

Musik. Zs. 284

Musik. Zs. 284

n. binden

2260	
1397	
863	
534	
350	
204	
126	
78	
42	
78	
126	
204	
350	
534	
863	
1397	
2260	



# GRAVESANER

# BLÄTTER

HERAUSGEBER HERMANN SCHERCHEN

1830

699

432

287

165

202

63

105
165
267
432
699
1151
1830

ENGLISCH-DEUTSCH

ARS VIVA VERLAG  
(HERMANN SCHERCHEN)  
GMBH MAINZ

MUSIKALISCHE, ELEKTROAKUSTISCHE UND  
SCHALLWISSENSCHAFTLICHE GRENZPROBLEME  
1966 *24. 22. 8. Aug* HEFT  
KATALOG

# 27\28

Le. Scherchen

# TELEFUNKEN



## Vordergrund - Hintergrund

Wir sprechen oft von unseren Erzeugnissen, die Sie kaufen können. Von nachrichtentechnischen Anlagen und Transistorempfängern, von Bauelementen und elektronischen Rechnern. So kennen Sie uns - so ist der Vordergrund des Unternehmens.

Aber nur selten erwähnen wir, daß im Hintergrund Techniker und Wissenschaftler tätig sind. Hinter den Türen der Entwicklungslabors stimmt kein Abreißkalender mehr: Dort arbeitet man an den Problemen von morgen.

Telefunken-Erfahrung können Sie kaufen.

# TELEFUNKEN



## Conspicuous - not so conspicuous

We often speak of the products which we market: of communications equipment and transistor receivers, of components and electronic computers. This is the conspicuous side of our activity with which everyone is acquainted.

We seldom, however, mention that technicians and scientists are always working in the background. Behind the doors of the development laboratory normal concepts of time cease to apply: here men are working on the problems of tomorrow. Telefunken experience is something you can buy.



---

WALLACE  
CLEMENT  
SABINE  
AWARD  
OF  
THE  
ACOUSTICAL  
SOCIETY  
OF  
AMERICA



WALLACE  
CLEMENT  
SABINE  
MEDAILLE  
DER  
AKUSTI-  
SCHEN  
GESELL-  
SCHAFT  
AMERIKAS

---

THE ACOUSTICAL  
SOCIETY OF AMERICA  
honors  
PROFESSOR MEYER,  
by  
presenting to him,  
for his outstanding  
contribution  
to all aspects of acoustics,  
THE WALLACE  
CLEMENT  
SABINE  
AWARD



ERWIN MEYER  
(1964)

DIE AKUSTISCHE  
GESELLSCHAFT  
AMERIKAS  
ehrt  
PROFESSOR MEYER  
(III. Physikalisches Institut  
Göttingen)  
durch die Verleihung  
der  
SABINE-Medaille  
für seine außerordentliche  
Förderung aller Aspekte  
der Raumakustik

---

# GRAVESANER BLÄTTER

Eine Vierteljahresschrift für musikalische, elektroakustische und  
schallwissenschaftliche Grenzprobleme

Nr. I Juli 1955

*The very matter of musical sounds, as well as the methods by which these sounds are transmitted to the hearer, is in process of being considerably extended through today's discoveries in electro-acoustical techniques.*

*In this field, as in others before, Professor Hermann Scherchen has proved himself a pioneer. The International Music Council (UNESCO) has a duty to inform musicians and the musical public of different countries of each others' achievements. It therefore readily accepted to be associated with Professor Scherchen's efforts to bring about a closer understanding between musicians, technicians and scientists.*

*A first international conference on Music, Electronics and Acoustics was held in the summer of 1954 in the studio which Professor Scherchen built especially for the purpose of research in this field at Gravesano near Lugano, Switzerland. This was held under the auspices of the IMC. Its sequel will take place in July 1955, also at Gravesano.*

*And now Professor Scherchen is launching a journal which will help considerably to draw attention to the remarkable probing and research which is being undertaken in many countries today to "break down the sound barrier" and give the composer of the middle of the 20th century new means of expressing himself.*

Jack BORNOFF, Paris (IMC - UNESCO)

## INHALT:

La crise de la musique sérielle . . . . .	Yannis Xénakis, Paris
Das Experimentalstudio Gravesano . . . . .	Dr. Scerri, Lugano und Dr. Weisse, Frankfurt
Ionophon — Ein Lautsprecher ohne Membrane Sichtbar gemachte Musik . . . . .	Dr. Löllhöffel, Hannover
Ein akustischer Zeitregler . . . . .	Dr. Meyer-Eppler, Bonn † Dipl.-Ing. Springer, Frankfurt †
London Letter . . . . .	Dr. Alexander, London
Letzte Entwicklungen in der amerikanischen Fernseh-Technik . . . . .	Dr. Kracht, New York
Correspondances parisiennes . . . . .	Pierre Souvtchinsky, Paris
Essai de vocabulaire graphique international de l'acoustique musicale et l'électroacoustique . .	Dr. Moles, Paris

Redaktion: Gravesano

Herausgeber: Hermann Scherchen

Verantwortliche Mitarbeiter:

Dr. Meyer-Eppler, Bonn †

Dr. Steinecke, Darmstadt †

Dr. Enkel, Köln †

Dr. Moles, Paris

*Jedes Heft ist begleitet von einer akustisch illustrierenden Schallplatte.  
Alle Artikel erscheinen in der Originalsprache mit mehrsprachigen Resumés.*



# GRAVESANO BLÄTTER

Heft 27/28 — November 1965

## INHALT

	Seite
Jannis Xenakis	Der Fall Le Corbusier . . . . . 5
Pierre de Latil	Das kybernetische Schiff kommt . . . . . 11
Jörn Thiel	Musikdramaturgie für den Bildschirm . . . . . 17
Wien 1964	Oper im Fernsehen (Thesen und Anregungen) . . . . . 39
Lionel Salter	Musik im Fernsehen . . . . . 41
K. H. Ruppel	Ariadne im Fernsehlicht . . . . . 44
L. A. Hiller	Musikalische Anwendungen von elektronischen Digitalrechnern . . . . . 46
Erb Lin	Wir spielen auf der Rechenanlage . . . . . 73
J. R. Pierce, M. V. Matthews,	Weitere Experimente im musikalischen Gebrauch des
J. C. Risset	Elektronenrechners . . . . . 85
H. Scherchen	Idee und Wirklichkeit . . . . . 93
Luc Ferrari	Tautologos I . . . . . 105
F. B. Mache	Einige „konkrete“ Probleme der elektronischen Musik . . . . . 107
Th. J. Schultz	Nachhallmessungen mit Musik . . . . . 115
M. R. Schroeder und B. S. Atal	Nachahmung der Raumakustik durch den Elektronenrechner . . . . . 124
E. Krauth und R. Bücklein	Modellversuche zur Ermittlung der Hörsamkeit von Räumen . . . . . 138
Ermanno Briner-Aimo	Ungelöste Probleme der Klangübertragung . . . . . 162
E. Aisberg	Die Tugend der Stille . . . . . 138

Redaktion: Gravesano (Tessin) Schweiz      Herausgeber: Hermann Scherchen

Nachdruck verboten!

# GRAVESANO REVIEW

No 27/28 — November 1965

## CONTENTS

	Page
Jannis Xenakis	Concerning Le Corbusier . . . . . 8
Pierre de Latil	Towards the cybernetic Ships . . . . . 14
Jörn Thiel	Musical Dramaturgy for the Screen . . . . . 28
Wien 1964	Opera on Television . . . . . 40
Lionel Salter	Thoughts on an ABC of TV Musical Presentation . . . . . 43
K. H. Ruppel	Ariadne in the Light of Television . . . . . 45
L. A. Hiller	Musical Applications of Electronic Digital Computers . . . . . 62
Erb Lin	Playing the Computer . . . . . 81
J. R. Pierce, M. V. Matthews,	Further Experiments on the Use of the Computer in Connection
J. C. Risset	with Music . . . . . 92
H. Scherchen	Idea and Reality . . . . . 102
Luc Ferrari	Tautologos I . . . . . 106
F. B. Mache	Some "concrete" Problems . . . . . 111
Th. J. Schultz	Using Music to measure Reverberation Time . . . . . 120
M. R. Schroeder and B. S. Atal	Computer Simulation of Sound Transmission in Rooms . . . . . 132
E. Krauth and R. Bücklein	Model Tests of Architectural Acoustics . . . . . 155
Ermanno Briner-Aimo	Unsolved Problems of Sound Transmission . . . . . 165
E. Aisberg	The Virtue of Silence . . . . . 179

Published by Experimental Studio Gravesano      Editor: Hermann Scherchen

Extracts may not be published without permission



## CONVENTION & EXHIBITION

# AUDIO ENGINEERING SOCIETY

13. X.: **Acoustics in architectural enclosures**  
(Harry S. Olson, RCA, Princeton, New Jersey)  
New developments made the acoustic possibilities of the active architectural enclosure universal and unlimited.
14. X.: **The portable CBS 8A field audio console**  
(E. S. Raymond, Columbia Broadcasting System)  
Provides self-contained audio mixing facilities for large and small TELEVISION productions.
15. X.: **A double spectrum analysis pitch extractor**  
(Cyril M. Harris, Mark R. Weiss, New York)  
High pitch-accuracy and reliability are achieved even with noise.

## SEVENTEENTH ANNUAL

11. X.: **Two-way dynamic cardioid microphone**  
(B. Weingärtner, Vienna, Austria)  
Response and discrimination improved over a wide frequency range.
11. X.: **Real-time of sound on a small computer**  
(Robert Clark, Argonne, Illinois)  
Samples written onto a digital magnetic tape can be read through a digital-to-analog converter to produce the musical sound.
11. X.: **Solid state audio frequency spectrum system**  
(Harald Bode, New York)  
Positive or negative detuning by as much as 5 000 Hz or any desired small amount.

11. X.: **Duration and/or frequency alternation**  
(William S. Marlens, New York)  
"Audulor" is capable of immediately converting pitch over an octave range in 24 chromatic steps without affecting duration.
12. X.: **A mathematically developed loudspeaker** (Lincoln Walsh, Millington, New Jersey)  
Greater clarity and naturalness due to substantial reduction of transient and direction effects.

OCTOBER 11 THROUGH 15, 1965

HOTEL BARBIZON-PLAZA  
106 CENTRAL PARK SOUTH  
NEW YORK, N. Y.

# VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER



MÜNCHEN 1966 24/25 III.  
Rechenanlagen bei Planung und Betrieb von Elektrischen Netzen  
FREIBURG 14/15 IV.  
Elektrische Rechenanlagen und Maschinen  
STUTTGART 22.-24. IV.

INTERMAG  
(Internationale Magnetik-Konferenz)

WARSCHAU 1967 3.-8. VII.  
IMEKO  
(Internationale Meßtechnische Konfederation)



## Der Fall Le Corbusier\*

Der Tod eines Menschen mit sehr bekanntem Namen befeuert die Phantasie der Sterblichen mehr noch als der eines Nahestehenden. Er drückt sozusagen den amtlichen Stempel auf ein unverständliches, unumkehrbares Ereignis, bei dem man sonst allzuleicht vergißt, daß man selbst daran teilhat. Und es ist der Brauch, zwar des Menschen *Verschwinden*, nicht aber ihn selbst (der unbekannt blieb), weder seine künftigen noch seine vollendeten Erfindungen — das heißt, sein Wesen, mißverstanden oder unverdaut — zu beklagen. Deshalb werden aus der Trauer alsbald Krokodilstränen, heuchlerische Zeugnisse von Totenliebe und Personenkult.

Um über Le Corbusier zu sprechen, muß man zu den zwanziger Jahren zurückkehren. Damals zeichnete er sich seinen Weg vor. Vierzig Jahre später blieb er noch immer auf seinem Geleise. Heute natürlich sammelt man unbesehen das über eine Generation alte Gute und Schlechte bunt zusammen, ohne zu sehen, daß sich alles geändert hat und daß die versäumten Gelegenheiten das Leben durch Stadt und Land gejagt haben, wo sie gleich einer Riesen-Planiermaschine die schönen Traumbilder enturzelt haben wie auch die utopischen Pappmodelle von senkrechten Gartenstädten, von der Trennung des Fußgängers vom Kraftverkehr, von Linienstädten, schön geordnet entlang der Verkehrsadern und nach quadratischen oder T-förmigen Grundrissen angelegt, von „Fachstädten“, von Städten der Dezentralisation, der Befreiung, der Frau, und von manchem mehr . . . Große und kleine Systeme sammelten sich unterwegs an: sie sind zerstückelt, verstreut, überholt, ertrunken im explosionsartig wachsenden Urwald der Menschheit, im Prinzip, es sich leicht zu machen. In den fünfziger und sechziger Jahren herrscht nicht mehr die Zeit von dazumal, die gleichen Lösungen haben ihre Gültigkeit verloren, die Voraussagungen waren falsch.

1. Heute, nach vierzig Jahren sind die empfohlenen Städteplanungen und vorgeschlagenen Lösungen ohnmächtige Notbehelfe gegen die komplexen und hoffnungslos verknoteten wirtschaftlichen, sozialen, demographischen und verkehrstechnischen Probleme einer heutigen Großstadt, von denen alle ausgebildeten Architekten, die lieber an der „schönen Ausführung“, am Schema statt der Wirklichkeit kleben, eine tiefe Unkenntnis besitzen. Auf dem Papier erscheint die Stadt geometrisch, grün, geordnet. In der Wirklichkeit ist sie eine langweilige, trockene, unpraktische Totgeburt. Man glaubt auf dem laufenden oder gar in der Avantgarde zu sein, wenn man Häuser von 300 oder 1000 Einwohnern mit Parkanlagen umgibt — dabei ist es nichts als eine Multiplikation der Gartenstadt, Typ 19. Jahr-

\* Die Zeichnung zum *Modulor*, welche ab Nr. 9 zum Titelblatt der *Gravesaner Blätter* wurde, ist von Le Corbusier selbst entworfen und Hermann Scherchen zur Verfügung gestellt worden.

hundert, durch einen Koeffizienten. Man sehe sich die katastrophalen Städte wie Neu-Delhi an oder ein Loch, wie es die meisten Pariser Vororte sind, die (ausgerechnet die!) sich zu einer künftigen Metropole zusammenschließen werden! Das Auto bleibt die unentbehrliche Plage, der Horizont bleibt verbaut, die Frau bleibt angebunden. Die radikale Lösung wäre in einer ganz anderen Richtung zu suchen als der, die die heutigen Architekten in der Spur von Bauhaus und Le Corbusier verfolgen.

2. Der soziologische Begriff der Wohnung und des Stadtlebens ist mehrere Jahrhunderte (oder gar Jahrtausende) alt, ungeachtet der 30 bis 40 Prozent der berufstätigen Frauen, die anscheinend nicht ausreichen, um die „Typenpläne“ zu beeinflussen! Unter diesen Umständen ist die „Befreiung der Frau“, wie sie die Wohnheiten von Marseille zum Beispiel vorsehen, eine seit mindestens 20 Jahren überholte Illusion. Die Gleichberechtigung ist nicht mehr aufzuhalten — aber sie hat noch immer nicht die teuren Traditionen des Patriarchats umstoßen können: die Frau gehört in die Küche, selbst wenn das Wohnzimmer die einzige Aussicht ist. Wieder einmal haben die Architekten und Städteplaner den Anschluß an die gesellschaftlichen Umwälzungen, sogar des Spießbürgertums, verpaßt.

3. Die Technik ist noch immer schwerfällig und veraltet, wenn nicht sogar altertümlich. Gleichzeitig mit der weitverzweigten Kunststoffindustrie entstand vor 15 bis 20 Jahren die Hoffnung auf eine echte Industrialisierung des Baugewerbes. In der Rue de Sèvres untersuchten Le Corbusiers Mitarbeiter Bernard Laffaille, Jean Prouvé und ich die neuen Stoffe, um geeignete Formen und Strukturen zu entwickeln. Es mußte uns klar werden: Beton war billiger (nach Backsteinen). Die Kunststoffindustrie hat eine einmalige Gelegenheit, ins Baugeschäft einzusteigen, ungenützt verstreichen lassen und stellte lieber Rohre her. Die Chance war vorbei — die Architekten der Avantgarde klaubten zufrieden die Reste auf und bauten weiter aus verputzten Backsteinen oder Beton. Heute baut man mit an Ort und Stelle „vorfabrizierten“ Betonplatten vom Ural bis zum Atlantischen Ozean — und auch dahinter — Kaninchenställe; die Wohnungen sind quadratisch oder rechteckig, sie werden aus konformistischen, aus Amerika importierten „Vorhangwänden“ zusammengestellt, oder diese drei Möglichkeiten kunstvoll kombiniert. „Warum bauen die Architekten keine Wohnheiten wie die in Marseille?“ klage er halb naiv.

4. Der stilistische Ausdruck ist das Gebiet, auf dem sich Le Corbusier wirklich durchsetzte. Der rechte Winkel und das Erbe des Kubismus, der Bauhaus-Abstraktion und der Anwendung der damals neuen Materialien, Stahl, Beton, Glas, haben wie der Purismus die Architektenschulen beherrscht. Die von Le Corbusier erdachten funktionellen Organe, mittlerer er seine Bauten proportionierte, sind unter den Händen seiner Epigonen zu dekorativen Floskeln wie Pfählen, Loggien und Maßwerk herabgesunken. Aber wie ließe sich auch die Kapelle von Ronchamps abgucken?



Trotz dieser wahren Mißerfolge seines Werkes (das ist die wahre Bedeutung dieser von ihm selbst wiederholten Bejahung und nicht die sentimentale Eroberung der Franzosen): Nach dem Tode Le Corbusiers gibt es in Frankreich keinen Architekten mehr (vorläufig). Sein wahrer Wert besteht nicht so sehr in den einzelnen Lösungen dieser oder jener Probleme, die vergänglich sind in der fantastischen Ausdehnung des Menschen im 20. Jahrhundert („Es läuft alles zu schnell — höchste Zeit, daß ich unter die Erde gehe“, sagte er 1956 lächelnd zu mir), sondern in seinen Schöpfungen selbst, in dieser Verlängerung des Charakters, des Temperaments, der Intelligenz eines besonderen Menschen. Denn durch alles Handgemachte, sei es Bildhauerei, Musik, Malerei, Mathematik, Wissenschaft . . ., scheint der Mensch hindurch. Das „Kunstwerk“ ist ein tiefes Symbol.

Für diejenigen, die in den bösen Zeiten, die trotz allem vergehen, wie in den guten Zeiten mit ihm arbeiten durften, war seine Arbeitsweise eine Liturgie, eine geheimnisvolle Wandlung. Die gemessene Proportion, aber auch die Kraft des Raumes, aber auch die Funktion, aber auch das Material, aber auch das Licht, die Farbe, die Technik . . . das Ganze ein schwindelerregendes Karussell gemeinsamer Abhängigkeit. Schritt für Schritt entdeckte er seinen Weg in ein paar Stunden der Diskussion und verblüffte mit der Schnelligkeit, der Sicherheit, den Rückblicken und Verbesserungen, der echten Geste, den notwendigen Endlösungen. Das ewige Infragestellen, das ihn auszeichnete, ist ein Charakterzug, den man nicht in der Schule lernt. Als überzeugter Autodidakt war er der ewige geschworene Feind vom Kitsch dieser „Herren Architekten“ aller Zeiten und aus allen Berufen, die ihn heute durch seinen Tod zu besitzen glauben.

IANNIS XENAKIS

## Concerning Le Corbusier\*

Imagination grows wings even more at the death of a famous name than when someone close to us has left us. Such a death tends to make more official an incomprehensible, irreversible phenomenon about which we normally forget our own participation in it. And, by custom, we mourn and regret the *disappearance* of the name but not the man himself (not having known him), neither his future inventions, nor his finished ones, that is, his true nature and manifestation of being misunderstood or badly digested. That is why very quickly the mourning turns into crocodile tears, into hypocritical showings of necrophilia and into a personality cult.

If we want to talk about Le Corbusier, we must go back to the twenties when he traced out his whole path, still staying in his rut forty years later. Today of course, the good and the bad points outdated by more than a generation are thrown together higgledy-piggledy, without any discernment, without any realisation of the fact that all has changed and that the missed opportunities have driven life through town and country like a giant bulldozer, uprooting the lovely visions and Utopian mock-ups of vertical garden-cities, of separate pedestrian and motor traffic, of linear cities beautifully arranged along connecting roads and following square or T-shaped geometric patterns, of specialised cities, of cities for decentralisation, liberation, the housewife, and many more. Small and larger schemes, accumulated along the way, were minced, dispersed, outgrown, left behind, and drowned in the ever growing human jungle and by the principle of least effort. The nineteen-fifties and sixties are no longer the time that was, the same solutions are no good any more, and the prophecies were false.

