Häufigkeitsverteilung in den Feldern durch Multiplikation der P_i mit 196:

TABELLE 2

i	Anzahl der Felder $196 P_i$
0	107
1	65
2	19
3	4
4	1

Diese 196 Felder können aus einer Gruppe oder aus mehreren näher bestimmten Gruppen bestehen. Hier werden die Gruppen durch Klangfarbe und Zeit so bestimmt, daß

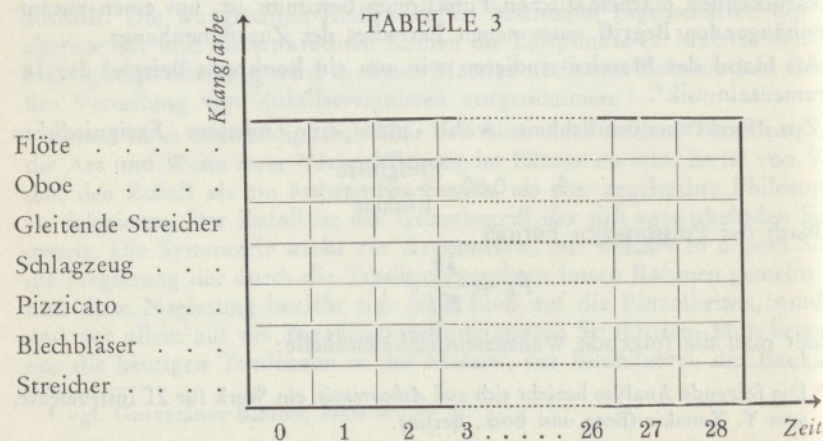
Klangfarbengruppe $\times$ Zeitgruppe = 196 Felder.

Angenommen 7 Klangfarben, dann hat man

$$\frac{196}{7} = 28 \text{ Zeiteinheiten.}$$

Die 196 Felder sind also auf einem zweidimensionalen Raum verteilt:

TABELLE 3



Wir wählen eine Zeitdauer von 7 Minuten für das Werk, also ist die Zeiteinheit 15 sec, und wenn das Metronom auf 26 steht ($MM = 26$), dann fallen 6,5 Takte in jede Zeiteinheit.

Wie verteilt man die Häufigkeiten der Null-Ereignisse und der einfachen, zweifachen, dreifachen und vierfachen Ereignisse im zweidimensionalen Raum der Matrize Tab. 3? Die nächstliegende Antwort auf diese Frage wäre, die 28 senkrechten Reihen als Felder zu betrachten und die Null- bis vierfachen Ereignisse der Tabelle 2 in diesen 28 neuen Feldern zu verteilen. Als Beispiel nehmen wir das einfache Ereignis, welches nach Tabelle 2 65 mal erfolgt. Man hat also in den 28 Feldern eine mittlere Ereignisdichte von

$$\lambda = \frac{65}{28} = 2,32 \text{ einfache Ereignisse pro Feld (d. h. senkrechte Reihe)}$$

Man bedient sich nochmals der Poissonschen Formel mit der mittleren Dichte $\lambda = 2,32$ ($< < 30$) und erhält die Tabelle 4.

Man könnte jedoch eine ganz beliebige Verteilung wählen unter der einzigen Bedingung, daß die Gesamtanzahl der Ereignisse gleich 65 ist. Eine solche Verteilung zeigt Tabelle 5.

TABELLE 4
Poissonsche Verteilung

Häufigkeit K	Anzahl d. senkrechten Reihen n	$n \cdot K$
0	3	0
1	6	6
2	8	16
3	5	15
4	3	12
5	2	10
6	1	6
7	0	0
Gesamt	28	65

TABELLE 5
Beliebige Verteilung

Häufigkeit K	Anzahl d. senkrechten Reihen n	$n \cdot K$
0	10	0
1	3	3
2	0	0
3	9	27
4	0	0
5	1	5
6	5	30
7	0	0
Gesamt	28	65

Aber in dieser axiomatischen Forschung, bei welcher der ganze Schallraum in Zufall getaucht sein muß, muß man jede vom Poissonschen Gesetz abweichende Verteilung ablehnen (Tabelle 5). Ferner muß die Poissonsche Verteilung nicht bloß in den senkrechten Reihen, sondern auch in den waagrechten Zeilen wirksam sein, und das gleiche gilt natürlich auch für die Diagonalen, usf. Man kann sich aber mit den Zeilen und Reihen abfinden,

sodaß man eine homogene Verteilung nach Poisson erhält. Auf diese Weise wurden die Verteilungen der Zeilen und Reihen der Matrize M errechnet. Ein einziges Zufallsgesetz also, das Poissonsche Gesetz der Verteilung von Zufallsereignissen, ist instande, eine Mustermatrize sowohl als Ganzes als auch teilmäßig (Zeilen und Reihen) durch Inanspruchnahme der beliebig gewählten mittleren Ereignisdichte zu bearbeiten.

Die schon erwähnten beliebig gewählten Größen der Vektor-Matrize sind die folgenden:

1. das Poissonsche Gesetz,
2. die mittlere Ereignisdichte λ ,
3. die Anzahl der Felder, und der Zeilen und der Reihen.

Die Verteilungen in dieser Matrize sind nicht immer streng bestimmt, denn sie hängen von einem λ ab, welches durch die Anzahl der Zeilen und Reihen bestimmt ist: je mehr Zeilen und Reihen, desto bestimmter die Matrize — das ist das Gesetz der großen Zahlen. Aber gerade in diesem Indeterminismus hat die künstlerische Eingebung ihren freien Willen der selbständigen Wahl, der Subjektivismus eine zweite offene Tür (man erinnert sich an die schon erwähnten beliebig gewählten Größen).

Das einfache Ereignis, dessen Häufigkeit die Matrize M bestimmt, bedarf nun einer näheren Bestimmung. Als Beispiel nehmen wir eine Tonwolke von einer Dichte δ Töne pro Sekunde.

Ein normales Orchester kann 10 Töne/sek noch spielen. Man nimmt also $\delta = 5$ Töne/Takt $= 2,2 (\hat{=} \frac{10}{4})$ Töne/sek bei $MM = 26$.

Das folgende Verhältnis wird abgeleitet:

Tabelle 6

Ereignis	Wolkendichte δ		Töne/Feld (15 sek) Mittelwert
	Töne/Takt ($MM = 26$)	Töne/Sek	
Null	0	0	0
Einfach	5	2,2	32,5
Zweifach	10	4,4	65
Dreifach	15	6,6	97,5
Vierfach	20	8,8	130

Die Schraffierungen der Matrize M zeigen eine homogene, für die Zeilen und Reihen stimmende Poissonsche Verteilung. Man beachte, daß die Zeilen (Klangfarben) untereinander und die Reihen (Zeit) untereinander austauschbar sind. Man muß also zugeben, daß die Verteilung dieser Matrize

nur schwach bestimmt ist, daß also die Matrize selbst in Wirklichkeit hauptsächlich als Gedankenstütze dient — für den Geist, der alle Arten von Ereignishäufigkeiten manipuliert. Darin besteht auch die wirkliche Arbeit der Schallplastik, in der Verteilung der Tonwolken im zweidimensionalen Raum der Matrize, in der Voraussetzung aller Schallbegegnungen vor allen Detailrechnungen, in der Vermeidung der ungünstigen Lagen. Es ist eine Detailarbeit, die alle schöpferischen Kräfte ins gleichzeitige Spiel setzt. Diese Matrize ist wie ein Schachspiel für einen einzigen Spieler, der gewissen Regeln folgen muß, um einen Gewinn zu erzielen, über den er sich allein Rechenschaft schuldig ist. Hier ist keine einzelne Taktik, es ist nicht einmal möglich, ein abgewägtes Ziel zu nennen. Die Matrize ist sehr allgemein und nicht durch den reinen Verstand allein berechenbar.

Wir haben nun die Wolkendichten in der Matrize untergebracht und werden jetzt die aleatorischen Schallelemente ausrechnen und koordinieren. Als Beispiel nehmen wir Feld III— $_{12}$ der Matrize: III. Zeile — gleichmäßig sich verändernde Töne (gleitende Streicher); 17. Zeiteinheit — Takt 103 ... 111.

Die Tondichte ist hier

$$\begin{aligned}\delta &= 4,5 \text{ Töne/Takt (MM} = 26) \\ &= 4,5 \times 6,5 = 29 \text{ Töne im ganzen Feld von 6,5 Takten.}\end{aligned}$$

Es folgt die Art und Weise der Verteilung der 29 gleitenden Töne in diesem Feld.

Hypothesen der Rechnung

1. Hypothese. Die akustischen Eigenschaften des gleitenden Töne sind in der Schnelle $v = \frac{df}{dt}$ einer gleichmäßigen Bewegung enthalten (Bild 1).

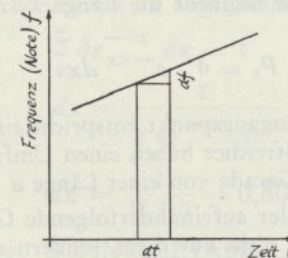


Bild 1

2. Hypothese. Der quadratische Mittelwert α aller möglichen v ist im linearen Verhältnis zur Schalldichte δ . In dem Fall unter Betrachtung $\alpha = 3,38$ [Temperatur].

3. *Hypothese.* Diese Geschwindigkeitswerte sind in der größtmöglichen Asymmetrie (zufällig) verteilt, und zwar, nach dem Gaußschen Gesetz: Die Wahrscheinlichkeit $f(v)$ einer Geschwindigkeit (v) ist gegeben durch die Funktion

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

und die Wahrscheinlichkeit $P(\lambda)$, daß $v_1 \leq v \leq v_2$, durch die Funktion

$$P(\lambda) = \Theta(\lambda_2) - \Theta(\lambda_1)$$

wo

$$\lambda_i = \frac{v_i}{a}$$

und

$$\Theta(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\lambda e^{-\lambda^2} d\lambda \quad (\text{normales Gesetz}).$$

4. *Hypothese.* Ein gleitender Ton wird durch die folgenden Eigenschaften bestimmt:

1. seinen Anfangszeitpunkt,
2. seine Schnelle $v_m = \frac{df}{dt}$ ($v_1 < v_m < v_2$),
3. sein Register.

5. *Hypothese.* Man sammelt die Zeit auf eine Gerade, so daß jeder Anfangszeitpunkt durch einen Punkt auf dieser Geraden dargestellt ist und zwar so, wie bei einer Punktverteilung auf der Geraden mit einer linearen Dichte $\delta = 4,5$ Punkte/Takt (MM = 26), ein Problem also der fortlaufenden Wahrscheinlichkeit. Diese Punkte begrenzen Segmente, und die Wahrscheinlichkeit, daß das i -te Segment die Länge x_i zwischen x und $x + dx$ hat, ist

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

6. *Hypothese.* Dem Ausgangspunkt entspricht ein Ton, dessen Höhe der Bestimmung bedarf. Die Streicher haben einen Umfang von etwa 80 Halbtönen, also hat man eine Gerade von einer Länge $a = 80$ Halbtöne.

Da zwei gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Gleittöne zwei Anfangstöne haben, ist es möglich, nicht nur diese, sondern auch das zwischen ihnen bestimmte Intervall zu bestimmen. Dies Problem besteht darin, daß man die Wahrscheinlichkeit findet, daß ein Segment s einer Geraden von Länge a eine Länge zwischen j und $j + dj$ hat ($0 \leq j \leq a$). Diese Wahrscheinlichkeit ist

$$\Theta(j) \cdot dj = \frac{2}{a} \left(1 - \frac{j}{a}\right) \cdot dj.$$

7. *Hypothese.* Die drei in der 4. Hypothese bezeichneten Eigenschaften eines gleitenden Tones sind voneinander unabhängig.

Mit diesen Hypothesen als Ausgangspunkt stellt man drei Wahrscheinlichkeitstabellen auf:

- a. Tondauertabelle,
- b. Schnellletabelle,
- c. Intervalltabelle.

a. TONDAUERTABELLE

- i. $\delta = 4,5$ Töne/Takt (MM = 26),
- ii. Einheit $x = 0,10$ eines Taktes,
- iii. $4,5 \cdot 6,5 = 29$ Töne/Feld, d. h. 28 Tondauern.

x	δx	$e^{-\delta x}$	$\delta e^{-\delta x}$	$\delta e^{-\delta x} dx$	$P_x \cdot 28$
0,00	0,00	1,000	4,500	0,362	10
0,10	0,45	0,638	2,870	0,231	7
0,20	0,90	0,407	1,830	0,148	4
0,30	1,35	0,259	1,165	0,094	3
0,40	1,80	0,165	0,743	0,060	2
0,50	2,25	0,105	0,473	0,038	1
0,60	2,70	0,067	0,302	0,024	1
0,70	3,15	0,043	0,194	0,016	0
Gesamt			12,415	0,973	28

Als Annäherung wird konstantes dx angenommen:

$$\sum_0^\infty \delta e^{-\delta x} dx = 1$$

daher

$$dx = \frac{1}{\sum_0^\infty \delta e^{-\delta x} dx}.$$

In diesem Falle ist

$$dx = \frac{1}{12,415} = 0,080\bar{5}.$$

b. SCHNELLETABELLE

- i. $\delta = 4,5$ gleitende Töne pro Takt (MM = 26),
- ii. $a = 3,88$ (quadratischer Mittelwert der Schnellen),
- iii. v ist als Halbtöne pro Takt ausgedrückt,
- iv. v_m ist die mittlere Dichte $\frac{v_1 + v_2}{2}$,
- v. $4,5 \cdot 6,5 = 29$ gleitende Töne im Feld.

v	$\lambda = \frac{v}{a}$	$\Theta(\lambda)$	$P(\lambda) = \Theta(\lambda_2) - \Theta(\lambda_1)$	$P(\lambda) \cdot 29$	v_m
0	0,000	0,0000			
			0,2869	9	0,5
1	0,258	0,2869			
			0,2510	7	1,5
2	0,516	0,5379			
			0,1859	5	2,5
3	0,773	0,7238			
			0,1310	4	3,5
4	1,032	0,8548			
			0,0771	2	4,5
5	1,228	0,9319			
			0,0397	1	5,5
6	1,545	0,9716			
			0,0179	1	6,5
7	1,805	0,9895			
			0,0071	0	7,5

c. INTERVALLTABELLE

- $\delta = 4,5$ gleitende Töne pro Takt (MM = 26),
- $a = 80$ Halbtöne
= 18 Einheiten von 4,5 Halbtönen,
- j ist als ein Vielfaches von 4,5 Halbtönen ausgedrückt,
- dj ist angenommen konstant = $\frac{1}{(j)}$, oder
- $dj = \frac{a}{a+1}$ und die Funktion ist linear,
- für $j = 0$, $\Theta(j) \cdot dj = \frac{2}{a+1} = 0,105$,
- für $j = 18$, $\Theta(j) \cdot dj = 0$,
- $4,5 \cdot 6,5 = 29$ gleitende Töne pro Feld,
- die Wahrscheinlichkeitstabelle läßt sich durch eine Gerade konstruieren.

j	$\Theta(j) \cdot dj = P(j)$	$P(j) \cdot 29$
0	0.105	3
1		3
2		3
3		3
4		2
5		2
6		2
7		2
8		2
9		2
10		1
11		1
12		1
13		1
14		1
15		0
16		0
17		0
18		0

Aus diesen drei Tabellen stammen die Elemente, von denen das Feld III—12 seine Gestalt erhält, und der Leser ist hier gebeten, aus der Partitur selbst die Art der Anwendung der errechneten Daten zu ersehen. Er wird finden, daß dem Tonsetzer viel Freiheit in Bezug auf die Reihenfolge überlassen war, sind die mathematischen Beschränkungen doch eher Anweisungen als Gebote: die Theorie und die Rechnung bezeichnen die Tendenzen des Schallwesens, sind aber keine Sklaverei. Die mathematischen Formeln werden durch den musikalischen Gedanken gezähmt und gebunden.

Dieser Fall der gleitenden Töne wurde als Beispiel genommen, weil er alle die Probleme dieser stochastischen, durch die Rechnung (bis zu einem gewissen Grade) kontrollierten Musik enthält. Jedoch werden die Prüfungsmöglichkeiten der Verbindungen, Wechselbeziehungen und Verhältnisse zwischen den verschiedenen verwendeten Größen nicht besprochen: das wäre hier

zu verwickelt, auch langweilig. Sei es nur erwähnt, daß die Konstruktion der Grundmatrize durch die zwei folgenden Formeln nachgeprüft wurde:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}},$$

$$z = \frac{1}{2} \lg \frac{1+r}{1-r}.$$

Man mache sich nun ein Bild von der Musik, die mit dieser Matrize M komponiert wurde. Ein Beobachter, dem die Ereignishäufigkeiten bewußt werden könnten, würde die die Wahrscheinlichkeitsgesetze folgende Zufallsverteilung feststellen.

Da stellt sich eine wichtige Frage.

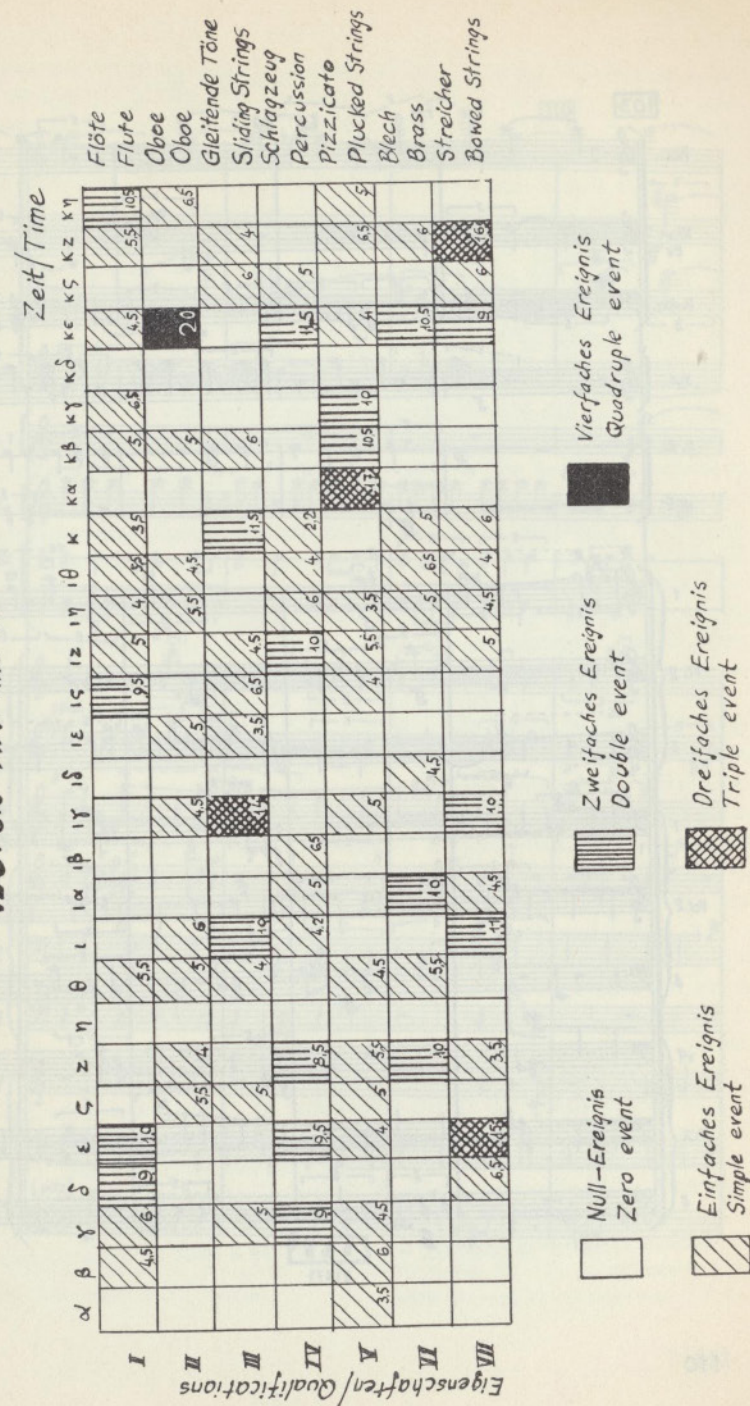
Wird diese Musik nach genügender Wiederholung ihre Überraschungswirkung beibehalten? Würde sie sich nicht vielmehr in eine Folge von Phänomen umwandeln, die durch das Gedächtnis selbst *voraussehbar* ist, trotzdem sie nach den Zufallsgesetzen komponiert wurde.

Die Angaben könnten tatsächlich nur beim ersten Hören aleatorisch erscheinen. Dann beim öfteren Wiederhören bilden Zusammenhänge der Ausdruckskraft der verschiedenen zufälligen Ereignisse ein Netz, nach welchem sich der Hörer orientiert, und welches diese besondere „Logik“ mit einer neuen Kohäsion ködert; dann befriedigt diese Kohäsion nicht nur den Schönheitssinn, sondern auch den Intellekt. (Angenommen, natürlich, der Künstler hat das Zeug dazu.)

Die Musik jedesmal unvorausehbar zu halten, ist aber auch möglich: bei jeder Wiederholung des Werkes könnte man einige Angaben so ändern, daß ihre Abweichungen von den errechneten Häufigkeiten unbedeutsam sind. Man könnte eine Programmfolge zusammenstellen, die für die erste, zweite, dritte . . . Aufführung verschieden ist, und dessen Abweichungen ebenfalls nach dem Zufall verteilt sind. Eine weitere Möglichkeit wäre bei einem elektronischen Ordner mit Gedächtnis, welcher die Eintragungsparameter der Matrize und der Tonwolken unter gewissen Bedingungen variieren könnte. Die Folge davon wäre eine Musik, die sich zeitabhängig deformiert und die einem und demselben Beobachter in n Aufführungen n verschiedene, anscheinend zufällige (d. h. nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen gestreute) Resultate liefern würde, die aber einander trotzdem *statistisch* identisch sind, denn die Vektor-Matrize setzt diese Identität ein für allemal fest.

Das durch diese Art von Vektor-Matrize definierte Schallschema eignet sich also dazu, eine mehr oder weniger selbstbestimmte Regelung zufälliger Schallereignisse einer Musterkomposition zu gründen; es stellt eine kompositorische Anschauungsweise und ein Benehmen dar, welche grundsätzlich Stochastisch sind: eine Einheit höherer Ordnung.

VEKTOR-MATRICE M VECTOR MATRIX M



103

Picc.

Klar. Es

Baßkl. B

Xyl.

Hr. Bl.

gr.Tr.

1

VI. 2

3

1

Vcl. 2

3

1

Kb. 2

3

ff

B & B
21471

110

Picc.

Ob.

Klar. Es

Baßkl. B

Trpt. 1

Xyl.

Hr. Bl.

gr.Tr.

1

VI. 2

3

1

Vcl. 2

3

1

Kb. 2

3

(pizz.)

(pizz.)

In Search of a Stochastic Music

by

YANNIS XENAKIS

Ontology

In a Universe of Emptiness. A brief wave train whose beginning and end coincide (Time zero), fading into eternity.

The Nothing reabsorbs, the Nothing creates.

It is the source of Being.

Time, Causality.

Homomorphous Ontology

In a given space there exist musical instruments and people; there is no prescribed cause or will for the production of sounds. But given sufficient time, it is probable that there will be a spontaneous generation of a few sounds of a certain duration, a certain spectrum, a certain speed, etc. These random acoustic events may be other than just isolated sounds. They may be melodic figures, cellular structures, or again agglomerations whose properties are just as much dictated by the laws of chance; e.g. clouds of point tones, temperatures of velocities, etc.¹ In any case they make up a sample of a succession of random acoustic events.

This sample can be represented either by means of a simple probability table or, among others, by a double entry table — a matrix — with the events' frequencies of occurrence entered in the squares. The rows represent qualifying properties distinguishing the events and the columns their occurrence in time (see Matrix *M*). The distribution of frequencies in this matrix is made according to Poisson's law of the distribution of random events. We must first indicate precisely the point in such a distribution and the way to implement it.

It is useful here to define chance as an aesthetic law, as a regular philosophy. Chance is the limiting concept of an evolving symmetry. Symmetry tends towards asymmetry equivalent, in this sense, to the negation of the rigid frames of tradition, a negation which makes itself felt not only in details but above all in the composition of structures. Consider present tendencies in painting, sculpture, architecture and other domains of thought. E.g. in architecture, the frame elaborated by the aid of regulating tracery is scrambled and exploded by exceptions. It is all as if there were biunivocal oscillations between symmetry, order and the rational, and asymmetry, disorder and the irrational, also in the reactions among eras of civilisation.