1. Today, forty years later, the recommended town plans and proposed solutions are impotent palliatives in the face of the complex and tangled economic, social, demographic and communication problems of a complete modern town, problems of which all trained architects are profoundly ignorant, sticking rather to the "beautiful finish" and the preconceived plan than to reality. On paper, the town is geometric, green, orderly. In real life it is still-born, dreary, inefficient. They think they are up-to-date or even in the vanguard if they surround blocks housing 300 or 1000 persons by green parks, when actually this is nothing more than a simple multiplication of the Victorian type of horizontal garden city by a coefficient. Just look at some catastrophic cities like New Delhi or holes like the Parisian suburbs which (of all European suburbs!) are to be connected into a future city. The car remains the inevitable nuisance, the horizon stays

\* The cover design under which the *Gravesano Review* has been appearing since No. 9 shows the *Modulor*, drawn and presented to Hermann Scherchen by Le Corbusier himself.



blocked, the housewife stays a slave. The radical solution lies in quite a different direction to those proposed by architects today still following the *Bauhaus* and Le Corbusier.

2. The sociological conception of the apartment and of town life is some centuries (or even millenia) old in spite of the 30 to 40 % of women who go to work — such a proportion is apparently insufficient to change the “type plan”! That being so, the “liberation of the housewife” aimed at by the Marseille type of flat is an illusion besides being at least 20 years out of date. The equality of the sexes, which is coming about slowly but surely, has not shaken the precious traditions of the patriarchal family with the woman’s rightful place in the kitchen — even with no more than a living-room prospect! It is just one more case of the architects and town planners lagging hopelessly behind the fundamental social changes taking place even among the middle classes.

3. Building construction is as obsolete, cumbersome and archaic as it ever was. When the plastic industry sprouted in a host of branches 15 to 20 years ago, there suddenly seemed some promise of a real industrialisation of building, and at Le Corbusier’s studio at 35 rue de Sèvres, together with men like Bernard Laffaille and Jean Prouvé I carried out some serious research into new materials, forms and structures. We had to accept the plain fact that concrete was cheapest (after bricks). The plastic industries were unable to seize the unique chance of conquering the economic sphere of building. They preferred the manufacture of tubes. An opportunity was lost — and the advanced architects, picking up the left-overs without a murmur, were content to use plastered bricks or concrete. Rabbit-hutches are now built, from the Urals to the Atlantic, and beyond, out of concrete slabs “prefabricated” on site, on square or rectangular apartment plans, or else they are built with the aid of conformist “screen walls” imported from overseas, or finally by a cunning mixture of these three basic processes. “Why don’t the architects design Units like the one in Marseille?” he used to complain half naively.

4. On the other hand, it is the stylistic expression where Le Corbusier seems to have really prevailed. The right angle and the plan inherited from cubism, from the *Bauhaus* abstraction and from the application of the materials that were new at the time, namely steel, concrete and glass, have been dominating the schools of architecture as well as purism. The functional organs conceived by Le Corbusier, by which he proportioned his buildings, were degenerated by his imitators into ornamental flourishes like piles, claustra, loggias and such. But what way is there to plagiarise the Ron-champs chapel?

In spite of these real failures of his work (that is the true meaning of this affirmation he reiterated himself, and not the sentimental conquest of the French people), with Le Corbusier dead, there is not an architect left in

France (for the present). His true value lies not so much in the individual solution of this or that problem, which is perishable due to the incredible expansion of mankind in the 20th century ("It is all going too fast — time for me to be buried," he said to me, smiling, in 1956) but in the very objects of his creation, that is, in the prolongation of a very special man's character, temperament and intelligence. For it is the man who shines through everything made by hands, in sculpture, music, painting, mathematics, science . . . This is as much as saying that the "work of art" is a very deep symbol.

To those who worked with him in the bad days, whose outlines blur in spite of all, and in the good days, his way of working was a liturgy, a secret transmutation. Measured proportion, but also the power of space, but also the function, but also the material, but also light, colour, texture . . . all of it in a dazzling roundabout of interdependence. He found his path little by little in a few short hours of discussion with us, who were often astonished by the rapidity, the sureness, the returns and corrections, the true gesture, and the necessary final solutions. The eternal calling in question, which was a feature of his, is a trait of character not learnt at school. A self-made man by vocation, he was the sworn enemy of the boorishness produced by those "gentlemen architects" of all times and professions, who now think they possess him by his death.

IANNIS XENAKIS

# Das kybernetische Schiff kommt!

von

PIERRE DE LATIL

Im Zeitalter der automatischen Schiffe hat Frankreich mit der Übergabe der automatischen Steuereinrichtungen des Tankers *Silvella* — unter der Flagge der Société Maritime Shell ist er mit seinen 80 000 BRT das zweitgrößte Schiff, das jemals in Frankreich gebaut wurde — durch die Herstellerfirma, die durch ihre Errungenschaften auf dem Gebiet der höheren Elektronik wohl bekannte Compagnie des Compteurs, eine führende Stellung eingenommen.

„Automatisiertes Schiff“ ist der Ausdruck, der sich durch Gewöhnung allmählich einbürgert, obwohl es viel angebrachter wäre, von „kybernetischen“ Schiffen zu reden. Verfolgen wir diesen Begriff zurück zu seinem Ursprung, so finden wir, daß er sich bei den Griechen auf die Seemannskunst bezog (daß Plato sich seiner bediente, verschafft ihm auch bei uns einige Geltung). Heute noch kommt *kubernetes*, der Steuermann, bei den Franzosen im *gouvernail* = Steuerruder und im *gouvernement* vor, und seit Watt ist *governor* eine selbsttätige Steuereinrichtung in Maschinen, also das Kybernetische schlechthin.

Inzwischen ist über die eigentliche Bedeutung und Bestimmung der Kybernetik sehr viel geredet worden, sogar die Metaphysik ist dabei mit in Betracht gekommen. Dabei ist es so einfach, hier Klarheit zu gewinnen, wenn man sich an die Vorstellungen erinnert, die Norbert WIENER bei der Erschaffung dieser neuen Wissenschaft so formulierte: *Eine Maschine, die sich selbst regelt, ist kybernetisch*. Sie verändert also dauernd ihre Anpassung an wechselnde äußere Umstände, um eine gleichbleibende Arbeit zu verrichten.

Eine Maschine, die von selber *läuft*, ist *automatisch*: Beispiel des Explosionsmotors, der das *Automobil* betreibt. *Kybernetisch* wird sie erst, wenn sie sich außerdem selber regelt.

Im Sommer 1963 besuchte ich Norbert Wiener am Massachusetts Institute of Technology wenige Monate vor seinem Tod. Da sagte ich zu ihm: „Der ursprüngliche Begriff der Kybernetik wird oft verdreht. Folge ich dem Faden Ihrer Gedanken recht, wenn ich sage: Unter Kybernetik sollte man eigentlich Autokybernetik verstehen? Automatisch: selbstlaufend; autokybernetisch: selbstregelnd. Zur Vereinfachung haben Sie die Vorsilbe *auto* weggelassen, aber in Ihrem Gedanken muß sie doch da gewesen sein?“ Und seine Antwort war ein kategorisches Jawohl.

Die Mechanik läuft, die Elektronik regelt. Die Regelung umfaßt Speicherung und Übertragung technischer Informationen, die in Schwachstrom um-



gesetzt werden. So sind wir durch die Technik in den Bereich der Elektronik und durch die Etymologie des Wortes in den der Schifffahrt gelangt, und gerade an der Schifffahrt können wir auch die tiefere Bedeutung der neuen Technik erfahren.

Ein Schiff muß den durch den Kapitän bestimmten Kurs halten, sagen wir 23°. Der Steuermann beobachtet also die „Abweichungen“ von dieser Richtung nach Steuer- und Backbord, die durch verschiedene Ursachen entstehen können. Seine Augen übertragen die Information dieser Beobachtungen auf sein Gehirn, dieses erteilt einen Befehl an seine Arme, welche das Steuerrad entsprechend drehen, welches das Ruder betätigt, welches die Richtung des Schiffes wieder auf Kurs bringt. Mit dem Steuermann sind wir ja mitten im Kern unseres Themas, im etymologischen wie im logischen Sinn.

Ein Schiff kann gar nicht anders als kybernetisch sein — ohne Steuerung wäre es dem Wind und den Wellen preisgegeben! Das Regelorgan, die kybernetische Einrichtung ist eben ein Mensch. Hat das Schiff aber einen selbsttätigen Steuermann, eine Vorrichtung, die die Kursabweichungen selbst wahrnimmt, um den Schiffslauf zu korrigieren, dann ist es ein autokybernetisches Schiff.

Von hier nicht weiterzugehen, wäre ein Zeichen der Ängstlichkeit. Auch eine automatische Steuereinrichtung muß eingestellt werden auf den Kurs, den der Kapitän jeden Tag nach gewissen Beobachtungen errechnet. Man kann aber ohne weiteres eine kybernetische Stufe weitergehen und den Kurs selbst laufend automatisch bestimmen lassen. Noch mehr: dieser Kurs hängt selber von einer noch übergeordneteren Bestimmung ab: vom Bestimmungshafen, der dem Kapitän vom Reeder genannt wird. Aber auch die Entscheidung, vom Piräus Öl oder von Dakar Erdnüsse zu holen, kann ebenfalls elektronisch erfolgen. Schließlich gibt es bereits Rechenanlagen, die den Kraftwagenpark eines Unternehmens überwachen, um die Fahrzeuge möglichst wirtschaftlich zu verteilen und die Lieferungen möglichst reibungslos ablaufen zu lassen. Die Kybernetik könnte man endlich noch weitertreiben und sich vorstellen, wie Rechenanlagen die Wirtschaft eines ganzen Landes überwachen und Einflußzonen zwischen den Reedern verteilen könnten. So wird man verstehen, wieso die verschiedenen Regelebenen der Kybernetik, die sich überlagern und — gleich russischen Holzpuppen — ineinanderstecken, gerade auf dem Wasser in ihrem Element sind. Doch ist es noch ein weiter Weg vom elektronischen Nervensystem der Compagnie des Compteurs auf der *Silvella* bis zur Superautomatik dieser als selbständige Wesen lebenden Maschinen.

Mit der Automatisierung der Propellergeschwindigkeit mit einer Toleranz von einer Umdrehung pro Minute — entsprechend einer Schiffsgeschwindigkeit von etwa *einem Fünfzigstel eines Knotens* — ist der schwierigste Schritt bereits getan. Angesichts der Vielzahl und Kompliziertheit der Umstände, die die Schiffsgeschwindigkeit beeinflussen, ist die Einhaltung einer solchen

Genauigkeit schon ein Kunststück, denn die Brennstoff-, Luftzufuhr, Flammen-, Dampftemperatur und -druck und schließlich der Dampfauslaß auf die Turbinen bestimmen also die Turbinengeschwindigkeit, ganz abgesehen von den Überhitzungskreisen; diese Faktoren sind ja auch auf verschiedene Weise untereinander abhängig. Und trotzdem bleibt der Mann auf der Brücke das Gehirn dieses Organismus. Nicht etwa weil die Technik vor der Aufgabe, ihn zu ersetzen, zurückschreckt, sondern weil wir uns nicht dorthin wagen.

Man hört schon den Aufschrei: Könnte eine konsequent bis ans Ende geführte Kybernetik den Menschen völlig „ausschalten?“ Was wird denn aus seiner Menschenwürde?

Aber nein! Der Mensch bleibt in seinem Reich unangetastet. Schon deshalb, weil dieses kybernetische System, das sich mit einigen Freiheitsgraden über den Wassern bewegt und sich selbst regelt, dem menschlichen Vorstellen und Willen entstammt und zu jeder Zeit dem menschlichen Einschreiten unterliegt. Die letzte Entscheidung, nach welcher die Kybernetik sich regelt, liegt beim Menschen. Er legt der Kybernetik seine Richtlinien auf.

Das Schiff fährt mit der „günstigsten“ Geschwindigkeit. Nach welchen Richtlinien ist eine Geschwindigkeit als „günstig“ zu betrachten. Will man möglichst wenig Brennstoff verbrauchen? Oder möglichst rasch zum Ziel gelangen? Mit anderen Worten: Die allerhöchste Regelebene ist: Welcher Zweck wird verfolgt? Wie vermittelt man zwischen der Höchstgeschwindigkeit, die zu teuer ist, und der größten Wirtschaftlichkeit, die zu langsam ist? Flieden wir den Sturm? Dann ist die Höchstgeschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Kosten „günstig“. Haben wir Brennstoffmangel? Dann ist Wirtschaftlichkeit ohne Rücksicht auf das Tempo „günstig“. Fahren wir im Konvoi, z. B. im Sueskanal? Dann ist es „günstig“, wenn wir uns an die Geschwindigkeit der anderen Schiffe halten. Die Wahl dieser Richtlinien hängt von äußeren Umständen ab, die von keiner Kybernetik erfaßt werden können, und bleibt immer beim Menschen, wenn er auch im Normalfall die Kybernetik für sich arbeiten läßt und selbst auf dem eigenen Schiff in die Rolle eines bloßen Passagiers einsteigt.

heating circuits. This is already complicated enough for us to take it as a model, simplified though it is, of the physiology of a living creature.

If the man on the bridge is still the brains of this organism, it is not because science shrinks back from the task of making him superfluous but because we do not dare go as far as that. Some people will start shouting: could man be completely "short-circuited" by cybernetics taken to their extreme limit? We can hear the slogan "What about his dignity?"

Not so! Man still rests unscathed within his realm. First of all because it is man who conceived this cybernetic system moving over the waters with several degrees of liberty and controlling itself, it is man who wanted it, who created it, and who can intervene on its operation at any time. And lastly because the supreme criterion, by virtue of which this so complicated machine controls itself, rests with man.

The vessel "optimises" its own speed. But by virtue of what criterion? Are we after more efficient fuel consumption? Or after a faster journey? In other words, behind the finalities stacked one inside the other as we just saw, there is the overriding one, the question: what aim are we following? Which path shall we choose between maximum speed, which will be expensive, and greatest fuel economy, which will be too slow? If we are fleeing the storm, the optimum will be speed at any cost. If we are short of fuel, the optimum will be economy at any cost. If we are travelling in convoy, like in the Suez Canal, the optimum will be to conform to the speed of the others. It is this choice of criteria which will ever be the domain of man, even if he looks like being no more than a passenger on his own ship, having no further effect on the cybernetic machinery.



---

# Wer schreibt das beste Volksstück?

Ein Wettbewerb des Zweiten Deutschen Fernsehens  
M A I N Z

I. Preis	DM 25 000
II. Preis	DM 15 000
III. Preis	DM 10 000

Das Manuskript soll ein Theaterstück sein, das auch für das FERNSEHEN geeignet ist. Es soll Ereignisse des täglichen Lebens behandeln, in städtischem oder ländlichem Milieu spielen und in Hochdeutsch oder in Mundart abgefaßt sein.

Spieldauer: 90 — 120 Minuten

Ensemble: 12 — 15 Personen

Jury: 9 Personen

Vorsitzender: DR. KARL HOLZHAMMER  
(Intendant des II. Deutschen Fernsehens)

Einsendeschluß: 31. Dezember 1965

Anschrift:

ZWEITES DEUTSCHES FERNSEHEN  
Justitiariat

6500 MAINZ

Postfach 343

Die Preisverteilung  
findet Herbst  
1966 statt

Das Manuskript muß ein Kennwort tragen.  
Der Name des Verfassers darf auf dem Manuskript  
nicht erscheinen.  
Er ist in einem geschlossenen Briefe anzugeben, der  
wiederum das Kennwort tragen muß.

---

---

# Who can write the best popular play

A competition of the Second German Television Corporation, Mainz

1st Prize	DM 25 000
2nd Prize	DM 15 000
3rd Prize	DM 10 000

The manuscript should be a stage play also suitable for TELEVISION. Its subject should be events of everyday life, situated in town or country, and it should be written in High German or in dialect.

Duration: 90 — 120 minutes

Cast: 12 — 15 characters

Jury: 9 Persons

Chairman: Dr. KARL HOLZHAMMER  
(Intendant of the Second German Television Corporation)

Last date of entries: 31 December 1965

Entries to be addressed to

ZWEITES DEUTSCHES FERNSEHEN

Justitiariat

Postfach 343

65 MAINZ, Germany

Prizes to be  
distributed in  
autumn 1966

The manuscript must bear a code word.

The author's name must not appear on the manuscript but is to be stated in a sealed envelope, itself again bearing the code word.

---

# Musikdramaturgie für den Bildschirm

Autoren-, Producer- und Regieprobleme

von

JÖRN THIEL  
(Regisseur und Dozent)

Ich hab' die Spiegel abgeschafft, weil sie  
die Frechheit haben, mein Gesicht, was einzig  
in seiner Art ist, zu verdoppeln.

Holofernes (Nestroy)

Wer an den Spiegel tritt, um sich zu ändern,  
der hat sich schon geändert. Seneca

## Der Musikregisseur

Wie zuerst der Film, so hat jetzt das Fernsehen die Aufführungspraxis, Stilbildung und Sinnggebung der Musik in Bewegung gebracht. Musik, das ungreifbar kunstvolle Schallgebilde, muß sich nach den Gesetzen der Bildgestaltung und des Schauens visuell konkretisieren. Der Bau der klassischen Operndramaturgie und der Zuschnitt der herkömmlichen Konzertveranstaltung erweisen sich als wenig bildschirmfreundlich. Deshalb ist Musikregie im Fernsehen problematisch. Der Regisseur betätigt sich, wie sich zeigen wird, als Dramaturg und umgekehrt, und beide sehen sich als Buchautor, Bildjournalist und „Gesamtkünstler“ gefordert und oftmals überfordert. José Bernhart (R. T. F.) und E. G. M. Alkin (B. B. C.) haben in Heft 25 der *Gravesaner Blätter* die verästelten Organismen der Ton- und Bildaufnahme beschrieben, die wie Schläuche an einem Hydranten an den Fernsehregisseur angeschlossen werden. Er sollte deshalb die Musikalität des Dirigenten, die Ohren des Tonmeisters, die Augen des Kameramannes, die Bildung des Wissenschaftlers und die Intelligenz des Psychologen haben, um die komplizierten Instrumente virtuos zu spielen. Diese Instrumentierung ist zur Bewältigung eines audiovisuellen Raumes erforderlich, der mit den von Bühne, Konzert und Kirche gewohnten Hörsamkeiten und Abmessungen wenig zu tun hat. Die Totalität der Hör- und Sehwelt steht dem zur Verfügung, der daraus ein künstlerisches Ganzes zu machen versteht.

## Technik und Dramaturgie

Wie die technischen Mittel wuchs auch das Musikrepertoire. Bühnenregisseure, Dirigenten und Choreographen nehmen sich wie spezialisierte Halbbrüder mit klar umrissener Zuständigkeit aus gegenüber jenem Allroundtyp, der heute einen Maitanz, morgen einen Liederabend und dann ein Kirchen-



konzert für das Fernsehen in Regie zu nehmen hat. Und das ist noch ein seriöser Regisseur, dem es vergönnt ist, ausschließlich Musik für ihre televisionäre Millionenaufgabe einzurichten. Eine Vielzahl von Methoden stehen ihm für die Realisierung jedes Einzelfalles zur Verfügung, und es hat sich gezeigt, daß sowohl das technische Verfahren Buch und Regie bestimmen kann als auch umgekehrt.

Ein Beispiel aus der Folklore: Stoff ist der alpenländische Tanz um die Linde als Frühlingsfeier. Technik für Version *A*: Studio, elektronische Aufzeichnung. Im Studio wird eine Tanzdiele aufgebaut. Die dörflichen Tanzpaare bringen den Maibaum, einen Stecken mit Bändern dran, ins Studio mit und zeigen dort den Bandeltanz, ein kunstvoll schmückendes Umschlingen des Baumes. Dazu der Primärton der Musikanten. In einer Pause Kurzreportage mit dem Tanzleiter. — Technik für Version *B*: Ambulante elektronische Anlage, Videotape. Das Tanzereignis wird auf ein gut überschaubares Podium aus Praktikablen in der Dorfmitte verlegt. Publikum und Gebirgskulisse bilden den Hintergrund. Das Lokalkolorit wird durch in der Sendung abgetastete Inserts unterstrichen. — Technik für Version *C*: Filmteam mit Playbackeinrichtung, Tonkamera (Stativ), stumme Handkamera. Am traditionellen Festtag wird nur die Totale und der Primärton vom Lindentanz aufgenommen. Später dient der Primärton als Playback für Detailaufnahmen. Die große technische Beweglichkeit gestattet die Darstellung des ganzen Brauchs auf mehreren Plätzen: Vom Bandeltanz auf dem Tanzboden Blende auf den Maibaumstamm, der aufgerichtet und geschmückt wird. Tonnen-schlagen und Kranzlstechen der Buben zu Pferde und Pflichtsingen. Umschnitt aufs Blochziehen im Nachbardorf, wo der Baum hereingeschleppt wird, weil im Winter kein Paar geheiratet hat. Feier einer Scheinhochzeit. Von dort Rückblende zum Lindenplatz in der Dorfmitte; Überblendung in einen sogenannten Etagenbaum, der mit Bohlen und Stiegen begehbar gemacht ist. Tanz auf diesem folkloristischen Monstrum mit der Schlußmontage: der getragene, umbandelte, umtanzte, gezogene, zersägte und betanzte Baum.