At the beginning of a transition towards asymmetry, exceptions are introduced into the symmetry, where they are a spur to the aesthetic. When

¹ Cf. *Gravesaner Blätter*, 6, 1956.

these exceptions multiply so as to become general, a jump to a higher level becomes evident. It is the level of disorder which at the very least in the arts and in the language of artists is seen as the heritage of the complex vision and the vast and rich experience and brutal encounters of modern life. Abstract and decorative painting, tachism, and many more, bear witness to it. Consequently, the chance we skirt at every daily step is only an extreme state of this controlled disorder (i.e. richness or poverty in connections among the elements, these connections also producing the dependence or independence of transformations) and by this right, by negation, is able to wield the beneficent power of an aesthetic regulator — a regulator also of acoustic events, of their appearance and of their life. But — and this is where the iron logic of the laws of chance comes in — this chance cannot be created without a complete submission to its own laws. On this condition, chance, tamed by its own power, becomes a hydro-electric torrent.

It is most important to bear in mind that this is not simply a case of deciding this or that alternative of detail by the toss of a coin — it is a far more serious question: namely, the question of a philosophical and aesthetical concept governed by the laws of the theory of probability and the mathematical functions expressing them — a coherent concept in a new domain of coherence.

Let us now return to the matrix to examine an actual work of instrumental music². For convenience in calculation, let us choose *a priori* a mean event density of

$$\lambda = 0.60 \frac{\text{events}}{\text{unity}}.$$

Applying Poisson's law

$$P_k = \frac{\lambda^k}{K!} e^{-\lambda}$$

we get the following table of probabilities:

TABLE 1

P_0	= 0.5488
P_1	= 0.3293
P_2	= 0.0988
P_3	= 0.0198
P_4	= 0.0029
P_5	= 0.0000

² The following analysis is taken from *Achorripsis*, for 21 instruments, by Y. Xenakis (Bote und Bock, Berlin).

where P_i is the probability of an event occurring i times per unit volume, or unit time, etc. If we choose *a priori* 196 units, or squares of the matrix, the distribution of frequency among the squares is obtained by multiplying the values of P_i by 196:

TABLE 2

i	Number of squares $196P_i$
0	107
1	65
2	19
3	4
4	1

The 196 squares can be made up of one or more qualified groups of squares. Here, the groups shall be qualified by timbre and by time in such a way that

$$\text{timbre group} \times \text{occurrence group} = 196 \text{ squares.}$$

Assuming 7 distinct timbres, we get

$$\frac{196}{7} = 28 \text{ time units.}$$

Thus the 196 squares are distributed over a two-dimensional space:

TABLE 3

Timbre	0	1	2	3	...	26	27	28	Time
Flute									
Oboe									
Sliding strings .									
Percussion . . .									
Plucked strings .									
Brasswinds . . .									
Bowed strings . .									

If our sample work is to have a performance time of 7 minutes (subjective choice), each unit of time will be equal to 15 sec and comprise 6.5 bars when the metronome is set at 26 (= 26 MM).

In what way shall we distribute, in the two-dimensional space represented by the matrix of Table 3, the frequency of occurrence of zero, simple, double, triple and quadruple events? The most immediate answer would be to take the 28 columns for the squares and to distribute the zero, simple . . . quadruple events of Table 2 among these 28 new squares. Let us take, as an example, the simple event, which, according to Table 2, must occur 65 times. We proceed just as if these 65 simple events were to be distributed among the squares with a mean density of

$$\lambda = \frac{65}{28} = 2.32 \text{ simple events per square (i. e. column).}$$

A new calculation of Poisson's law with this mean density of $\lambda = 2.32$ (< 30) gives Table 4.

However, any other distribution would be possible, provided only that the number of events amounts to 65, such a distribution being shown in Table 5.

TABLE 4

Poisson distribution

Frequency K	No. of columns	Product cols. $\times K$
0	3	0
1	6	6
2	8	16
3	5	15
4	3	12
5	2	10
6	1	6
7	0	0
Total	28	65

TABLE 5

Arbitrary distribution

Frequency K	No. of columns	Product cols. $\times K$
0	10	0
1	3	3
2	0	0
3	9	27
4	0	0
5	1	5
6	5	30
7	0	0
Total	28	65

However, in this axiomatic research, in which the *whole sound* must be completely immersed in chance, any distribution at all removed from Poisson's law (Table 5) is bound to be rejected. Moreover, Poisson's distribution must have effect not only in the columns but also in the rows of the matrix, and the same reasoning applies even to the diagonals, etc.

By letting it go just at the rows and columns, we can obtain a homogeneous Poisson distribution, which is the one shown in the matrix M . Thus a *unique* law of chance — the law of Poisson of the distribution of random events — is able, by the medium of the arbitrary mean λ , suitably to qualify a sample matrix both as a whole, as well as partially in rows and columns. The three arbitrary values chosen were admitted at the beginning and concern the following variables of the “vector matrix”:

1. Poisson's Law,
2. the mean λ ,
3. the number of squares, rows and columns.

The distributions entered in this matrix are not always uniquely defined, depending indeed on a λ given by the number of rows and columns; the more rows or columns, the stricter the definition: that is the law of large numbers. But this indeterminacy gives rein to artistic inspiration's free will, leaving a second door open to the composer's subjectivity, the first having already been enlarged upon as the variables governing the vector matrix entries.

The unitary event whose frequency has been arranged in the matrix M will now be defined: a cloud of tones of a linear density of δ tones per second will be taken as a simple event. A normal orchestra can still play 10 tones/sec, so that a value of $\delta = 5$ tones/bar at 26 MM, i.e. $\delta = 2.2$ tones/sec ($\div \frac{10}{4}$) can be assumed, giving the following relationships:

TABLE 6

Event	Cloud of density δ		Mean tones/square (15 sec)
	tones/bar 26 MM	tones/sec	
zero	0	0	0
simple	5	2.2	32.5
double	10	4.4	65
triple	15	6.6	97.5
quadruple	20	8.8	130

The hatched areas of the matrix M show a Poisson distribution of frequency which holds good and is homogeneous both for the rows and

for the columns. It is worth noting that the rows (i.e. the timbres) are interchangeable, the columns likewise: one is bound to admit that this matrix is in part only feebly determinate and serves in reality more as a mental prop — to the mind which manipulates occurrence frequencies of all kinds. Hence it is in the distribution of the clouds in the two-dimensional space of the matrix that the real creative work of composition lies, in foreseeing all tonal encounters before any working-out of detail, in eliminating all poor positions. It is patient, detailed work, calling for simultaneous play of every creative faculty. This matrix is like a game of chess for a single player who must follow certain rules of play for a gain of which he himself is the judge — there is no single set of tactics, it is not even possible clearly to identify the end intended. It is very general, unpredictable by pure reason.

So far, the cloud densities have been arranged in the matrix, and the next step is to calculate the coordination of the aleatory tonal elements. Matrix square III—12 will serve as a typical example — row III: continuously altering tones (*string-glissandi*); 17th time unit: bars 103—111.

The tone density here is 4.5 tones per bar of MM = 26.

Therefore, 4.5 tones per bar $\times$ 6.5 bars = 29 tones in the square.

The question is how to arrange these 29 sliding tones in this square.

Calculating Hypotheses

Hypothesis 1. The acoustical characteristic of a sliding tone is wholly contained in the speed $v = \frac{df}{dt}$ of a uniformly continuous movement (Fig. 1).

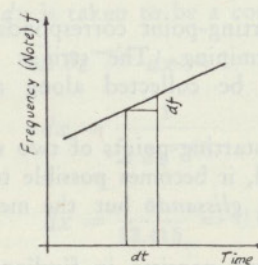


Fig. 1

Hypothesis 2. The mean square α of all possible values of v is proportional to the tonal density δ . Here, $\alpha = 3.38$ [temperature].

Hypothesis 3. These speed values are distributed in the greatest possible asymmetry (at random), this distribution following Gauss's Law: the probability $f(v)$ of the existence of a speed v is given by the function

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

and the probability $P(\lambda)$ that v is between v_1 and v_2 by the function

$$P(\lambda) = \Theta(\lambda_2) - \Theta(\lambda_1)$$

where

$$\lambda_i = \frac{v_i}{a}$$

and

$$\Theta(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\lambda e^{-\lambda^2} d\lambda \quad (\text{normal law})$$

Hypothesis 4. A sliding tone is essentially distinguished by the following characteristics:

- its starting-time,
- its speed $v_m = \frac{df}{dt}$ where $v_1 < v_m < v_2$,
- its register.

Hypothesis 5. The time is collected along a straight line, so that each starting-time will be a point on it. These points will be distributed so as to give a linear density of $\delta = 4.5$ points per bar (MM = 26), arranged according to the probability P_x that the i th segment cut off by two consecutive points has a length x_i which is between x and $x + dx$:

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

Hypothesis 6. The starting-point corresponds to a note, the pitch of which now wants determining. The strings have a range of about 80 semitones, which can be collected along a straight line of length $a = 80$ semitones.

Furthermore, since the starting-points of two successive or simultaneous *glissandi* form an interval, it becomes possible to determine not only the starting pitch of a single *glissando* but the melodic interval separating these two origins.

Stated thus, the problem consists in finding the probability that a segment s of a straight line of length a shall have a length between j and $j + dj$ where $0 \leq j \leq a$ and is given by

$$\Theta(j) \cdot dj = \frac{2}{a} \left(1 - \frac{j}{a}\right) \cdot dj$$

Hypothesis 7. The sliding tone's three characteristics defined in Hypothesis 4 are independent.

Going out from these hypotheses, the following three tables of probability can be set up:

- Duration table,
- Speed table,
- Interval table

a. DURATION TABLE

- $\delta = 4.5$ tones per bar at MM = 26,
- Unit time $x = 0.10$ of one bar at MM = 26,
- $4.5 \cdot 6.5 = 29$ tones per square, i. e. 28 note-values.

x	δx	$e^{-\delta x}$	$\delta e^{-\delta x}$	$\delta e^{-\delta x} dx$	$P_x \cdot 28$
0.00	0.00	1.000	4.500	0.362	10
0.10	0.45	0.638	2.870	0.231	7
0.20	0.90	0.407	1.830	0.148	4
0.30	1.35	0.259	1.165	0.094	3
0.40	1.80	0.165	0.743	0.060	2
0.50	2.25	0.105	0.473	0.038	1
0.60	2.70	0.067	0.302	0.024	1
0.70	3.15	0.043	0.194	0.016	0
Totals			12.415	0.973	28

As an approximation, dx is taken to be a constant factor.

$$\sum_0^\infty \delta e^{-\delta x} dx = 1$$

$$\therefore dx = \frac{1}{\sum_0^\infty \delta e^{-\delta x}}$$

In this case,

$$dx = \frac{1}{12.415} = 0.0805$$

b. SPEED TABLE

- $\delta = 4.5$ sliding tones per bar at MM = 26,
- $a = 3.88$ [mean square speed],

iii. v is expressed in semitones per bar at $MM = 26$,

iv. v_m is the mean speed and $= \frac{v_1 + v_2}{2}$,

v. $4.5 \cdot 6.5 = 29$ sliding tones per square.

v	$\lambda = \frac{v}{a}$	$\Theta(\lambda)$	$P(\lambda) = \Theta(\lambda_2) - \Theta(\lambda_1)$	$P(\lambda) \cdot 29$	v_m
0	0.000	0.0000			
			0.2869	9	0.5
1	0.258	0.2869			
			0.2510	7	1.5
2	0.516	0.5379			
			0.1859	5	2.5
3	0.773	0.7238			
			0.1310	4	3.5
4	1.032	0.8548			
			0.0771	2	4.5
5	1.228	0.9319			
			0.0397	1	5.5
6	1.545	0.9716			
			0.0179	1	6.5
7	1.805	0.9895			
			0.0071	0	7.5

c. INTERVAL TABLE

- $\delta = 4.5$ sliding tones per bar at $MM = 26$,
- $a = 80$ semitones $= 18$ arbitrary units of 4.5 semitones each,
- j is expressed in multiples of 4.5 semitones,
- dj is assumed constant. Hence, $dj = \frac{1}{(j)}$, or
- $dj = \frac{a}{a+1}$ and the function is linear,
- for $j = 0$, $\Theta(j) \cdot dj = \frac{2}{a+1} = 0.105$,
- for $j = 18$, $\Theta(j) \cdot dj = 0$,
- $4.5 \cdot 6.5 = 29$ sliding tones per square,
- The probability table can be constructed by means of a straight line.

j	$\Theta(j) \cdot dj = P(j)$	$P(j) \cdot 29$
0	← 0.105 →	3
1		3
2		3
3		3
4		2
5		2
6		2
7		2
8		2
9		2
10		1
11		1
12		1
13		1
14		1
15		0
16		0
17		0
18		0

These three tables provide the elements out of which springs square III— cz , and the reader is now asked to check in the score the actual use to which the results of the calculation were put. Here again he will find that the composer still has a great deal of liberty left to him in his choice of the arrangement, the restrictions acting in general as a guide rather than a command. The tonal structure has its tendencies defined, but is not slave to, the theory and calculation: the mathematical formulae are tamed and subjugated by the musical thought.

This *glissando* passage has been taken as an example, for it comprises every problem of this Stochastic music controlled by arithmetic (up to a point). Methods of verification of the connections and correlations among the various magnitudes used will not be touched on here: that would be

too long, complex and tedious. Suffice it to mention that the construction of the basic matrix was tested by the two equations

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}},$$

$$z = \frac{1}{2} \log \frac{1+r}{1-r}.$$

Consider now the music, the result of the matrix M . An observer who became conscious of the musical sample's event frequencies might conclude the fact of the random distribution according to the laws of probability.

This brings us to an interesting question.

If this music is heard often enough, would it conserve its effect of surprise? Would it not rather tend to be transformed into a collection of phenomena, *foreseeable* in fact by the memory, even though the laws of chance are at the bottom of it?

In actual fact, it is only at first hearing that the data could appear aleatory, after which relationships in the force of the various randomly arranged elements of the sample form a coordinating network which becomes orientated in the listener's mind and baits a special "logic" with a new cohesion to satisfy his intellect as well as his aesthetic instinct. (Provided, of course, the artist is made of the right stuff.)

If, on the other hand, it is desired to keep the sample unpredictable always, it might be suggested that at each repetition of the sample some of the data are changed in such a way that their deviations from the occurrence frequency curves are insignificant. Perhaps a certain programme valid for the first, second, third . . . performance might give aleatory, not absolutely identical samples, whose deviations are themselves also distributed at random. Or again, an electronic arranger with memory circuits could vary the clouds and the entry parameters to the matrix under certain conditions, producing a music which can be deformed in time and which in n performances would give the same observer n results apparently due to chance, i. e. following for a long time the laws of probability but *statistically* identical to each other, this identity having been established once and for all by the "vector matrix".

The tonal scheme defined under this form of "vector matrix" is consequently suitable to lay the foundations of a more or less self-determined regulation of random tonal events contained in a sample musical composition; it represents a compositional attitude and a behaviour which are fundamentally Stochastic — a unity of a higher order.

Der Stereophoner*

A

Ein neues Raumtonverfahren

von

P. BELLAC

Bei Anlaß des Weltkonzertes der Vereinigten Nationen am 24. Oktober, an dessen Zustandekommen Radio Genf maßgebenden Anteil hatte, wurde ins Genfer Studio eine Konferenz einberufen, an der Vertreter der in der Rhonestadt beheimateten internationalen Institutionen sowie Journalisten teilnahmen. Radio Genf benützte die Gelegenheit, um eine interessante Neuerung auf dem Gebiet der Tonwiedergabe erstmals vorzustellen, den von dem bekannten Dirigenten Dr. Hermann Scherchen erfundenen „Stereophoner“. Das Schlagwort „Stereophonie“, die räumliche Wiedergabe von Musik, Wort und Geräusch, ist seit kurzer Zeit in aller Munde. Man weiß, daß man, um diesen Effekt zu erreichen, zwei Schallaufzeichnungen benötigt, wobei die Wiedergabe über zwei Lautsprecher erfolgt. Dr. Scherchen geht einen anderen Weg. Ihm ist nicht darum zu tun, durch die stereophonische Wiedergabe die örtliche Lage und Bewegung von Schallquellen streng zu fixieren. Er will auch nicht jene Tricks vortäuschen, die der Amerikaner als Ping-Pong-Spiel bezeichnet, wie etwa vorüberfahrende Eisenbahnzüge, Automobile oder den wechselnden Aufschlag von Tennisbällen. Es sind demnach nicht die physikalischen Vorgänge des binauralen Hörens, die möglichst getreu nachzubilden sind. Als Musiker und Dirigent, der mit den elektroakustischen Problemen vertraut ist, hat er sich vielmehr das Ziel gesetzt, den gleichen Eindruck unter Mithilfe physiologisch-psychologischer Eigenschaften unseres Gehörsinns in solcher Weise zu erreichen, daß die übliche *monaurale* Radiosendung, Schallplatten- und Tonbandwiedergabe den Charakter des räumlichen Klanges erhält.

Auch Scherchens Apparatur benützt zwei Lautsprecher, die nebeneinander aufgestellt sind. Ihre Distanz ist von der Größe des Raumes abhängig. Im Wohnzimmer genügen, wie die Genfer Vorführungen zeigten, kaum zwei Meter, während man bei ganz großen Konzerten im Freien bis auf 20 Meter geht. Die Lautsprecher sind über den „Stereophoner“, ein kleines Kästchen, mit dem Tonbandgerät, Plattenspieler oder Radioempfänger verbunden, ohne daß hier irgendeine Änderung erforderlich ist.

Scherchen ist bei der Konstruktion seines Apparates von der Voraussetzung ausgegangen, den Zuhörern eine Klangwiedergabe zu vermitteln, die

* Mit freundl. Erlaubnis der Neuen Zürcher Zeitung vom Sonntag, 2. 11. 58, Blatt 10

der üblichen Aufstellung des Orchesters entspricht. Durchweg findet man die hohen Streicher links, mit dem Übergang über die Instrumente mittlerer Tonlage zu den tiefen Streichern rechts. Das gleiche gilt für die Holzbläser, während die Blechbläser und das Schlagzeug je nach den gegebenen Umständen ihren Platz einnehmen. Im „Stereophoner“ sind elektronische Filter enthalten, die dem Frequenzgang der beiden Lautsprecher charakteristische, voneinander etwas abweichende Eigenschaften verleihen. Sie mit dem Ohr festzulegen und elektronisch unveränderlich wiederzugeben hat zwei Jahre angestrengter Arbeit Scherchens mit einem Stab qualifizierter Mitarbeiter in seinem akustischen Laboratorium in Gravesano bei Lugano erfordert. Der linke Lautsprecher bevorzugt ein wenig die hohen Frequenzen, rechts treten die tieferen etwas hervor, aber das ist nur ein kleiner, wenig merklicher Beitrag zum Erfolg. Scherchen berücksichtigt im besonderen Maße jene Kombinationstöne, die sich aus Oberschwingungen zusammensetzen und Bässe oder höchste Töne in unserem Gehörsinn hervorrufen, die von den Lautsprechern selbst gar nicht wiedergegeben werden können. Man kann sich daher mit verhältnismäßig einfachen und billigen Lautsprechern begnügen. Schließlich beseitigt er die unliebsamen Verdeckungseffekte, bei denen manche Tonfrequenzen durch harmonische Schwingungen beeinträchtigt oder ausgelöscht werden. Damit entsteht eine Tonwiedergabe, die den Raum in seiner ganzen Breite und Tiefe füllt. Die Orchesterinstrumente, Solisten, Gesangs- und Sprechstimmen scheinen in ihrer natürlichen Anordnung fest im Raum zu stehen. Es fehlt auch das in der Stereophonie gefürchtete Loch in der Mitte; die Transparenz der Klangfarben nimmt zu; der Kastenton der monauralen Lautsprecherwiedergabe ist verschwunden.

The Stereophoner*

A

by

P. BELLAC

The U.N.O. world concert on the 24th October, in which Radio Geneva played an important part, gave occasion for the calling of a conference at the station's studios, attended by representatives of the international institutions with headquarters in Geneva, and by the press. This was the occasion, too, for the first public demonstration of an interesting new advance in sound reproduction: the "Stereophoner", invented by the well-known conductor, Dr. Hermann Scherchen. The catchword "stereophony"

* Neue Zürcher Zeitung, 2nd November 1958

— the three-dimensional reproduction of music, speech and noise — has lately been in all mouths. It is generally accepted that this requires a double recording, played back over two loudspeakers. Dr. Scherchen's way is different. He is not interested in rigidly fixing the ear on the position and movement of sound sources. Neither does he look for "ping pong reproduction", such as passing trains or cars or the alternate impact of tennis balls. Thus it is not a reproduction of the physical process of binaural listening which is aimed at. Rather has he set himself the goal of making the usual *monophonic* record, tape or broadcast sound three-dimensional. As a musician he takes his practical experience, as a scientist the psychology and physiology of hearing, into account.

Scherchen also uses two loudspeakers a certain distance apart, this distance depending on the size of the reproducing room; about 6 ft. suffice for a normal living room, while a spacing of the order of 20 yds. is employed in the case of big open-air concerts, and both these extremes were demonstrated in Geneva. These loudspeakers are connected by means of the "Stereophoner", housed in a little box, to the record or tape player or to the broadcast receiver, without any changes to them being necessary.

Scherchen set out with the requirement of giving the listeners a spatial reproduction to correspond with the normal seating of the orchestra. The upper strings are always on the left, with a transition over the middle instruments to the basses at the right; the woodwinds are arranged the same way, while brass and percussion take up their various positions depending on the circumstances. The "Stereophoner" contains electronic filters, giving the response of each loudspeaker its own characteristic — two years of intense work on Scherchen's part and that of a highly qualified staff, at his acoustic laboratory in Gravesano, were necessary to define these curves accurately by ear and to design the electrical circuit reproducing them. To be sure, the left speaker emphasises the treble somewhat, while the bass is a little more marked in the right speaker, but that is only a small and hardly noticeable contribution towards success. Scherchen paid particular attention to combination tones, produced subjectively in the ear, making the listener hear basses and trebles which the loudspeakers themselves cannot even reproduce, and he is thus able to use relatively simple and cheap loudspeakers. In addition, he has been successful in removing the disagreeable masking effects impairing or cancelling certain frequencies through harmonics, and the result is a reproduction to fill the room in its entire length and breadth. Instruments, soloists, singing and speaking voices seem to be standing fast in their natural positions in the room; the hole in the middle, greatly feared in two-loudspeaker stereophonic reproduction, is absent; the tone colours are clear and transparent; and the sound seems to be no longer boxed-in — the stereophoner takes the sound really out of the box.

Besuch in Gravesano

von

H. H. FANTEL

Man muß es begrüßen, daß man in Dr. Scherchens Gravesaner Labor die Grundprobleme des stereophonischen Schalls systematisch untersucht hat, wie es sich bei einem Besuch dort unlängst herausstellte. Dr. Scherchen bezeichnet die Stereophonie im Rahmen von fünf Hauptzielen, auch hat er Geräte konstruiert, die diesen Zielen entsprechen. Die Ziele:

1. *a.* Frequenzmäßige Querverteilung des Schalls, der Verteilung der hohen und tiefen Instrumente des Orchesters entsprechend, wie die Reihenfolge: erste Geigen, zweite Geigen, Bratschen, Violoncelli, Bässe, oder: Flöte, Oboe, Klarinette, Fagott.

b. Präsenz der Streicher des traditionellen Orchesters.

c. Eine Tiefenstaffelung der Instrumente mit den Holzbläsern hinter den Streichern, während Blech, Pauke und Schlagzeug von verschiedenen noch weiter hinteren Stellen aus die Fläche durchdringen.

d. Diese Instrumentenplätze müssen ohne Rücksicht auf die augenblickliche Orchesterklangfarbe oder Instrumentierung beibehalten werden.

2. Zwischen auch nur zwei Lautsprechern darf kein Loch entstehen.

3. Vermeidung der Verdeckungseffekte, die in der monoralen Wiedergabe die Klangfarben der Instrumente oft verfälschen. Insbesondere dürfen die Obertöne des Basses die Melodie und die Differenztonen der oberen Stimmen den mittleren Tonbereich nicht verdecken.

4. Die raumakustischen Verhältnisse der Aufnahme müssen in der Wiedergabe hervorkommen ohne Rücksicht auf die Eigenschaften des Wiedergaberaumes. Es muß also möglich sein, die Akustik des Konzertsaals auch im Freien zu reproduzieren.

5. Es muß alles das mit einer einfachen Apparatur möglich sein, so wie z. B. billige, massenproduzierte Lautsprecher in einfachen mittelgroßen Schallwänden, damit sich Jedermann die Stereophonie leisten kann.