Mit der Zunahme der technischen und dramaturgischen Qualität steigt wie man sieht die Aussagekraft des Mediums. Gleichzeitig wachsen die Ansprüche an den Autor und Regisseur. Das dürfte auch Hermann Scherchen zum Experiment mit Arnold Schönbergs *Erwartung* bewegen haben. Zum stereophonisch vorproduzierten Orchesterpart sang Helga Pilarczyk im Playback, zwischen zwei Lautsprechern stehend, mehrere Konzertaufführungen. Um für die Großaufnahmen des Films adäquate Textverständlichkeit zu bekommen, wurde zunächst die Gesangstimme aufgesetzt und dann im Playback open air gedreht. Scherchen verlegte den ahnungsvollen Gang der Frau hinaus in die Tessiner Landschaft. Wenn auch die Bildregie nicht ganz ihr Ausdrucksoptimum erreichte, bedeutet diese Filmfassung doch einen Meilenstein auf dem Entwicklungsweg des Musikfilms.

## Live-Improvisation

Eine Zwölftonkantate kann in offener Landschaft, ein Volkstanz im Studio angesiedelt werden. Der Katalog der Regieprobleme ist endlos, wir wollen nur Kernfragen herausgreifen. Kehren wir zurück zur Life-Sendung. Wo liegt ihre Stärke? Zweifellos bei der Übertragung einer starken Künstlerpersönlichkeit in hoher, unter Umständen improvisierter Aktivität. Ein Liederabend von Elisabeth Schwarzkopf (B. B. C.), Unterricht bei Pablo Casals (N. E. T.), Orchesterproben mit Hermann Scherchen, Beethoven, *Schlacht bei Vittoria* (S. D. R.), mit Sergiu Celibidache, Stravinsky, *Feuervogelsuite* (S. R. T.) und Ferenc Fricsay, Smetana, *Die Moldau* (S. D. R.) haben sich als Programmhöhepunkte erwiesen. Das zwanghafte hic et nunc für Künstler, Technik und Regie wird insbesondere bei den Orchesterworkshops als dramaturgische Qualität spürbar. Die Beweglichkeit der in Konferenz geschalteten elektronischen Kameras ermöglicht es dem Regisseur, unter dem gleichzeitigen Bildangebot aus denkbar besten Positionen die optimale Bildfassung für jede Situation auszuwählen.

## Analytische Bildführung

Das geschilderte Verfahren liegt an der Grenze zur konstruktiven Analyse durch Bildgestaltung, die sich des Vorteils mehrfacher Aufzeichnungsmöglichkeit nur selten begibt. Rolf Unkel setzte 1960 mit der Aufzeichnung Ravel *Introduktion und Allegro* für Harfe, Streicher, Flöte und Klarinette Maßstäbe (S. D. R.). Jedes Bild analysierte die Form, staffelte das Instrumentarium, ordnete den Klang, steigerte das Musikerlebnis durch suggestive Abbildung der Klangquellen. Dispositionen dieser Qualität erfordern Technikproben nach sorgfältigem Drehplan.

Die B. B. C. London sendete das Cellokonzert von Schostakowitsch mit Rostropowitsch als Solist. Dabei teilte der Regisseur jeder Themengruppe eine elektronische Kamera zu, die das für sie bestimmte Thema zwar aus wechselnder Position, aber mit fast unveränderter Achslage beim Übergang auf die entsprechenden Instrumente und Orchestergruppen verfolgte. Das ging bis zur thematisch-bildlichen Engführung des Soloinstruments mit dem Waldhorn als Sandwich und Doppelexposition. Auch dieser analytische Schnitt erfordert künstlerische Entscheidungen auf Grund souveränen Einblicks in die Komposition. Für das heikle große Sinfonieorchester läßt sich auf diese Weise, das heißt unter Verzicht auf Blumengarnituren, Holzpultbarrikaden und Blockaufstellungen bei Band-artiger, gestaffelter Sitzweise und gezielter Ausleuchtung intensive und attraktive Bildführung erreichen.

## Choreographierte Musik

Die Erzeugung eines sicheren Raumgefühls durch wenige festliegende Bildachsen ist für die meisten Ballettübertragungen Bedingung. Der Kameraplan wird nicht durch musikalische Architektur oder Instrumentation bestimmt,



sondern durch die Choreographie. Die Auflösung der Musik in Bewegung im Raum ist ja bereits geschehen, die Aufgabe des Regisseurs kann nur sein, diese tänzerische Konzeption zu erhalten und bildrhythmisch zu unterstützen. Verstöße gegen die Choreographie treffen auch die Musik: Wenn sich die Präzision der Einzelbewegungen in der „Fliegentotale“ verflüchtigt, verdunstet auch die Artikulation der Musik (Stravinsky *Agon*, N. D. R. 1963). Wenn die Reihung von Großaufnahmen den Fluß und räumlichen Zusammenhang von Bewegungen zerschneidet, weil der miterfaßte unkaschierte Horizont herumspringt, zerbrechen auch musikalische Spannungsbögen. Nimmt die Kamera aber ihre Möglichkeit wahr, die Rampe zu verlassen, um das Ornament der Bodenskizze aus der Aufsicht zu erfassen (im Theater nur vom Rang aus möglich), dann leistet sie für die Tanz-Musik ähnliches wie das Zeigen der Partitur absoluter Musik.

Das literarisierende, französisch beeinflusste Genreballett (*La Reine Verte*, Béjart, R. T. B.) in surrealer Dekoration und ebenso die klassische Pantomime (*Un Jardin Public*, Marcel Marceau 1956, Regie Paul Paviot) mit ihrer filmischen Erweiterung durch naturalistische und Trickschauplätze (*Mimovision*, Samy Molcho 1964, Ö. R. F./Z. D. F.) sind entweder musikarm oder vom Dekor so überfüllt, daß für eine musikbezogene Choreographie und Bildregie kein Platz ist. Béjart zeigte dagegen in *Symphonie pour un homme seul*, Regie Louis Cuny (Ceres-Film 1956), wie wirkungsvoll Halbtotalen und Großaufnahmen musikalische Höhepunkte vorbereiten und unterstützen können. Für das klassische Ballett lieferte Hermann Lanske mit dem Neujahrskonzert der Wiener Philharmoniker (Ö. R. F.) ein interessantes Beispiel bildtechnischer Raumerweiterung: vom Orchester im Konzerthausaal schwenkt die Kamera auf über den Orgelprospekt zu den Deckengemälden. Indem der durchgeblendete Tanzwalzer des Balletts die Bewegungen des dirigierenden Konzertmeisters aufnimmt, erlangt die Musik von Johann Strauß einen hohen Grad optischer Realität.

### Methoden der Opernproduktion

Kernproblem der Ballettregie ist das Erfassen von Bewegung vor der Kamera durch bewegliche Bildführung. Kernproblem der Opernregie ist die Auflösung der retardierenden und kontemplativen Elemente, der Statik arioser Posen und chorischer Blöcke in Kamerabewegung. Mit anderen Worten: wo die Bühnenszenierung aufhört, beginnt die Arbeit des Fernsehregisseurs. Vergewenwärtigen wir uns zunächst die Produktionsmethoden, die ihm für die Bildgestaltung zur Verfügung stehen.

*Die Live-Sendung* von der Bühne befriedigt am wenigsten. Die Postkartentotale herrscht vor, denn für die Großaufnahme fehlt das Zusatzlicht. Würde man es setzen, die Stimmung der Bühnenszenierung wäre dahin. Das Teleobjektiv überspringt den Orchestergraben und die gegebene Distanz zwischen Objekt und Bildebene nur um den Preis der Verflächigung der



Bühnentiefe. Hat die Inszenierung eine Ensembleszene weit auseinandergezogen (*Der Rosenkavalier*, Czinner-Produktion), so gewinnt die gefesselte Kamera kein halbnahes Bild, das sowohl die divergierenden Seelenzustände der einzelnen subtil abbildet als auch die musikalische Gebundenheit der Gruppe optisch verwirklicht. Fotografiert man „für die 10. Reihe“, also die Standfigur mit halber Bildschirmhöhe, so vermißt man die Totale des menschlichen Sehfeldes. Nahschüsse erfassen wiederum nur Fragmente der als Ganzes aufzufassenden Dekoration.

*Live im Studio*: Produktionshallen, die Ensemble und Orchester gleichzeitig aufnehmen, sind selten. Man hilft sich mit der Zusammenschaltung eines akustisch einwandfreien Tonstudios mit der meist hallärmeren Dekoration. Monitoren, Hilfskapellmeister und Lautsprecher stellen die wechselseitigen Kontakte her. Montierte Mikrofonserien und Verzögerungslautsprecher zur Klangergänzung in der Dekoration hemmen die Bewegungsregie durch die gebotene Rücksichtnahme auf den Rückkopplungseffekt. Safety first, also *Playback*, zum ausgereiften Ton das ausgespielte Bild. Pre-recording befreit Mimus und Kamera und gestattet den Gebrauch filmischer Mittel. Liegen Ton- und Bildaufnahme zeitlich weiter auseinander, kann es Schwierigkeiten machen, den einmal festgelegten Ton vor der Kamera überzeugend auszuspielen. Dieser schizoide Zug wird beim *Doublieren mit Schauspielern* beherrschend. Die „perverse, unmoralische Manscherei“ (André Goléa, Paris) rechnet man heute unter die Kinderkrankheiten der Opernproduktion. Die Vorzüge der optimalen Besetzungsfreiheit verblassen gegenüber dem sprichwörtlichen Versagen der Doubles beim Imitieren von Atemführung, Mundstellung und Kehlkopfbewegung. Selbst der Sänger wirkt im Bild oft lasch gegenüber der Intensität seines Playbacktons.

#### Tonaufnahme szenischer Musik

Der Cineramaton des Kinos lehrt am Effekt, was der Musiker für sich verlangen darf. Mit einkanaliger Trockenaufnahme und späterer Hallzulage für Totalen ist es nicht getan. Der WDR Köln ist konsequent und zeichnet den monophonen Fernsehton szenischer Musik vierspurig auf:

- I Das Orchester in imaginärer Dauerdistanz
- II Die Solisten in trockener Präsenz
- III Fernorchester und Chöre textverständlich
- IV Die Raumsumme aller Mikrofone

Unter bildgerechter Regelung der Spuren wird das Vierfach-Cord zur Monofassung zusammengefahren, Spur I den Solisten und Chorpartien gleichsam unterlegt, Spur IV als Hallkomponente zur Überbrückung von Szenenwechseln und zur Bindung von I und II verwendet. Die Feinfühligkeit dieser Produktionsmethode hat noch einen kleinen Schönheitsfehler, nämlich die gleichförmige Frequenzbehandlung. Auf dem Salzburger Fernsehkongreß 1962 waren sich die Fachleute darüber einig, daß das Frequenz-

bild eines Klanges sich bei Verschiebung der Distanz zum Ohr verändert, daß das Obertonspektrum und der Formantenreichtum einer Geige im Abstand von 20 cm (Großaufnahme) vollständiger wahrgenommen wird als im Abstand von 10 m (Totale). Pässe und Filter zur Schärfung von Großaufnahmen und zur Aufweichung von Totalen würden das Laborieren mit dem Pseudoeffekt der Lautstärkenänderung fast überflüssig machen.

Fassen wir die Vor- und Nachteile der Produktionsmethoden zusammen, so ergibt sich dieser Katalog:

Live, Plus: Stimmlich-mimische Gesamtwirkung ohne Perfektionsstarre. Kein Bruch zwischen Singen und Dialog.

Minus: Mangelhafte Bildanpassung des Tons. Konstitutionell unbefriedigende Rollenbesetzung für das Bild.

Playback, Plus: Stimmlich entlastetes Spiel, von Mikrorücksichten befreite Kamera. Ausgefeilter Ton potenziert akustisch das Bild.

Minus: Festliegen von Spieltempo und Kameraführung durch Prerecording. Desillusionierende Synchronisationsfehler.

Doublieren, Plus: Rollencharakteristische Optimalbesetzung für Bild und Ton.

Minus: Singfehler der Doubles gefährden die künstlerische Einheit. Akustischer und klanglicher Bruch zwischen Gesang- und Sprechstimme.

### Reportage von der Bühne

Aus dem Angebot der Bühnenreportage muß der Zuschauer selbst die dramatische Dialektik aus Darstellung und Szene ablesen (Opernglasrhetorik). Der häufige Wechsel zwischen forcierenden und retardierenden Momenten, der für die Opera buffa charakteristisch ist, begünstigt einen eleganten Bildschnitt, der sich beispielweise bei *Gianni Schicchi*, Puccini (N. D. R.) in der Regie von Hans Busch mit Bewegungs- und requisitenscheuer Kamera ganz auf die Mimik konzentrierte. Anders Georg Rudolf Sellners Bühnenreportage von Carl Orffs *Bernauerin* (B. R. F.). Seine Regie stützt sich auf das Requisit als symbolischen Mitspieler (Wappen, Schild, Gebälk) und gewann damit Leben und Atmosphäre um die statuarischen Figuren in karger Szenerie. Sein Meisterstück: die Bildauflösung der Hexenszene (Exekution). Aus drei Solotänzerinnen in Kostüm und Maske macht Doppelexposition ein zuckendes Knäuel unterweltlicher Ausgeburten. Die Wirkung auf dem Bildschirm übertrifft die auf der Bühne.

### Fotografischer Naturalismus

Fotografie ist zuallererst Naturalismus. Deshalb behalten veristische Opern auch bei Verlegung ihrer Außenszenen ins Freilicht künstlerische Überzeugungskraft. Allerdings müssen sich die Darsteller in Gesicht, Statur und Temperament bruchlos in Landschaft und Milieu einfügen. Zwei open-



air-Produktionen von Puccinis *Mantel* beschriften mit Erfolg diesen Weg, der WDR am Rheinufer, das Schwedische Fernsehen im Hafen von Stockholm. In beiden Fällen wurde die psychologische Einengung der Hauptfiguren durch Kompression des Bildausschnitts und der Szenerie auf die Enge der Kajüte ins Bild übertragen. Die Kölner Fassung basierte auf zwei symbolträchtigen Stimulantien, Wasser und Licht, auf der unterschwelligem Strömung („die Stunden verfließen wie da unten die Wellen“) und dem Flackern des fatalen Lichtzeichens. Versuche des Tschechoslowakischen Fernsehens, *Don Giovanni* und *Rigoletto* ins Freie, d. h. auf den Hradschin und in ein Renaissanceschloß zu verlegen, verliefen weniger glücklich (Regie Václav Kaslík), weil die ariose Stilisierung der Libretti offenbar in zu starke Spannung zum Naturalismus der Szenerie geriet.

### Fernseheigene Adaption

Die letzten Beispiele liegen auf der Grenze vom fotografierten (Freilicht)-Theater zur fernseheigenen Adaption. Wie weit die Bildregie die Oper als Gesamtkunstwerk weiter zu dichten vermag, zeigt die Produktion von *Hoffmanns Erzählungen* in der Regie von Karl O. Koch (W. D. R.). Klein Zack erscheint als bizarrer Homunkulus im Weinglas (Makrooptik); für Dr. Coppellius' „rosige Brille“ wird Spalanzanis Ballsaal zweimal vollständig aufgebaut, realistisch farbig für die normale Schauspielergesellschaft und in elfenbeinerer Überzeichnung für die von Tänzern dargestellte Halluzination. Über den Bildschirm setzt der Regisseur dem Zuschauer die Zauberbrille auf, so daß der nun erst ganz die tragische Faszination Hoffmanns begreifen kann. Dappertuttos Zauberdiamant gibt Gelegenheit, Porträts der verfallenen Seelen darin zu spiegeln. Antonia erscheint dem Rat Crespel als weiße Gestalt, zum Negativ umgepolt. In gleicher Verkehrung erscheinen der Antonia die Mutter und das überlebensgroße Phantomprofil Dr. Mirakels. — Die Fernsehadaptation kann auch drei Spielebenen einander durchdringen lassen. In der oberösterreichischen Christkindl-Kumêdi, Neufassung Cesar Bresgen, holt der Regisseur die Bilder abwechselnd von altertümlichen Kleinstadtstraßen, aus dem Spiel der Florianer Sängerknaben im Kirchenraum und von den Krippenszenen eines weltberühmten Schnitzaltars. Triviale Wirklichkeit, Laienspiel und bildende Kunst werden mittels Filmmontage als dreidimensionaler Spielraum für die Weihnachtsgeschichte durchlässig.

### Die neue Fernsehoper

Die Adaption traditioneller Werke führt folgerichtig zur Neukomposition von Fernsehoperen, die aus dem Geiste des Mediums konzipiert sind. Der Gewinner des ersten Salzburger Fernsehoperpreises 1960, Paul Angerer mit *Paßkontrolle* (Ö. R. F.), hat sich über den Charakter des Musiktheaters für den Bildschirm in diesem Sinne ausgelassen: Man komponiert für ein



Publikum in Alltagsverfassung. Die Musik hat Backgroundcharakter (Orchester unsichtbar) und ist einestheils illustrativ, andernteils dramatisch wortgebunden. Das Ideal dieser bildschirmbezogenen Tonsprache ist kammermusikalische Detailkomposition bei absoluter Textverständlichkeit für Millionen Premierebesucher ohne Textbuch. Die Partitur fixiert wie ein Drehbuch die Bewegung von Szene und Kamera. Die Ausstattung erlangt Symbolwert (Großaufnahme des Lautsprechers als „Geschick“, die Bahnhofssperre zum Jenseits).

*Die Auszeichnung* (N. D. R.), preisgekrönte Fernsehoper von Hans Poser, treibt die Technifizierung des Künstlerischen weiter. In gefilmten Vor- und Zwischenspielen erzählt der Onkel seine Geschichte, indem er aus dem Rahmen des eigenen Bildes steigt, sein Kinderfoto mit dem Griff nach dem Orden zeigt und sich selbst vor einem Uniformgeschäft sehen läßt, wo ihm die gelenke Kamera im Schaufensterspiegel Epauletten auf die zivilen Schultern setzt. Diese Intermezzi zu scheppernder Orchestriermusik stehen für die Seccorezitative der Opera buffa. Und nun die „Arien“, vier Singszenen im durchkomponierten Stil mit ariosen Ausweitungen, elektronisch aufgezeichnet, Zimmertheater. Die vordergründig bedeutsame Streicherbegleitung verarbeitet Leitmotive und Kennmelodien (Fanfare „Ritter der Ehrenlegion“). Die Musik ist eigenständig und wird auch von der Bildregie nicht ausgelaut, weil die Bildseite an sich selbst genug hat. Was sich in der Fernsehoper ankündigt, ist eine Kunstgattung, die dem surrealen Film Cocteus (*Orphée*) und dem Filmtanzwerk Gene Kellys (*Invitation to the Dance*) vergleichbar ist.

### Das Medium Experimentieren

Die Fernsehoper stellt die gleiche experimentelle Frage wie Versuche auf instrumentalem und elektronischen Gebiet: „Welche neuen Möglichkeiten eröffnen Film- und Fernstechnik für die künstlerische Gesamtwirkung?“ Der surreale bildende Künstler Pavel Rovel, Prag hat als Regisseur der dramatischen Kantate *Antigone* von Isa Krejčí (Č. S. T.) 1964 eine substantielle Lösung gezeigt, die ihren spirituellen Ahnherren, den Dadaismus der 20er-Jahre, nicht verleugnet. Die singend agierende Antigone projiziert Rovel vor einen Filmfries methaphonischer Bildmontagen aus Dokumentarfilmen über griechische Statuen und Tempel, über Bürgerkrieg und Exekutionen. Mikro- und Makrooptik, Rück- und Negativprojektion, Wechsel von Beleuchtung, Kostüm und Szene um die gleiche Figur manchmal Schnitt auf Schnitt kennzeichnen diese Bildregie. Von Kreon erscheint nur der singende, bildschirmfüllende Mund eines Molochs im Negativ, der am Ende Antigone verschlingt. Die von Hermann Scherchen in der „Erwartung“ experimentierte Hinausverlegung der Imagination in die Landschaft entwickelt Rovel weiter zur Montage stellvertretender Bilder. Hier wie dort blieb der musikalische Vorwurf unangetastet.

Hermann Scherchen hat übrigens in seinem Gravensaner Studio auch die **stochastische Musik von Iannis Xenakis ins Bild gesetzt**. Xenakis forderte in den *Gravensaner Blättern* Nr. 23/24 ursprünglich eine Bewegung von Lichtquanten, Photonen, an Stelle von Schallpartikeln. Eine Photonenkanone sollte nach Intensität, Frequenz, Dichte und Zeit sich unterscheidende Rasterwolken erzeugen. Scherchen filmte jedoch die Atmungsbewegungen von 32 Systemen seines rotierenden Kugellausprechers mittels einiger Ultraviolettstrahler. Die gewonnenen Lichtmuster wurden mit der eigens dafür eingerichteten Musik von Xenakis synchronisiert.