Dr. Scherchen faßte seine musikalischen und elektroakustischen Kenntnisse zusammen und konstruierte ein Gerät, welches allen diesen Bedingungen tatsächlich entspricht. Bei einer Vorführung dieses „Stereophoners“ war der Verfasser von der musikalisch wahrhaftigen Stereo-Wirkung, die die Querverteilung zusammen mit der Tiefenstaffelung brachte, beeindruckt.

Die Wichtigkeit dieser Erfindung liegt aber in einer ganz anderen Tatsache: Dr. Scherchens Stereophonie wird mit *monoralen* Schallplatten und Bändern und ganz gewöhnlichen *monoralen* Rundfunksendungen erzielt! Die Tragweite der Scherchenschen Erfindung ist sofort erkennbar:

1. Stereoplatten und -bänder erübrigen sich.
2. Stereophonische Tonabnehmer erübrigen sich.
3. Die bestehenden Schallplatten veraltern nicht.
4. Multiplex-UKW-Sendungen erübrigen sich.

Wenn der „Stereophoner“ seine Versprechungen durch strengste Vergleichsproben durchhält und von einer größeren Gesellschaft hergestellt wird, dann wird die „Stereo-Revolution“ bald eine neue Phase antreten.

Visit to Gravesano

by

H. H. FANTEL

It was encouraging to find, during a recent visit to Gravesano, that Dr. Scherchen's laboratory there had tackled the basic problems of stereophonic sound in a systematic manner. Dr. Scherchen has defined stereo in terms of five major objectives and has designed equipment to attain these requirements. The objectives, as set forth by Dr. Scherchen, are:

- I. *a)* Left-to right localization in terms of frequency so as to indicate relative positions of high and low instruments; e.g., the seating order of violins, violas, cellos and basses, and the corresponding order of the woodwinds from piccolo to contra-bassoon.
- b)* A presence effect to convey the preponderance and the feeling of immediacy of the strings in the conventional orchestra.
- c)* A depth effect to place winds, brass and percussion into their relative positions *behind* the strings and maintain this depth relationship regardless of the tonal texture of the orchestration at any given moment.

II. Complete avoidance of the "hole in the middle" effect even with only two loudspeakers.

III. Avoidance of masking and intermodulation effects that in monaural reproduction frequently falsify the timbre of instruments. Specifically,

bass must be kept from intermodulating with the fundamentals of the melody range and the difference tones of the upper harmonics must be kept from affecting the mid-range.

- IV. The original acoustic situation of the actual performance should be duplicated in reproduction regardless of the characteristics of the room in which the recording is played. As test for this requirement, it must be feasible to reproduce concert hall acoustics even in outdoor playback.
- V. All these effects must be obtainable with the simplest equipment — such as inexpensive, mass-production loudspeakers mounted on simple flat boards of moderate size — in order to make stereophony economically attractive.

Combining his talents as a musician and expert in electro-acoustics, Dr. Scherchen designed a device that satisfies all these requirements. During a recent demonstration this device, called "The Stereophoner" by Dr. Scherchen, impressed the author with its musically truthful stereo effect that combined the essential elements of both directionality and depth.

One single fact, however, highlights the importance of this invention: the stereo effect is obtained from *monaural* sources! Ordinary monaural records and tapes, or ordinary single-channel radio broadcasts are the "raw material" for Dr. Scherchen's type of stereophony.

Some of the implications of Dr. Scherchen's development are immediately evident:

1. Stereo discs and tapes become unnecessary.
2. Stereo pickups become unnecessary.
3. Existing monaural repertory can be converted to stereo and thus saved from obsolescence.
4. The need for "multiplexing" frequency-modulated radio transmitters for stereo broadcasting is obviated.

If the "Stereophoner" keeps its potential promise in rigorous comparative testing and is put in production by a major company, the "stereo revolution" will soon enter a new phase.

Kritische Stellungnahme

von

A. M. SPRINGER

Wir hatten Gelegenheit, den „Stereophoner“ einer Reihe von prominenten Akustikern vorzuführen und möchten das Ergebnis dieser Vorführungen wie folgt zusammenfassen:

Der „Stereophoner“ stellt eine außerordentliche Verbesserung der Wiedergabequalität eines Schallereignisses dar, gleichgültig ob es sich um die Wiedergabe von Schallplatten, Tonbändern oder einer Rundfunkdarbietung handelt. Die Schallquelle liegt nicht mehr — wie bisher — *im* Lautsprecher, sie tritt vielmehr aus dem Lautsprecher heraus und befindet sich frei im Raum. Die Meinung sämtlicher Beobachter ist diese:

„Wenn man diese neue Wiedergabeart gehört hat, will man zur monauralen Wiedergabe nicht mehr zurückkehren.“

Dabei ist der zusätzliche Aufwand recht gering. Der „Stereophoner“ besitzt auch gegenüber der Zweikanal-Stereophonie beachtliche Vorteile:

1. Bis zu den Lautsprechern ist nur ein Verstärkerkanal erforderlich; dadurch können Pegelunterschiede der sonst üblichen Zweikanal-Stereophonie nicht auftreten, es entfällt der hochwertige Tandemregler und es entfällt weiter das Nachregeln, wenn die Verstärkung in einem der beiden Kanäle sich ändert.
2. Jede beliebige Übertragungsart kann sofort räumlich wiedergegeben werden; es entfällt somit die kostspielige stereophonische Aufnahme- und Wiedergabe-Einrichtung.
3. Der Stereophoner läßt sich an vorhandene Rundfunkgeräte jederzeit zuschalten, so daß auch ältere Rundfunkgeräte durch den Raumklang des Stereophoners außerordentlich verbessert werden.
4. Es ist nicht erforderlich, daß die Rundfunkanstalten in ihrer Sendetechnik Rücksicht auf den Empfang mit Stereophonern nehmen.
5. Der Preis des Stereophoners beträgt nur einen Bruchteil des Preises für Zweikanal-Stereophonie.

C
A Critical Opinion

by

A. M. SPRINGER

We had occasion to demonstrate the "Stereophoner" before a number of prominent acousticians and are pleased to sum up the result of these demonstrations in the following terms:

The "Stereophoner" improves reproduction quality to an extraordinary degree, this being equally true for discs, tapes or broadcasts. The sound source is no longer inside the loudspeaker as hitherto, but steps out of the loudspeaker, free in space. The observers' unanimous opinion is, "Once this new reproduction has been heard, one no longer has any desire to return to monaural reproduction."

Moreover, the "Stereophoner" represents very little additional cost or complication. It has also some considerable advantages over two-channel stereophony:

1. A single channel is required as far as the loudspeakers; this means that differences of level between the two channels of the usual type of stereophony cannot occur, the expensive tandem attenuator is obviated, as is also the level adjustment wherever one channel changes.
2. Any kind of transmission can be immediately reproduced in three dimensions, without the need for the expensive stereophonic recording and playback arrangements.
3. The Stereophoner can be connected to any existing broadcast receiver so that even older radios will be greatly improved by the three-dimensional sound.
4. The use of Stereophoners in broadcast reception does not in any way affect the emission.
5. The Stereophoner costs but a fraction of the price of two-channel stereophonic equipment.

Orgelneubau auf akustischer Grundlage

(Hauptorgel St. Nikolai in Siegen/Westfalen)

von

W. LOTTERMOSER

Problemstellung

Während im Rahmen der neuzeitlichen musikalischen Akustik auf der einen Seite neue Klangwirkungen mit den Mitteln der modernen Übertragungstechnik erdacht werden, arbeiten andererseits eine Reihe von Wissenschaftlern daran, die vielfältigen zum Teil noch unbekannten akustischen Erscheinungen bei den überkommenen Musikinstrumenten zu erforschen. Diese Aufteilung des Arbeitsgebietes ist teilweise durch die Entwicklung der Musikpraxis selbst bedingt, scheint es doch so, als ob diese mehr und mehr dazu übergeht, jede Musik mit den instrumentalen Mitteln ihrer Entstehungszeit darzustellen: Bach auf der Barockorgel, Mozart auf dem Mozartflügel u. a. m.; um auf solche Weise die Klangwelt, die dem Komponisten vorschwebte, neu und unverfälscht erstehen zu lassen. Übersteigerungen hinsichtlich der Lautstärke, der Klangfarbe, des Tempos usw. werden bei diesem Vorgehen vermieden. Die Zeiten der Riesenorgeln und Massenbesetzungen sind im Zuge dieser Entwicklung offenbar überwunden. Man hat gelernt, daß es im Musikinstrumentenbau keinen stetigen Fortschritt gibt wie auf rein technischen Gebieten. Hier geht es um den Begriff der Klangsönheit. Diese mag vielleicht gewissen stilistischen Schwankungen unterworfen sein, daneben ist sie aber, man denke an die Stradivarius-Geige oder die Silbermann-Orgel, überzeitlich an die unveränderlichen Eigenschaften des menschlichen Gehörs gebunden. Eine physikalisch-akustische Bearbeitung dieses Fragenkomplexes dürfte also lohnend, ja notwendig sein.

So wie in der Musik des Barock die Spanne vom Allegro zum Adagio weniger weit war, so verhältnismäßig klein war der Lautstärkeumfang. Innerhalb des relativ engen Bereichs existiert jedoch eine außerordentliche Mannigfaltigkeit reizvoller Klangfarben und wirkungsvoller Artikulationsvorgänge, beide der natürlichen Tongebung des Gesangs nahe verwandt und daher unmittelbar ansprechend. Es treten Formanten, ähnlich denen der Vokale, auf oder formantähnliche Teiltongruppen; es sind, bevor der Klang beginnt, ton- oder geräuschhafte Komponenten, wie wir sie von den Konsonanten kennen, zu beobachten. Der Klang entsteht nicht momentan mit voller Amplitude, er wird angesetzt und entwickelt sich langsam unter steter Veränderung seiner Komponenten. Die Steigerung zum *fortissimo* erfolgt nicht so sehr durch Verstärkung als durch Erhöhung der Obertönigkeit. Die Klänge des Plenums sind weniger stark als hell und glänzend,

so wie es natürlichen Schallerzeugern entspricht. Das stark angeblasene oder angestrichene Instrument ist in erster Linie obertonreich, erst in zweiter Linie lauter als im piano. Es ist wider die Natur beim *crescendo* vorwiegend die 8'-Lage, also die Grundtöne zu verstärken, wie es bei der Orgel von 1900 der Fall war.

All diese Dinge zu begreifen war nur durch den Einsatz elektroakustischer Mittel möglich. Wohl kannte man bis dahin die äußere, technische Anlage der Barockorgeln und ahmte sie nach, wußte aber ohne Akustik nicht, warum sich die Klänge dieses Typs von denen anderer Zeiten so vollkommen unterscheiden.

Nachdem eine Reihe der berühmtesten Barockorgeln analysiert worden war¹, sind unsere Kenntnisse von deren akustischen Eigenschaften beträchtlich gewachsen. Die Wege zu einer bewußten Herstellung ähnlicher Klänge ist dadurch freigemacht und physikalisch zu begründen. Im vorliegenden Bericht soll in kurzen Zügen geschildert werden, wie in Zusammenarbeit mit Orgelbauer und Organist eine neue Orgel unter Verwertung der gewonnenen Erfahrungen entstand.

Disposition und Aufbau der Orgel

Die Hauptorgel von St. Nikolai hat 56 klingende Stimmen auf vier Manualen und Pedal. Bereits die Disposition zeigt den klassischen Werk-aufbau (Abb. 1) mit der räumlichen Gliederung der Register in folgender Aufstellung: Hauptwerk mit seinem Prospekt über dem Spielschrank; Oberwerk, das sich in höherer Lage dahinter befindet und die Funktionen eines Brustwerks übernimmt. Im Rücken des Spielers und am weitesten vorn ist das Rückpositiv aufgestellt. Das Schwellwerk, dessen Pfeifen sich in einem großen Holzkasten, dessen Vorderwand sich wie üblich durch Jalousien mehr oder weniger öffnen oder schließen lassen, liegt am weitesten hinten. Die Pedalladen sind links und rechts angebracht, wobei allerdings einige Register aus räumlichen Gründen auf eigenen Laden hinter dem Hauptwerk zu stehen kamen.

Bei der Stimmenauswahl wurden im Hauptwerk, Oberwerk und Rückpositiv vorwiegend norddeutsche Barockorgeln (Schnitger, Stellwagen) als Vorbilder herangezogen, nur im Schwellwerk sind nach neueren Erfahrungen eine größere Zahl von Aliquoten disponiert, um durch diese Stimmen weitgehendere Möglichkeiten der Farbnuancierung zu schaffen. Auch süddeutsche Stilelemente wurden verwandt. Das Pedal ist wieder nach norddeutsch-barocker Art so reich besetzt, daß sowohl starke wie leise Baßbegleitungen als auch durchsichtige Cantus-firmus-Registrierungen möglich sind.

In der gesamten Orgel ist die bekannte und bewährte Auswahl etwa gleichvieler Register der Eng- und Weitchorppfeifen durchgeführt. Außerdem wurde eine Reihe von Zungenstimmen für solistische Zwecke oder zur

Verstärkung des vollen Werks, insbesondere des Pedals disponiert. Besonders auf die Pfeifenreihe der Feldtrompete mit liegenden Bechern, ein ausgesprochenes Soloregister nach spanischer Art, sei aufmerksam gemacht.

Da durch Messungen² geklärt werden konnte, daß die mechanische Traktur zur Zeit diejenige Verbindungsart zwischen Taste und Ventil ist, bei welcher der Zeitverzug zwischen Tastenanschlag und Ventilöffnung am geringsten ist, ja daß bei ihr sogar die Ventilbewegung von der Taste her beeinflußt werden kann, wurde die Orgel mit mechanischer Steuerung ausgestattet, wobei alle Teile so sorgfältig ausgearbeitet wurden, daß die Spielart ähnlich der eines Flügels ist. Auch die Register werden rein mechanisch durch Herausziehen handlicher Züge ein- und ausgeschaltet. Sie sind aber so gedrängt und übersichtlich am Spieltisch (Abb. 2) angeordnet, daß sie der Organist leicht überblicken und bedienen kann.

Für die Windladen kam ebenfalls auf Grund der neueren Meßergebnisse¹ nur die Tonkanzelle in Form der Schleiflade in Frage. Nur bei diesem System treten die präzisen, schlagartigen Einschwingvorgänge insbesondere der Plena auf, welche zur deutlich artikulierten Wiedergabe polyphoner Werke unerlässlich sind.

Bei der sonst bei Orgeln dieser Größe vielfach verwendeten Registerkanzelle sprechen die einzelnen Pfeifen insbesondere im Plenum infolge des zeitlich unterschiedlichen Aufgangs der beteiligten Ventile mit geringen Zeitdifferenzen an. Da zudem die gegenseitige Mitnahme über die Außenluft relativ schwach ist, kommt es zu ungenauen, verwaschenen Klangeinsätzen, die allenfalls für langsame Choralbegleitungen ausreichen, zur Wiedergabe schnellerer Tonfolgen polyphoner Werke indessen weniger geeignet sind. Bei einigen solcher Systeme vibrieren sogar die Ventile beim Aufgehen im Luftstrom, so daß dem Pfeifenklang eine Amplitudenmodulation aufgedrückt wird, welche die Empfindung unangenehmer Rauigkeit hervorruft. Solche und ähnliche Phänomene treten bei der Schleiflade nicht auf, weswegen man allgemein im heutigen Orgelbau diese Bauart vorzieht.

Der Einfluß der Raumakustik auf den Orgelklang

Die Kirche stammt aus dem 13. Jahrhundert und ist vorwiegend romanischen Stils. Sie besitzt einen Innenraum, dessen Wände großflächig und hart sind und daher auftreffenden Schall wenig absorbieren. Die Kirche war im vergangenen Krieg ausgebrannt und wurde vor dem Orgeleinbau restauriert. Die Schallausbreitung weicht vom üblichen dadurch ab, als mehrere Räume (Abb. 3), ein achteckiges, von einer Kuppel überwölbtes Hauptschiff und ein mit diesem durch einen Bogen verbundener Altarraum vorhanden ist. Außerdem sind ringsherum Emporen vorgesehen. Durch die etwas ungewöhnliche Anlage gibt es eine Zahl von Plätzen, von denen keine Sicht zu Altar und Kanzel, sowie zur Orgel möglich ist. Solche sind natürlich auch akustisch benachteiligt.

Für die neue Orgel standen drei Stellen zur Auswahl:

- a) Altarraum,
- b) südliche Nebenempore des Altarraumes,
- c) Empore im Turmraum in Höhe der Emporen.

Der Platz *a* schied deswegen aus, weil dort das Gestühl für die Presbyter aufgestellt werden sollte. Von einigen Sachverständigen wurde der Ort *b* sehr empfohlen, was bedeutet hätte, daß die Orgel vom ganzen Hauptschiff nur wenig bzw. überhaupt nicht zu sehen gewesen wäre. Fall *c* wurde als höchst bedenklich angesehen, weil die frühere Orgel dort gestanden hatte und nicht zur Wirkung kam.

Um sachliche Entscheidungen treffen zu können, wurden Impulsanregungen mit Knallen durchgeführt, die ergaben, daß von dem Emporenplatz neben dem Altar *b* so gut wie kein direkter Schall in das Schiff gelangte. Hätte man darauf bestanden, die Orgel dort aufzustellen, so wären die bedeutsamen Einschwingvorgänge der Pfeifen infolge zahlreicher indirekter Schallrückwürfe verwischt worden. So blieb nur die Turmempore übrig *c*, welche an sich geräumig genug war, um das Pfeifenwerk aufzunehmen. Allerdings kann der dort erzeugte Schall nur durch einen relativ kleinen Bogen ins Kirchenschiff gelangen. Um Abhilfe zu schaffen, wurden die vor dem Bogen befindlichen Teile der Empore dazu benutzt, um Rückpositiv, Hauptwerk und Teile des Pedals vor den Bogen zu stellen. Die übrigen Werke wurden im Turmraum untergebracht und dort trichterförmig von starken schallreflektierenden Wänden umgeben, so daß ein wirksamer Schallrückwurf durch den Bogen und durch die vornstehenden Prospektpfeifen hindurch erzielt wurde.

Planung der Messuren

Bekanntlich läßt sich die Intensität und die Obertönigkeit der Orgelpfeifen durch ihre Mensur (3), d. h. durch ihren Durchmesser, Höhe und Breite des Aufschnittes beeinflussen. Bei derselben Grundtonhöhe und denselben äußeren Betriebsbedingungen nimmt die Intensität des ausgesandten Schalles mit wachsendem Durchmesser zu. Allerdings nimmt gleichzeitig der Obertongehalt ab. Enge Pfeifen liefern obertonreiche, aber weniger intensive Klänge. Auch bei schmalerer Labiierung nimmt die Intensität ab, ebenso bei Verengung der Kernspalte. Man hat es also bei gegebenem Winddruck in gewissen Grenzen in der Hand, die Stärke und Obertönigkeit der abgestrahlten Klänge zu regeln. Soweit dies die Mensur angeht, hat dies bereits bei der Planung zu geschehen. Die übrigen Veränderlichen kann der Intonateur bei der Aufstellung der Pfeifen beeinflussen.

Um eine Intensitätsverteilung der Orgel im gesamten Hörbereich zu erreichen, welche derjeniger, hochwertiger Barockorgeln¹ nahe kommt, ist es notwendig, vor der Orgelplanung die raumakustischen Verhältnisse zu

erfassen. Von besonderer Bedeutung ist dabei, in welcher Weise die Nachhallzeit von der Frequenz abhängt. In solchen Frequenzgebieten nämlich, wo die Nachhallzeit kurz ist, ist die Absorption im Raume relativ groß und umgekehrt. Daraus ergibt sich für den Orgelbau: In jenen Frequenzgebieten, in denen die Absorption groß ist, muß die Orgel relativ größere Schallenergie erzeugen als dort, wo die Absorption gering ist. Dadurch wird erreicht, daß an den Zuhörerplätzen die gewünschte spektrale Intensitätsverteilung über den ganzen Frequenzbereich ohne eine zu starke Bevorzugung tiefer oder hoher Lagen zustande kommt.

Die gemessene Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit zeigt Abb. 4. In tiefen Lagen ist sie mit 6,5 Sek. relativ lang und nimmt mit wachsender Frequenz bis etwa 2 Sek. gleichmäßig ab. Ist die Kirche besetzt, so absorbieren die anwesenden Personen vorzugsweise mittlere und hohe Frequenzen, während die Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen etwa gleich lang bleibt. Diese Raumeigenschaft verursacht eine Überbetonung tiefer Frequenzlagen. Der Raum hat eine Klang-verdunkelnde Wirkung.

Um zahlenmäßige Zusammenhänge zu gewinnen, wurde am Orte der zukünftigen Orgel (Abb. 3) ein Lautsprecher mit allseitiger Richtcharakteristik aufgestellt, der ein weißes Rauschen abstrahlte. An verschiedenen Stellen im Schiff und auf den Emporen wurde Mikrophon mit angeschlossener Oktavsieb und Pegelzeiger aufgestellt, mit welchem das Verhalten des Schalldrucks in mehreren Abständen von der Schallquelle gemessen wurde. Die gefundenen Pegel wurden dabei im dB-Verhältnis zu dem in 1 m Abstand befindlichen ausgedrückt. So zeigt es sich, daß entsprechend dem Nachhallverlauf der Abb. 4 die Frequenzen tiefer Lagen weniger geschwächt werden als diejenigen hoher. Es ist bekannt, daß sich die Abstandsabhängigkeit des Schalldrucks rechnerisch aus der Nachhallzeit ableiten läßt, doch zeigt die Erfahrung, daß wegen der unterschiedlichen Raumformen beträchtliche Abweichungen vorkommen. An Hand der gemessenen Werte läßt sich angeben, in welcher Weise bei der Messuren-Planung vorzugehen ist. In jenen Frequenzgebieten, in denen die Abstandsschwächung gering ist, können engere Messuren gewählt werden als in den übrigen, was im vorliegenden Fall bedeutet, daß die Baßpfeifen des Pedals und der Manuale verhältnismäßig geringe Durchmesser bekommen. Man erreicht dadurch eine größere Obertönigkeit und verschiebt zwangsläufig das Schwergewicht der Intensität in mittlere Frequenzbereiche.

Besetzung der gemischten Stimmen

Unter die gemischten Stimmen zählt man die Mixturen, Scharffs Cymbeln, Rauschpfeifen usw., welche den Zweck haben, den an sich wenig obertonreichen Klängen der Labialpfeifen höhere harmonische Teiltöne zuzufügen und sie dadurch aufzuhellen und zu färben. Diese Register sind aus mehreren Pfeifenreihen zusammengesetzt. Während nun die Mixtur und

das Scharff lediglich Quint- und Oktavpfeifen in höherer Frequenzlage enthält, besitzt die Cymbel und die Sesquialter weniger Chöre, aber außerdem Pfeifen in Terzlage. Für die Verschmelzungsfähigkeit und die Farbwirkung all dieser Stimmen ist ihre Intensität in Bezug auf die Grund- und Teiltöne niedriger Ordnung bedeutungsvoll. Ist ihre Stärke zu groß, dann verschmelzen sie nicht und bewirken eine zu große Aufhellung bis zur Schärfe. Sind sie gegen die Grund- und Oktavstimmen zu schwach, dann vermögen sie nicht zu färben, ja sie können von starken Grundstimmen völlig verdeckt werden und bleiben unwirksam. Ein großer Teil der Intonationskunst des Orgelbauers beruht gerade auf diesem Stärkeabgleich, der auf die übliche Weise nur so möglich ist, daß er selbst oder ein Mitarbeiter im Raume die Stärkeverhältnisse abschätzt und den passenden Abgleich veranlaßt. Sind die Frequenz- und Intensitätsverhältnisse richtig eingestellt, treten die Teiltöne der gemischten Stimmen ähnlich wie Formanten auf und vermögen den Gesamtklang charakteristisch zu färben.

Aus den früheren Oktavsiebanalysen von Barockorgeln¹ war zu sehen, daß bei diesen meist zwei Maxima auftreten, ein unteres, das von den Grund- und Oberstimmen und ein oberes, das von den gemischten Stimmen herrührt. Längs der Klaviatur rücken meist beide nach höheren Frequenzen, wobei das obere progressiv in den Bereich des *o*, *a*, *e* und *i*-Formanten fällt und dementsprechende Färbungen verursacht.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß derjenigen Orgeln musikalisch-akustisch der größte Wert zuzuordnen ist, bei welchen diese Progression systematisch vor sich geht und sich gleiche Tonlagen auf verschiedenen Manualen durch verschiedene Formantlagen unterscheiden. Wenn G. Silbermann forderte⁴, daß das Hauptmanual gravitatisch, das Obermanual scharf und penetrant, das Brustwerk delikate und lieblich und das Pedal stark und durchdringend klingen sollte, so darf man das, nach dem, was wir jetzt wissen, so deuten, daß das Hauptwerk etwa die *o* und *a*-Formantlage, das Oberwerk die *a*, *e* und *i*-Formantlage, das Brustwerk die *e* und *i*-Formantlage mit schwächerer Intensität und das Pedal die *o* und *a*-Lage mit größerer Stärke besitzen solle.