## Instrumentale Präsentation

Auch die instrumentale Präsentation versucht, die engen Grenzen ihrer konzerthaften Situation zu verschieben. Der Bild- und Informationswert „Künstler am Instrument“ sinkt schnell unter die Schwelle des Interesses, wenn nicht immer neue spieltechnische Varianten oder lohnende Details des Instrumentenbaues entgegenwirken. Die Realisierung von Leoš Janáček's „Konzertanter Musik für Waldhorn, Klarinette und Pianoforte“ durch Dusan Havlíček (Č. S. T.) demonstriert den Fall: sobald ihm der Bild- und Informationswert der Soloinstrumente verbraucht erscheint, führt er in den konzertierenden Bildwechsel ein Double ein: für das Waldhorn ein Kinder Gesicht, für die Klarinette einen Glasbläser. Spiel- und Arbeitsgesten beleben die Bilder dieser Stellvertreter. Gag hin, Spleen her, durch die Verdrängung erfährt der analytische, eng an die Musik angelehnte Bildschnitt eine Steigerung.

Kurzfilmdrehbücher für „Virtuose Kaprizen“, die nicht ins Double ausweichen wollen, suchen dem gegebenen optischen Material unverbrauchte Aspekte abzugewinnen, durch die der Autor dem Publikum Vorstellungen vermittelt, die die Musik ihm selber eingibt. Der letzte Satz aus der Sonate für zwei Klaviere und Schlagzeug von Béla Bartók wird als Vorgang der wiederholten Perkussion (Zerstäubung) von thematischer Substanz aufgefaßt. Also setzt sich die Ebene des Studios zweimal in kreisende Bewegung bis zur Verwischung der Konturen, das erste Mal mit der Bewegungsachse in der Bildmitte (Propellereffekt), das zweite Mal außerhalb (Windmühleneffekt). Dieses Bilderkarussell wird mit Schlaglichtern, Standfotos von Bewegungsphasen der Musik, für Sekundenbruchteile gespickt. Zum ersten Halt kommt es auf einen konstruktiven Paukenschlag, zum zweiten auf den verlöschenden Wirbel der kleinen Trommel in den letzten Takten. — Das „Capriccio für Violine und zwei Soundtracks“ von Henk Badings erfährt eine entsprechende expressive Analyse, indem die elektronischen und konkreten Klangobjekte der Tonspuren rückläufig die Apparaturen und Instrumentaleffekte in Bewegung setzen, denen sie ihre Entstehung verdanken.



## Bildungsintensiver Journalismus

Die journalistischen Mischformen sind andragogische Leitplanken zum „Musikverständnis“ von Millionen. Das Feature „Von der Probe zur Premiere“, Regie Hans Seidel (B. R. F.) kann eine neue Operngemeinde interessieren, ein Komponistenporträt macht aus einem Namen die faßbare Figur des Kulturlebens. Die komplexe Dramaturgie der Mischformen stellt auf engem Raum viele Regieaufgaben. Pädagogische Zentralthemen sind Partitur und Instrument, die sichtbaren Vehikel des Musizierens. Es mehren sich die Ansätze, die tönende Druckpartitur oder auch das Autograph zu projizieren und durch Lesehilfen wie Pfeile, Instrumentierungssymbole und Lichtbänder aufzubereiten. Dieser Angriff auf das musikalische Analphabetentum wurde am entschiedensten von Leonard Bernstein in den Omnibus-Sendungen „The Joy of Music“ der 50er Jahre vorgetragen (USA). Bernstein erreichte immerhin 20 bis 30 Millionen Zuschauer mit der Frage „Was macht eine Oper groß?“ und mit der „Einführung in die Neue Musik“.

Als instrumentenkundlichen Pilotfilm produzierte der WDR das „Interview mit dem Klavier“. Was weder Klavierstunde noch Konzertbesuch vermitteln, gibt der Film: Geschichte, Bauart und Spielweise der Tasteninstrumente. Kostbare Klavichorde, Spinette, Cembali und Hammerflügel werden instruktiv gezeigt und in über 50 ausgesuchten Literaturbeispielen akustisch verglichen. Der Flügelbau vollzieht sich vom Rahmenguß bis zur Intonation im Zeitraffer. Die ganze Serie gleicht dem Rundgang durch die bedeutendsten Instrumentensammlungen und -werkstätten Europas und durch die Workshops großer Interpreten. Mit diesem tönenden Bilderbuch der Kulturgeschichte leistete das Fernsehen Unersetzliches und Unvertretbares.

## Mea maxima culpa

Nach Ablauf einer Reihe von internationalen Fernsehkongressen und -festivals drängen sich dem aufmerksamen Beobachter einige permanente Schwächen der Musikregie für den Bildschirm auf. *Der Westentaschen-Ben Hur*: Ein angloamerikanischer Klossalstil der Opernregie, der u. a. von Rudolph Cártier, dem erfolgreichen Science-Fiction-Regisseur der BBC, entwickelt wurde und die Musikdramatik mit Disney-likes Monstrebauten und Tricks überfrachtet (Arthur Bliss *Tobias and the Angel*, BBC). — *Die Oberlehrer-Sinfonik*: Nicht nur vor Orchestern, auch am Regietisch gibt es die provinzielle Beflissenheit des audiovisuellen Botanikers, der noch für Triangelschlag und Harfestimmen ein Close-up übrig hat. Dieses Herumhopsen im Orchester, das dem Musikfreund auch den letzten Einsatz „liefert“, verbietet das Kunstwerk zur Shownummer und das Dabeisein zur Indiskretion. Die goldene Mitte der Mitteilbarkeit liegt zwischen der Dauertotalen und dem Heranholen des letzten Musikers. — *Die biographische Schmonzette*: Wer über Musik nachzudenken nicht gelernt hat, hält sich an



den Digeststil des belletristischen Gemeinplatzes. In „Chopinianas“ begegnet man hinter illuminierten Hotelfassaden einsam befrackten Pianisten beim Kerzenschein. In „Schumann-Träumereien“ schlachtet eine klamottenhafte Clara Tagebücher und Briefe aus, während ein blumendekoriertes leeres Ruderboot, die Erinnerung, aus dem Bild gleitet. Die Bildklischées stehen in beschämender Beziehungslosigkeit zum mißhandelten Musikgut. — *Die Salonfolklore*: Europäische Volksmusiksendungen gleichen mit rühmlichen Ausnahmen wie „Engelkinder“ (N. D. R.) und Tobi Reiser-Gruppe (B. R. F.) einer Nonstoprevue mit Kinderchor vor Pappanorama. Reportagen aus China, Indonesien, Japan und Indien erheben sich über dieses Niveau des Touristensouvenirs nur dort, wo man die katastrophalen Folgen der Westernization erkannt hat. Die UNESCO hat den Internationalen Volksmusikrat mit dem Aufbau einer exemplarischen Leihfilmothek beauftragt.

#### Musiksendungen ohne Konkurrenz

Läßt sich sagen, von welchen Musiksendungen des Fernsehens die stärksten und uneingeschränkten Wirkungen zu erwarten sind? Wenn wir von den unwägbarsten Konsequenzen bevorstehender Neuerungen wie Farbübertragung, Breitwandschirm und Stereoton absehen, darf man wohl für die Gegenwart aussprechen, daß Musik dann über den Bildschirm zu optimaler Wirksamkeit gelangt,

- wenn die Ausstrahlung einer künstlerischen Persönlichkeit so stark ist, daß sie alle technischen Fermente der Übertragung vergessen läßt,
- wenn Musik und technisches Medium so in einer künstlerischen Konzeption verschmelzen, daß beide unlösbar aufeinander angewiesen sind,
- wenn sinnlich-ästhetische Einbußen des übertragenen Gegenstands durch geistige Vertiefung und bildlichen Qualitätszuwachs ausgeglichen werden.

# Musical Dramaturgy for the Screen

Authors' and Producers' Problems

by

JÖRN THIEL

Holofernes: I did away with mirrors because they had the impertinence to double my face, which is unique. Nestroy

He who, desiring to change, looks into the mirror, has changed already. Seneca

## The Music Producer

Musical performing practice, questions of style and of meaning are in a state of flux since the advent of television, as they were in the early days of the film. That intangibly artful sound phenomenon, music, is obliged to take concrete shape according to the laws of pictorial form and of vision. The classical way of producing opera and the conventional staging of concerts did not turn out as being very sympathetic to the screen: that is where the problem starts in producing music on television. The producer, as will be seen, acts as a dramaturgist and vice versa, and both of them are expected to outdo (and frequently overtax) themselves as script writers, press photographers and "all-round artists". In No. 25 of the *Gravesano Review* José Bernhart (RTF) and E. G. M. Alkin (BBC) described the ramified organisms of sound and picture recording, which are connected to the television producer like hoses to a hydrant. The producer therefore ought to have the musicality of the conductor, the ears of the sound engineer, the eyes of the cameraman, the education of a scientist and the intelligence of a psychologist if he wants to give a virtuoso performance on the complicated instruments. This instrumentation is necessary to master an audio-visual room having little to do with the accustomed dimensions and acoustics of the theatre, concert hall or church. The totality of the aural and visual universe is at the disposal of the man who is capable of turning this into an artistic whole.

## Technical Apparatus and Dramaturgy

The musical repertoire grew with the technical apparatus. Stage producers, conductors and choreographers look like specialised half-brothers with clearly defined fields of activity as against this all-round man who may have to produce a maypole dance today, a lieder recital tomorrow and a cathedral concert the next day. And he can even consider himself lucky to be a serious producer who has to edit nothing but music for its televisionary circulation of some millions. A multitude of methods are at his disposal

for the solution of each case, and experience has shown that the technical procedure can determine as well as be determined by the script and the production.

An example from folk dancing and music: the subject concerned is the dance around the linden tree at the Alpine spring festival. Technique for Version A: Studio, tape recording of the music. A dance floor is built in the studio. The couples from the village arrive bringing their maypole consisting of a pole with coloured ribbons, and after setting this up in the studio they demonstrate their dance, artfully winding the ribbons around the pole while the tape is played back. Brief interview with the leader of the group in an interval.

Technique for Version B: Mobile sound and video tape units. The dance takes place on a platform built for the purpose in the village centre out of available material. Audience and mountains as backdrop. The local colour is heightened by suitable inserts recorded during the performance.

Technique for Version C: Camera team with playback equipment, sound camera (tripod), silent hand camera. All that is recorded on May Day itself is the long shot and the sound, which is eventually played back for close-ups. This considerable mobility makes it possible to represent the whole traditional festival from a number of different angles: the maypole dance can be taken from the dancing-platform while the maypole is set up and decorated. *Tonnenschlagen* and *Kranzlstechen* (beating the barrels and stabbing the wreaths) by the boys on horseback, and compulsory singing. Cut to *Blochziehen* in the next village where the maypole is dragged in because there was no wedding in the winter. Celebration of a mock wedding. Cut back to the linden tree dance in the village centre; fade-in of a "storeyed tree" accessible by steps and boards at various levels. Dancing on this folkloristic monstrosity with the final montage showing the maypole carried, decorated, danced about, tugged about, sawed apart, and danced on top of.

The increase of technical and dramaturgical quality is accompanied by a corresponding rise in the communicative and expressive potential while at the same time making greater demands on the author and producer. Perhaps it was this realisation which prompted Hermann Scherchen to his experiment with Arnold Schoenberg's *Erwartung* with Helga Pilarczyk singing a number of concert versions standing between two loudspeakers through which the previously recorded orchestra part was played back stereophonically. Then the vocal recording was dubbed in for increased clarity of diction in the open-air picture shots made to another playback of the music. Scherchen transplanted the woman's roamings, full of premonition, into the Tessin landscape. Even if the picture did not quite squeeze the last drop out of the latent possibilities, this film version does represent a milestone along the evolution of the musical film.



## Live Improvisation

A dodecaphonic cantata can be planted in the wooded hills and a folk dance in the studio: the catalogue of producers' problems is endless — let us look at a few basic questions only, starting with live transmission. The strength of any live transmission lies without any doubt in the transmission of a powerful artistic personality in action, possibly improvised. A lieder recital by Elisabeth Schwarzkopf (BBC), Pablo Casals' master class (NET), orchestral rehearsals with Hermann Scherchen in Beethoven's *Battle at Vittoria* (DSR), with Sergiu Celibidache in Stravinsky's *Firebird Suite* (SRT) and Ferenc Fricsay in Smetana's *Moldau* (SDR) have remained in memory as peak achievements in television. The compulsion of *hic et nunc* for the artists, producers and technical staff is transformed into manifest dramatic quality, especially in the case of the orchestra workshops. The mobility of the electronic cameras connected in parallel allow the producer to choose the best possible picture out of the many good positions at his command.

## The Analytical Picture

By this method, which almost always takes advantage of multiple recording, the piece of music under consideration is constructively analysed by the picture. In 1960, a new standard was set by Rolf Unkel's production of Ravel's *Introduction and Allegro* for harp, flute, clarinet and strings (SDR). Each image analysed the form, staggered the instrumentarium, gave a clear arrangement of the sound, and heightened the musical experience through suggestive illustration of the instruments. Such quality productions require camera rehearsals to a strict schedule.

When the BBC presented Rostropovich in Shostakovich's cello concerto, each theme was followed by its own camera which changed position to shoot the instruments or sections playing it, to the extent of giving an optical representation of the solo cello's stretto with the horn as a sandwich and double exposure. This analytical production requires artistic decisions based on a thorough knowledge of and insight into the composition. Some attractive and even exciting shots can be made of the otherwise awkward symphony orchestra, if the flower vases, wooden music desks and seating in blocks are departed from to the benefit of stepped seating as in dance bands and some careful lighting.

## Ballet

In most cases it will be necessary to give the viewer a definite impression of space and direction by the use of only a few unvarying picture axes. The camera schedule is not determined by the musical architecture or the instrumentation in this case, but by the choreography. The music has already been translated into space, so all the producer has to do is to preserve this choreographic conception, supporting it by the picture rhythm. Rough handling

of the choreography will pull the music into its wake: if the precision of individual movements is atomised out of the "fly's eye view", the articulation of the music will likewise evaporate (Stravinsky's *Agon*, NDR 1963). If the juxtaposition of long shots dissects the flow and the sequence of movements in space because the naked horizon found its way into the frame where it jumps all over the place, the great line of the music will also disintegrate. But if the camera takes advantage of its ability to get away from the apron and take the ornament of the floor pattern in plan view (as a normal viewer can do only from the gallery), it will do for ballet music what showing the score would do for absolute music.

French-influenced genre ballet with a literary tendency and surrealist décor (Béjart's *La Reine Verte*, RTB) and classical pantomime (Marcel Marceau, *Un Jardin Public* directed by Paul Paviot, 1956) with its cinematographic extension to naturalistic and trick locations (Samy Molcho, *Mimovision*, ÖRF and ZDF 1964) are either so lacking in music or so full of décor that there is no room for musical choreography and picture production. However, in *Symphonie pour un homme seul* (directed by Louis Cuny for Ceres-Film in 1956), Béjart showed how effectively musical climaxes can be prepared and supported by half-long and long shots. In the New Year's concert of the Vienna Philharmonic (ÖRF) Hermann Lanske gave an interesting example of space extension in the case of the classical ballet: starting from the orchestra in the concert hall, the camera panned up to the organ and finally to the painted ceiling; here, the waltzing ballet group was faded in, taking up the movements of the conducting orchestra leader — all this imparted to the music of Johann Strauss a high degree of optical reality.

### Methods of Operatic Production

The central problem of ballet production is to capture the movement in front of the camera by quick camera action. The central problem of opera production is to melt down the retarding and contemplative elements, the static poses of aria singing and of choral blocks, into movement by the camera. In other words, the television producer's work begins where the stage production ends. Let us first recall the various production methods he can adopt.

*The live telecast* from the stage is the least satisfactory. The picture-postcard long-shot predominates as there is no extra lighting for the close-up, and it would ruin the stage atmosphere if used. The long-focus lens clears the orchestra ditch and the distance only at the cost of flattening the stage depth. If an ensemble scene has been pulled far apart by the stage production (*Der Rosenkavalier*, produced by Czinner), the fettered camera will not gain any half-long shot which might be able not only to give a subtle picture of the diverging psychological states of the individuals but also to make an optical reality of their musical connection as a group. Photography



“for the tenth row”, showing a standing person of about half screen size, makes the television audience miss the view of the whole stage it would have in the theatre, while close-ups catch only fragments of a setting meant to be seen as a whole.

There are hardly any halls large enough to accommodate the stage group as well as the orchestra, as would be ideal for a *live studio production*.

The way out is to use a *remote orchestra*, which can at least be in suitable acoustical surroundings, as the picture studio is likely to be too dead. Communication both ways is achieved through monitors, assistant conductors and loudspeakers. Rows of fixed microphones and delayed loudspeakers providing the sound in the picture studio hamper movement in the productions as the possibility of a howl-round must never be lost out of sight.

This difficulty is overcome by the *playback method*, giving a full scope of action to the pre-recorded sound and enabling certain film methods to be adopted. But if the sound recording is made too far in advance, the singers may have some difficulty in giving a convincing action to the recording they can no longer change.

This schizoid trait is carried to its absurd extreme if the *singers are doubled by actors*. This “perverse, immoral imbroglio” (André Goléa, Paris) is now counted among the teething troubles of opera production. The advantages of an optimum cast pale in the face of the notorious failure of the doubles to imitate the movement of the singers’ vocal organs — even singers doubling their own parts frequently look lame compared to the intensity of their prerecorded sound.

### Recording the Operatic Sound

Cinerama sound has shown what musicians can reasonably demand. A single-channel anechoic recording with subsequent addition of reverberation will not do. The West German Radio Company WDR in Cologne has drawn the consequences and records four tracks of all monophonic television opera sound:

1. orchestra in imaginary distance
2. soloists in anechoic proximity
3. distant orchestra and choruses with clear diction
4. sum of all microphones.

Out of these four tracks, the one suiting each shot is chosen, track 1 being used to accompany the singers and chorus and track 4 to bridge the gap between changes of scene and changes between tracks 1 and 2. The sensitivity of this method of production still has a slight blemish, namely the uniform frequency response of all tracks. At the television congress held at Salzburg in 1962, the experts agreed that the spectrum of a sound source is not independent of the distance as the air absorbs the higher components: the ear perceives a more complete set of harmonics of, say, a violin from



a distance of about 2 ft. (close-up) than from 30 ft. (long shot). Filters accentuating the treble in the case of close-ups and attenuating it for long shots would make it almost unnecessary to resort to such pseudo-effects as changing the volume.

Let us summarise the pros and cons of the various production methods:

- Live,        pro: harmony of singing and acting (including dialogue) without the rigidity of perfection  
              contra: difficulty in adapting the sound to each picture change and in telegenic casting
- Playback, pro: acting unhampered by singing, camera unhampered by acoustic considerations; high-class sound recording materially increases the effect  
              contra: acting and camera speed rigidly fixed by pre-recording; disillusioning mistakes in synchronisation
- Doubling, pro: optimum cast for sound and picture  
              contra: singing mistakes by the actors prejudicial to artistic unity; too great difference between singing and speaking voices.

### Stage Commentary

Here, the audience is expected to reconstruct the dramatic situation for itself, from the way the scene is represented (opera-glass rhetorics). The frequent alternation between fast and slow action, characteristic of opera buffa, favours elegant picture editing. In Puccini's *Gianni Schicchi* directed by Hans Busch (NDR) the camera hardly moved at all, concentrating almost entirely on the action: the setting could be reduced to the bare essentials. Georg Rudolf Sellner's coverage of Karl Orff's *Die Bernauerin* (BRF) was quite different: here it was the setting (coat of arms, shield, wooden beams) which was raised to importance as a symbolical "character", putting life and atmosphere into the scanty scenery surrounding the statuary persons. Sellner's masterpiece was the way the picture dissolved in the witch's scene (execution): three solo dancers were turned by double exposure into a convulsing tangle of sub-natural excrescences — the screen effect surpassed that on the stage.

### Photographic Naturalism

Photography being first and foremost naturalism, veristic operas retain their artistic conviction even if their open-air scenes are actually played in the open, although in that case the actors' faces, figures and temperaments must completely fit into the countryside and environment. Two open-air productions of Puccini's *Cloak* successfully adopted this method: the WDR placed the scene on the banks of the Rhine and the Swedish television company in Stockholm harbour. In both cases the psychological constraint of the main characters was made visible by compression of frame and scenery

into the narrowness of the cabin. The Cologne version was based on the two symbolically meaningful elements of water and light, used as a sub-conscious current ("The hours flowed by like the waves down there") and as the flickering of the fatal signal light.