Natürlich darf diese stark zusammengefaßte Beschreibung nicht so verstanden werden, daß nun alle Orgeln die gleichen Klangfarbenentwicklungen haben sollen. Die hochwertigen Barockorgeln selbst unterscheiden sich in dieser Hinsicht beträchtlich. Bei der Gabler-Orgel in Weingarten¹ ist durch stark besetzte Mixturen im Hauptwerk längs der ganzen Klaviatur die *e* und *i*-Formantlage durch höhere Maxima betont, diese Orgel klingt dadurch besonders hell und glänzend, während dagegen im Hauptwerk der A. Silbermann-Orgel in Ebersmünster⁵ die Mixtur und Cymbel frequenzmäßig so liegen, daß die *o* und *a*-Formantlage vorherrschend ist. Mithin besitzt diese Orgel eine wesentlich dunklere Klangfarbe als diejenige von Weingarten. Solche und ähnliche Unterschiede sind historisch,

landschaftlich und künstlerisch bedingt, und nichts wäre verkehrter, als bei neuen Instrumenten überall dieselben Klangfarben zu verlangen. Indessen vermag die akustische Bearbeitung ganz bewußt gewünschte Klangfarbentypen hervorzurufen und unangenehme Extremwerte zu vermeiden.

Meßverfahren

Die Schalldrücke der einzelnen Register sowie deren wichtige Kombinationen wurden in 12 m Abstand von der Orgel in der leeren Kirche ermittelt. Zur Schalldruckmessung diente ein Lautstärkemesser (Siemens), dessen Mikrophon sich etwa in Ohrhöhe eines sitzenden Zuhörers befand. Da zur Verringerung der Einflüsse stehender Wellen immer drei benachbarte Tasten zugleich angeschlagen werden (C, Cis, D; Dis, E, F usw.), wurde zur Reduktion auf eine Taste von der abgelesenen Zahl 4,5 dB abgezogen ($\sqrt{3}$) und dieser Wert in μbar umgerechnet. Jedes Register wurde von C bis g^3 durchgemessen. Zum Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Orgeln sei auf die früheren Veröffentlichungen⁶ hingewiesen.

Auch zur Ermittlung der Klangfarben wurden jeweils drei Tasten angeschlagen, wobei die auf den Abb. 5 angegebenen Register gezogen waren. Die entstehenden Klanggemische der Plena wurden mit Oktavsieben teils in der Kirche direkt, teils vom Tonband analysiert. Die Ergebnisse wurden, wie früher¹, in ein perspektivisches Schema eingetragen, in dem von unten links nach oben rechts die Klaviatur zu denken ist, wobei zu je drei Tasten ein Profil gehört. Dieses ergibt sich daraus, daß auf den Abszissen nach rechts die Frequenz, also in dem Fall die Siebmitte der benutzten Oktavsiebe in logarithmischem Maß, nach oben in linearem Maß der im jeweiligen Sieb ermittelte Schalldruck aufgetragen wurde. Die Meßpunkte wurden je durch einen Kurvenzug miteinander verbunden. Solche Diagramme lassen Stärke und Klangfarbe der Plena einer Orgel schnell erkennen.

Meßergebnisse

Die Resultate der Schalldruckmessungen sind in der Tabelle 1, diejenigen der Oktavsiebanalysen in der Abb. 5 dargestellt. Einschwingvorgänge⁷ sollen, obwohl ihre Wichtigkeit außer Frage steht, hier nicht wiedergegeben werden, da sie sich bei dieser Orgel in keiner Weise von denen hochwertiger Barockorgeln unterscheiden.

Die Dynamik der Orgel ergibt sich aus dem Verhältnis der Schalldrücke der lautesten Kombination des Pedals mit 2,8 μbar zu der leisesten Stimme mit 0,09 μbar . Sie beträgt demnach 31 : 1, d. h. 30 dB. Eine derartige Dynamik besitzen auch Barockorgeln. Sie ist wesentlich kleiner als bei Orchestern, welche bis zu 70 dB haben können, und auch kleiner als bei Orgeln aus den Jahren um 1900, welche viel lauter waren. Die Wirkung der Jalousien des Schwellwerks ist in den hohen Lagen am größten und beträgt

dort 9 dB. Bei tiefen Frequenzen ist das Verhältnis 5 dB, was sich aus der Schalldämmung der Jalousietüren erklärt.

Aus den Werten der Tabelle werden die Pegel der verschiedenen Werke deutlich. Das Hauptwerk ist mit 2,3 μ bar das lauteste. Dann folgt das Rückpositiv mit 1,6, darauf das Oberwerk mit 1,0 μ bar. Das Schwellwerk besitzt einen maximalen Schalldruck 0,70 bei offenem Schweller. So ist eine Stärkeabstufung erreicht, wie wir sie auch bei wertvollen Barockorgeln kennen. Auch der mit der Grundfrequenz etwas abnehmende Schalldruck ist für diesen Orgeltyp charakteristisch. Er rührt von der fallenden Tendenz der Einzelstimmen her, wie sie mit Auswahl in der Tabelle 1 enthalten ist. Ausnahmen bilden dabei solche Pfeifenreihen, die sich mit der Frequenz stark erweitern, sowie gewisse Zungenpfeifen. Im allgemeinen sind die Weitchorregister (Flöten) leiser als die Engchorstimmen (Prinzipale), dagegen lauter als die Aliquote. Auch die Stellung der Pfeifen wirkt sich aus: Prinzipale im Prospekt übertreffen weiter hinten befindliche meist beträchtlich.

Natürlich wird mit der Schallstärke nur ein Teil der gesamten Tongebung erfaßt. Als gleich wichtige Eigenschaft gesellt sich die Klangfarbe: das Klangspektrum dazu. Es würde hier zu weit führen, die Eigenarten der einzelnen Stimmen zu beschreiben. In kurzen Zügen seien nur einige wichtige Merkmale erläutert.

Labialpfeifen besitzen etwa 10 Obertöne, welche in der Regel mit wachsender Ordnungszahl an Stärke abnehmen. Bei offenen Pfeifen sind gerade und ungerade Teiltöne vorhanden. Solche Spektren wirken kräftig. Bei gedackten Pfeifen überwiegen die ungeraden Teiltöne niedriger Ordnung, was ihren Klang rund und weich erscheinen läßt. In beiden Fällen wächst die Zahl der Teiltöne mit enger werdender Mensur. Quintadena ist beispielsweise eine enge, gedackte Stimme. Bei ihr ist der 3. Teilton meist der stärkste, der erste ist weniger kräftig und der zweite praktisch nicht vorhanden. Außerdem erzeugt eine solche Pfeife den 5., 6., 7., 8. . . . Teilton mit schwächerer Intensität. Dieses charakteristische Spektrum verursacht die Empfindung eines etwas schillernden Klangs.

Die Plena zeichnen sich bei allen Orgeln durch starke Teiltöne der 1., besonders 2. und 3., 4., 6., 8., 12., 16., 24. . . . Ordnung aus, d. h. neben starken Teiltönen niedriger Ordnung überwiegen solche in höheren Oktav- und Quintlagen. Hervorgerufen werden diese durch die Mixturen oder anderen gemischten Stimmen, welche auf diese Art dem Gesamtklang Farbe, Helligkeit und Glanz verleihen. Für die Wirkung des Ganzen sind die Intensitätsverhältnisse wichtig, in welchen die genannten Teiltöne untereinander stehen. Zur schnell zu übersehenden Analyse solcher Klänge hat sich das Oktavsiebverfahren bewährt, ohne daß es immer notwendig wäre, jeden einzelnen Teilton getrennt zu messen. Die Filtergrenzen und -mitten sind in der Tabelle 2 wiedergegeben. Die Abb. 5 geben in der oben dar-

gestellten Weise die Ergebnisse an den 5 Plena der Orgel wieder. Im Einzelnen ist dazu zu bemerken:

1. Hauptwerk-Plenum mit Scharff.

Die Kurven sind untereinander ausgeglichen und besitzen deutliche Maxima im 5. Sieb, d. h. die Formantlage des *a* ist betont. Die spektrale Lage der Mixtur und des Scharff allein ist strichpunktirt bzw. gestrichelt eingezeichnet, so daß man ihre aufhellende Wirkung ermitteln kann. Die Mixtur übertrifft an Intensität das Scharff beträchtlich, während dieses dafür höher, im 6. und 7. Oktavbereich liegt. Über die Klaviatur hinweg verharret das Maximum im 5. Siebbereich, weswegen die Klangwirkung des Hauptwerks der Silbermann-Orgel in Ebersmünster ähnelt.

2. Rückpositiv-Plenum.

Einen etwas grundtönigeren Charakter als das Hauptwerk besitzt das RP-Plenum. Die starken Maxima in den unteren Siebbereichen sind auf die Mitwirkung der im 3. Teilton intensiven Quintadena mit dem Grundton betonenden Prinzipal 4' zurückzuführen. In den oberen Lagen nimmt die Intensität der Quintade ab, es bleibt vor allem die Wirkung des 4' erhalten. Die aufhellende Wirkung des Scharff (gestrichelt eingetragen) macht sich besonders in den unteren Lagen bemerkbar.

3. Oberwerk-Plenum.

In diesem Werk zeigen sich die Profile, welche denen hochwertiger Barockorgeln am ähnlichsten sind. Das obere Maximum wird besonders in den unteren Lagen durch die Rohrflöte 2' und das Oktävlein 1' hervorgerufen. Darüber sitzt die Cymbel mit deutlich sichtbaren, aber relativ niedrigen Maxima im 6. und 7. Oktavbereich, deren Beteiligung in den höheren Lagen immer deutlicher wird. Während zwischen A und a¹ die *a*-Formantlage bevorzugt ist, verschiebt sich das Maximum in hohen Lagen in den Bereich des *e*-Formanten.

4. Schwellwerk-Plenum.

Das Schwellwerk klingt, wie die Kurven veranschaulichen, weicher und dunkler als die anderen Werke. Ausgesprochene Maxima in Formantlagen treten nicht auf. Erst bei Zuzug des Scharff tritt bei offenem Schweller eine deutliche Aufhellung auf, indem höhere Maxima entstehen in ähnlicher Art, wie sie beim Oberwerk gezeigt wurden.

5. Pedal-Plenum.

Das Pedal ist relativ kräftig. Eine Betonung der 8'-Grundtonlage wird durch die starke Oktave 8' und den zweiten Teilton des 16' erreicht. Oktave 4' und die Mixtur ergeben eine gut ersichtliche Betonung höherer Frequenzgebiete, woraus sich eine Verstärkung der *o*-Formantlage ergibt.

Schluß

Das Vorhaben wurde im Auftrage der Gemeinde und des Staatl. Hochbauamtes Siegen durchgeführt. Das Ziel der Arbeiten war, eine Orgel zu schaffen, welche die Darstellung der Meisterwerke der Orgelkunst vor allem die Joh. Seb. Bachs in einer Weise gestattet, welche dem heutigen Stand der Erkenntnis und der allgemeinen Erwartung so vollendet als möglich entspricht. Dies begreift die an sich selbstverständliche Forderung in sich, daß die Orgel den Anforderungen des Gottesdienstes in liturgischer Beziehung voll gerecht zu werden hat. Durch Zusammenarbeit des Orgelbauers und seiner Intonateure mit dem Organisten und den Sachverständigen ist, wie die Meßergebnisse zeigen, das gesteckte Ziel erreicht worden.

Disposition der Hauptorgel in der Nikolaikirche zu Siegen

Erbauer: E. Kemper und Sohn, Werkstätten für Orgelbau / Lübeck.
1953—1956.

Hauptwerk (H W)	Pedalwerk (P d)
1. Prinzipal 8'	1. Prinzipal 16'
2. Oktave 4'	2. Oktave 8'
3. Oktave 2'	3. Oktave 4'
4. Mixtur 6fach	4. Mixtur 8fach
5. Scharff 4fach	5. Untersatz 16'
6. Pommer 16'	6. Holzgedackt 8'
7. Gemshorn 8'	7. Bordun 4'
8. Spitzflöte 4'	8. Nachthorn 2'
9. Nasat 2 ² / ₃ '	9. Rauschpfeife 4fach
10. Dulzian 16'	10. Posaune 32'
11. Feldtrompete 8'	11. Posaune 16'
	12. Trompete 8'
	13. Schalmey 4'
	14. Clarine 2'
Rückpositiv (R P)	Oberwerk (O W)
1. Gedackt 8'	1. Spitzgedackt 8'
2. Prinzipal 4'	2. Oktävlein 1'
3. Flachflöte 2'	3. Zimbel 3fach
4. Sesquialtera 2fach	4. Quintade 4'
5. Scharff 5fach	5. Rohrflöte 2'
6. Quintade 8'	6. Vox humana 8'
7. Rohrflöte 4'	
8. Salizional 4'	
9. Quinte 1 ¹ / ₃ '	
10. Musette 8'	

Schwellwerk (S W)

- | | |
|---|---|
| 1. Hohlflöte 8' | 8. Unda maris 8' |
| 2. Schweizerflöte 4' | 9. Terz 1 ³ / ₅ ' |
| 3. Quinte 2 ² / ₃ ' | 10. Septime 1 ¹ / ₇ ' |
| 4. Waldflöte 2' | 11. None 8/ ₉ ' |
| 5. Scharff 3fach | 12. Undezime 8/ ₁₁ ' |
| 6. Stillgedackt 16' | 13. Streichmixtur 5fach |
| 7. Gamba 8' | 14. Oboe 8' |
| | 15. Trompete 4' |

Tabelle 1

Schalldrucke einiger Register in μ bar

Registerart	C	c ¹	c ³
HW-Plenum	2,30	2,00	1,30
OW-Plenum	1,00	0,85	0,50
RP-Plenum	1,60	1,20	0,70
SW-Plenum	0,70	0,55	0,32
dass. Schwellen zu	0,40	0,26	0,12
Ped-Plenum	2,80	2,30	—
HW Pommer 16'	0,70	0,68	0,45
Prinzipal 8'	1,30	1,00	0,80
Oktave 4'	0,70	0,68	0,27
Oktave 2'	0,90	0,46	0,16
Mixtur 6fach	1,00	0,90	0,50
Scharff 4fach	0,50	0,30	0,18
Gemshorn 8'	0,80	0,80	0,70
Nasat 2 ² / ₃ '	0,75	0,50	0,16
Dulzian 16'	0,50	0,55	0,45
Feldtrompete 8'	1,70	0,90	0,50
OW Spitzflöte 8'	0,80	0,80	0,66
Quintade 4'	0,80	0,30	0,18
Cimbel 3fach	0,15	0,23	0,15
Vox humana 8'	0,25	0,30	0,30
RP Sing. Gedackt 8'	0,35	0,60	0,55
Quintadena 8'	1,20	0,75	0,20
Prinzipal 4'	1,00	1,10	0,30
Salizional 4'	0,45	0,36	0,22
Scharff 5fach	0,60	0,40	0,22

SW	Stillgedackt 16'	0,30	0,42	0,20
	Gamba 8'	0,40	0,36	0,22
	Streichmixtur	0,25	0,20	0,16
Pd	Prinzipal 16'	1,00	1,30	—
	Oktave 8'	1,70	1,70	—
	Mixtur 8fach	2,00	1,00	—
	Rauschpfeife 4fach	0,90	0,40	—
	Posaune 32'	1,30	1,20	—
	Posaune 15'	2,70	0,95	—
	Clarine 2'	0,60	0,30	—

Tabelle 2

Filtergrenzen und -mitten der benutzten Oktavsiebe in Hz

Nr.	Grenzen		Mitten
1	50	— 100	70,5
2	100	— 200	141,0
3	200	— 400	283
4	400	— 800	566
5	800	— 1 600	1132
6	1600	— 3 200	2265
7	3200	— 6 400	4530
8	6400	— 12 800	9060

Literatur

- (1) W. LOTTERMOSER, Beitrag in *Klangstruktur der Musik*, S. 47—88, Berlin 1955.
- (2) W. LINHARDT, Beitrag in *Kongreßbericht Hamburg*, Internat. Musikwiss. Kongreß 1956.
- (3) F. INGERSLEV und W. FROBENIUS, *Transact. Danish Acad. Techn. Sc.* 1 (1947).
- (4) E. FLADE, *G. Silbermann*, Leipzig 1953.
- (5) W. LOTTERMOSER, *Arch. f. Musikwiss.*
- (6) W. LOTTERMOSER, *Z. f. Naturf.* 3a (1948) S. 298, s. a. (1).
- (7) F. TRENDLENBURG, E. THIENHAUS u. E. FRANZ, *Akust. Z.* 1 (1936) S. 59; 3 (1938) S. 7.

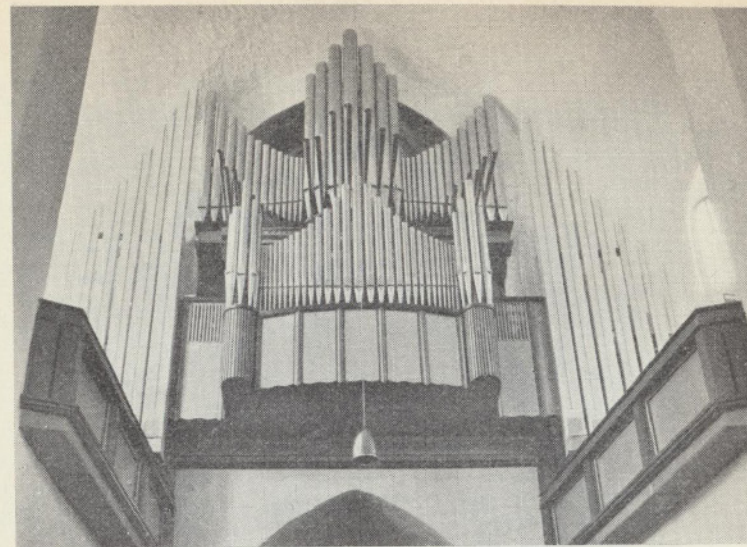


Abb. 1 Prospekt der Siegener Orgel. In der Mitte das Rückpositiv, darüber das Hauptwerk mit den horizontalen Bedern der Feldtrompete. Rechts und links die Pedalpfeifen.

Illustr. 1 Front-pipes of the organ in Siegen.

In the middle the Rückpositiv, above this the great organ with the horizontal tubes of the Feldtrompete. To the right and to the left the pedal-board pipes.

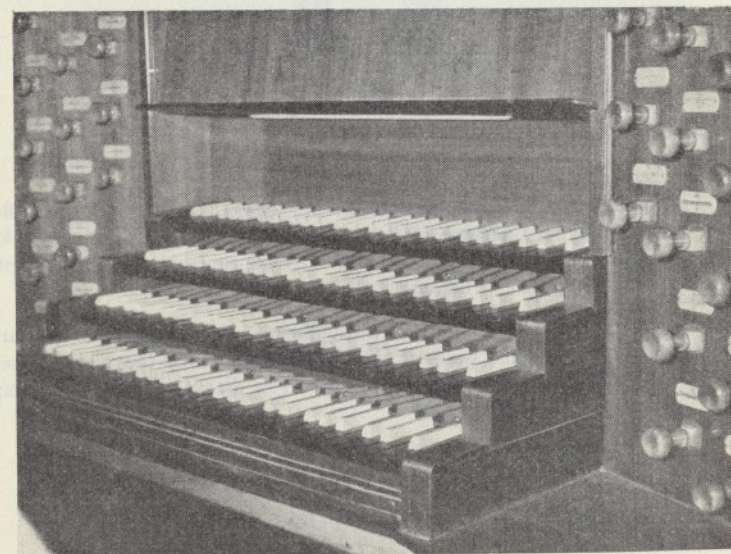


Abb. 2 Manuale und Registerzüge im Spielschrank der Orgel. Von unten nach oben: Rückpositiv, Hauptwerk, Oberwerk und Schwellwerk.

Illustr. 2 Key-board and stops in the console of the organ. From below to above: Rückpositiv, Great Organ, Oberwerk and Swell-Work.

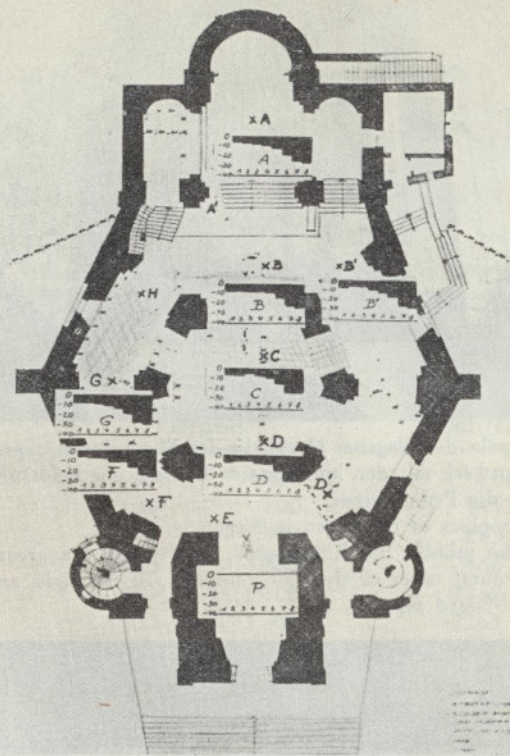


Abb. 3 Grundriß der Nikolaikirche/Siegen mit eingetragenen Meßorten. Bei P Aufstellung des Lautsprechers mit dem weißen Rauschen. In allen Oktavfiltern Dämpfung 0. Die eingetragenen Diagramme geben die Dämpfung in Oktavbereichen in dB an.

Illustr. 3 Ground-plan of the Nikolaikirche/Siegen, with draw-in measuring-points. P marks the place of the loudspeaker with the white noise. In all octave-filters damping 0. The drawn-in diagrams show the damping in the octave-ranges in dB.

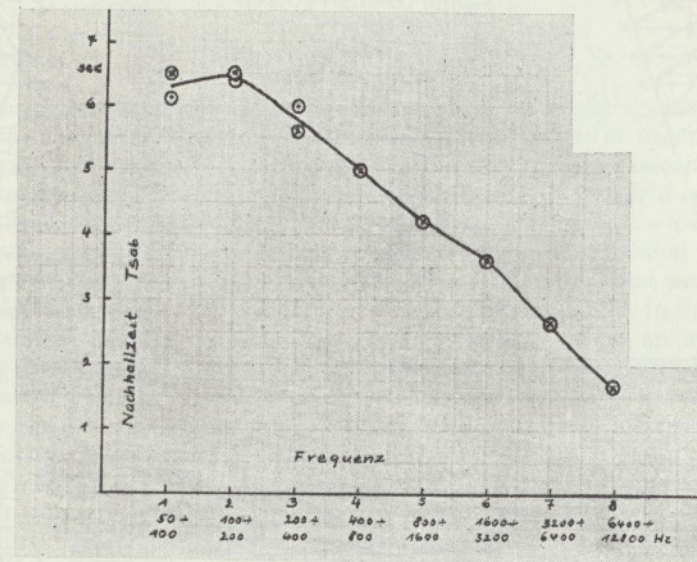


Abb. 4 Nachhallzeit in der Kirche St. Nikolai/Siegen in Abhängigkeit von der Frequenz.

Illustr. 4 Dependence of the reverberation-time on the frequency in St. Nikolai/Siegen.

Organ-building on an acoustical basis

(Hauptorgel St. Nikolai in Siegen/Westfalen)

by

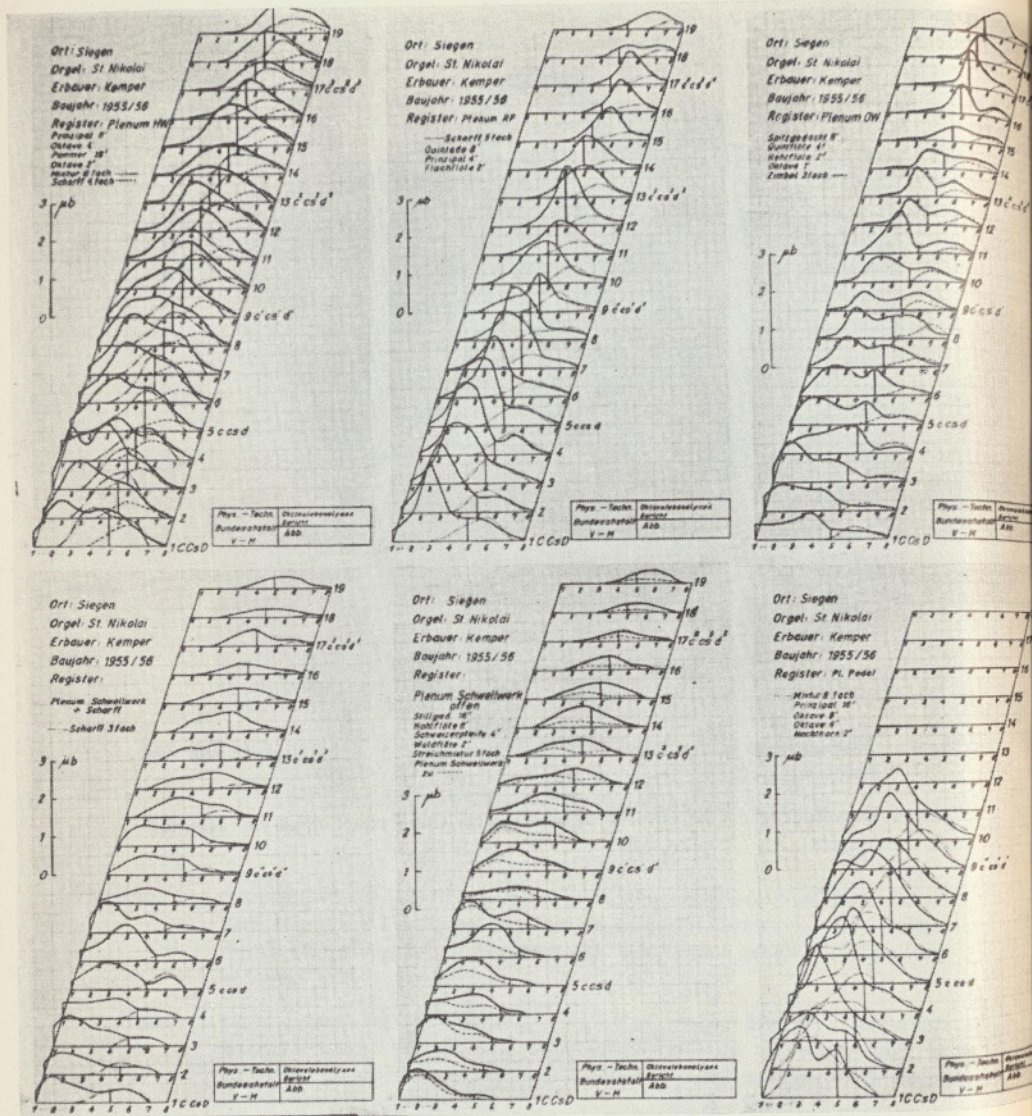
W. LOTTERMOSER

Problem

Within today's musical acoustics, new sound effects are being devised by modern technical means, while on the other side a number of scientists are trying to find out the manifold acoustical facts of ancient musical instruments which are partly still unknown. This division in the field of work partially depends on the development of the musical practice which more and more tends to interpret all music with the original instrumental means: Bach on the baroque organ, Mozart on the Mozartflügel etc., thus producing the sound imagined by the composer in a new and genuine way. In this way, exaggerations with regard to loudness, tone-colour, and tempo, are avoided. In the course of this development, the epoch of mammoth organs and gigantic tonal structures seems to be overcome. We have learned that there is no steady progress concerning the building of musical instruments as in other technical fields; a beautiful sound is the main point. The latter may go through certain fluctuations with regard to style, but at the same time it is subject to the unchangeable conditions of the human ear, as e. g. the Stradivarius-Violin or the Silbermann-Organ. A physical-acoustical treatment of these questions seems to be worth-while and even necessary.

In baroque music, the scope between allegro and adagio was less extended, and at the same rate the volume of loudness was proportionally small. Within this relatively small range, however, exist an extremely high number of charming tone-colours and effective articulations; both are related to the natural sound-quality of singing, and therefore of a direct effect. We find formants, similar to those of the vocals, or formant-like groups of partial tones. Before the sound rises, there are tone, or noise-like components as known from the consonants. The sound does not at once come in full amplitude, but slowly grows during a continuous change of its components. The fortissimo is obtained less by strength than by a special richness of the overtone-structure. The sounds of the chorus are less strong than clear and bright, corresponding to natural sound producers. The strongly blown or played instrument sounds louder than piano, but first of all it consists of more harmonics. When playing crescendo it is unnatural chiefly to increase the fundamentals, as in case of the Nineteenth Century Organ.

Only by use of electroacoustical means, was it possible to understand all these things. The outer technical arrangement of the baroque organ was



known and imitated, but the reason for its special sound, being so different from that of other organs, remained unknown without acoustics.

After a number of the most famous baroque organs were analyzed, we have obtained a considerable knowledge of their acoustical conditions. By this knowledge, the way was cleared to produce similar sounds on a physical basis. This brief report shall give an idea how a new organ was built in co-operation with the organ-builder and the organist realizing the experiences gained.

Disposition and structure of the organ

The Hauptorgel of St. Nikolai consists of 56 speaking stops on four keyboards and the pedal-board. The disposition already shows the classical structure of the works with the local arrangement of the stops as follows: the great organ with its positiv above the console; on a higher level behind the great organ is the Oberwerk, functioning as a Brustwerk. The Rückpositiv is set up at the back of the organist, directly in front. The swell work, the pipes of which are in a large wooden case, lies most backward; as usual the front of the case can more or less be opened or shut by the swell shutters. To the left and to the right, are the pedal wind chests; some stops, however, were put on special chests behind the great organ for reason of space. Especially North-German baroque organs (Schnitger, Stellwagen), became examples for the election of the voices of the great organ, the Oberwerk and the Rückpositiv. Only in the swell work, a number of aliquotes are disposed in order to extend the possibilities of the tone-colour according to the latest experiences. South-German elements of style were applied too. Following the North-German usage of the baroque, the pedal is richly provided, that strong and fine accompaniments of the bass, as well as transparent registrations of the cantus-firmus, can be played.

The whole organ is equipped with about the same number of stops, each of narrow and wide pipe work, this being the well-known and proved selection. Moreover, a number of reeds were disposed for solo purposes, or as a strengthening of the full work, especially of the pedal. Special attention should be played to the pipe row of the Feldtrompete (field-trumpet) with horizontal tubes, a typically Spanish solo register.

As measurings have demonstrated, the mechanical tracker-action¹⁾ is the very connection between the key and the valve which needs the shortest interval between touching the key and the opening of the valve, and even allows influencing the movement of the valve by the key. Therefore the organ was provided with a mechanical regulation. As all parts are very carefully made, the manner of playing is similar to that of a grand piano. The stops are also mechanically switched by pulling out handy stop-knobs.

¹⁾ All pipes of one key are sitting on the same chest.

They are arranged in the console in such a compact and clear way as to be easily seen and operated by the organist.

For the wind chests, the tone wind chest in the form of a slider chest, was considered the best system with regard to the latest measurings. Only this system guarantees precise and sudden transient phenomenons, especially of the choruses, which are indispensable for a distinctly articulated interpretation of polyphonic works. Organs of this size often have a tone wind chest; in this case the single pipes, especially those of the chorus, act with little differences of time, due to the different openings of the respective valves. As the mutual coupling is relatively small, inexact and indistinct sounds are produced which may be good enough for slow accompaniments of hymns; they are, however, unsuitable for playing quick scales of polyphonic works. In some of those systems, the valves even vibrate in the current of air, when opening; as a result, the sound of the pipes gets an amplitude modulation, causing the sensation of an unpleasant harshness. As the slider chest prevents these and other phenomenons, this type is generally preferred in modern organ-building.

The influence of the architectural acoustics on the sound of the organ

The church was built in the thirteenth century, mainly in Romanesque style. The large and hard walls of the interior scarcely absorb any sound. During the last war the church was destroyed, and was restored before the organ was built in. The extension of the sound is unusual, as there are several rooms: an octagonal middle-aisle with a cupola above, connected with an altar-room by an arch. Some galleries are still to be built. Owing to this unusual arrangement, there are a number of seats, giving no view to the altar, the pulpit, and the organ. They are acoustically poor.

Three places were taken into consideration for the new organ:

- a) the altar-room
- b) the gallery to the south of the altar-room
- c) the gallery in the steeple, being on a level with the other galleries.

The place (a) was reserved for the pews of the Presbyter. Some experts recommended the place (b), but then the organ would have become nearly invisible from the middle-aisle (c), was considered to be risky; it was the place of the former organ which was not effective.

In order to come to a real decision, impulses were produced by means of cracks. The result showed that almost no direct sound reached the middle-aisle from the gallery beside the altar (b). If the organ would have been put there, the significant transient phenomenons of the pipes would have become indistinct, due to many indirect reflections of the sound. Only the gallery in the steeple (c) remained, which is spacious enough for the pipe work. The

sound produced there, however, reaches the middle-aisle only through a relatively small arch. In order to improve the sound, the Rückpositiv, the great organ, and some parts of the pedal, were put on that part of the gallery which lies in front of the arch. The other works were put into the steeple-room. They were surrounded by strong reflecting walls in a funnel-shaped way, so as to achieve an effective reflection of the sound through the arch and the pipes in front.

Plan of the scales

As known, the intensity of the organ pipes and their richness of the overtone-structure can be influenced by their scale, i. e. by their diameter, the height and the width of the mouth. Provided that the height of the fundamental and the outer operative conditions are the same, the intensity of the sound sent out grows when enlarging the diameter. The volume of the harmonics, however, decreases simultaneously. Narrow pipes produce sounds which are rich in harmonics, but less intensive. The intensity also decreases when the width of the mouth or of the flue is small. At a constant wind pressure, we are able to a certain degree, to regulate the strength and overtone-structure of the emitted sounds, (Concerning the scale, this has to be already considered in the plan.) The voicer can influence the other variables when arranging the pipes.

Before planning the organ it is necessary to know the acoustic conditions of the room, in order to get a distribution of the intensity in the whole scope of hearing, similar to that of excellent baroque organs. It is of special importance in what way the reverberation time depends on the frequency. In case of frequencies with short reverberation times, the absorption in the room is relatively high and vice versa. The consequence for the organ-building is: for frequencies with a high absorption, the organ has to produce relatively more energy of sound than for those with low absorption. In this way, the intended spectral distribution of the intensity all over the range of the frequencies is achieved for all seats, without any preference to high or low frequencies. Illustr. 4 shows the measured dependence of the reverberation time on the frequency. At low frequencies, the reverberation time is relatively long (6,5 sec.) and continuously decreases (to about 2 sec.) when the frequency grows. In a full church, the persons present mainly absorb medium and high frequencies, but the reverberation time of low frequencies remains the same. This condition of the room causes an over-stress of the low frequencies. The room darkens the sound.

In order to get numerical connections, a loudspeaker with all-round character was put at the place of the future organ, emitting a white noise. At various points in the nave, and on the galleries, a microphone with joint octave-filter and level-recorder was set up, to measure the kind of sound-pressure emitted at various distances from the source of the sound. The dis-

covered levels were expressed in db-ratio to the microphone which stood in a distance of 1 m. It was therefore clearly demonstrated that low frequencies are less diminished than high, according to the course of the reverberation time (Illustr. 3). As is known, the dependence of the sound-pressure on the distance can be mathematically derived from the reverberation time, but according to experience there are considerable deviations on account of the different forms of the rooms. The measured values show, in what way the plan of the scales has to be done. In those frequency ranges with little diminution, caused by the distance, narrower scales can be taken than in the other ranges. This means, for the case in question, that the bass pipes of the pedal and the key-board get relatively small diameters. Thus, a greater richness of the overtone-structure is reached, and necessarily the main intensity is brought into medium frequency ranges.

Tonal structure of the mixed voices

Mixed voices are Mixtures, Scharffs, Cymbeln, Rauschpfeifen, etc. They are used for the purpose of adding higher harmonic partial tones to the sounds of the flue-pipes which are not very rich in harmonics, giving them brightness and color. These stops consist of several pipe rows. The Mixture and the Scharff have only quint and octave-pipes of high frequencies, whereas the Cymbel and the Sesquialter do not contain so many Choirs, but have terce-pipes. The intensity, according to the fundamentals and the partial tones of low range, is rather important for the ability of blending and for the timbre of all these voices. Being too strong, they do not blend and cause too much brightening, becoming harsh. If they are too light in proportion to the principals and the octaves, they are not able to color; they even can be covered completely by strong principals, and so remain without any effect.

A great deal of the art of voicing of an organ-builder is founded just on this balancing of the intensity. Usually this can only be done in the following way: the organ-builder, or one of his co-workers, estimates the relations of the intensity in the room and arranges the suitable balance. If the relations of the frequencies and of the intensity are well balanced, the partial tones of the mixed voices are similar to formants; they are able to color the total sound characteristically. Former octave-filter analyses of baroque organs have shown that there are mostly 2 maxima; a low maximum caused by the fundamentals and the harmonics, and a high maximum caused by the mixed voices. Along the key-board, mostly both maxima approach the higher frequencies. Thus the high maximum progressively gets into the range of the „o“, „ah“, „a“ and „e“ — formants, and causes the corresponding colorings.

As we know from experience, the organ is of greatest value in musical-acoustical sense in fulfilling the following conditions: the afore-mentioned

progression has to proceed systematically and the same pitches have to be different in their formant-ranges on various key-boards.

When G. Silbermann demanded that the main key-board should sound seriously, the upper key-board harshly and penetratingly, the Brustwerk delicately and delightfully, and the pedal-board strongly and sharply, this can be expounded according to our present knowledge as follows: the great organ should have the „o“ and „ah“ formant-range, the Oberwerk the „ah“, „a“, and „e“ formant-range, the Brustwerk the „a“ and „e“ formant-range with less intensity, and the pedal-board the „o“ and „ah“ formant-range with more intensity.

Of course, this very condensed description does not mean that all organs should have the same development of their tone-color. In this respect, the excellent baroque organs also differ considerably. In the case of the Gabler-Organ in Weingarten, the „a“ and „e“ formant-range is stressed by higher maxima along the whole key-board by well-filled Mixtures. Here, this organ sounds particularly clear and bright, whereas in the great organ of the A. Silbermann Organ in Ebersmünster, the „o“ and „ah“ formant-range predominates due to the frequencies of the Mixtures and the Cymbels. Therefore, this organ is of considerably darker tone-color than that of Weingarten. These and similar differences are caused by history, landscape, and art, and nothing would be so wrong as to demand the same tone-colors for new instruments everywhere. The acoustic treatment, however, is able consciously to cause desired types of tone-colors and to avoid unpleasant extreme values.

Measuring procedure

The sound-pressures of the single stops as well as of their most important combinations, were discovered to be from 12 m distance away from the organ in the empty church. For measuring the sound-pressure, a sound-meter (Siemens) was used, the microphone of which stood at ear level of a seated person. As always three consecutive keys are pushed at the same time (C, C #, D; D #, E, F) in order to diminish the influences of standing waves, 4,5 dB were subtracted ($\sqrt{3}$) from the read off number for the reduction to one key; this value was reduced to μbar . Each stop was measured from C to g³. For the comparison of the results with those of other organs, I wish to point to my former publications.

To find out the tone-colors also, 3 keys were pushed at the same time, while the stops, according to illustr. 5, were pulled. The so formed sound mixtures of the choruses were analyzed by octave-filters partly directly in the church, partly from the tape.

As before, the results were registered in a perspective scheme in which the key-board must be imagined from below on the left hand to above on the right hand; there is one profile for 3 keys each. This results from the

fact that the frequency was registered on the abscissa to the right; in this case the centres of the used octave-filters being in logarithmic scale, and upward in linear scale, the sound-pressure was discovered in the respective filter. The measured points were joined by a curve. From such diagrams, the strength and the tone-color of the choruses can quickly be seen.

Measuring results

The results of the measured sound-pressures are stated in the table, whereas those of octave-filter analyses are to be seen in illustr. 5. The transient phenomena, though being very necessary, shall not be mentioned in this report, as they do not differ at all from those of excellent baroque organs.

The dynamics of the organ results from the ratio between the sound-pressures of the loudest combination of the pedal with 2,8 μbar and the lightest voice with 0,09 μbar ; that means 31 : 1, i. e. 30 dB — just the dynamics of baroque organs. It is considerably less than that of an orchestra which can have about 70 dB, and also less than that of organs from about 1900, which have been much louder. The greatest effect of the swell-shutters lies at high frequencies and there amounts to 9 dB. At low frequencies, the ratio is 5 dB due to the damping of the swell-shutter doors. The values of the table show the levels of the different works. The great organ is the loudest with 2,3 μbar , followed by the Rückpositiv with 1,6, and the Oberwerk with 1,0 μbar . The swell-work has a maximum sound-pressure of 0,70 when the swell-shutters are opened. Thus a gradation of strength is reached as known from excellent baroque organs. It is also characteristic for these types of organs, that the sound-pressure decreases with the fundamental frequency, due to the decreasing tendency of the components as stated in the table under selection. Pipe-ranks, which very much extend with the frequency are exceptions, as well as certain reeds. In general, stops with wide diameters (flutes) are lighter than those with narrow diameters (diapasons), but louder than the aliquote. The position of the pipes too, has a certain effect. Mostly diapasons in front considerably surpass those standing behind.

The sound-pressure is of course only one part of the whole sound-quality. The tone-color — the spectrum of the sound — is of the same importance. It would be too much for this report to describe the characters of the single voices. Only some important symptoms are mentioned briefly.

Flue-pipes have about 10 harmonics, which usually decrease in strength with increasing ordinal number. At open pipes, there exist even and odd partial tones. Such spectra have a strong effect. At „gedackte“ pipes, the odd partial tones of low range predominate, thus making their sound, round and soft. In both cases, the number of the partial tones grows with narrowing scale. Quintadena for instance, is a narrow „gedackte“ voice. The third partial tone of the Quintadena usually is the strongest, the first is less

strong, and the second practically does not exist. Such a pipe, moreover, produces the 5., 6., 7., 8. . . . partial tone with less intensity. This characteristic spectrum causes the sensation of a somewhat colorless, quint-like, and iridescent sound.

The choruses of all organs have strong partial tones of the 1., and especially of the 2. 3. 4. 6. 8. 12. 16. 24. . . . range; i. e. besides strong partial tones of low range those of higher octave and quint-ranges predominate. They are caused by the Mixtures or by the other mixed voices, thus giving color, clearness, and brightness to the total sound. The intensity-ratios between the mentioned partial tones are important for the effect of the whole. The octave-filter procedure was used to obtain, and survey an analysis of such sounds quickly, without the necessity of measuring each partial tone. The limits and centres of the filters are to be seen in table 2.

Some particular details are:

1) Great organ — chorus with Scharff.

The curves are equalized among one another and have distinct maxima in the 5. filter, i. e. the „ah“ formant-range is stressed. Only the spectral range of the Mixturen and of the Scharff are drawn streakdotted or streaked; thus their clearing effect can be learned. As to intensity, the Mixtur surpasses the Scharff considerably; this, however, lies higher, namely in the 6. and 7. octave-range. Along the key-board, the maximum stays in the 5. filter-range. Therefore the sound effect of the great organ is similar to the Silbermann-Orgel in Ebersmünster.

2) Rückpositiv — chorus.

The character of the Rückpositiv — chorus tends more to the fundamentals than that of the great organ. The strong maxima in the low filter-ranges are caused by the co-operation of the Quintadena being intensive in the 3. partial tone with the diapason 4' stressing the fundamental. In high ranges, the intensity of the Quintade decreases, above all the effect of the 4' remains.

The clearing effect of the Scharff (streaked) can especially be heard in low ranges.

3) Oberwerk — chorus.

In this work, are the profiles which are most similar to those of excellent baroque organs. Especially in low ranges, the high maximum is caused by the Rohrflöte 2' and the Oktävlein 1'. Above that is the Cymbel with clearly visible, but relatively low maxima in the 6. and 7. octave-range, the participation of which becomes more clear in high ranges. Between A and a⁰ the „ah“ formant-range is preferred, whereas the maximum gets into the „a“ formant-range at high frequencies.

4) Swell work — chorus.

As can be seen from the curves, the swell work sounds softer and darker than the other works. There are no outspoken maxima in the formant-ranges. Only when playing the Scharff simultaneously and when the swell-shutters are opened, is there a remarkable clearing as there are higher maxima, similar to those of the Oberwerk.

5) Pedal-board — chorus.

The pedal-board is relatively strong. A stress of the 8' fundamental range is reached by the strong octave 8' and the second partial tone of the 16'. A strong visible stress of the higher frequency-ranges is given by octave 4' and the Mixtur, causing a strengthening of the „o“ formant-range.

Conclusion

The project was commissioned by the Gemeinde and the Staatl. Hochbauamt Siegen. The aim of the work was to build an organ permitting the interpretation of organ-masterworks, above all those of J. S. Bach, corresponding to our knowledge and the general expectation. This means, of course, that the organ has to fulfill the liturgical demands of the divine services. As the measuring-results show, this aim was reached in the co-operation of the organ-builder and his voicers, with the organist and the experts.

Disposition of the Hauptorgel in St. Nikolai/Siegen

Builders: E. Kemper & Sohn, Workshop for Organ-Building, Lübeck
1953—1956

Great Organ (GO)

1. Prinzipal 8'
2. Oktave 4'
3. Oktave 2'
4. Mixtur 6fach
5. Scharff 4fach
6. Pommer 16'
7. Gemshorn 8'
8. Spitzflöte 4'
9. Nasat 2²/₃'
10. Dulzian 16'
11. Feldtrompete 8'

Rückpositiv (RP)

1. Gedackt 8'
2. Prinzipal 4'

3. Flachflöte 2'
4. Sesquialtera 2fach
5. Scharff 5fach
6. Quintade 8'
7. Rohrflöte 4'
8. Salizional 4'
9. Quinte 1¹/₃'
10. Musette 8'

Pedal-Board (Pb)

1. Prinzipal 16'
2. Oktave 8'
3. Oktave 4'
4. Mixtur 8fach
5. Untersatz 16'
6. Holzgedackt 8'

7. Bordun 4'	Swell-Work (SW)
8. Nachthorn 2'	1. Hohlflöte 8'
9. Rauschpfeife 4fach	2. Schweizerflöte 4'
10. Posaune 32'	3. Quinte 2 ² / ₃ '
11. Posaune 16'	4. Waldflöte 2'
12. Trompete 8'	5. Scharff 3fach
13. Schalmey 4'	6. Stillgedackt 16'
14. Clarine 2'	7. Gamba 8'
	8. Unda maris 8'
Oberwerk (OW)	9. Terz 1 ³ / ₅ '
1. Spitzgedackt 8'	10. Septime 1 ¹ / ₇ '
2. Oktävlein 1'	11. None 8/ ₉ '
3. Zimbel 3fach	12. Undezime 8/ ₁₁ '
4. Quintade 4'	13. Streichmixtur 5fach
5. Rohrflöte 2'	14. Oboe 8'
6. Vox humana 8'	15. Trompete 4'

Table 1.

Sound-pressures of some stops in μ bar.

Kind of stop	C	c ¹	c ³
GO - Chorus	2,30	2,00	1,30
OW - Chorus	1,00	0,85	0,50
RP - Chorus	1,60	1,20	0,70
SW - Chorus	0,70	0,55	0,32
The same with closed swell-shutters	0,40	0,26	0,12
Pd.-board-Chorus	2,80	2,30	—
GO Pommer 16'	0,70	0,68	0,45
Prinzipal 8'	1,30	1,00	0,80
Oktave 4'	0,70	0,68	0,27
Oktave 2'	0,90	0,46	0,16
Mixtur 6fach	1,00	0,90	0,50
Scharff 4fach	0,50	0,30	0,18
Gemshorn 8'	0,80	0,80	0,70
Nasat 2 ² / ₃ '	0,75	0,50	0,16
Dulzian 16'	0,50	0,55	0,45
Feldtrompete 8'	1,70	0,90	0,50
OW Spitzflöte 8'	0,80	0,80	0,66
Quintade 4'	0,80	0,30	0,18
Cimbel 3fach	0,15	0,23	0,15
Vox humana 8'	0,25	0,30	0,30

RP Sing. Gedackt 8'	0,35	0,60	0,55
Quintadena 8'	1,20	0,75	0,20
Prinzipal 4'	1,00	1,10	0,30
Salizional 4'	0,45	0,36	0,22
Scharff 5fach	0,60	0,40	0,22
SW Stillgedackt 16'	0,30	0,42	0,20
Gamba 8'	0,40	0,36	0,22
Streichmixtur	0,25	0,20	0,16
Pd Prinzipal 16'	1,00	1,30	—
Oktave 8'	1,70	1,70	—
Mixtur 8fach	2,00	1,00	—
Rauschpfeife 4fach	0,90	0,40	—
Posaune 32'	1,30	1,20	—
Posaune 16'	2,70	0,95	—
Clarine 2'	0,60	0,30	—

Table 2.