Václav Kaslík had rather less luck with his attempt for Czech television to take *Don Giovanni* and *Rigoletto* in the open, i. e. at Hradšín castle and in a Renaissance palace respectively, evidently because the arioso stylisation of the libretti was too much at loggerheads with the naturalism of the scenery.

### "Specially Adapted for Television"

The last examples mentioned are already on the border between photographed (open-air) theatre and special television adaptation. But television production can add a considerable creative component to opera regarded as *Gesamtkunstwerk*, as proved by Karl O. Koch's production of *Tales of Hoffmann* (WDR), with Klein Zack appearing as a bizarre Homunculus in a wine glass; for Dr Coppelius's "rose-coloured spectacles" Spalanzani's ballroom is completely built up twice, in realistic colours for the normal company of actors, and covered in ivory for the hallucination represented by the dancers, the producer using the screen to put the magic glasses on the faces of the audience, which will then quite seize the meaning of Hoffmann's tragic fascination. Dappertutto's magic diamond can be used to mirror the portraits of the lost souls. Antonia appears to Councillor Crespel as a white figure, by pole-changing to produce a picture negative, by which trick Antonia herself sees her mother and the larger-than-life phantom profile of Dr Miracle.

On television, three scenic planes can be combined into one, as in Cesar Bresgen's new version of the Upper Austrian *Christkindl-Kumêdi* (Christmas play), where the producer kept changing the scene among narrow ancient streets, the nave of St Florian's, Vienna, with the choir boys' Christmas play, and the nativity scenes of a world-famous carved altar-piece. Trivial reality, amateur acting and the plastic arts transmit the nativity story as a three-dimensional scene obtained by montage.

### The New Television Opera

The adaptation of traditional works logically leads to the composition of operas especially for television. Paul Angerer, who wrote the first Salzburg television prize opera, *Passport Control* (ORF, 1960) had this to say about musical theatre for the screen: it is written for an audience in an everyday mood; the music is in the nature of a background, especially as the orchestra is invisible — its rôle is twofold, being illustrative as well as closely tied to the words; the ideal of this musical television idiom is detail work in chamber-music style, including absolute clarity of diction for millions



of first nighters with no libretto. The score includes complete directions for the scene and the camera like a finished script. The décor is given a symbolic value, such as the close-up of the loudspeaker representing "fate", and the station barrier to the Hereafter.

Hans Poser's prize television opera *Die Auszeichnung* (The Medal; NDR) carries the technification of art a step further. In a prelude and the interludes the Uncle tells his tale by stepping out of the frame of his own portrait, showing the photograph of himself as a child reaching out for the medal, and finally appearing in front of a uniform shop, where the agile camera manages to put epaulettes on his civilian shoulders in the reflection in the showcase. These intermezzi, accompanied by some rattling orchestration music, stand for the secco recitatives of opera buffa. The "arias" comprise four sung scenes in a through-composed style with arioso extensions, in "little theatre" atmosphere and pre-recorded. The string accompaniment, obviously pointed, develops leading motives and theme tunes, such as the "Knight of the Legion of Honour" fanfare. The music can stand up for itself and is not watered down by the picture as the latter is also self-sufficient. The new medium of television opera is a branch of art comparable to the surrealist film of Cocteau (*Orphée*) and Gene Kelly's film ballet *Invitation to the Dance*.

#### The Experimental Medium

Television opera evokes the same question as comparable experiments in instrumental and electronic music: "What new possibilities are opened up by film and television technique to benefit the overall artistic effect?" The surrealist painter-sculptor Pavel Rovel (Prague) showed a substantial solution, not denying its spiritual ancestor of dadaism of the 1920's, in his production of Isa Krejčí's dramatic cantata *Antigone* of 1964 (ČST), projecting Antigone's singing and acting in front of a film frieze of metaphorical montages from documentaries on Greek statues and temples, on civil war and execution. This type of picture production is marked by micro- and macro-photography, back and negative projection, and different lighting, costume and scenery sometimes for each scene. All that is seen of Creon is a screenful of singing mouth of a Moloch in negative, which finally devours Antigone. While Hermann Scherchen did the experiment of taking his audience into the open air for *Erwartung*, Rovel went further and developed a montage of representative pictures. The original music was not changed in either case.

Hermann Scherchen incidentally also produced a picture for the stochastic music of Iannis Xenakis in his Gravesano studio. In *Gravesano Review* No. 23/24 Xenakis suggested a movement of quanta of light, i. e. photons, to replace the grains of sound: "A photon gun could, in theory, produce photons of any desired frequency, energy level and density, as in the . . .



acoustic screens, so that we could create streams of light analogous to the music originating from a sound source" (p. 184). What Scherchen did, however, was to use various light projectors to create light patterns that move in harmony with some of Xenakis's music.

### Presentation of Instrumental Music

While a concert-goer will sit still for a whole evening listening to and looking at an artist at his instrument, he will not do so in front of a television screen showing the same scene. Therefore television must use certain tricks if it wishes to present an event valued primarily for its acoustic rather than for its optical quality. Dusan Havlíček's presentation of Leoš Janáček's "Concertant Music" for horn, clarinet and piano is a case in point: as soon as the informative value of the instruments appears used up, the horn is replaced by a child's face and the clarinet by a glass blower, the two playing and working quite to the rhythm and expression of the music. Call it a gag if you wish, the fact remains that the picture not only closely follows the music in an analytical — not merely analogous — way, but considerably increases its effect.

Short pieces do not allow the escape to "doubles" replacing the instruments, and here the author must try to gain a new aspect of the given optical material, thus imparting to the audience impressions which he received from the music himself. Thus the last movement of Bartók's sonata for two pianos and percussion was considered as a process of repeated percussion (disintegration) of thematic substance. The plane of the studio starts rotating twice to the point of blurring the outlines both times: the first revolution is about the picture centre (propeller effect), while the second centre of rotation is outside the frame (windmill effect). This round-about of pictures is interspersed with highlights and with stills of the musicians in action, lasting only fractions of a second. The first pause is on a constructive drum beat and the second is only a few bars before the end on the side-drum roll *morendo*.

Henk Badings's *Capriccio for Violin and Two Sound Tracks* is expressively analysed in a similar way in that the electronic and concrete sounds cause a reverse movement of the equipment and instrumental effects used to make them.

### Cultural Journalism

The hybrid forms of journalism include andragogic guides to the "appreciation of music" for the million. The feature "From Rehearsal to First Night" produced by Hans Seidel for BRF may be interesting to "opera freshmen", while a composer's portrait can turn a mere name into an understandable character of musical life. The complicated dramaturgy of the hybrid forms poses many production problems. Score and instrument <

the visible vehicles of music — constitute the central educational themes. There is an increasing amount of projection of the printed or autograph score including some reading aids like arrows or instrument symbols, the prime crusader against musical analphabetism along these lines being Leonard Bernstein, whose question "What makes an opera great?" and whose "Introduction to New Music" reached an audience of 20 or 30 million in his series *The Joy of Music* broadcast in the 1950's.

WDR produced a pilot film of instrumentation, *Interview with the Piano*, showing something that can be learnt neither in the piano lesson nor at a concert, namely the history, construction and technique of keyboard instruments: precious clavichords, spinets, harpsichords and hammer-claviers are presented in an instructive way and their sound is compared in over 50 selected examples from the literature. The manufacture of a modern grand piano can be seen from the casting of the frame to the toning of the hammers. The whole series is like a round tour of the most famous instrument collections and factories of Europe and of the workshops of great performers. This acoustic picture-book of cultural history was an invaluable achievement which could not have been fulfilled any other way as successfully as by the medium of television.

#### Mea Maxima Culpa

An attentive observer at a number of international television congresses and festivals will have noticed a number of weaknesses permanent to musical production on television.

*The pocket-size Ben Hur*: a colossal style of opera production, of Anglo-American provenance, developed by the BBC's successful science-fiction producer Rudolph Cartier, and overloading the musical drama with Disney-like monster sets and tricks (Arthur Bliss's *Tobias and the Angel*, BBC).

*The orchestral schoolmaster*: not only in front of orchestras but also seated at the control desk do we find the provincial zeal of the audio-visual botanist who has a close-up left for everything down to the clink of the triangle and the murmur of the harp. This style of bouncing about the orchestra, "providing" the music-lover with even the humblest entry, turns a work of art into a precious show number and abases "being there" to the point of indiscretion. The golden mean of communicativeness is somewhere between the continuous long shot and the presentation of the least member of the orchestra.

*The biographical fiddlestick*: people who never started thinking about music stick to the digest style of the belletristic eyewash. In "Chopinianas" we see illuminated hotel façades, behind them lonely pianists in white ties and candle light. "Dreams of Schumann" are full of diaries and letters mass-produced by Clara looking like a relic out of the old clothes cupboard while an unmanned beflowered rowboat, memory, glides out of the picture.

The stereotyped pictures are humiliatingly irrelevant to the assaulted and battered music.

*Drawing-room folklore*: but for some noble exceptions like *Engelkinder* (Angel Children; NDR) and the Tobi Reiser Group (BRF), European broadcasts of folk music are rather like a non-stop revue with a juvenile choir in front of a pastorama. Accounts from China, Indonesia, Japan and India rise above this standard of the tourist souvenir only in the cases where the catastrophic effects of Westernization have been recognised. UNESCO has commissioned the International Folk Music Council to build up an exemplary lending film library.

### Musical Broadcasts without Competition

Can we say which musical television broadcasts can be expected to have the greatest and most certain effect? Neglecting the imponderable consequences of impending innovations like colour television, wide-screen tubes and stereophony, we might pronounce the present verdict that music will attain its optimum effect on the television screen

if an artist radiates so strong a personality as to make us forget all the technical ferments of the transmission,

if the music and the medium so fuse in an artistic conception as to depend inseparably on each other,

if the sensual and aesthetic loss to the object transmitted is compensated by an increase of profundity and of quality due to the picture.



# Oper im Fernsehen

Thesen und Anregungen

IMZ-Kongreß, Wien, Juni 1964

Karl O. Koch

Opern, welche mehr epischen als dramatischen Charakter haben, eignen sich in erster Linie für das Fernsehen. Das Szenenbild sollte dem Zuschauer Spielraum für die Phantasie lassen. Das Wesentliche, was die Kamera zeigen kann, ist *die Landschaft des menschlichen Gesichts*.

Siegfried Gosslich

Die „Blickdiktatur“ der Kamera führt zu Erlebnissen, die dem Zuschauer sonst unerreichbar bleiben. Die Kamera vervielfältigt die erfassbaren Persönlichkeitsäußerungen. Fernseh-dramaturgie ist *interpretierende Detailregie*.

Heinz Bruno Gallée

Die Qualität des Fernsehbildes hängt in hohem Maße von der Beleuchtung ab. Erst Licht und Schatten geben den Grautönen des Schwarzweißfernsehens jene Symmetrie der Kräfte, die im Bildgefüge zur Harmonie wird.

Rudolph Cartier

Bei speziell für das Fernsehen geschriebenen Opern sollten Librettist und Komponist *die Gesetze des kleinen Bühnenraums* vorher genauestens studieren.

Helmuth Matiasek

Das Fehlen von Ouvertüre, Arien und Zwischenmusiken unterscheidet *Falstaff* von der Nummernoper. Diese Musik kann als Dialog aufgefaßt werden. Das ermöglicht eine seltene Direktheit. Nie gibt es die bekannte Verlegenheit: Was tritt ins Bild während einer endlosen Arie? *Auf dem Bildschirm* vollzieht sich die eigentliche Abkehr von der statischen Opernform des 19. Jahrhunderts.

# Opera on Television

## Suggestions and Ideas

IMZ Congress, Vienna, June 1964

Karl O. Koch

The first choice for TV are operas of an epic rather than dramatic character. The scenery should give scope to the viewer's imagination. The essential thing that the camera can show us is *the scenery of the human face*.

Siegfried Gosslich

The camera's "visual dictatorship" leads to experiences otherwise unattainable to the viewer. The camera multiplies the communicable expressions of personality. TV dramaturgy involves *detailed production with an interpreting implication*.

Heinz Bruno Gallée

The quality of the TV picture depends to a large extent on the lighting. It is light and shade which endow the half-tones of black-and-white TV with that equilibrium of forces which turns into harmony in the picture composition.

Rudolph Cartier

In the case of operas written especially for TV, librettist and composer should have studied the *laws of the small stage-area* — the screen — before setting to work.

Helmuth Matiasek

The difference between *Falstaff* and the opera of numbers is that there are no overture, arias, or interludes. This music can be interpreted as a dialogue, enabling a rare directness. The awkward problem of what to do with the picture during and endless aria never arises at all. *The TV screen* is the actual scene of the reaction against the static form of the 19th-century opera.

# Musik im Fernsehen

Gedanken über ein Abc der Bildgestaltung

von

LIONEL SALTER (BBC London)

Wichtigste Voraussetzungen:

1. Das Fernsehen unterstützt die Klangwirkung und das Verständnis der Musik, indem es den Sehsinn hinzufügt, d. h. einem Publikum, das Schallplatten und Rundfunk zu einer künstlichen Anschauung eines entkörpernten Schalls erzogen haben, wiedergibt.

2. Das Bild darf die Konzentration des Hörer-Betrachters auf den musikalischen Gedanken nicht stören.

Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, seien die folgenden Richtlinien als Grundlage einer Fernseh-Grammatik vorgeschlagen:

1. Alle Aufnahmen, Kamerawechsel und -bewegungen müssen musikalisch motiviert sein. Also keine ablenkenden Schnitte und keine noch so schön zusammengestellten oder visuell befriedigenden Bilder als Selbstzweck! Die Kamera muß sich nach der Partitur richten, Ohr und Auge müssen parallel laufen. (Dies entspricht den Qualitätsmerkmalen der Ehrlichkeit und Musikalität einer Aufführung).

2. Diese Parallelität verlangt exakten Bildausschnitt. Bei Orchesteraufnahmen muß das rechte Instrument zur rechten Zeit zu sehen sein — und dann muß es auch deutlich gehört werden. Vermeide Synekdoche, z. B. Nahaufnahme einer einzelnen Geige während eines Streichertuttis; umgekehrt sollte man bei einer Solostelle nicht die ganze Gruppe, also bei einem Hornsolo nicht auch alle anderen Hörner, mitzeigen. (Entspricht der musikalischen Genauigkeit und Sauberkeit.)

3. Der Bildwechsel muß sich der Musik in Tempo und Stimmung anpassen: ein langsamer oder ruhiger Satz verträgt nicht so viele Bildwechsel wie ein schneller oder erregter. (Tempo)

4. Bildwechsel gehört nur zu musikalisch sinnvollen Stellen, z. B. zum Schluß eines Motivs, Gedankens oder Abschnitts — bei einem Bildwechsel mitten im Thema würden sich Ohr und Auge widersprechen. Der Bildrhythmus muß dem Rhythmus der Musik folgen. (Rhythmus)



5. Die Wahl zwischen Schnitt und Einblendung hängt wieder von der Partitur ab. Überblendung sollte sich auf überlappende Motive oder überhaupt nur auf eine Musik von sehr fließendem Charakter beschränken. (Artikulation)

6. In das Bild eines Solisten sollte nie ein zweites Bild desselben Solisten *eingebildet* werden. (Entspricht etwa einem übermäßigen Pedalgebrauch auf dem Klavier.)

7. Nach einer Reihe Einblendungen wirkt ein Schnitt schockartig; mit dieser Wirkung läßt sich ein Sforzando deuten. Einfahren oder Einzoomen bedeutet eine Steigerung, Ausfahren ein Diminuendo. Schnelles Einfahren kann gelegentlich eine dramatische Wendung unterstützen, aber schnelles Ausfahren bedeutet eine plötzliche Flucht vor der Musik und ist grundsätzlich falsch. (Dynamik, Ausdruck)

# Thoughts on an ABC of TV Musical Presentation

by

LIONEL SALTER (BBC London)

Taking as major premises that the function of TV (1) is to reinforce the aural impact and appreciation of music by adding the sense of sight (or rather of restoring it to a public artificially conditioned by gramophone records and radio to think of sound as disembodied), and (2) must not disturb the listener/viewer's concentration on the musical thought, the following principles are suggested as the basis of a grammar of TV music presentation.

1. All shots, shot changes and camera movements must be musically motivated (i.e. no distracting cutaways and no pictures, however well composed or visually attractive, for their own sake) and camera treatment planned from the score. Ear and eye must run parallel. (This is equivalent, in a musical performance, to the qualities of Integrity and Musicality.)

2. This parallelism demands exactness of shot. In orchestral work, the right instrument(s) must be seen at the right moment (and must be clearly audible if they are picked out by the camera!). Avoid synecdoche (e.g. do not show a C.U. of a single violin when tutti strings are playing) — conversely, if there is a real solo do not show a group (e.g. not the horn section during a solo horn passage). (This is the equivalent of Accuracy.)

3. The speed of shot-changes must accord with the tempo and mood of the music — i.e. fewer changes in slow, tranquil movements than in fast or excited ones. (Tempo)

4. Changes of shot should be made only where the musical structure allows e.g. at ends of phrases or sections, never in mid-phrase, which would be a contradiction of eye and ear. The visual rhythm must go hand in hand with that of the music. (Rhythm)

5. The choice between cutting or mixing between shots again depends on the score. The former is always preferable unless the musical phrases overlap (when a mix is the visual equivalent) or the music is entirely fluid in character. (Phrasing)

6. Never *mix* between two different images of a solo performer. (Rather like Pedalling in the case of a pianist)

7. The effect of a cut after a series of mixes is that of a shock and can be used constructively to express a *sforzando*. A camera track-in or zoom-in suggests an increase in tension or a *crescendo*; conversely, a track-out is equivalent to a *diminuendo*. A fast zoom-in is occasionally legitimate for a dramatic moment; but a *fast* zoom-out (which suggests headlong flight from the music) is totally impermissible. (Expression)

## Ariadne im Fernsehlicht\*

Eine Zumutung im Salzburger Festspielhaus

von

K. H. RUPPEL

„Ariadne auf Naxos“ unter Karl Böhm, in der Inszenierung Günther Rennerts, — wer diese Aufführung kennt, weiß, daß sie ein Juwel im Salzburger Festspielrepertoire ist. Jüngst wurde die Stimmung indessen erheblich gedämpft, als man zu seiten des Orchesters zwei Fernsehkameras mit der zugehörigen Bedienungsmannschaft aufgebaut sah — man ahnte, daß der Fernsehaufnahmetechnik gewisse Konzessionen würden gemacht werden müssen. Ist es der „Einstimmung“ auf der Bühne schon wenig förderlich, wenn die Orchestervorspiele, zumal die elegische g-Moll-Ouvertüre der eigentlichen Opera seria, bei erhelltem Proszenium gespielt werden, so wird es vollends zur Zumutung, die Bühnenhandlung in einem starren, unveränderlichen „technischen Licht“ ablaufen sehen zu müssen. ohne all das, was bei einem Regisseur von der Sensibilität Günther Rennerts bis in die delikatesten Valeurs bedacht, probiert und festgelegt ist. Die Insel Naxos blieb im gleichen öden, die nicht sehr edle Materialität einer Theaterdekoration unbarmherzig enthüllenden Lichte liegen, und nur gegen Schluß, wenn bei Ariadnes „Verwandlung“ der Sternenhimmel erscheint, findet die Diktatur der Fernsehtechnik ein Ende.

Will das Fernsehen eine Salzburger „Ariadne“ senden, dann soll es sie im leeren Haus aufnehmen und die Mitwirkenden für die zusätzlichen Sonderleistungen bezahlen. Sich auf Kosten der Zuschauer in eine von diesen vollbezahlte Repertoireaufführung einzuschalten, bleibt eine Rücksichtslosigkeit, die auch im Hinblick auf die Werbekraft des Fernsehens — „Millionen sehen die Salzburger „Ariadne“ — nicht in Kauf genommen zu werden braucht.

\* gekürzt aus *Süddeutsche Zeitung*, München, 25. 8. 65



## Ariadne in the Light of Television\*

Misuse of the Salzburg Festival Audience

by

K. H. RUPPEL

*Ariadne auf Naxos* under Karl Böhm, produced by Günther Rennert — anyone who knows this performance, knows also that it is a jewel in the Salzburg festival repertoire. Recently however, the expectation was considerably dampened by the look of a television camera set up, complete with operating team, on each side of the orchestra: it was not hard to guess that certain concessions to the television picture would have to be made in the performance. To listen to the orchestral preludes — especially the elegiac G-minor overture of the actual opera seria — in front of a brightly lit proscenium, does not exactly help to put the listener in the right frame of mind; but to run off the whole opera in one rigid, unchangeable “technical” kind of lighting, without all the details which a producer of the sensitivity of Günther Rennert had considered, rehearsed, and fixed right down to the most delicate shadings, can only be classed as misuse of the audience. The Isle of Naxos lay there in ever the same bleak light, remorselessly revealing the stuff that stage properties are made on. Not until the end, when the stars appear in the sky, did the dictatorship of television technique come to an end — or the finale would have had to be left out altogether.