Filter-limits and centres of the used octave-filters in Hz.

No.	Limits	Centres
1	50 — 100	70,5
2	100 — 200	141,0
3	200 — 400	283
4	400 — 800	566
5	800 — 1 600	1132
6	1 600 — 3 200	2265
7	3 200 — 6 400	4530
8	6 400 — 12 800	9060

Literature

- (1) W. Lottermoser, Beitrag in Klangstruktur der Musik, S. 47—88, Berlin 1955.
- (2) W. Linhardt, Beitrag in Kongreßbericht Hamburg, Internat. Musikwiss. Kongreß 1956.
- (3) F. Ingerslev und W. Frobenius, Transact. Danish Acad. Techn. Sc. 1 (1947).
- (4) E. Flade, G. Silbermann, Leipzig 1953.
- (5) W. Lottermoser, Arch. f. Musikwiss.
- (6) W. Lottermoser, Z. f. Naturf. 3a (1948) S. 298, s. a. (1).
- (7) F. Trendelenburg, E. Thienhaus u. E. Franz, Akust. Z. 1 (1936) S. 59; 3 (1938) S. 7.

Die Oper im Fernsehen

von

CLEMENS MÜNSTER

Technische Voraussetzungen und künstlerische Möglichkeiten.

1.

Wer nicht alles hinnimmt, was gemacht wird, nur weil es gemacht wird, möchte vielleicht fragen, warum man überhaupt Opern im Fernsehen bringt. Denn die Oper werde dadurch, daß man sie mit Hilfe der Fernstechnik übermittle, wesentlich verändert, ihre dreihundert Jahre alte Überlieferung gefährdet, ja ihre bewährte Gestalt zerstört. Sicher greift die Fernsehproduktion tief in das vertraute Erscheinungsbild der Oper ein. Wohlverstanden in das Bild, in die Optik der Oper und ihr Verhältnis zur Akustik, nicht in ihre Musik. Die erste Antwort auf jene Frage heißt nun: Es scheint, daß durch das Fernsehen für die Oper, die ja auf das Sichtbarwerden, auf die Inszenierung hin angelegt ist, eine neue Weise, sichtbar zu werden, erschlossen wird. Die zweite Antwort muß sein: Das Fernsehen ist ein Kommunikationsmittel; seine Zuschauer sollen an allem teilhaben, was der Teilnahme wert ist. Über Wert oder Unwert aber entscheiden in der Welt des Scheins und des Spiels nicht nur Manager, Künstler und Kritiker, sondern auch und vor allem die Zuschauer, nicht nur das Urteil, sondern auch der Erfolg. Das Publikum aber will Opern im Fernsehen haben. Das Ziel sollte sein, ein hohes Maß an Werktreue und Überlieferung mit den technischen und künstlerischen Notwendigkeiten einer neuen Darstellungsform zu vereinen. Im einzelnen Fall wird zu prüfen sein, ob von den neuen technischen Möglichkeiten der rechte künstlerische Gebrauch gemacht wurde oder nicht. Um solche Analysen zu erleichtern, will ich versuchen, zunächst die Grenzen abzustecken, die der Kunst durch die Technik im Fernsehen gesetzt sind, dann die von der Technik gebahnten Wege aufzuzeigen, auf welchen die Kunst sich bewegen kann und schließlich einige Hinweise auf rein künstlerische Fragen geben.

2.

Der Bildinhalt des Fernsehschirms, genauer die Zahl der durch ihn übermittelten „Informationen“, ist hauptsächlich dadurch begrenzt, daß der Elektronenstrahl das Bild in verhältnismäßig wenig Zeilen schreibt, in Europa (außer England mit 405 und Frankreich mit 819) in 625 Zeilen. Das ist ein ziemlich grobes Raster. Will ich die feineren Züge und den Ausdruck eines Gesichts noch einigermaßen erkennen, muß die stehende Figur von mindestens 300 Zeilen gezeichnet werden, das heißt, sie füllt der Höhe nach den halben Bildschirm; sie ist umso beengter, je größer ihr Bild wird. Mehrere Personen haben noch weniger „Spielraum“. Man kann zwar eine

Person in derselben scheinbaren Größe, also unter demselben Winkel zeigen, unter dem sie auf der Bühne etwa von der zehnten Reihe aus erscheint, aber man kann dann nicht mehr die Bühne in ihrer Höhe und Breite zeigen. Andererseits rückt die Großaufnahme den Darsteller in optische Nähe, näher als im Opernglas; auch wird der Raum dadurch wieder ausgeweitet, daß mehrere Kameras mit verschiedenen Bildausschnitten und Perspektiven und unter verschiedenen Winkeln operieren. Das wird allerdings mit der optischen Unruhe bezahlt, die durch den Bildwechsel entsteht; es erfordert ein feines Gefühl, nur im dramaturgisch und musikalisch richtigen Augenblick zu schneiden oder zu überblenden. Während sich schließlich der Bühnenraum vorwiegend von außen nach innen, von der Kulisse zu Requisit und Darsteller hin entwickelt, baut sich der Bildraum des Fernsehens von innen nach außen auf, vom Akteur, von Requisit, Ausstattungstück und architektonischen Fragmenten in den unbegrenzten Bereich der Imagination, der jenseits des Bildrandes beginnt. Die Totale dient dazu, den Betrachter zu orientieren und die Beziehungen der Personen zueinander und zum Raum zu zeigen. Die Großaufnahme ist von starker visueller Eindringlichkeit, setzt die bedeutenden Akzente und darf eben deshalb nur mit einer gewissen Zurückhaltung verwendet werden. So bleibt der wichtigste Ausschnitt für das Fernsehspiel die Mediumaufnahme, bei der die Darsteller mit ihrer halben oder allenfalls noch ganzen Größe die Höhe des Bildschirms ausfüllen. Die Ausschnitte sinngemäß zu wählen und zeitlich zu verteilen ist eine der wichtigsten Aufgaben der Regie. Bei allen diesen Überlegungen spielt die absolute Größe des Bildschirms, also seine Ausdehnung in Zentimetern, nur eine sekundäre Rolle, entscheidend sind die scheinbare oder Winkelgröße und die Zeilenzahl. Die angeführten Eigenschaften machen das Fernsehgerät zu einem „Kammerinstrument“, das seinen Platz im Zimmer vor wenigen Zuschauern hat. Es kann optisch so wenig eine große Wagneroper verarbeiten wie der Rundfunkempfänger akustisch eine Brucknersymphonie.

3.

Zu erinnern ist daran, daß die Fernsehkamera ohne Farben längs einer Grauskala arbeitet, auf der es weder „schwarz“ noch „weiß“ gibt. Auch entsprechen die Helligkeitswerte der Farben nicht der spektralen Empfindlichkeit des Auges, sondern ungefähr derjenigen einer panchromatischen photographischen Schicht. Zwischen einem sehr dunklen und einem sehr hellen Grau vermag die Kamera etwa zwanzig Helligkeitsstufen zu unterscheiden. Das ist nicht gerade viel gegenüber den etwa hundert Stufen, die das Auge (bei einem bestimmten Adaptationszustand) zu unterscheiden vermag. Aber der Verzicht auf Farbe und die beschränkte Grauskala bedeuten keine wesentliche künstlerische Beeinträchtigung, solange für das Gesicht genug Helligkeitsnuancen zur Verfügung stehen. Immerhin müssen anstelle von Farbe und Raum andere Ausdrucksmittel, vor allem die mimischen tre-

ten, wenn die Register der künstlerischen Darstellung nicht verarmen sollen. Schwerer wiegt die Tatsache, daß die Fernsehkamera einen gewissen Mindestbedarf an Licht hat, der zwar geringer als der des Films, aber erheblich größer als der des Auges ist. Auch kann sie nur einen begrenzten Helligkeitsumfang verarbeiten, ohne störende Begleiterscheinungen hervorzubringen; so sind „Schwarz“ und „Weiß“, etwa an Kostümen, Fehlerquellen für das Fernsehbild.

4.

Am einfachsten scheint es zu sein, eine Oper unmittelbar von der Bühne zu übertragen. Diese Methode hat ihren Wert als eine Art Reportage aus dem Theater. Das Ergebnis ist aber fast immer unbefriedigend. Die Inszenierung arbeitet mit Licht, Raum und Farbe, wie das Theaterpublikum sie wahrnimmt. In der Regel wird die Beleuchtung entweder nicht ausreichen oder störende Schatten werfen, werden die Farben keine ausreichenden oder falsche Kontraste geben. Und der Raum? Entweder erscheint die Bühne auf dem Fernsehschirm als Ganzes wie ein kleiner Guckkasten mit marionettenhaft aussehenden Sängern oder man erblickt diese Sänger vor Bruchstücken einer Dekoration, die nur als Ganzes aufgefaßt werden soll. Bei den Sängern aber hat man oft das unangenehme Gefühl, taktlos einer Anstrengung zuzusehen, die nicht für unsere Augen bestimmt ist und eine schauspielerische Aktion zu vermissen, die man erwartet.

Nicht alle diese Mängel sind unvermeidlich; Übertragungen von Schauspielen glücken viel häufiger. Eine der ersten Voraussetzungen ist ein nicht nur gesanglich, sondern auch schauspielerisch erstklassiges Ensemble, eine weitere der Verzicht auf Theaterpublikum. Die Kameras müssen sich einigermaßen ungehindert bewegen, Licht und Masken den Forderungen des Fernsehens angepaßt werden können. Soweit es für die Darsteller und auch für die Raumakustik nützlich erscheint, kann man ein Publikum einladen, etwa Studenten, das am technischen Apparat keinen Anstoß nimmt, sich vielleicht sogar dafür interessiert. Im Gegensatz zum Schauspiel bildet bei der Opernübertragung das Orchester eine ernste Schwierigkeit: die Versenkung läßt die Kamera nicht nahe genug an die Bühne kommen und schränkt auf den Niveau des Bühnenbodens die Winkel ein, unter denen aufgenommen werden kann. Eine Übertragung aus dem Theater fällt aber umso besser aus, je mehr die Aufnahme den Raumverhältnissen und Methoden des Studios angepaßt wird. Entgegen einem verbreiteten Irrtum kann kleiner Kameraabstand nicht ohne weiteres durch große Objektivbrennweite ersetzt werden; diese verändert die Perspektive oft in störender Weise. Wenn sich die Orchesterversenkung nicht überbrücken läßt, muß an der Publikumsseite der Rampe eine Bahn für Querverfahren mindestens einer Kamera errichtet werden.

Nie jedoch können so die bildtechnischen Möglichkeiten des Fernsehens ausgenutzt werden. Wir sahen, daß Nahaufnahmen sein eigentliches Element

sind. Selbst wenn Aussehen und mimische Kunst der Sänger solche Aufnahmen erlauben, müssen sie sich auf Augenblicke beschränken, die nicht mit großer gesanglicher Anstrengung belastet sind. Das sind aber in der Regel gerade die dramatischen Höhepunkte; darauf zu verzichten, sie auch optisch hervorzuheben, erscheint widersinnig. Schließlich erfordern Nahaufnahmen ausgiebige Proben für das Kamerapersonal; Zeit und Platz dazu werden im Theater nur selten vorhanden sein. Auch unter günstigen Umständen wird also die Opernübertragung optisch ein Kompromiß bleiben, bei der die Reportage, das „Dabeisein“ bei einer bedeutenden Inszenierung für die technischen und künstlerischen Mängel der bildlichen Wiedergabe entschädigen muß.

5.

Die Opernproduktion des Fernsehens sieht sich also ins Studio verwiesen. Bleibt man bei der üblichen Anordnung von Bühne und Orchester, bleiben auch deren ungelöste Probleme. Der erste Schritt zur eigentlichen Fernsehoper wird also darin bestehen, das Orchester räumlich von der Bühne zu trennen; damit entsteht die neue Frage, wie die akustische Einheit von Spiel und Musik zu wahren sei. In Amerika bringt man das Orchester in einem eigenen Musikstudio unter, der Ton wird mittels Lautsprecher ins Spielstudio übertragen, der Dirigent mit Kopfhörern ausgestattet, die ihm den Gesang im Spielstudio übermitteln, und den Sängern ein eigener Hilfsdirigent gegeben. Auf einem Fernsehempfänger kann der Dirigent des Orchesters auch die Szene überschauen. Durch Mischen der in der Szene selbst, im Spielstudio und im Musikstudio befindlichen Mikrophone kann ein einwandfreier Gesamtklang erzeugt werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, den Orchesterpart auf Band zu nehmen und zu diesem Band singen zu lassen. Das erspart Proben und Raum für das Orchester. Das ganze Verfahren liefert jedoch nur dann befriedigende Ergebnisse, wenn die Sänger in einer Szene agieren, auf einer Art nicht erhöhter Bühne, die im Hinblick auf ihre akustischen Eigenschaften nach den Erfahrungen des Theaters gebaut ist. Ein in üblicher Weise mit Dekorationen angefülltes Fernsehstudio liefert einen Ton ohne Glanz und Fülle, seine Akustik ist auch für den Sänger nahezu unerträglich. Die Anordnung der Kulissen und Dekorationen und die Placierung von Darstellern und Kameras nach den Forderungen der Regie erschweren die musikalische Führung durch einen Dirigenten. So müssen bei dieser Art der Aufnahme die optischen Möglichkeiten auf die einfachsten Perspektiven beschränkt bleiben. Was die musikalischen und schauspielerischen Eigenschaften der Sänger betrifft, so hat man in Amerika eigene Fernsehensembles gebildet, ein Weg, der nur in einem großen Lande mit einem fast unerschöpflichen Vorrat an Begabungen gangbar ist. Auch dann bleibt noch die Schwierigkeit, daß kaum ein Sänger, während er singt, so gut zu spielen vermag, wie es die Kamera verlangt, und daß Großaufnah-

men dann nahezu unästhetisch wirken; sie sind denn auch in Amerika eine seltene Ausnahme.

6.

Der zweite Schritt zur Fernsehoper greift auf Erfahrungen des Films zurück. Da es unmöglich ist, zugleich mit einem alle optischen Möglichkeiten ausschöpfenden Bild auch einen einwandfreien Ton zu erzeugen, müssen die beiden Vorgänge getrennt werden. Zuerst wird unter optimalen Bedingungen ein Tonband hergestellt, dieses wird während der Proben und der Sendung ins Studio überspielt, während die Sänger ihre eigenen Partien synchronisieren. Sie singen also, jedoch hat das Spiel den Vorrang. Nur dieses Spiel wird unmittelbar aus dem Studio gesendet; mittelbar, nämlich vom Band der Tonaufnahme, der Gesang. Diese Tonaufnahme mit der eigenen Stimme ersetzt auch den Dirigenten; nur einzelne besonders schwierige Einsätze können immer noch von einem Assistenten gegeben werden. Damit sind Inszenierung, Spiel und Kamerapositionen von den Bedingungen befreit worden, unter denen allein sowohl gut gespielt als auch gut musiziert werden kann. Die auf die Weise des „play back“ erzielten Ergebnisse sind denn auch durchaus befriedigend, wiederum sofern es gelingt, ein Ensemble zu finden, dessen Aussehen und schauspielerische Fähigkeiten allen Forderungen, auch für den gesprochenen Dialog, gewachsen sind. Das wird nur selten und vor allem bei kleineren Opern möglich sein; mehr als eine durchschnittliche schauspielerische Leistung vor der Fernsehkamera wird nur ausnahmsweise zu erreichen sein, es hieße auch, die Sänger überfordern, wollte man in dieser Hinsicht mehr von ihnen verlangen als es das Theater tut. Das Fernsehen verlangt aber mehr, und zwar nicht nur von diesem oder jenem Darsteller, sondern vom gesamten Ensemble. Und um von den Zufälligkeiten der Besetzung unabhängig zu sein, um ein Spiel zu zeigen, das die schonungslose optische Nähe der Kamera verträgt, um einen guten Dialog zu erzielen, um der Oper auch den mimischen Ausdruck zu erschließen, ist es notwendig, konsequent zu sein und die Sänger durch Schauspieler zu doubeln.

7.

Auch bei diesem Verfahren wird zunächst eine Tonbandaufnahme hergestellt und während der Proben und der Sendung ins Studio überspielt. Gespielt wird von Schauspielern, die den entsprechenden Gesangspart gründlich studiert haben, die wirklich, wenn auch fast ohne Ton und synchron mit den Sängern der Tonaufnahme singen. Sie müssen also musikalisch genug und gesänglich wenigstens in den Elementen ausgebildet sein, um das leisten zu können. Auf diese Weise steht die uneingeschränkte Kunst des für seine Rolle auch dem Aussehen nach geeigneten Darstellers im Dienste der Oper. Wiederum wird die Tonaufnahme mit Gesang und Orchester vom Band, das Bild und der gesprochene Dialog „live“ aus dem

Studio übertragen. Die so auf dem Fernsehschirm zu Gesicht und Gehör gebrachte Synchron-Oper ist also ein künstliches, ein synthetisches Produkt der Reproduktionstechnik. Aber sie erfüllt ihre Aufgabe, sofern sie nur sachgerecht produziert wird.

8.

Die Verfahren des Playback und der Synchronisation bergen noch einige technische Probleme. Auf eines möchte ich hier eingehen, den Zusammenhang von Bild und Ton. Es ist unbefriedigend, wenn bei der Großaufnahme ebenso wie bei der Totalen die mittlere Lautstärke und das Verhältnis von Singstimme und Orchester unverändert bleiben. Eine ähnliche Schwierigkeit tritt bei der Rundfunkübertragung von Konzerten mit Orchester und Solisten auf, etwa bei Oratorien. Der Konzertbesucher hört unbewußt „selektiv“ gemäß seiner vom Auge gesteuerten Aufmerksamkeit; der Rundfunkhörer dagegen nimmt einen Gesamtklang auf, in dem die Solisten unterzugehen drohen. Man hilft sich, indem man mindestens ein Mikrophon für die Solisten, ein anderes, hinreichend weit entfernt, für den Gesamtklang aufstellt und die Mischung beider nach Partitur und subjektivem Eindruck steuert. Um eine einwandfreie und für die Inszenierung geeignete Tonaufnahme einer Oper zu erhalten, ist es zunächst notwendig, aus einer Partitur zu dirigieren, in die gewissermaßen das Konzept der Inszenierung eingetragen ist. Darüber hinaus aber empfiehlt es sich, den Ton, der wiederum von zwei Mikrophonen, einem für die Solisten und einem für den Gesamtklang, geliefert wird, getrennt, am besten in zwei Spuren auf dasselbe Band aufzuzeichnen. Bei der Inszenierung kann dann das Verhältnis der beiden Aufnahmen, ebenso wie die gesamte Lautstärke je nach den Anweisungen des Regisseurs und den Anforderungen der Szene gemischt werden. Dabei wird ebenso sorgsam darauf zu achten sein, daß der Gesang gebührend hervortritt, wie darauf, daß der Orchesterpart nicht zu einer bloßen Klanguntermalung absinkt. Auf diese Weise wäre es übrigens möglich, auch schwächere, aber vielleicht schöne und musikalische Stimmen zu verwenden.

9.

Was die künstlerischen Probleme der Fernsehoper und der Technik ihrer Hervorbringung betrifft, so könnte ich mich mit der Feststellung begnügen, daß unter den heute zumindest in Europa fast immer und überall obwaltenden Umständen größere Fernsehoperen einwandfrei nur nach dem Synchronverfahren produziert werden können. Da mir dieses aber wesentlich mehr als ein Notbehelf zu sein scheint, möchte ich mich kurz mit den oben erwähnten prinzipiellen Einwänden auseinandersetzen.

Man hat gesagt, der Kenner merke schnell die Synthese von Bild und Stimme, auch wenn gut synchronisiert werde, und das stört ihn. Nun, die

Fernsehoper wird so wenig für Opernhabitué und Kritiker gesendet wie ein synchronisierter Film für das Publikum der Filmclubs. Auch kann man nie das Original gegen die Reproduktion ausspielen; hätte diese den Rang des Originals, wäre sie Teufelswerk. Wenn es aber nicht gelingt, einen *wahren* Liebhaber der Oper auch für die synchronisierte Oper (wohlverstanden als Reproduktion!) zu gewinnen, dann ist entweder die letztere schlecht produziert oder der erstere blind für die Aufgaben und Möglichkeiten des Fernsehens.

Man hat weiter gesagt, das Verfahren sei weniger synthetisch als vielmehr schizoid. Die Person des Darstellers müsse eine Einheit bleiben, zur Gestalt gehöre die eigene Stimme. Die synchronisierte Oper sei unkünstlerisch und leiste einem Auflösungsprozeß Vorschub, der unser ganzes modernes Leben kennzeichne und dem die Kunst gerade widerstehen sollte. — Ich gestehe, ich halte mehr vom Menschen, als daß ich ihn durch irgendeine Form von Oper gefährdet sähe. Die beanstandete Synthese ist eine unvermeidliche Konsequenz der Tatsache, daß der Sänger ein hochgezüchteter Spezialist ist, dem die schauspielerische Leistung, die hier verlangt werden muß, nicht zugemutet werden kann. Was aber Kunst sei, wird niemals a priori sondern immer erst a posteriori et a posterioribus entschieden. Das „Künstliche“ des Verfahrens sei nicht bestritten, — aber jeder Kunst haftet etwas „künstliches“ an, wie auch zu jeder „Kunst“ eine „Technik“ gehört. Man vergesse schließlich nicht, daß jede Oper ein Spiel ist; das schließt ihre allzu prinzipielle Betrachtung aus, die ja bekanntlich nicht nur die Fernsehoper, sondern die Oper überhaupt umbringen würde.

Man hat uns vorgeworfen, wir opferten eine in Jahrhunderten gewordene und längst sanktionierte Kunstform dem technischen Perfektionismus. Es handelt sich jedoch gerade nicht um technische Perfektion, sondern um künstlerische Vollkommenheit. Sowohl Kunst als auch Spiel verlangen den höchsten erreichbaren Grad von Vollendung. Leider ist ihm, was die Oper im Fernsehen unserer Tage betrifft, nur auf dem Wege der synchronisierten Oper näherzukommen.

Man bedauert den Verlust des weiten Bühnenraums, der Farbe und alles dessen, was die Oper auch zu einem gesellschaftlichen Ereignis macht. — Gewiß. Aber es muß doch darauf hingewiesen werden, daß die Musik es ist, die den wesentlichen Charakter und den Wert der Oper ausmacht. Trotzdem verlangt sie nach Sichtbarkeit; insofern ist die Oper im Rundfunk ein Surrogat. Aber gerade aus ihrer Musik heraus kann die Oper auf sehr verschiedene Weisen sichtbar gemacht werden, auch auf diejenige des Fernsehens und mit Hilfe der Synchronisation. Hier treten eben anstelle von Bühnenraum, Farbe, statuarischem oder tänzerischem Ausdruck Schnitt und Blende, Nah- und Großaufnahme, der aus dem Detail wachsende Raum und vor allem die Kunst des Schauspielers. Was aber die gesellschaftliche Seite der Oper betrifft, so dürfte es überflüssig sein, darauf hinzuweisen,

daß das Opernhaus nach wie vor jedem offensteht, der das Original der Reproduktion vorzieht und der die Möglichkeit hat, eine Oper zu besuchen. Der weit überwiegende Teil des Fernsehpublikums aber besteht aus Leuten, die nie eine Oper gesehen haben und kaum in der Lage sind, sie zu besuchen, aus welchen Gründen immer. Gibt es irgendeinen vernünftigen Grund dafür, den Zuschauern, die im Kreis der Familie vor dem Fernsehempfänger sitzen, die Oper vorzuenthalten?

10.

Wenn es um Kunst geht, ist die entscheidende Frage immer eine künstlerische. Hier lautet sie: Ist das Fernsehen nichts anderes als ein Kommunikations- und Reproduktionsmittel oder zwingt es uns dazu, Überliefertes, das zu verbreiten seine Aufgabe ist, auf eine neue und besondere Weise Gestalt werden zu lassen? Mit anderen Worten: ruft das Fernsehen einen neuen und eigenen Stil hervor, ähnlich wie ein neuer Baustoff einen eigenen Stil hervorruft? Ich glaube, daß dem so ist. Aber es ist nicht alles. Die Erfahrung lehrt, daß durch die Wiedergabe im Fernsehen Schichten des Dramas, auch und gerade des Musikdramas freigelegt werden können, die auf der Bühne verborgen bleiben. Dadurch, daß Nahaufnahmen möglich und daß die Anstrengung, bis zu den letzten Reihen eines Theaters hörbar und sichtbar zu werden, überflüssig geworden ist, kann außer dem Text auch die Musik in ebenso eindringlicher wie nuancierter Weise interpretiert und gespielt werden. Nur wer unbefangen gesehen hat, wie die Musik Mozarts zugleich einen Schauspieler verwandelt und von ihm in mimischen Ausdruck und Bewegung umgeformt wird, kann das ganz verstehen.