What should have been left out was the audience! If there is to be a television broadcast of the Salzburg *Ariadne*, such a broadcast or recording should take place in the empty theatre and the artists and staff should be paid an extra fee. But to intrude into a normal repertory performance at the cost of an audience who have paid the full price for their tickets is and remains an impertinence. Not even the great television slogan, “Millions see Salzburg’s *Ariadne*” is any excuse for it.

\* Abridged from *Süddeutsche Zeitung*, Munich, 25. 8. 65

---

## Labor für Musikalische Akustik an der Sorbonne

PARIS  
Rue Cuvier

*Begründer:* Professor Siesthink  
(Faculté des Sciences)

*Direktor:* Professor Dr. Leipp

*Assistenten:* Mlle. Castellengo u. Ingenieur  
Lienard

*Arbeitsprogramm:*  
Entstehung und Akustische Gestalt der  
Musikalischen Töne

Ihre Integration durch den Menschen  
Dem Labor angeschlossen ist die monatlich  
tagende Gruppe: „Musikalische Akustik“

*Bisherige Untersuchungen:*

VAN ESBROECK  
Stimmung und Tonleitern

BARBAUD  
Komponieren mit Rechenmaschinen

MOLES  
Informationstheorie und Akustik

LEIPP  
Die Mensur der Musikinstrumente

## Laboratory for Musical Acoustics at the Sorbonne

Rue Cuvier  
PARIS

*Founder:* Professor Siesthink  
(Faculty of Science)

*Director:* Professor Dr. Leipp

*Assistants:* Mlle. Castellengo, M. Lienard

*Research Programme:*  
The production of musical sounds, their  
acoustical definition, and their integration  
by the listener

The group "Musical Acoustics", which  
meets monthly, is attached to the Labor-  
atory

*Research work carried out to-date:*

VAN ESBROECK  
Tuning and scales

BARBAUD  
Composition with computers

MOLES  
Information theory and acoustics

LEIPP  
Musical instrument dimensions

---

### IANNIS XENAKIS

Zwei wichtige Werke des griechischen Komponisten

Two important works by the Greek composer

### METASTASIS

für Orchester / for orchestra (1955)

### PITHOPRAKTA

für Streichorchester / for string orchestra (1957)

Ansichts- u. Aufführungsmaterial wird auf Wunsch  
zur Verfügung gestellt

Material on approval or for performance sent on  
request

---

**A R S V I V A - V E R L A G . M A I N Z**

---

---

## Internationales Handbuch für Rundfunk und Fernsehen 1965/66

---

*Dieses umfassende Nachschlagewerk bringt in seiner 9. Ausgabe in wiederum erweitertem Umfang alles Wissenswerte über die Medien Rundfunk und Fernsehen. In klargestgliederter Form enthält es u. a. eine geschichtliche Übersicht, allgemeine statistische Angaben, eine Darstellung mit Rundfunk und Fernsehen befaßter Stellen und Vereinigungen, deutsches und internationales Rundfunkrecht und Übersichten über die Funkverträge und Organisationen, Frequenzverteilungen, Meterbänder für Kurzwellenempfang, Listen aller Kurz-, Mittel- und Langwellensender und die Rundfunk- und Fernsehgesellschaften aller Länder der Welt sowie Übersichten über das Gebiet des Films mit Produktionen und Verleihern. Es ist das einzige Nachschlagewerk dieser Art in deutscher Sprache und gibt dem Benutzer rasche und präzise Auskunft über alle Fachfragen.*

ca. 1100 Seiten, Kart. Leinen DM 32.—

---

## International Radio and Television Handbook for 1965/66

---

*This comprehensive reference book in its extended 9th edition gives all essential informations about the mass media Radio and Television. In a distinct arrangement you will find, for example, a historical review, general statistic indications, names and adresses of all agencies and associations engaged in problems of Radio and Television, German and International laws of broadcasting, treaties of broadcasting, organizations, the distribution of frequencies, metre bands for short wave receiving, lists of all short, medium, and long wave transmitters, Radio and TV corporations of all countries of the world, and a survey of the field of films with productions, producers, and distributions. It is the only German reference book of this kind and gives quick and precise informations on all special questions.*

ca 1100 pp DM 32,—

---

**Verlag Hans Bredow-Institut · Hamburg 13 · Heimhuter Straße 21**

---



# Musikalische Anwendungen von elektronischen Digitalrechnern

von

Prof. L. A. HILLER, Jr.

(University of Illinois)

Bekanntlich übt die Elektronik ihren Einfluß nicht nur im Rundfunk und mit der Schallplatte, sondern auch in der Komposition aus. Die bekannteste Folge dieser technischen Neuerung ist die Entwicklung einer elektronischen Musik, die direkt auf dem Tonband entsteht, ohne die gewöhnliche Musikaufführung heranzuziehen.

Es gibt aber eine noch neuere Entwicklung als die elektronische Tonbandmusik, und zwar die Anwendung automatischer elektronischer Digitalrechner mit ihrer besonderen mathematischen Logik auf komplexe Probleme der Musik.

## Die Grenzen der elektronischen Tonbandmusik

Der große Vorteil der elektronischen Tonbandmusik ist — wenigstens theoretisch — die Möglichkeit der Synthese jedes denkbaren Klanges. In der Praxis jedoch haben die Neuigkeiten, die man von dem neuen Medium erwarten könnte, gewisse ganz bestimmte Grenzen. Die erste und wichtigste Grenze ist eine technische: die elektronische Bandaufnahme übt einen direkten Einfluß nur auf den Vorgang der Schallerzeugung. Obwohl sie dem Komponisten eine solche Menge neuer Klangkombinationen für seine Experimente in die Hand gibt, daß ihre Grenzen noch nicht einmal abzusehen sind, kann sie keinesfalls im logischen Vorgang der Komposition selbst Anwendung finden: dieser Vorgang bleibt unberührt und unerforscht, denn im Rahmen der Elektronik waltet der Komponist noch immer mit dem alten Denkvorgang der Instrumental-Komposition. Zweitens hat sich herausgestellt, daß viele ganz gewöhnliche Klänge sich durch dieses neue Medium nur mit ziemlichem Aufwand herstellen lassen. Drittens entstehen schwer zu beherrschende technische Fehler aus der Tatsache, daß nur das elektrische Abbild irgend einer akustischen Struktur verarbeitet wird: das Medium ist ein Analogsystem, ist also nie ganz frei von geringen Fehlerfaktoren, die sich im Laufe einer komplexen Arbeit anhäufen und nur teuer zu mindern sind (z. B. Bandrauschen, welches sich bei jeder Überspielung verstärkt). Viertens ist die Herstellung von elektronischer Tonbandmusik normalerweise eine mühselige und zeitraubende Arbeit — man denke nur die vielen Stunden am Schneidetisch.

## Elektronische Musik-Synthetisatoren

Diese Probleme werden z. T. gelöst durch die elektronischen Musik-Synthetisatoren, insbesondere den zweiten *RCA Electronic Music Synthesizer* von Harry Olson, der im „Columbia-Princeton Electronic Music Project“ an der Columbia University, New York City, steht.

Codierte Relaischaltungen, durch eine Eingangsmechanik in Betrieb gesetzt, regeln die Tongeneratoren, Klangveränderer (Filter, Hüllkurvengeneratoren, Verstärker) und Tonbandgeräte. Ein Lochstreifen, den der Komponist auf einer besonderen Schreibmaschine herstellt, regelt die Eingangsmechanik, also ordnet der Komponist seine komplexen Klangstrukturen vor anstatt nach der Klangerzeugung und -aufnahme, so daß das Band nicht mehr geschnitten oder anders bearbeitet werden muß. Der Lochstreifen, der dem Synthetisator eine zeitliche Reihenfolge von Befehlen erteilt, vereinfacht die Arbeit des Komponisten durch Systematisierung sehr. Leider ist der Synthetisator sehr kostspielig und hat dabei eine so beschränkte Anwendung, daß es z. Z. nur ein einziges Exemplar gibt.

## Elektronische Digitalrechner und Musik: Allgemeine Betrachtungen

Der nächste logische Schritt ist, die musikalischen Anwendungsmöglichkeiten der elektronischen Digitalrechner zu untersuchen. Wenigstens vier solche Anwendungsbereiche sind schon praktisch erprobt worden:

1. die Herstellung des Klanges selbst — hier bietet der Elektronenrechner viele technische Vorteile vor dem Tonband oder Synthetisator;
2. Layout und Druck von Notenmaterial — einschl. Abschrift von Einzelstimmen aus einer Partitur;  
von Dokumenten — für musikwissenschaftliche Zwecke u. dgl.;
3. Musikanalyse — durch die physikalische Akustik oder die Informationstheorie;
4. die letzte und wichtigste Anwendung der Elektronenrechner in der Musik aber ist die Komposition selber — da die Auswahl vieler Elemente, die eine Partitur zusammenstellen, dem Rechner überlassen werden kann; was diese Anwendung betrifft, hat der Digitalrechner keine Vorgänger.

Bevor wir diese vier Möglichkeiten der Reihe nach betrachten — die Reihenfolge wurde gewählt, um praktische Beschreibungen den theoretischen und künstlerischen Betrachtungen voranzustellen —, ist eine kurze Erklärung über die Wirkungsweise der Digitalrechner notwendig, um klar-

zustellen, wieso sie diese Anwendungsmöglichkeiten haben und auch daß man sie nur mit Unrecht „Elektronenhirne“ genannt hat: denn der Elektronenrechner hat kein intelligentes und schöpferisches — kurz, menschliches — Denkvermögen. Hingegen kann er zwei Aufgaben sehr schnell und gut lösen: er kann rechnen und er kann einfache „Ja-Nein-Entscheidungen“, d. h. eine „binare Auswahl“ treffen. Dies ermöglicht es, dem Rechner Anweisungen zu musikalischen Kompositions- und anderen Aufgaben zu erteilen, insoweit die Logik dieser musikalischen Aufgaben in die Sprache einfachen Rechnens und einfacher Entscheidung zu übersetzen ist. Man gibt dem Digitalrechner also ein Programm, das — nur Rechnen und Entscheidungen verlangend — zugleich alle gewünschten musikalischen Ziele enthält. Bei der Programmierung müssen alle Entscheidungen vorausgesehen und an der entsprechenden Stelle des Programms eingeschoben werden. Der Rechner führt das ihm gegebene Programm *pausenlos* durch: je nach dem Programm macht er Klangsynthesen, druckt Noten, analysiert oder gestaltet Musik — nicht mehr und nicht weniger. Die Herstellung von „Roboter Musik“ ist ausgeschlossen, da die gestaltete Art von Musik oder musikalischer Wirkung noch immer der Entscheidung des Komponisten (Programmierers) unterliegt. Der Rechner bedeutet eine Herausforderung: so wie der Komponist von gestern das Klavier, das Orchester und das Tonband berücksichtigen mußte, so muß der Komponist von heute seine Musik den Möglichkeiten dieses neuesten Instrumentes — des elektronischen Digitalrechners — anpassen.

#### Klangsynthesen durch den Digitalrechner:

Ein praktisches Verfahren zur Klangsynthese durch Digitalrechner ist von Pierce, Mathews und Guttman (Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey) entwickelt worden. Es soll hier kurz beschrieben werden.

Als Programm erhält der Rechner die Aufgabe, die erwünschten Wellenformen zahlenmäßig auszudrücken; unter den vielen Möglichkeiten einer solchen Programmierung ist die von Bell gewählte eine der einfachsten: der Rechner (Typ IBM 7090) wirkt als mathematisches Gegenstück zu verschiedenen Generatoren, z. B. Reinton-, Kipp-, Weißbrausch-, Hüllkurvengeneratoren; aus dieser zahlenmäßigen Darstellung der komplexen Wellen entsteht eine Wechselspannung, die durch einen Digital-Analog-Wandler auf einen Magnettonkopf gelangt und auf ein Tonband aufgesprochen wird.

#### Notendruck durch den Digitalrechner

In den Vereinigten Staaten haben die hohen Lohnkosten der Stecher und Kopisten die Veröffentlichung bedeutender amerikanischer Musikwerke drastisch eingeschränkt. Europäische Musikverleger haben mir in Gesprächen angedeutet, daß Europa auf eine ähnliche Lage hinsteuert. Es lag daher



nahe, sich mit dem Problem der Notation an den Elektronenrechner zu wenden.

Das Problem ist im Wesentlichen: den elektronischen Digitalrechner der Universität Illinois, „ILLIAC“, so zu programmieren, daß er eine elektrische Notenschreibmaschine betreibt. Bild 1 zeigt die Apparatur: die Schreibmaschine war ursprünglich eine mit normalen Typen, die aber einen 5-kanaligen Lochstreifen lochen und ablesen kann. Durch die Mitarbeit von Prof. Cecil Effinger (Musikabteilung) und Prof. Robert Oliver (Ingenieurschule), Universität Colorado — Konstrukteure des „Music-writer“, einer erfolgreichen Handschreibmaschine für Noten — wurde unsere elektrische Lochstreifenmaschine (die Remington-Rand „Synchrotape“) umgebaut: z. B. wurde die Typen ersetzt und eine zusätzliche Umschaltmechanik sowie eine genaue Mechanik zur Zeilenregelung mit automatischer Rückkehr zur Mittellinie des Notensystems hinzugefügt; außerdem mußten alle diese und andere Veränderungen entsprechend in den Loch- und Ableseschaltungen vorgenommen werden. Das 5-kanalige Lochstreifensystem wurde gewählt, weil ILLIAC diese Art von Lochstreifen als Programmierung verwendet; ein solches System hat  $2^5 = 32$  verschiedene Zeichen — die Anzahl der für unsere Notenschreibmaschine nötigen Zeichen erfordert die Verwendung von bis zu 3 Fünfergruppen. Die Schreibmaschine wirkt also als Eingangs- und Ausgangs-Druckmaschine und stellt gleichzeitig den Lochstreifen für den Digitalrechner her: dieser verwandelt den Lochstreifen in mathematische Darstellungen von Tonhöhe, Rhythmus usw. mittels eines Übersetzungsprogramms, das wir für ihn aufstellten. Das Übersetzungsprogramm ist auch umkehrbar, indem es die im Digitalrechner gespeicherte musikalische Information in Schreibmaschinen-Lochstreifen wandelt.

Eine Notenseite wird gespeichert, indem jedes Notenzeichen mit seiner Stellung auf dem Blatt einer Binarzahl entspricht, wobei die Reihenfolge, in der die Zeichen geschrieben wurden, vernachlässigt wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die gespeicherte Information zu verarbeiten. Z. B. kann der Digitalrechner die einzelnen Zeilen so spationieren, daß rechts ein gleichmäßiger Rand bleibt: Bild 2*b* ist eine Notenseite, in der der Digitalrechner nicht nur den ungleichmäßigen rechten Rand der Originalseite (Bild 2*a*) automatisch ausgeglichen hat, sondern Verbesserungen durch Über-tippen und andere Fehler korrigiert hat (die Seite stammt aus einem Streichquartett, das mit seinen vielen Beispielen an komplizierter Notation eine gute Probe für die Apparatur war). Andere Möglichkeiten, die der Digitalrechner bietet, sind Abschreiben von Stimmen aus einer Partitur, Transponierung und andere relativ komplizierte Vorgänge. Außerdem soll er bald die Möglichkeit haben, musikwissenschaftlich wertvolle Aufgaben zu lösen, z. B. die moderne Notierung von Lautentabulatur, das Zusammenfassen von Madrigal-Stimmenheften zu Partituren und das Aufschreiben von Notenbeispielen in Büchern und Aufsätzen.

## Musikanalyse mit dem Digitalrechner

Die akustische Analyse ist die Umkehrung der schon besprochenen Klangsynthese und ermöglicht die Analyse auch von ganz kurzen Klängen. Natürlich muß der Rechner vorerst ein Programm zur Lösung z. B. Fourierscher Gleichungen erhalten. Am elegantesten wäre eine solche Analyse direkt vom Tonband oder Mikrofon durch einen Analog-Digital-Wandler. Indessen haben wir ein anderes solches analytisches Verfahren schon kurz untersucht, u. zw. wurden Oszillogramme abgezeichnet und dem Rechner mittels eines Funktionszeichners zugeführt. Die Ergebnisse solcher Analyse einiger Gitarrenklänge waren befriedigend genug, um die Weiterarbeit zu rechtfertigen, besonders da unser Rechenlabor über vollständige Programme für die Fourier-Analyse verfügt.

Bei der statistischen Analyse werden die zu untersuchenden Musikwerke als komplexe Nachrichten im Sinne der Informationstheorie behandelt, die den Grad der Ordnung (d. h. Voraussehbarkeit, Prädeterminiertheit oder Korrelation) oder Unordnung der Nachricht ermittelt. Diese Art von Analyse ist wegen der Unmenge von Rechenaufgaben ohne einen Digitalrechner unmöglich. Hierbei erfüllt er seine traditionelle Aufgabe als Rechenmaschine.

## Musikalische Komposition mit dem Digitalrechner

Meine erste Versuchsreihe in der Digitalrechner-Komposition führte ich mit Leonard Isaacson 1957 durch. Das Ergebnis war die *Illiac-Suite* für Streichquartett in 4 Sätzen.

Dem Werk liegt die folgende Logik zugrunde:

1. ganze Zahlen, welche musikalische Elemente wie z. B. Tonhöhen, Rhythmen, Dynamik darstellen, werden in zufälliger Folge generiert;
2. jede solche Ganze wird einer Reihe arithmetischer Prüfungen — als Darstellung der vom Komponisten programmierten Stilregeln — unterzogen;
3. nur diejenigen Ganzen, welche die Prüfungen bestehen, werden in die Komposition aufgenommen; die anderen werden durch neue zufällige Ganze ersetzt, und zwar so lange, bis eine davon alle Prüfungen bestanden hat;
4. die fertige Komposition wird auf Lochstreifen gespeichert, von welchem eine aus Schriftzeichen bestehende Partitur — heute natürlich eine solche in Notenschrift — gedruckt wird.

Dieser Vorgang, den Bild 3 zusammenfaßt, ist eigentlich die Herstellung einer aleatorischen Musik, die dem musikalischen Chaos gleichkommt, aus dem dann die unerwünschten musikalischen Elemente eliminiert werden, um eine musikalische Ordnung herzustellen.

Die vier Sätze sind Studien in den folgenden Stilrichtungen:



1. grundlegende musikalische Computer-Verfahren, in denen auch eine polyphone Technik entwickelt wird;
2. ein typisches Beispiel traditioneller Musik im Kontrapunkt 1. Ordnung. (Diese Studie war notwendig, um zu zeigen, daß konventionelle Kompositionsverfahren der Logik des Digitalrechners zugänglich sind). Außerdem schreitet dieser Satz von Unordnung zu Ordnung durch die progressive Einschaltung von Auswahlregeln;
3. einige Kompositionstechniken der Gegenwart einschließlich einer Methode zur Herstellung von Zwölftonreihen im Schlußteil;
4. stochastische Musik auf der Grundlage von abstrakten Wahrscheinlichkeitsfunktionen, welche die Verwendung des Digitalrechners spezifisch erfordern.

Das bisher noch unberührte zentrale Problem ist dasjenige einer Großform, die sich in ihrem Werden dadurch selbst regelt, daß das schon Entstandene — als gesammelte Erfahrung betrachtet — das erst noch Werdende durch eine Rückkopplung der Information beeinflusst. Diese Art des Arbeitens liegt jedem geschlossenen, „kybernetischen“ logischen System, daher auch jedem komplexen Kompositionssystem, zugrunde. Die totale Reihenkomposition hingegen, die von gewissen, a priori aufgestellten Bestimmungen ausgeht, bedarf im Lichte der gesammelten Erfahrung einer laufenden Korrektur ebensowenig wie die stochastische Komposition, die auf willkürlich gewählten oder statistisch ermittelten Parametern oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen basiert. Solche Musik bietet dem Rechner daher die geringsten Schwierigkeiten — technisch gesehen ist die Herstellung einer solchen Musik nicht viel interessanter als die einer völligen Zufallsmusik, welche anderen guten oder schlechten Eigenschaften sie sonst auch haben mag.

In den letzten Jahren habe ich zusammen mit Robert Baker ein Rechnerprogramm entwickelt, das die Kompositionslogik einem viel allgemeineren Gesichtspunkt unterwirft als alle bisherigen Arbeiten. Der Impuls dazu entsprang der Einsicht, daß die ursprüngliche Illiac-Suite vor allem jeder größeren Struktur entbehrt außer einigen ganz einfachen Verbindungsvorgängen; auch waren die musikalischen Elemente wie z. B. Tonhöhe, Rhythmus, Dynamik in keiner Weise funktionell miteinander verbunden. Aus diesen Einsichten entstand (Frühjahr 1962) eine Zweite Illiac-Suite. Die Ausgangssituation ist eine zufällige, mit einem viel breiteren Klangraum, größeren rhythmischen Möglichkeiten, komplexerer Dynamik etc. als bisher; die Einschränkungen sollen der Logik des traditionellen Komponierens in abstrakter Form nahekommen. Bild 4 ist eine Probe der zufälligen Ausgangssituation. Es folgen einige Einzelheiten über diese neue Technik.

Ein Hauptprogramm für viele Musikarten ohne Rücksicht auf Stil und Form wurde aufgestellt. Unterprogramme legen die geplante Komposition fest. Daher geht unser Ziel über das Schreiben von neuartiger Musik an



sich hinaus und umfaßt auch eine Untersuchung des Logischen Rahmens des Denkens über Musik. Bild 5 ist ein vereinfachtes Diagramm der Programmierung: der „logische Baum“ dieses Hauptprogramms der melodischen und harmonischen Struktur steht links — rechts wird er durch bestimmte Zweigstrukturen stil- und strukturmäßig bestimmt. Bild 6 zeigt eine typische Zweigstruktur: ein Unterprogramm zur Erzeugung einer aleatorischen Baßstimme; dieses Unterprogramm wird selbst durch Unterprogramme eingeschränkt, um auch nicht aleatorische Baßstimmen entstehen zu lassen.

Diese neue Art der Programmierung beruht auf einer Anschauung der Musik als eines hierarchischen logischen Netzes mit Punkten größerer oder geringerer Bedeutung, nur daß man in diesem Netz nicht stufenweise vom ersten bis zum letzten Taktteil fortschreitet, sondern beim Komponieren manchmal vorausseilt, die entstehenden Lücken ausfüllt und schon Bestehendes verbessert, wie Bild 7 veranschaulicht.

Das Kompositionsmodell besteht, der Definition nach, aus zwei Teilen: den ursprünglichen Bestimmungen  $B$  und dem automatischen Verfahren  $A$ , so daß:

$$A \cdot B = M$$

( $M$  = das musikalische Erzeugnis).

Im Modell wird  $B$  nicht bestimmt, um die Vielfalt der Stile und Strukturen nicht einzuschränken. Im allgemeinen entsprechen jedem  $B$  mehrere  $A$  und folglich eine gleiche Anzahl verschiedener  $M$  zur Vermeidung von Tautologien. Dieses allgemeine Modell führt bei der Programmierung zunächst zu einem logischen Vorgang wie derjenige der Fig. 5 und 6, der wiederum den Rahmen zu den eigentlichen Vorgängen im Rechner bildet. Diese werden so angeordnet, daß der Komponist, der das Programm für ein bestimmtes Werk aufstellt, die Anzahl der benötigten Parameter, deren Identität und Anzahl von Zuständen, und die Identität dieser Zustände angibt. Weitere Angaben, die er am Anfang machen muß, sind die Reihenfolge der Wahl und andere Aspekte der „Zeit“ wie z. B. die Gesamtdauer der musikalischen Struktur. Diese Angaben ergeben zusammen die  $B$ . Als Nächstes muß der Komponist  $A$  so festlegen, daß  $M$  aus  $A \cdot B$  entsteht, und zwar bestimmt er „Wahlfunktionen“, welche die  $B$  mathematisch verändern.

Die zweite Illiac-Suite hat — wie ihre Vorgängerin — vier Sätze, und zwar sollen sie Ergebnis folgender Studien sein:

1. Musik nach dem Schema der „totalen Reihe“, deren Tonhöhen, Rhythmen, Dynamiken etc. durch Zahlenpermutationen vorbestimmt sind. Eine solche Musik ist nicht nur besonders geeignet für den Digitalrechner, sondern ist auch ein guter Prüfstein unseres Systems der Logik, da es für jedes  $B$  nur ein  $A$  gibt;
2.  $B$  soll statistische Werte haben, die sich aus der informationstheoretischen Analyse von ausgewählten, an anderer Stelle besprochenen Musikstücken ergeben;

3. die Synthese einer geschlossenen musikalischen Form, z. B. einer modernen Fuge, um zu zeigen, daß der Digitalrechner sowohl eine Fernordnung als auch eine Nahordnung herstellen kann;
4. eine kurze stochastische Kantate, in der nicht nur die Musik, sondern auch der Text durch Wahrscheinlichkeit gewählt ist. Der Text wird aus statistischen phonemischen Quellen gewählt, um seine vollständige Aussprechbarkeit zu gewährleisten.

Diese zweite Illiac-Suite wurde nicht nur mit Hilfe des Digitalrechners komponiert, sondern mit unserem Schreibsystem gedruckt und durch den Digitalrechner auf Band aufgenommen. Damit ist zum ersten Mal ein Musikwerk vollständig auf der „idealen Kompositionsmaschine“, wie ich sie nennen möchte, hergestellt worden. Bild 8 ist ein Blockschema dieser Maschine.

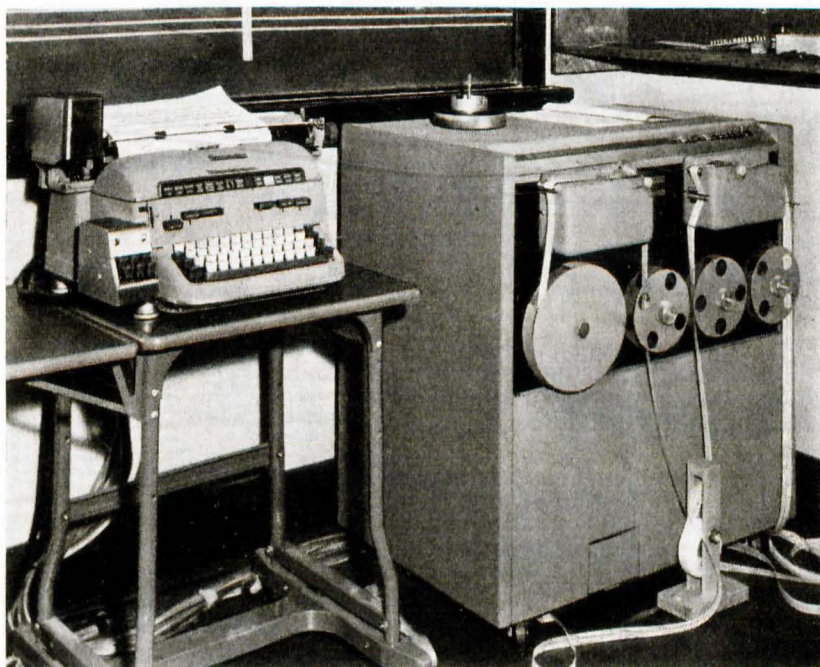


Fig. 1 Elektrische Notenschreibmaschine der Universität Illinois mit Loch- und Ablesegerät für Lochstreifen (rechts).

A photograph of an electrified musical typewriter and coded paper tape unit now at the University of Illinois. The paper tape punch and read unit is to the right.

The image displays a musical score for a piano piece, organized into three systems, each containing four staves. The notation is as follows:

- System 1:**
  - Staff 1 (Treble clef): Melodic line with eighth and sixteenth notes, starting with a *pp* dynamic.
  - Staff 2 (Treble clef): Melodic line with eighth notes and triplets, also starting with *pp*.
  - Staff 3 (Bass clef): Chordal accompaniment with sustained notes and some triplets, marked *pp*.
  - Staff 4 (Bass clef): Chordal accompaniment with sustained notes, marked *pp*.
- System 2:**
  - Staff 1: Melodic line with sixteenth-note patterns, marked *f*.
  - Staff 2: Melodic line with sixteenth-note patterns, marked *f*.
  - Staff 3: Chordal accompaniment with sixteenth-note patterns, marked *f*.
  - Staff 4: Chordal accompaniment with sixteenth-note patterns, marked *f*.
- System 3:**
  - Staff 1: Melodic line with sixteenth-note patterns, marked *p*.
  - Staff 2: Melodic line with sixteenth-note patterns, marked *p*.
  - Staff 3: Chordal accompaniment with sixteenth-note patterns, marked *p*.
  - Staff 4: Chordal accompaniment with sixteenth-note patterns, marked *p*.

Fig. 2 a Ein von der Schreibmaschine Fig. 1 geschriebenes Notenbeispiel;

A sample of music shown at the top prepared and typed on the machine shown in Figure 1.





Fig. 2 *b* Gleichzeitige Speicherung auf Lochstreifen betreibt den Digitalrechner zur Erzeugung des zweiten Notenbeispielles, welches sich von dem ersten durch die Verbesserung von Fehlern, einen gleichmäßigen rechten Rand und andere Änderungen des Formats unterscheidet.

When this music is stored on punched paper tape and read into the ILLIAC, the computer is activated to produce the musical output at the bottom. Note the elimination of errors, the justification of margins, and other changes in the format.

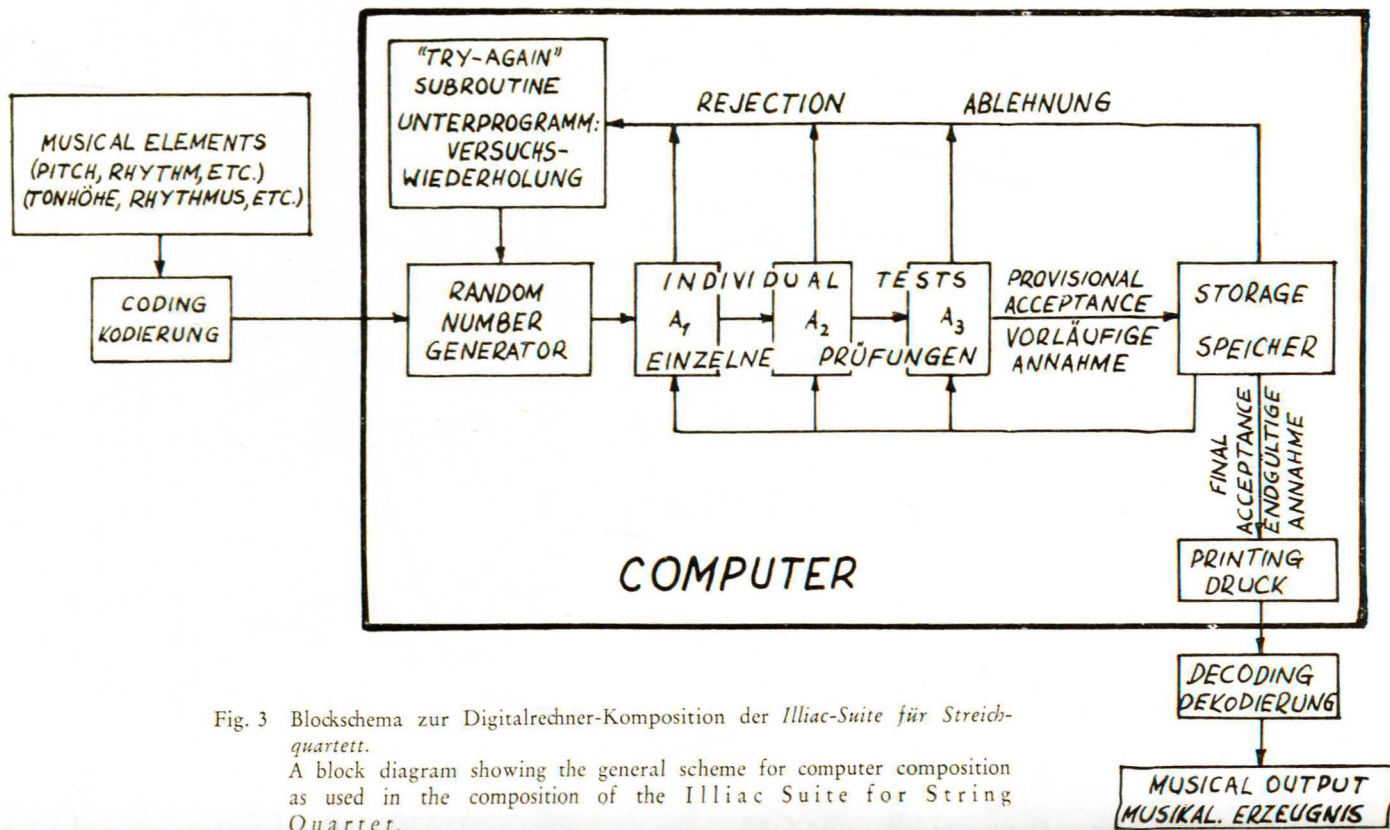


Fig. 3 Blockschema zur Digitalrechner-Komposition der *Illiac-Suite für Streichquartett*.

A block diagram showing the general scheme for computer composition as used in the composition of the *Illiac Suite* for String Quartet.



Fig. 4 Eine Probe von Zufallsmusik — des Grundmaterials — der *Zweiten Illiac-Suite*.

A sample of random music that forms the basic musical material out of which the *Second Illiac Suite* will be fashioned.



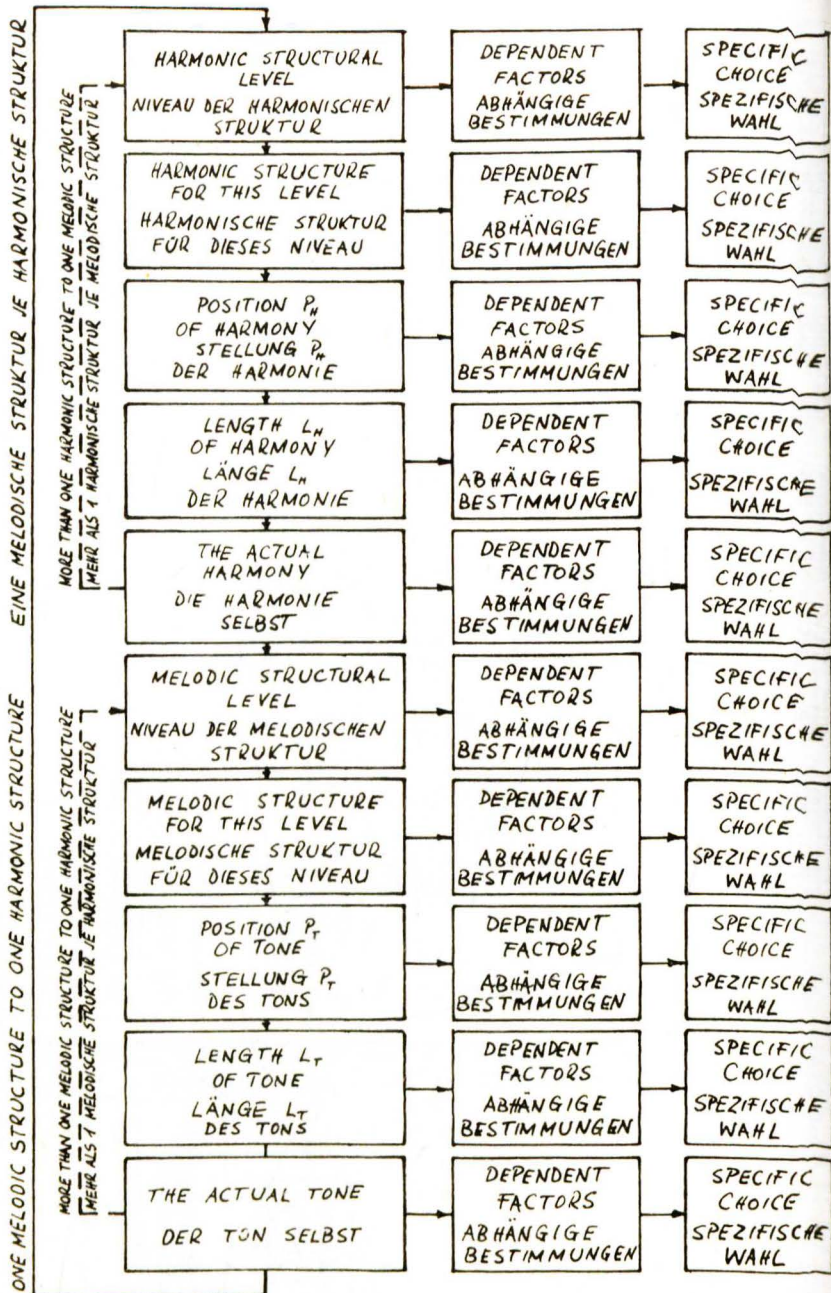
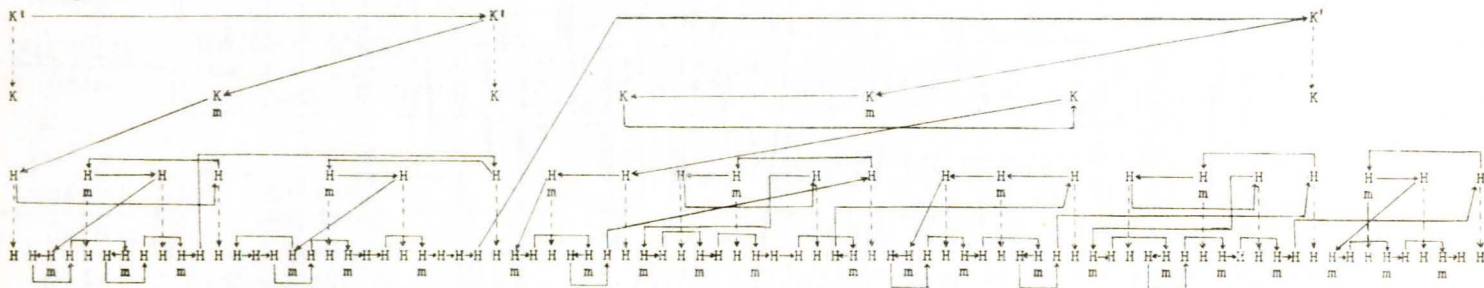


Fig. 5 Blockschema der Logik der zweiten Illiac-Suite in Bezug auf die Generierung der harmonischen und melodischen Struktur.  
A block diagram of the logical plan being employed to produce the Second Illiac Suite, shown as applied to generating harmonic and melodic structure.

Choice Process:

(K = key; H = harmony)

begin



The Structural Levels:

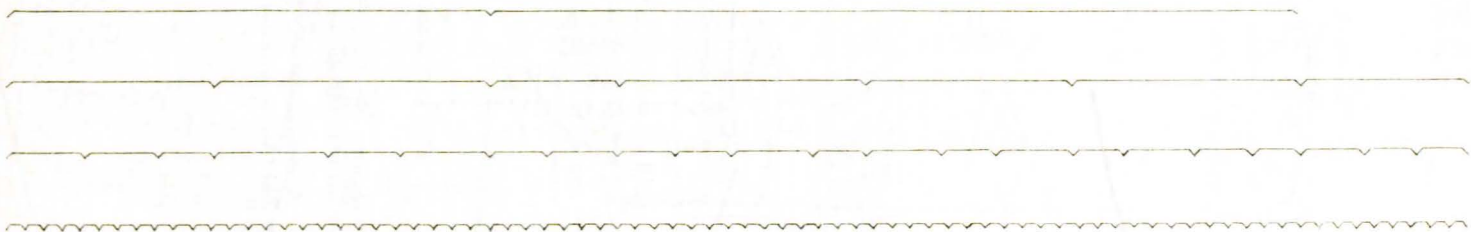


Fig. 6 Typische „Zweigstruktur“ oder Unterprogramm, das im logischen Schema der Fig. 5 eingesetzt wird.  
A typical “branch structure” or subroutine that is employed in the logical plan shown in Figure 5.

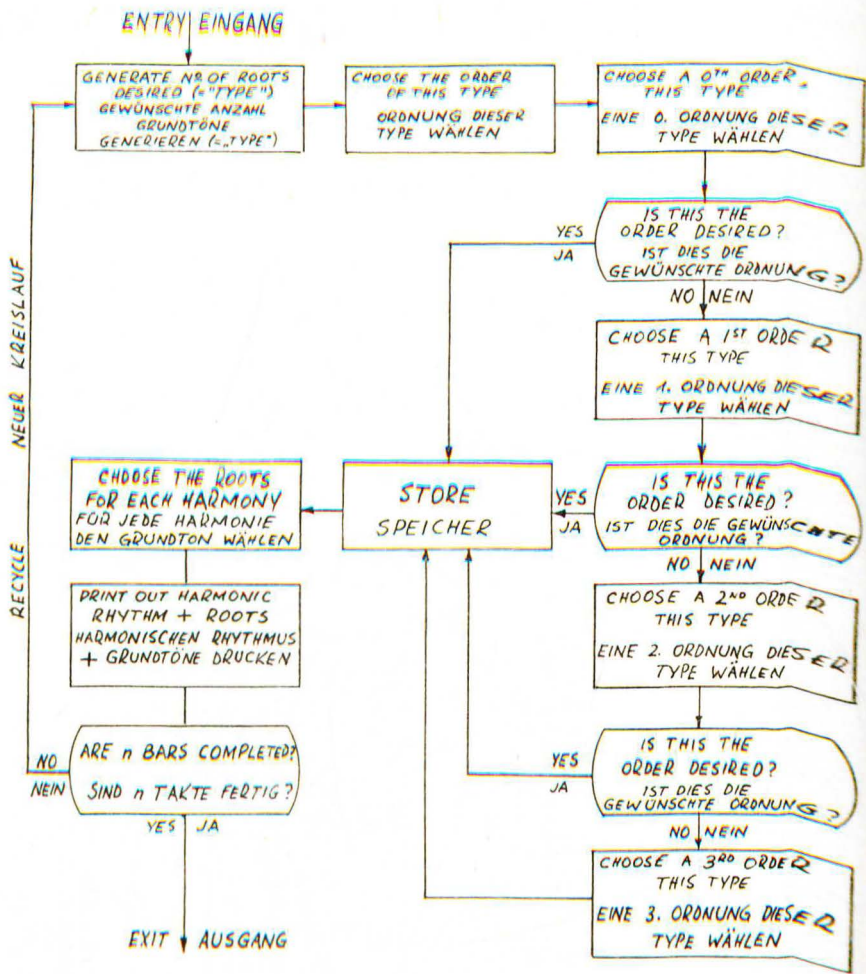


Fig. 7 Schema des hierarchischen logischen Vorgangs der Programmierung des ILLIAC für die zweite Illiac-Suite.