Diese Bemerkungen dürfen allerdings nicht abgeschlossen werden, ohne festzustellen, daß wir zwar die Mittel des Fernsehens einigermaßen beherrschen, aber erst anfangen, einen eigenen Stil zu bilden. Neue Experimente sind nötig und Rückschläge werden uns nicht erspart bleiben. Meine persönliche Meinung ist es, daß die Entwicklung dieses Stils vom Naturalismus der Reportage und des Bühnenbildes weg zur denkbar einfachen Darstellung des Wesentlichen führen wird. Das Szenenbild wird sich auf Andeutungen beschränken, die Ausstattung durch wenige ausgewählte Stücke ersetzt, das technische Spiel der Schnitte und Blenden ruhiger werden. Die Inszenierung wird auf dem Wort, der Musik und dem mimischen Ausdruck stehen, das Spiel jede Freiheit haben, auch die Freiheit von abgestandenen Konventionen. Was die Oper betrifft, so ist sie vor allem mit den Konventionen der Inszenierung belastet. Das unverlierbare Erbe und der Wert der Überlieferung, der auch das Fernsehen gerecht werden muß, liegen in der Musik.

Televised Opera

TECHNICAL REQUIREMENTS AND DRAMATIC POSSIBILITIES.

by

CLEMENS MÜNSTER

1.

People who refuse to accept everything that is produced simply because it is produced might be inclined to ask why opera should be televised at all. They will say that the application of television techniques radically alters the nature of opera, destroys its very soul. A television production indubitably brings far-reaching changes to the familiar operatic scene, changes, however, which affect only the setting, the optical elements of opera, and their relationship to acoustics, but not the music. The first reply that can be given to that question is then: it would appear that television opens up for opera, which aims at optical effects — the visible performance — a new method of visual presentation. The second answer must be: television is a means of communication, and its viewers should be permitted to participate in everything that is worth participating in. In the world of stage and screen, however, it is not merely managers, actors and critics who decide on the value of a production, or lack of it, but also and primarily the audience, not merely the judgments that are passed, but also the success. And the public wants operas on television. The aim should be to reconcile a high degree of fidelity to the original and the tradition with the technical and artistic needs of a new medium. In individual cases it will be necessary to investigate whether or not proper artistic use was made of the new technical facilities. To facilitate such analyses, I will attempt first of all to lay down the limits imposed on art by technological considerations in television, and then to indicate the new paths opened to art by technology. Finally, I shall make a few comments concerning purely artistic questions.

2.

The picture content of the television screen, or, to be more precise, the number of units of information it communicates, is limited principally by the fact that the electron beam scans the picture with a relatively small number of lines, in Europe (apart from England with 405 and France with 819) with 625 lines. That is a fairly coarse grating. If I want to be able to discern fine detail and the expression of a face reasonably well, a standing person must be scanned by at least 300 lines, that is to say, his height must fill half the screen; the larger his image, the more he is hemmed in

A number of persons have even less leeway. True, a person can be shown in the same apparent size, that is, subtending the same angle, as he would appear to us from the stage if we were in about the tenth row, but it is no longer possible to show the stage in its entire height and breadth. On the other hand, the close-up brings the actor optically nearer to the viewer, closer than opera glasses; and, again, the spatial effect is enhanced if a number of cameras are used at different angles and covering various sections of the scene from different perspectives. This, of course, is achieved at the expense of some restlessness; a sensitive touch is required to cut or fade at the right moment in the course of the action and music. For whereas the stage setting is built up from the outer framework towards the focal point, from the backdrop towards the stage properties and the actors, the image space in television is a structure that radiates outward from the centre, from the actor, from stage properties, furnishings and architectural fragments into the unbounded spheres of the imagination that have their beginning beyond the edge of the picture. The long shot serves to orient the viewer and show the relationship of the characters to each other and to the setting. The close-up gives a strong visual impression, points up the essentials, and should therefore only be employed with a certain degree of reticence. Consequently, the medium shot is the most important for television performances, for in this type of shot half, or at the most the whole figure of the actors fills the full height of the television screen. The proper selection and timing of the various types of shot is one of the most important duties of the producer. In all these considerations the absolute size of the picture screen, that is, its effective dimensions in inches, is only of secondary importance; the decisive factors are the apparent, or angular, size and the number of lines. The discussed properties make the television set a "chamber instrument", whose place is in a room before a small audience. It is equally incapable of handling a grand Wagnerian opera as the wireless set is of coping with a Bruckner symphony.

3.

It should be recalled that the television camera works without colour on a density scale which includes neither "black" nor "white". Nor do the brightness values of the colours correspond to the spectral sensitivity of the eye, but rather approximate that of a panchromatic photographic emulsion. The camera is capable of differentiating between about twenty different degrees of brightness ranging from a very dark to a very light grey. That is not exactly a lot compared with the approximately one hundred shades which the eye can distinguish after a certain adaptation. But the limited density scale and the renunciation of colour does not greatly

impair artistic values as long as enough shades are available for the face. Whatever happens, other and primarily dramatic media must replace colour and space, if the gamut of artistic representation is not to impoverish. Much more importance attaches to the fact that the television camera requires a certain minimum amount of light; less, it is true, than film, but considerably more than the eye. Moreover, it can only operate over a limited range of contrast without causing disturbing side-effects; so "black" and "white", for instance in costumes, are sources of trouble in the television picture.

4.

It would appear to be simplest to transmit an opera directly from the stage. This method has its value as a sort of documentary from the theatre. The results, however, are almost always unsatisfactory. As a rule, the lighting is either inadequate or casts disturbing shadows, and the colours give insufficient or false contrasts. And the setting? Either the stage, seen as a whole on the television screen, has the appearance of a tiny peep-show with marionnette-like performers, or the singers are viewed against fragments of a scene that should only be viewed in its entirety. In the case of the singers, however, one often has the unpleasant feeling of staring tactlessly at exertions not intended for our eyes and looking in vain for the acting we expect.

Not all these defects are unavoidable; telecasts of plays are much more frequently successful. One of the first requirements is an ensemble capable not only of first-class singing, but also of first-class acting, and another is that the theatre audience should be dispensed with. The cameras must be able to move more or less unhindered, and lighting and make-up must be adapted to television requirements. Should it appear to be of advantage for the performers and the acoustics, an audience can be invited, for instance students, who will not take offence at the technical apparatus, or are perhaps even interested in it. In contrast to plays, the orchestra constitutes a serious difficulty in telecasting operas. The orchestra pit will not allow the cameras close enough to the stage, and restricts the shooting angle to the level of the floor of the stage. Telecasts from the theatre are always the better for the use of methods more usually found in the studio. Contrary to a widely held and erroneous opinion, a small camera-to-object distance cannot simply be pretended by using lenses of long focal lengths; this alters the perspective often in a disturbing manner. If the orchestra pit cannot be bridged, at least one transversely travelling camera must be set up on a rail in front of the pit.

But the many technical possibilities of television can never be made full use of in this manner. We have seen that the close-up is its true element. Even

if the appearance and acting ability of the singers permit such shots, they must be limited to times when the performers do not labour under a great strain while singing. But as a rule precisely those times mark a dramatic climax; and to refrain from giving them optical emphasis seems nonsensical. Finally, close-ups require ample rehearsal for the camera crew; there will seldom be time and room for this in the theatre. So even in favourable circumstances a telecast of an opera will remain a compromise from the optical standpoint — a compromise in which the live broadcast, the feeling of "being there" at an important performance must compensate for the technical and artistic defects in the reproduction of the picture.

5.

So the production of opera on television is banned to the studio. If the usual arrangement of stage and orchestra is retained, their unsolved problems also remain. The first step towards true televised opera will therefore consist in separating the orchestra spatially from the stage; this raises the new question of the acoustic unity of action and music and how it can be maintained. In America, the orchestra is placed in its own music studio and the sound is transmitted to the acting studio by loudspeaker; the conductor is equipped with earphones which permit him to hear the singing in the acting studio, and the singers have their own assistant conductor assigned to them. The orchestra conductor can watch the scene on a television receiver. By blending the output from the microphones on the set, in the acting studio, and in the music studio, it is possible to produce faultless sound. In principle, it is also possible to record the orchestral part on tape and have the performers sing to this tape. This saves rehearsals and space for the orchestra. This entire process, however, gives satisfactory results only if the singers perform on a sort of unraised stage whose acoustic features are based on theatre experience. A television studio filled in the usual manner with scenery produces sound that lacks lustre and fullness and is also almost impossible to sing in. The arrangement of the scenery and set, and the placing of the performers and cameras in accordance with the producer's wishes render musical direction by the conductor more difficult. In this type of production, therefore, optical possibilities must be restricted to the simplest of perspectives. As far as the singing and acting abilities of singers are concerned, there now exist companies in the United States which devote themselves exclusively to television; this solution of course is only feasible in a big country with an almost inexhaustible reserve of talent. Even then the difficulty remains that hardly any singer is capable, while singing, of acting as well as the camera demands, so that close-ups have an almost unaesthetic effect; so even in America they are a rare exception.

The second step towards televised opera takes advantage of motion picture experience. Since it is impossible to produce simultaneously a picture that exhausts every optical possibility and perfect sound, the two processes must be separated. First, a sound tape is made under optimum conditions, and this sound is transmitted into the studio during rehearsals and the actual broadcast, while the singers synchronize their own parts. That is to say, they sing, but the acting takes precedence. Only the acting is transmitted directly from the studio, and the singing indirectly from the tape of the sound recording. This sound recording with the performers' own voices also replaces the conductor; just individual, particularly difficult cues can still be given by an assistant. In this way the production, acting and camera positions are given that freedom from restriction which alone makes both good acting and good music possible. And the results achieved by this playback method are perfectly satisfactory too, provided a cast can be found whose appearance and acting ability fulfil all requirements, including those of the spoken dialogue. This will be possible only on rare occasions and primarily in small operas; only in exceptional cases will it be possible to achieve better than average acting performances before the television camera, for it would be demanding too much of singers to require more of them in this respect than the theatre does. But television does demand more. And not merely of one or two performers, but of the entire ensemble. To be independent of all contingencies in the matter of casting, to present acting that will stand up under the merciless, close scrutiny of the camera, to attain good dialogue, to lend the opera dramatic expression, it is necessary to carry the process through to its logical end and to have actors double for the singers.

With this method also, a sound recording is first made and played back into the studio during the rehearsals and the broadcast. The opera is played by actors who have studied the relative song parts thoroughly and really sing, even though almost soundlessly, in synchronism with the singers in the sound recording. They must therefore have a sufficient gift for music and have received training at least in the fundamentals of singing to be able to do this. In this way the unrestricted art of the actor who fits the part in every respect, including appearance, is placed at the service of opera. Here, again, the sound recording of song and orchestra is transmitted from tape, while the picture and spoken dialogue is a live broadcast from the studio. The synchronised opera thus broadcast to the viewer and listener before the television screen is therefore an artificial, synthetic product of modern techniques. But it fulfils its purpose, provided it is properly applied.

The playback procedure and synchronisation still present a number of problems of a technical nature. I should like to discuss one of them here — the relationship between picture and sound. It is unsatisfactory when in close-ups and long range shots the volume and the relation between the singing voice and the orchestra remain unchanged. A similar difficulty is encountered in broadcasting concerts with orchestra and soloists, for example in an oratorio. A person attending a concert unconsciously hears selectively, his attention being directed by his eyes; the radio listener, on the other hand, hears the sumtotal of the sound, which threatens to drown out the soloists. The expedient used in such cases is to set up at least one microphone for the soloists and another sufficiently far away for capturing the general impression, and the two are then blended on the basis of the score and subjective impressions. To obtain a faultless sound recording of an opera, it is first necessary to conduct from a score on which a more or less detailed conception of the production has been noted. Over and above this, it is advisable to record the sound, preferably on two tracks of the same tape, from two microphones — one for the soloists and one for the general sound. During the broadcast, the two tracks can be mixed in proper proportion and the volume controlled, all to the producer's instructions and the scene's requirements. In doing so, however, care must be taken to ensure that the singing overrides the music to a proper degree, but also that the orchestral part does not deteriorate into mere background music. By this means, incidentally, it would be possible to use weaker, but possibly more beautiful and musical voices.

As regards the artistic problems of televised opera and the technique of its production, I could restrict myself to saying that, under the conditions at present prevailing almost always and almost everywhere in Europe, large-scale televised operas can only be successfully produced by the synchronisation method. But as I feel that this is considerably more than a temporary expedient, I should like to comment briefly on the above-mentioned objections.

It has been said that the connoisseur quickly observes the synthesis of picture and voice, even if the synchronisation is good, and that it disturbs him. Now, televised opera is not shown for opera addicts or critics any more than a synchronised film is exhibited for the members of film clubs. Nor can the original ever be set up against the reproduction; only the devil's own reproduction could ever attain the rank of its original. If, however, it proves impossible to win the appreciation of a *true* opera lover for the synchronised opera also (naturally, as a reproduction), then

either the latter is badly produced or the former is blind to the functions and potentialities of television.

It has also been said that the method is less synthetic than schizoid. The performer should be one individual, the voice belongs to its own body. It is argued that synchronised opera is not art and is accelerating a process of degeneration which is characteristic of our entire modern life and should be resisted by art. I confess I have a better opinion of mankind than to believe that any form of opera could bring it into jeopardy. The synthesis which is found objectionable is an inevitable consequence of the fact that the singer is a highly trained specialist of whom the acting performance that must be demanded here cannot be expected. What art is, however, is never decided *a priori*, but always *a posteriori* et *a posterioribus*. The "artificial" element of the method is not contested — but there is something of the "artificial" in every art, just as every "art" has a "technique". Finally, it should not be forgotten that every opera is a play; that excludes the arguments of those sticklers for principles, for they would destroy not only televised opera, but opera altogether.

We have been accused of sacrificing a long-sanctioned form of art, that has developed over centuries, to technical perfectionism. But technical perfection is precisely what this is not — rather is it artistic perfection. Both art and acting demand the highest attainable degree of perfection. Unfortunately, as far as televised opera in our day and age is concerned, we can come closer to it only by way of the synchronized opera.

The loss of the broad stage, the colour and all that makes the opera a social event is regretted. Naturally. But it must be pointed out that it is the music which gives opera its essential character and value. Nevertheless, it demands a visual impression; to this extent opera by radio is a surrogate. But precisely through its music the opera can be made visible in many different ways, including those of television, and with the aid of synchronisation. Here the stage, colour, the tableau and the dance are replaced by cuts and fade-ins, close-ups and long shots, space which expands from the detail outwards and, above all, the art of the actor. As regards the social side of the opera, however, it should be unnecessary to point out that the opera house remains open to all who prefer the original to the reproduction and are in a position to attend opera. By far the greater part of the television audience, however, consists of people who have never seen an opera and are hardly in a position to attend one, whatever the reason may be. Are there any reasonable grounds for keeping the opera from viewers sitting in front of their television sets within the family circle?

10.

When art is at stake, the decisive question is always an artistic one. That question in this case is: Is television nothing more than a medium of com-

munication and reproduction, or does it demand a new creation, a being born again, of the traditions to spread which is its duty? In other words: does television give rise to a new style that is peculiar to it, similar to the new style that a new construction material brings to life? I believe it does. But that is not all. Experience has shown that television can reveal details of drama — especially music drama — which remain hidden on the stage. By reason of the fact that close-ups are possible and that the effort to make everything visible and audible right back to the hindmost rows of the theatre is rendered superfluous, not only the text, but also the music can be interpreted and played in a manner equally impressive and finely shaded. Only those who have seen without prejudice how Mozart can transform an actor and at the same time be transformed into dramatic expression and motion can fully understand this.

These remarks should not be concluded, however, without stating that we do now more or less have a command over the technique of television, but are only just beginning to create a style of our own. New experiments are necessary and we shall not be spared reverses. It is my personal opinion that the development of that style will lead us away from the naturalism of on-the-spot commentary and of the stage setting to an eminently simple presentation of essentials. The scenery will be restricted to mere suggestion, the furnishings replaced by a few selected items, the technical interplay of cuts and fade-ins will become less obtrusive. The production will rely on word, music and gesture; the acting will be free in every way, free also of outmoded convention. Opera's main trouble is the conventions of production. The imperishable heritage and the great value of tradition, to which television must also do justice, lies in the music.

Die Innenstimmung von Musikinstrumenten

III

DIE KLARINETTE

von

R. W. YOUNG und J. C. WEBSTER

Bemerkt ein Klarinettist, daß sein Instrument nicht mit der Klanghöhe von Klavier, Orchester oder Kammerensemble übereinstimmt, so kann er nur wenig tun, um Abhilfe zu schaffen. Ist der Ton zu tief, so kann er die Schallröhre verkürzen, ist er zu hoch, so kann er sie minimal am Ende verlängern. Doch wird das Resultat niemals ganz befriedigend sein.

Ferner kann sich das Problem komplizieren durch das Ansteigen der Tonhöhe, welches jede wachsende Saalwärme begleitet. Wie bei anderen Holzblasinstrumenten gebraucht der Spieler für manche Noten der Klarinette die gleichen Griffe, (d. h., die eine bestimmte Lochfolge schließen) mit dem Unterschied, daß er die höhere von 2 Noten durch das Öffnen eines kleinen Hilfsloches unterstützt. Das Intervall dieser „überblasenen“ Noten beträgt auf der Klarinette eine Duodezime (was dem dritten Oberton entspricht). Doch wird dieses Intervall für einige Noten gewöhnlich etwas größer, bei anderen etwas kleiner. Es geht also nicht ohne Kompromisse ab: in dem einen Fall muß schon die Grundnote tiefer, in dem anderen höher abgestimmt werden.

Für die Klarinette wurde die gleiche Methode angewendet wie sie in den früheren beiden Artikeln, Flöte und Oboe betreffend, hier beschrieben war, d. h. es wurde jeder Ton in der chromatischen Folge aufwärts gespielt und zugleich die Abweichung von der temperierten Stimmung (um Cents zu hoch oder zu tief) mit dem Strobococonn gemessen. Die erwähnten Artikel enthalten eine genaue Angabe über die dabei gebrauchte Methode.¹

Figur 1 zeigt Resultate dieser Untersuchungen für die Klarinette bei Zimmertemperaturen von 20 und 31° C und bei zwei verschiedenen Schallröhrenlängen. So war f^3 mit einer Schallröhrenlänge von 64 mm bei 31° C um 22 Cents höher als derselbe Ton der gleichtemperierten Skala ($a^1 = 440$ Hz). Selbstverständlich handelte es sich in Wirklichkeit hier um ein klingendes es^3 , da eine B-Klarinette benutzt wurde.

Manche Noten können auf mehrere Weisen, d. h. mit verschiedenen Griffen gespielt werden. Unsere Figur 1 bringt indes nur jenen Griff, den der Spieler wählte, wenn er genügend Zeit hatte, einen Griff auszuwählen, den er vorzog.

¹ ROBERT W. YOUNG, Gravesaner Blätter 7/8, 87—91 und 9, 111—119 (1957).

Der Einfluß der Temperatur.

Betrachten wir zuerst die mit 64 mm Röhrenlänge gemachten Tests. Wir sehen, daß bei 31° C alle Noten um denselben Wert höher sind, als die ihnen entsprechenden bei 20° C; die Röhrenlänge war aber in beiden Fällen die gleiche. Einige Abweichungen betrugen 4 Cents, während andere bis zu 17 Cents gingen. Doch scheinen die gleichen geringen resp. großen Unterschiede gleichermaßen über den ganzen Spielumfang ausgedehnt zu sein. Der mittlere Unterschied betrug 10 Cents. So ist man berechtigt, diesen Betrag einzusetzen, um die Wirkung bei anderen Temperaturen festzustellen. Der Durchschnitts-Temperaturkoeffizient ist dann 0,9 Cent/° C.

Man soll erwarten, daß die Temperatur bei mit der ganzen Länge des Instrumentes gespielten Noten eine größere Wirkung haben könnte, da in diesem Fall größere Gelegenheit für den Atem beim Durchlaufen des Instrumentes besteht, sich abzukühlen. Hier hat auch die Außenluft Chance einzuwirken, indem sie im Schalltrichter zirkuliert. Tatsächlich erhöhten sich e^3 und b^4 um 17 Cents beim Anwachsen der Temperatur von 20° auf 31° C (statt um nur 10 Cent). Der Coeffizient beträgt infolgedessen für beide Noten 1,5 Cent/° C.

Um die Klarinette anzuwärmen, spielt man gewöhnlich vor dem Konzert Tonfolgen über den ganzen Tonumfang des Instrumentes hinweg. Diese Methode ist ebenso wertvoll für die Technik, als sie Gewißheit darüber gibt, ob alle Klappen in Ordnung sind. Indessen wurde festgestellt, daß sie nicht das beste Mittel ist, um den unteren Teil des Instrumentes zu einem temperaturmäßig richtigen Gleichgewicht zu bringen: weit bessere Hilfe ergab einfach Luft durch das ganze Instrument geblasen, mit allen Löchern geschlossen dabei. Bei einer Temperatur von 20° C erhöht das übliche Abblasen des ganzen Instrumentumfangs die Temperatur meistens um 7 Cent.

Diese Angaben betreffen eine Klarinette aus Granadilla-Holz. Man kann annehmen, daß eine Metallklarinette dem Wechsel der Raumtemperatur mehr ausgesetzt ist als jene.

Die Länge der Klangröhren.

Ein besonderer Grund für die Wahl des untersuchten Instrumentes bestand darin, daß der leitende Kapellmeister beanstandet hatte, es wäre zu tief. Seine Länge wurde deshalb auf 64 mm reduziert. In diesem Zustande wurden die Testresultate der Figur 1 erzielt (die Linien geben die allgemeine Tendenz der Stimmung an).

Die Tests zeigen eindeutig Verstimmungen aus der Verkürzung der Schallröhre. Töne wie g^4 , die durch eine kurze Luftsäule produziert sind (also bei dem Mundstück erklingen), werden übertrieben hoch, während solche nahe f^3 oder g^5 relativ fallen.

Aus diesem Grunde wurde die Schallröhre um 4 mm ausgezogen und in

die so gebildete Höhlung Kitt gefügt, um sie gewissermaßen wieder auszu dehnen auf 68 mm. Dabei betrug die Temperatur 24°. Temperaturkorrekturen wurden mittels der oben erwähnten Koeffizienten vorgenommen. Die Änderungen der Stimmung, welche die Zurückführung der Röhrenlänge von 68 mm auf 64 mm begleiten, sind durch die offenen Kreise von Figur 2 angegeben. So erwies sich f^3 um 11 Cent höher bei 64 mm Röhrenlänge als bei 68. Dabei ist besonders zu bemerken, daß die Veränderung bei der Mundstück nahen Note a^4 fast 3 mal so groß war, als die bei der Schalltrichternote e^3 .

Die Röhrenlänge wurde endlich bis auf 71,5 mm gedehnt. Die sich danach ergebenden Veränderungen wurden durch die ausgefüllten Kreise (Figur 2) dargestellt. Da dieser Test bei der gleichen Temperatur (24°) ausgeführt wurde, waren keine Temperaturkorrekturen notwendig.

Die beobachteten Veränderungen in der Stimmung der Klarinette werden recht gut durch die Linien der Figur wiedergegeben, welche aus

$$D = 2,6 \delta L \cdot 2^{\frac{S}{12}}$$

berechnet wurden. D ist hier die Differenz in Cents zur Stimmung mit dem 68 mm-Rohr, δL die Änderung der Länge in mm, S endlich gibt die Zahl der Halbtöne über e^3 resp. b^4 aufwärts an. In runden Zahlen: eine Veränderung um 4 mm der Röhrenlänge verändert die Trichtertöne e^3 und b^4 um 10 Cent, und die eine Oktave höheren Töne e^4 und b^5 um 20 Cent. Kein Zweifel, daß eine Klarinette nur gut stimmt bei feststehender Schallröhrenlänge.

Kehren wir zu Figur 1 zurück. Die linken Kurven geben die Tendenz bei einer Röhrenlänge von 68 mm und einer Zimmertemperatur von 20° an. Wir können sehen, wie hier das Loch in der Stimmung zwischen ais^4 und b^4 durch die Vergrößerung der Röhrenlänge vermindert worden ist. Diese Klarinette würde sogar noch besser mit sich selbst übereinstimmen, wenn die Röhrenlänge 70 mm wäre (das ist die Länge, die das Instrument ursprünglich gehabt hat). Auf der vertikalen Linie liegende Punkte der Figur wurden genaue gleichtemperierte Werte angegeben. Die Versetzung in die Horizontale von dieser Vertikalen der 0 Cent seitwärts gibt die Abweichung von $a = 440$ Hz an.

Man kann kaum begreifen, wieso diese Klarinette jemals als zu tief gestimmt bezeichnet werden konnte, um so mehr als die Räume in den USA gewöhnlich weit wärmer als 20 Grad Celsius sind (68 Grad Fahrenheit). Ihr Besitzer — der selbst für unseren Test spielte — gebraucht das Instrument seit 20 Jahren und kennt es durch und durch. Wahrscheinlich wird das Orchester, in dem er spielt, nach einem weit höheren a^1 einstimmen, als das Normal a^1 von 440 Hz ist.

Stauffer² meint, Klarinetten müßten ihrer physikalischen Begrenztheit wegen höher gestimmt sein. Von durchschnittlich 10 in USA gebrauchten

Klarinetten stellt er fest, daß alle Noten fast um 30 Cents höher waren, als es der Norm entspricht, während die andere Instrumente der Kapellen die Nullabweichung für a^1 440 Cents kaum überschritten. Viel hängt selbstverständlich davon ab, ob ein Instrument solistisch spielend oder im Orchesterraum testiert wird. Dennoch ist es kaum möglich, fast alle Töne durch Verminderung der Lippenspannung um 30 oder 20 Cents zu senken. Stauffer² drückt das so aus: „Vielleicht bewirkt die Abwesenheit der tiefen ersten gradzahligen Harmonischen einen scheinbar tieferen Klangeindruck als er es wirklich ist. Vielleicht treibt der Klarinetist dadurch natürlicherweise seinen hohlen vibratolosen Ton nach oben, um psychologisch einen ähnlichen Glanz zu erzielen, wie er dem warmen pulsierenden Klang der Flöten und Oboen zu eigen ist.“ Natürlich scheint diese psychologische Erklärung weit hergeholt. Vielleicht könnte ein Testversuch unter besonders kontrollierten Bedingungen aber auch darüber Klarheit schaffen.

Diskussion.

Es ist wichtig zu betonen, daß diese Tests nur Andeutungen dessen sind, was ganz allgemein für die Klarinette Geltung hat. Als das gleiche Instrument bei anderen Gelegenheiten zu Testen benutzt wurde, erhielt man andere Details. Dennoch sind die allgemeinen, in unseren Figuren wiedergegebenen Tendenzen für die Mehrzahl der Klarinetten typisch.

Einige Noten der Klarinetten stimmen ganz allgemein besser überein als andere. Eine Folge von 10 Testen für die gleiche Klarinette (nicht die unsrige) ergab als Standard Abweichung für b^4 nur 2,2 Cent, für b^5 jedoch 4,2. Die typische Standard Abweichung für das Instrument war 4,2 Cent. Das bedeutet grob gesprochen, daß im Durchschnitt zwei Drittel der 10 individuellen Messungen jeder Note auf ± 4 Cents des gegebenen Durchschnitts entfallen. Die mittels einer langen Luftsäule erzeugten Noten sind übereinstimmender als jene mit einer kurzen hervorgebrachten.

Zufällige Änderungen in der Klappenanpassung können die Stimmung beträchtlich verändern. Bei den in Figur 1 aufgezeichneten Testen wurden einige Noten gefunden, die weit außerhalb der möglichen Abweichung lagen. So lag z. B. cis^4 im Vergleich zu naheliegenden anderen Tönen unverhältnismäßig tief. Nun ist dies aber ein beim Mundstück gegriffener Ton und das Hilfsloch dafür wird ausschließlich für diesen Ton gebraucht (es könnte — wenn nötig — noch erweitert werden). Da zeigte sich, daß der Kork unter der Klappe so dick war, daß die Polsterung sich höchstens mehr um 0,8 mm über das Tonloch erhob. Nachdem der Kork so gesäubert worden war, daß das Loch beim Klappengebrauch wieder bis auf 1,5 mm frei wurde, erhöhte die Stimmung sich sofort um 8 Cent.

² DONALD W. STAUFFER, *Intonation Deficiencies of Wind Instruments in Ensemble*, Dissertation. The Catholic University of America Press, Washington, D. C., 1954, Seite 161.

Andere Messungen ergaben sowohl cis^4 als cis^5 — beide mit dem gleichen Hilfsloch erzeugt — als „tief“ im Verhältnis zu den Nachbarnoten. Die hier gebrauchte Klarinette war ein Instrument mit 17 Klappen und 7 Ringen. In dem Loch war soviel Korkenschmutz, daß der Durchmesser um 2 mm verringert schien. Nach der Säuberung stieg die Stimmung beider Töne wieder um 10 Cent.

Bei früheren Testen hatte man gefunden, daß das hohe dis^6 (auf die übliche Weise gegriffen) sehr niedrig war: nämlich mit dem 2. Finger der rechten, dem Daumen und 2. und 3. Finger der linken Hand. Dagegen wurde es sofort um 25 Cents höher, wenn der Daumen das Tonloch freigab und nur dazu diente, die Hilfsklappe offen zu halten. Diese Griffart wurde bei Figur 1 zur Anwendung gebracht.

Bei allen Böhmklarinetten kann man 3 verschiedene Griffe für es^4 und b^5 anwenden. Bei der Figur 1 wurden der Daumen und zwei Finger der linken Hand, sowie die Seitenklappe gebraucht. Indessen erhielt man das gleiche Resultat, wenn die obere Klappe gegen die seitliche ausgewechselt wurde. Eine dritte Möglichkeit ist, diese Töne mit den Indexfingern beider Hände zu greifen. Das so gespielte b^5 entspricht ungefähr dem der ersten beiden Griffe, während es^4 zu hoch wird. Das Intervall zwischen den beiden Tönen ist um ungefähr 13 Cents zu klein. Bei dem erwähnten 18—7 Modell kann es^4 und b^5 noch anders ausgeführt werden: nämlich mittels des ersten und dritten Fingers der Linken. Bei dieser Klarinette ist die Stimmung von b^5 wiederum die gleiche als bei den anderen Griffen, das es^4 aber wird merkbar hoch und das Intervall zwischen beiden Noten ist um 12 Cents zu klein. Diese Messungen stimmen überein mit dem, was jeder gute Klarinetist weiß: nie die Gabelgriffe zu gebrauchen (1 + 3 oder 1 + 4), außer bei technisch schweren Passagen, und zwar im besonderen nicht für es^4 .

Aus Figur 1 erhellt, daß im Clarinoregister (b^4 bis c^6) eine — verhältnismäßig kleine — Tendenz zur Erhöhung besteht, wenn die Skala aufwärts gespielt wird. Aber auch das Chalumeauregister weist eine allgemeine Tendenz steigender Tonhöhe auf (e^3 bis e^4). Am hervorstechendsten ist indessen das extreme Höherwerden der Mitte dieses Registers (in der Nachbarschaft von c^4). Die Töne darüber und darunter beiderseits sind relativ tief. Diese Charakteristik, die mit dem Gebrauch nur eines Luftloches für das Clarinoregister zusammenhängt, wird dadurch hervorgerufen, daß die Intervalle zwischen dem Clarino- und Chalumeauregister etwas größer und kleiner sind als eine Duodezime. So zeigt z. B. Figur 1, daß das Intervall b^3 — f^5 durchschnittlich um 15 Cents zu klein ist.

Schluß.

Teste mit einer Holzklarinette zwischen 20 und 31° C beweisen, daß durchschnittlich die Stimmung jedes Tons ungefähr 0,9 Cents/° C ansteigt. Eine

Veränderung der Rohrlänge verändert die Stimmung der beim Mundstück gegriffenen Tönen um fast 3 mal mehr als die der Trichtertönen. Die letzteren werden bei Zunahme der Röhrenlänge um 1 mm jeweils 2,6 Cent tiefer. Zufällige Abänderungen wie die Verschmutzung der Tonlöcher können die Stimmung ebenfalls beeinträchtigen. Eine allgemeine Tendenz hoher Töne ist die, höher zu werden. Eine charakteristische Tendenz zur Erhöhung besteht auch in der Mitte des Chalumeauregisters, bedingt durch den Gebrauch nur einer Registerklappe für das ganze Clarinoregister.



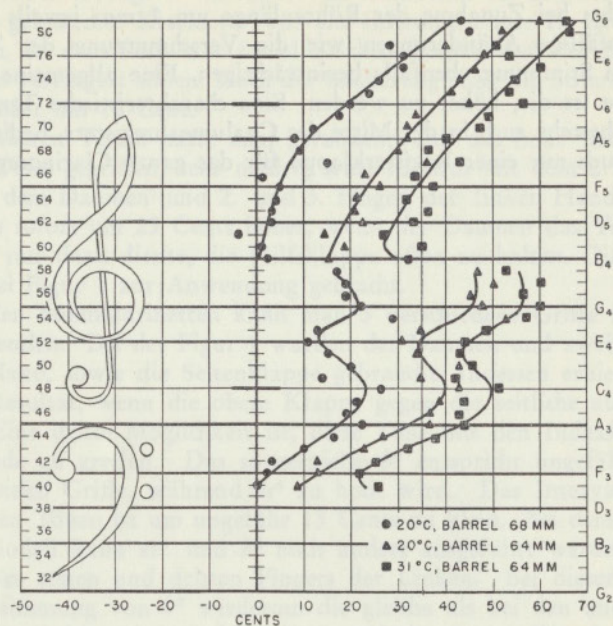


Abb. 1 Die innere Stimmung einer Böhm-Klarinette von $a^1 = 440$ Hz bei zwei verschiedenen Temperaturen und mit zwei verschiedenen Längen der Klangröhre (die Abweichungen in Cents angegeben). Die angegebenen Tonhöhen gelten für B-Klarinette, klingen also 2 Halbtöne tiefer, als sie geschrieben sind.

Hersteller und Serie: Selmer, No. 6 L 3887 (?)

Mundstück: Woodwind B *

Spieler: J. C. Webster

Datum: August 1957

Messungen für jeden gegebenen Fall: 3.

Fig. 1 Tuning of a Boehm clarinet shown as deviations in cents from the equally tempered scale based on the A of 440 cycles per second, for two room temperatures and two lengths of barrel; the notes are indicated as they are written for this B $\flat$ instrument - the actual sound is two semitones lower.

Maker and Serial: Selmer, No. L 3887 (?)

Mouthpiece: Woodwind B 6 *

Player: J. C. Webster

Dates: August 1957.

Number of measurements for each condition: 3.

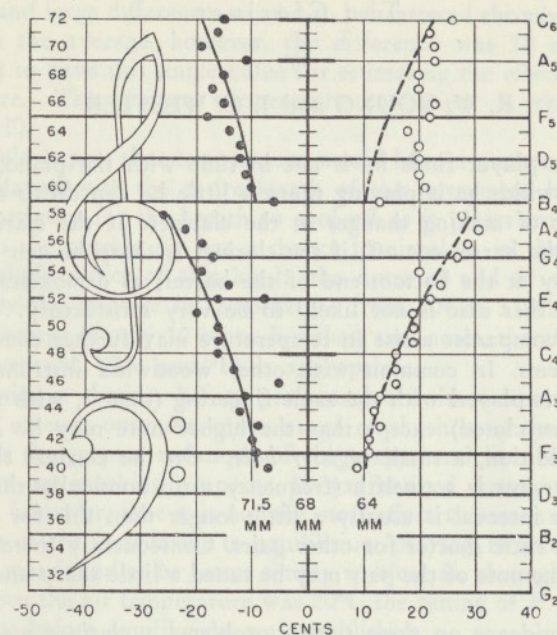


Abb. 2 Die relativen Stimmungsänderungen einer Klarinette beim Gebrauch von 71,5 mm und 64 mm langen Klangröhren, statt dem von einer 68 mm langen.

Fig. 2 Relative change in tuning of a clarinet resulting from use of barrels 71.5 and 64 mm long respectively, in place of a barrel 68 mm long.

The Tuning of Musical Instruments

The Clarinet

by

R. W. YOUNG and J. C. WEBSTER

If a clarinet player finds he is not in tune with the piano, orchestra or band with which he is playing there is little he can do to remedy the situation short of making changes in the clarinet. If the clarinet is flat he may have the barrel cut off; if the clarinet is sharp he can lengthen it slightly, usually at the bottom end of the barrel; as demonstrated below, the result in either case is not likely to be very satisfactory. The rise in tuning that accompanies a rise in temperature may further complicate the player's problems. In common with other woodwind instruments, more than one note is played with the same fingering (that is, with a given sequence of holes closed) except that the higher note may be assisted by opening, in addition, a small *register hole*. On the clarinet the interval between these notes is a twelfth (frequency ratio nominally three) but in actual fact the interval is usually a little longer than this for some pairs of notes and a little shorter for other pairs. Consequently there must be a compromise: one note of the pair may be tuned a little sharp and the other a little flat.

To obtain evidence on these tuning problems a clarinet was tested in the same manner as described for flute and oboe in previous articles¹ of this series. That is, each note was played in chromatic, order while the amount of deviation, in cents sharp or flat, was measured by a Strobocoon. See the articles cited for a detailed description of the test method.

Figure 1 gives the results of tests on the clarinet for room temperatures 20° and 31° C (68° and 88° F) and two barrel lengths. For example, with the barrel 64 mm long the note f^3 tested when the room temperature was 31° C was found to be 22 cents sharp, in comparison with the equally tempered scale based on the A of 440 cycles per second. Of course, the actual sound was eb^3 because this is a Bb clarinet.

Some notes can be fingered in two or more ways; in general the graph depicts only the tuning of the one that is preferred when the player has ample time to select which fingering to use.

Influence of Temperature

Consider first the tests made when the length of the barrel was 64 mm. Notice that at 31° C all notes are sharper by roughly the same amount, in

comparison with the test at 20° C and the same barrel length. It is true that some differences were as small as 4 cents and others as great as 17 cents, but small and large differences seemed to be scattered throughout the playing range. On the average, however, the difference was 10 cents and it is convenient to have this single value for estimating the effect at some other temperature. The average temperature coefficient is thus 0.9 cent/°C (0.5 cent/°F).

One would expect that temperature would have a greater effect on notes that are played with the entire length of the instrument because there is more opportunity for the breath to cool off as it passes through the instrument. Also the outside air has a chance to circulate in the bell. There is indeed a slight effect of this kind: the notes e^3 and b^4 were sharpened 17 cents by the increase in temperature from 20° to 31° C in comparison with the average of only 10 cents. For these two notes, therefore, the coefficient 1.5 cents/°C (0.9 cent/°F) is appropriate.

In warming a clarinet before performance it is common to play some piece that extends over the entire range of the instrument. Such practice is good for the general technique of the player and insures that the individual keys are working properly. It was noticed during the progress of these tests, however, that it is not the most effective means of bringing the lower part of the instrument to equilibrium playing temperature: for this purpose it was found to be better simply to blow air through with all holes closed. When the air temperature was 20° C the tuning of f^3 on this clarinet rose 7 cents before equilibrium was established.

The foregoing remarks apply to a clarinet made of granadilla wood. One would expect a metal clarinet to be more subject to changes of room temperature.

Barrel Length

One reason this clarinet was selected for special study was that a complaint had been made by the conductor of the orchestra, in which the clarinet was being used, that the instrument was flat. In due course the length of the barrel was reduced to 64 mm and it was in this condition that the test results were obtained represented by the triangles and squares in Fig. 1. Lines have been drawn in to suggest the general trends of the tuning.

The tests clearly reveal the mistuning that results from using a barrel that is too short. Tones such as g^4 produced by a short air column (that is, the *throat notes*) are excessively sharp, whereas those tones in the vicinity of f^3 or c^5 are left relatively flat.

In view of this evidence, the barrel was pulled out a distance of 4 mm and the resulting cavity was filled with putty to simulate the effect of a barrel 68 mm long. The air temperature was 24° C for this test; corrections

¹ ROBERT W. YOUNG, *Gravesaner Blätter* 7/8, 87—91 and 9, 111—119 (1957).

for temperature were made using the coefficients mentioned above. The changes of tuning that could be ascribed to a change in barrel length from 68 to 64 mm are those shown by the open circles in Fig. 2. For example, the note f^3 was 11 cents sharper with the 64-mm barrel than it was with the 68-mm barrel. Notice how the change is almost three times as great for the *throat* note a^4 as for the *bell* note e^3 .

The barrel was extended still further to simulate a total length of 71.5 mm, the gap inside again being filled with putty. The resulting changes in tuning are represented by the solid circles in Fig. 2. This test was also made at 24°C so no temperature adjustment was necessary.

The observed shifts in tuning fit reasonably well the lines drawn in the figure, computed from

$$D = 2.6 \delta L \cdot 2^{\frac{S}{12}}$$

where D is the difference in cents from the tuning for the 68-mm barrel, δL is the change in length in mm, and S is the number of semitones counted up from e^3 or b^4 respectively. In round numbers, a change of 4 mm in barrel length changes the *bell* notes e^4 and b^3 by 10 cents and the notes an octave higher (e^4 and b^5 , respectively) are changed by 20 cents. It is evident that a clarinet is best in tune for only one particular barrel length.

Return now to Fig. 1 where the left-hand curves show the tuning trend for the barrel 68 mm long and a room temperature of 20°C. Notice how the gap in tuning between $a^{\sharp 4}$ and b^4 has been reduced by increasing the length of the barrel from 64 mm; indeed, the clarinet would be still better in tune with itself if the barrel were 70 mm long (about the length originally supplied by the maker). Remember that points lying on a vertical line in this kind of plot represent exact equal temperament; the horizontal displacement of this vertical line from 0 cent represents departure from the A of 440 cycles per second.

It is difficult to understand why this clarinet was ever accused of being flat, particularly since rooms in the United States are likely to be considerably warmer than 20°C (68°F). The owner (who played for this test) has used the clarinet for some 20 years and is thoroughly acquainted with it. One suspects that the orchestra in which it is used is playing to an A higher than the international standard.

A suggestion why clarinets need to be sharp, as measured physically, was put forward by Stauffer. He found from the average of 10 clarinets used in the U. S. Navy Band that all notes typically were more than 30 cents sharp, whereas most of the other instruments in the Band did not depart greatly from the 0 deviation corresponding to the A of 440 cycles per second. The question, of course, arises whether a clarinet is played the same way during a solo test as in performance. It is difficult, however, to

lip down most of the notes by 30 cents or even 20 cents. Stauffer² rationalized that: "Perhaps it is the peculiar hollow quality caused by significant lack of the lower even harmonics that gives an apparent pitch much lower than actual. Perhaps the clarinetist naturally draws his hollow, vibratoless tone on the higher side to maintain psychologically an equal brilliance with the warm, pulsating tone of the flutes and oboes." This psychological explanation seems far-fetched; perhaps it could be tested under controlled conditions.

Discussion

It is worth emphasis that these tests on one clarinet are only illustrative of what can happen to clarinets in general. On other occasions when this clarinet was tested there were differences in detail. The general trends shown in this figure are, however, typical of a great many clarinets.

Some notes on a clarinet are played more consistently than others. In one set of 10 tests on a clarinet (not the one being discussed in this paper) the standard deviation for b^4 was only 2.2 cents, whereas for b^5 it was 4.2 cents. The typical standard deviation for the instrument as a whole was 4.2 cent: roughly, this means that on the average two-thirds of the 10 individual measurements on any one note fell within ± 4 cents of a given mean value. Those notes produced by a long air column are more consistently played than those that utilize a short air column.

Accidental changes in key adjustment can change tuning significantly. In tests preliminary to those plotted in Fig. 1, certain notes were found to be unduly out of tune. For example, $g^{\sharp 4}$ was seen to be relatively flat in comparison with nearby notes. This is a *throat* note; the tone hole is employed for this note only, and it could be enlarged if necessary. Examination revealed that the cork under the key was so thick the pad could be raised only 0.8 mm above the tone hole. When the cork was sanded off to allow the pad to clear the hole by 1.5 mm, the tuning was raised 8 cents.

Preliminary measurements also indicated both $c^{\sharp 4}$ and $g^{\sharp 5}$ (produced by the same hole) to be flat in relation to adjacent notes. This clarinet is an 18-key, 7-ring model in which the tone hole for $c^{\sharp 4}$ — $g^{\sharp 5}$ goes through both the middle tenon and socket. Cork grease had accumulated in the hole, perhaps reducing the diameter by 2 mm. When this grease was cleaned out, the tuning of both notes was sharpened about 10 cents.

Early tests showed that the high $d^{\sharp 6}$ was very flat when fingered in the customary way: the second finger of the right hand, the thumb, the second and third finger of the left hand. It was found, however, that if the thumb

² DONALD W. STAUFFER, *Intonation Deficiencies of Wind Instruments in Ensemble*, a dissertation. The Catholic University of America Press, Washington, D. C., 1954, page 161.

were taken off the tone hole and used merely to hold the register key open, $d\sharp^6$ was sharpened about 25 cents. This modified fingering was employed for Fig. 1.

On all Boehm clarinets three different fingerings are available for eb^4 — eb^5 . The fingering used for the data plotted on Fig. 1 was the thumb and two fingers of the left hand plus the side key; the tuning was the same, however, when the top key was interchanged with the side key. A third way to play these notes is by the index fingers of both hands. bb^6 so fingered on this clarinet is about the same in tuning as the others, but eb^6 is sharp: that is, the interval between the two notes is short on the average by 13 cents. On the 18-7 model clarinet eb^4 — bb^5 can be played in still another way: by the first and third fingers of the left hand. On this clarinet the tuning of bb^5 is again about the same as with the other fingerings but the eb^4 is noticeably sharp; the interval between the notes is short by 12 cents. The measurements are consistent with what every good clarinet player knows: don't use the forked (1 + 3, or 1 + 4) fingerings except for fast technical passages — especially not for eb^4 .

It is evident from Fig. 1 that in the clarion register (b^4 to c^5) there is a relatively smooth trend toward sharpness as one goes up the scale. There is also some overall tendency toward increasing sharpness in the chalumeau register (e^3 to e^4). Most obvious, however, is the extreme sharpness at the middle of the register (in the vicinity of c^4) with notes both above and below this point being relatively flat. This characteristic, which is associated with the use of only a single vent hole for the clarion register, is necessitated by the fact that intervals between the chalumeau and clarion registers are both longer and shorter than a twelfth: notice, for example, in Fig. 1 that the interval e^4 — b^5 is on the average long by 5 cents, whereas the interval b^3 — $f\sharp^5$ is on the average short by 15 cents.

Conclusion

Tests on the tuning of a wood clarinet at room temperatures of 20°C and 31°C indicate that on the average the tuning of each note rises at the rate of 0.9 cent/°C (0.5 cent/°F). A change in the length of the barrel changes the tuning of *throat notes* almost three times as much as *bell notes*; the latter are lowered 2.6 cents for each millimeter increase in barrel length. Accidental changes, such as grease in a tone hole, can modify tuning significantly. There is a general tendency for high notes to be sharp; there is also a characteristic sharpness in the middle of the chalumeau register that is associated with the use of a single register key for the entire clarion register.

WESTMINSTER

NEW YORK

S
T
E
R
E
O
P
H
O
N
I
S
C
H

2 wichtige Neuaufnahmen
in den Entstehungsstädten der Werke

BERLIOZ · REQUIEM

für
Tenorsolo, Chor, Orchester, 4 Fernorchester, 16 Pauken
(PARIS)

M

MAHLER · II. SYMPHONIE

für
Sopran- und Altsolo, Chor, Orchester, Fernorchester
(WIEN)

O

N

DIRIGENT: HERMANN SCHERCHEN

O

2 Important New Recordings
originating from the cities of their 1st creation

R

BERLIOZ · REQUIEM

for
Tenor solo, Chorus, Orchestra, 4 Backstage Orchestras, 16 Tympani
(PARIS)

A

MAHLER · II SYMPHONY

for
Soprano and Alto solos, Chorus, Orchestra, Backstage Orchestra
(VIENNA)

L

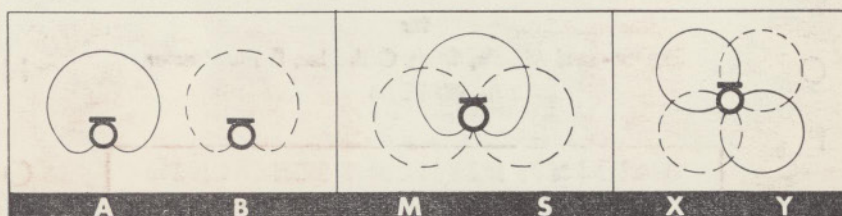
WESTMINSTER

NEW YORK



STEREO

Stereo in Studios



Wir liefern komplette Anlagen vom
Kondensator-Mikrofon bis zum Magnetongerät *Magnetophon*
in ausgereiften Regieanordnungen

We supply complete equipment
from Condenser Microphones to Tape Recorders *Magnetophon*
in approved Control Systems

TELEFUNKEN

G. M. B. H.

Fachgebiet Elektroakustik