A diagram of the hierarchical logical process employed to program the ILLIAC to produce the Second Illiac Suite.



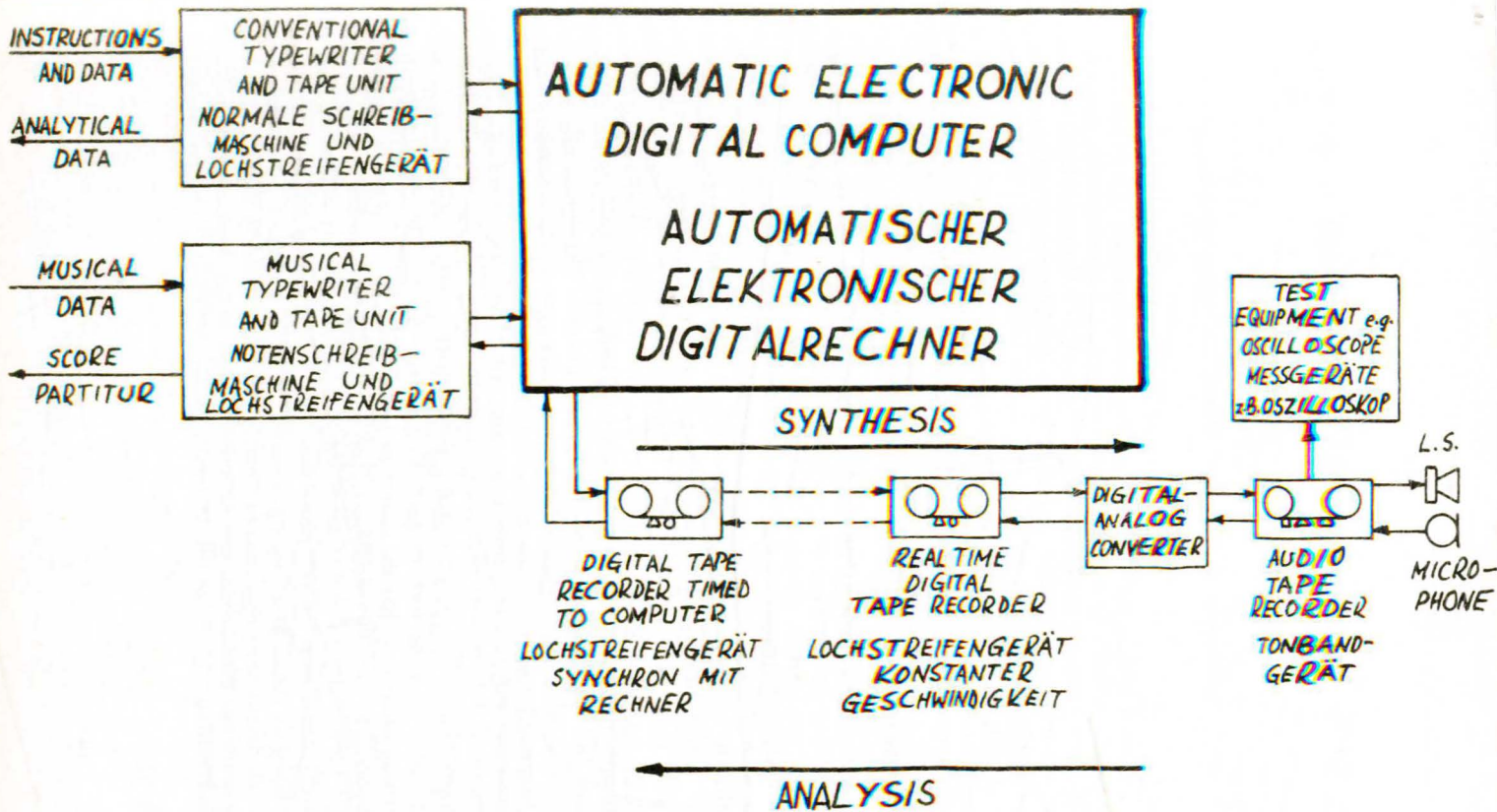


Fig. 8 Blockschema einer möglichen „idealen Kompositionsmaschine“: im Mittelpunkt steht der elektronische Digitalrechner.  
A block diagram of a possible “ideal composing machine” employing an electronic digital computer as its central unit.

# Musical Applications of Electronic Digital Computers

by

L. A. HILLER, Jr.

(Associate Professor of Music, University of Illinois)

As now widely realized, the influence of electronics upon music occurs not only in music broadcasting and recording, but also in music composition. The best-known consequence of this technical innovation is the development of electronic music produced directly on recording tape without recourse to ordinary musical performance.

A still newer development than electronic tape music, however, is the application of automatic electronic digital computers, and of the particular mathematical logic these instruments permit, to complex musical problems.

## Limitations of Electronic Tape Music

The great advantage of electronic tape music, in theory at least, is the possibility of synthesis of any conceivable sound. In practice, however, there are certain decided limitations to the innovations that may be reasonably expected of this new medium for composition. First, and most important, from a technical viewpoint, the electronic tape medium directly affects only the process of sound production. Although it provides so many new sound combinations for the composer to experiment with that its restrictions are hardly even definable yet, nevertheless in no way does it find application directly to the logical process of musical composition itself. This is unaffected and unexplored, because the composer still deals with the electronic medium by the same conceptual processes that he applies to the instrumental medium. Second, it is already evident that many types of sounds, including even some rather common ones, are quite difficult to produce by this new technique. Third, inherent technical defects arise that are difficult to control because this medium, in which the commodity processed is the electrical representation of an acoustic structure of some sort, in an analog system. As such, in common with all analog systems, it has the defect of never being entirely free of percentage errors that not only accumulate as processing becomes more complex but are very costly to minimize. A simple example of this is the build-up of background noise on recording tape that occurs during the re-recording so frequently required in electronic music synthesis. Fourth, the preparation of electronic tape music, as ordinarily done, is extremely tedious and time-consuming, demanding, among other things, many hours of tape splicing and editing.

## Electronic Music Synthesizers

A partial solution to these problems is afforded by electronic music synthesizers, notably, the second RCA Electronic Music Synthesizer built by Harry Olson that is now at the "Columbia-Princeton Electronic Music Project" at Columbia University, New York City.

With this instrument, coded relay circuits, activated by an input mechanism, control sound generators, sound modifiers such as filter circuits, time envelope generators, amplifiers, and so on, and tape recorders. This input mechanism is, in turn, activated by punched paper tape prepared by the composer on a specially designed typewriter. Thus, the composer organizes his complex sound structures before generating and recording the actual sounds rather than afterward. Tape splicing, editing and so on, are therefore eliminated. Since the perforated paper tape constitutes a series of instructions to the synthesizer that are obeyed sequentially in time, the process greatly reduces the electronic music composer's difficulties because it simplifies and systematizes his operations. Unfortunately, the synthesizer is very expensive and so limited in its application that only one such device is at present in existence.

## Electronic Digital Computers and Music: General Considerations

The next logical step is to turn to electronic digital computers which have been employed, by this time, in at least four different areas of musical usage as follows:

1. In the preparation of the sound that constitutes the actual music heard by the listener. In this process, we have a technically superior method to either electronic tape music preparation or devices like the synthesizer.
2. In designing and printing musical scores and in related processes such as performance part extraction and the transcription of musical documents of interest to musicologists.
3. In the analysis of music by the methods of physical acoustics and of information theory.
4. Finally, and most importantly, in the actual composition process itself, where many of the choices governing the selection of musical elements constituting a musical score can be delegated to a computer. This last application, in particular, is unique to computers and finds no antecedents in previous electronic music.

I will briefly review each of these topics in this sequence; a sequence that I hope will illustrate both practical applications first, and later,



theoretical and artistic applications. But before I do so, it is perhaps important to review very briefly how computers operate. This is necessary in order to make clear why they can be so employed and also to dispel any notions that they are in any meaningful sense "electronic brains" that think intelligently and creatively as do human beings. This, of course, they do not do except in a rudimentary sense. On the other hand, they can do two things extremely rapidly and efficiently: they can perform ordinary arithmetic and they can make elementary "yes-no"-type decisions, that is to say, "binary-choice" decisions. This permits us to instruct computers to write music and to perform other types of musical operations to the extent that we can express the logic of these various musical operations in the language of simple arithmetic and decisions. We then write a program of instructions for the computer that consists only of arithmetic and decisions that nevertheless must embody all the desired musical objectives. It follows that all decisions must be foreseen by the programmer and inserted into the proper places in the program. These instructions are given to the computer and the computer reacts to generate an output in accord with these instructions. Specifically, the computer is permitted to run without stop through a complete sequence of instructions, a so-called computer program, that permits it to synthesize sound, print music, analyze music or compose music in accord with the program instructions — no more, no less. The computer program, which may run up to thousands of instructions in length, thus embodies in the case of composition, for example, the composer's musical objectives and the computer reacts to generate a musical product in accord with this program. Obviously, the computer does not produce "robot music" because the "programmer-composer" still decides what kind of music or musical effect is to be produced. The challenge to the contemporary composer is to find music that is peculiarly suited to this new instrument; just as earlier composers had to find music especially suited to the piano, the orchestra, or, for that matter, the electronic tape medium.

### Digital Computer Synthesis of Sound

A practical sound synthesis method employing an electronic digital computer has been developed by Pierce, Mathews and Guttman at Bell Telephone Laboratories in Murray Hill, New Jersey. Since this process has been fully described by its inventors, it is necessary here only to refer to it very briefly.

The process for sound synthesis is basically simple: a computer is programmed to provide numerical representations of desired wave forms. There are at least several practical ways of doing this and, of them, the technique devised at Bell is among the simplest to use. In essence, the

computer (an IBM 7090) simulates mathematically various "generators" such as sinewave generators, sawtoothwave generators, white noise generators, time envelope circuits, and so on. Then the numerical representations of complex waves synthesized by the computer by means of these "generators" are transformed by means of a buffer memory and a digital-analog converter into a fluctuating voltage that in turn is fed to the recording head of an ordinary tape recorder for permanent storage.

### Printing Music with Computers

In the United States, especially, the high labor cost involved in preparing musical scores by engraving or autography drastically limits the publication of significant American music. It is my understanding, moreover, after talking to several European music publishers recently, that a similar situation will also arise in Europe in the not too distant future. Therefore, it seems to me that one solution to this problem is to be found in the methods of electronic computer programming.

In order to have a unit suitable for preparing and duplicating musical scores and for preparing and retrieving such data from the ILLIAC, the electronic digital computer at the University of Illinois, we have constructed the electrified music typewriter depicted in Figure 1, which, as shown, is linked to a paper tape punching and reading unit. As music is typed on this typewriter, a record of the typing operations is punched in five-channel code on the paper tape. This tape can then be run back through the reader to activate the typewriter and duplicate the original copy following each original typewriter action step by step. Each operation is designated by a particular code which may require up to three five-channel characters to identify, because the number of five-channel binary codes is  $2^5$  or 32 and the number of codes we require on our typewriter is not much below 128 or  $2^7$ . We chose five-channel coding rather than, say, seven-channel coding, because the ILLIAC uses this form of tape for its input-output system for instructions and data. Thus, the typewriter functions as an input-output printer and tape preparation unit for the computer. In rebuilding the typewriter, I worked with Professors Cecil Effinger and Robert Oliver of the Music Department and Engineering School, respectively, of the University of Colorado, Boulder, Colorado, because they had already designed the "Music-writer", a commercially successful non-electrified manually operated music typewriter. To realize this much more elaborate machine, we purchased a commercial typewriter with ordinary characters which could punch and read back five-channel paper tape, the particular unit being the "Synchrotape" typewriter manufactured by Remington-Rand. We rebuilt both the typewriter and the circuitry of the tape unit in order to permit this unit to perform all the extra operations we required of it; for



example: replacement of alphanumeric typeface with musical typeface, addition of basket shift, and most importantly, a control mechanism for vertical motions, that is, up space, down space and an automatic return to center of staff line, the vertical equivalent to horizontal carriage return. In addition, we had to code all these and numerous other special functions into the logical circuits which operate in conjunction with the punch and read units.

The problem which next engaged us was to link this unit logically to the ILLIAC so that the information on the paper tape, which after all is merely a series of printing instructions, is decoded by the computer into machine representation of music as pitch, rhythm, etc. We wrote an interpretive routine — a translating program for the computer — which operates both ways: it not only can decode these tapes but it can also prepare tapes from musical information stored in the computer.

In storing the representation of a page of music in the computer, we represent all musical symbols by binary numbers that occupy specified locations in a grid of lattice points that correspond to every point on the page of music. The original typing sequence, which may present any order, random or otherwise, in which the original page of music was typed, is not stored, since it is only positions and identities of symbols and not typing sequences that constitute essential information. The stored information can then be processed in a number of ways: for example, the lines of music can be spaced out, to line up right-hand margins. This the computer does automatically as shown in the two pages of the same music shown in Figure 2. This is a page from a string quartet I wrote a number of years ago that presents many problems of complex notation and thus constitutes a good first test sample for score preparation. The first of the two pages shown is the copy obtained directly upon typing that includes mistakes corrected by overstrikes, uneven margins, etc. The second example shows the identical page of music after processing through the ILLIAC, where mistakes and bad margins were automatically corrected. At the same time, we can instruct the computer to extract performance parts automatically, make transpositions when required and to do similar related complex tasks. In addition to preparing original scores for publication and performance with this process, we expect soon to adapt it also to tasks of musicological value such as transcribing lute tablature into modern notation, preparing scores from madrigal partbooks and preparing musical illustrations for articles and books.

### Musical Analysis with a Computer

At present, two types of musical analysis seem most suitable for computers. The first is a *acoustical analysis* that is the reverse, basically, of the



sound synthesis process discussed earlier. If the synthesis procedure is run backwards, and the computer contains a program for solving, for example, Fourier's equations, acoustic analysis, even of transient sounds, can be achieved. The most elegant method for doing this would be the direct transfer of acoustical data into the computer from tape or a microphone through an analog-to-digital converter. Barring this, another procedure and one which we have already examined in a preliminary way, consists of photographing wave forms of sounds displayed on a cathode-ray oscilloscope screen with a special high-speed movie camera, preparing graphical plots from the resulting photographs, and entering these data into a computer by means of a function plotter. We tried this method for some guitar sounds and were enough encouraged by the results to consider more work along this line, especially since we have complete programs for Fourier analysis already available from our computer laboratory.

The second analytical application is the statistical analysis of complex musical structures considered as complex communication systems subject to interpretation by information theory. This theory is employed to study any communication system in terms of the degree of order or disorder of arrangement of its elemental components. A musical composition can thus be analyzed in terms of how nearly it approximates a state of complete order or predictability or of complete disorder or chaos. It is sufficient to point out here that a digital computer is absolutely essential to the carrying out of this kind of analysis once one proceeds beyond the most elementary type of inquiry. This is so simply because there are so many essential calculations required. In this application, the computer obviously fulfills its most traditional role as an agent for facilitating laborious mathematical processes.

### Musical Composition with a Computer

The first series of significant experiments in computer music production, which were carried out by myself and Leonard Isaacson, resulted by 1957 in a four-movement composition for string quartet, named *Illiac Suite for String Quartet* after the University of Illinois electronic digital computer.

The basic logic we applied in producing this first computer composition was the following:

1. Random integers are generated that represent musical elements such as pitches, rhythms, dynamics and so on.
2. Each such random integer is next subjected to a series of arithmetic tests representing the specific compositional and stylistic rules programmed by the composer.

3. If a random integer meets these tests, it is retained, but if it fails, it is discarded. In this event, the computer generates a new random integer and the process is repeated.
4. Finally, when the composition in question is completed, it is punched out on punched paper tape in binary code. This code is then used to print a number-letter notation of the score, or more recently, the actual score itself. In Figure 3, the whole procedure is summarized.

In more general terms, this process comprises, first, the generation of random music which is musical chaos and then the imposition of musical order on this chaos by the elimination of undesired musical elements.

The four movements of this music represented, respectively, studies of:

1. Basic procedures of computer composition, establishing some techniques of polyphonic writing.
2. A typical example of traditional music, namely, first-species strict counterpoint. This study was required in order to demonstrate that conventional compositional procedures can be subjected to computer logic. This second movement, moreover, was organized to demonstrate the progressive motion from disorder to order imposed by rules of selection.
3. A few contemporary composing practices to demonstrate the relevance of our experiments to contemporary music, including, in its final part, a method for generating twelve-tone rows for serial composition.
4. Mathematically conceived probability music that specifically requires the use of a computer for its generation. This music, called Markoff chain music or stochastic music, is based on abstract probability functions.

The central problem not dealt with in any of these newer studies relates to the problem of large scale form that is generated by a self-regulating process, that is to say, by a process that involves feedback of information which results from an inspection of the results being produced into the generating program itself such that the production of additional output is controlled by the accumulated experience. This is the basis of any so-called "closed-loop" or "cybernetic" logical system, and of any complex system of composition. It is not present, for example, in any rigorously conceived and carried out "totally organized" music, for example, because in such music, a set of a priori conditions are arbitrarily established that lead to a musical score by an "open-end" process that omits all corrective feedback information. Nor is it present in much stochastic music based on arbitrarily chosen or statistically determined parameters or probability distributions. All such types of music, for this reason, are relatively easy to produce with computers; in fact, this type of problem is rather trivial — as is the generation of purely random music — from a technical viewpoint, quite apart from whatever other attributes, good or bad, such music might possess.



Because of the necessity of producing a useful and practical compositional procedure that would incorporate feedback processes, closed-loop control and consequently, adaptive decision-making logical structures, Mr. Robert Baker and I have, for the past several years, developed a computer program for the ILLIAC that incorporates a much more general attack on this problem of compositional logic than any other study so far, including the earlier work by Isaacson and myself. This grew initially out of our awareness that the music in the original *Illiic Suite* lacked above all any long-range structural attributes except for certain quite elementary connective processes at certain points in the composition, and secondly any generalized basis for functional interdependence of musical elements like pitch, rhythm, dynamics and so on. As already described in some detail in an article already referred to, Robert Baker and I are now preparing a *Second Illiac Suite*, that will contain the much more complex music deriving from these more elaborate requirements. At the time of writing this article this *Second Illiac Suite* is not yet written, but much of the programming to produce it has been prepared, partially checked on the computer, and in operating condition. This time we are starting from a random situation of much wider pitch range, more rhythmic possibilities, more complex dynamics, and so on. A sample of this basic random output is shown in Figure 4. The material is being subjected to restrictions that we hope somewhat represent the logic of music writing itself in purely abstract form. Specifically, we have written a master program for many kinds of music, regardless of style and structure. To this master program, we then append sub-programs to define the particular composition. Therefore, our objectives include not only the writing of novel music, *per se*, but also the investigation of what constitutes the logical framework of thinking about music. At the present time, we are beginning to produce output as we prepare the appended subprograms. I show a typical simplified programming diagram in Figure 5. The "logical tree" of this master program for melodic and harmonic structure is shown at the left, while the branch structures indicate specific routines for style and organization. A typical branch structure is the one shown in Figure 6, a subprogram that produces a random harmonic bass pattern. This subprogram in turn would possess sub-subprograms to impose restrictions to produce non-random bass patterns. As discussed elsewhere, all of this new programming is based on the concept of music being a hierarchical logical network in which there exist points of greater and lesser structural significance and in which one proceeds not step-by-step from the first beat to the last but by a process of moving forward and backward, jumping ahead and backing and filling. This is shown in Figure 7.

We have defined two parts of the compositional model as follows:



(1) The initial specifications, designated as (*IS*), (2) the automatic process, designated as (*A*), such that

$$(A) \cdot (IS) = (O)$$

where (*O*) symbolizes the musical output. It follows that we keep (*IS*) unspecified in our model so that it may represent a wide range of styles and structures. On the other hand, (*A*) is a specific operation for each (*IS*) and (*O*) such that in most instances, it permits several possible outcomes to avoid the tautology implicit in single-valued processes. In actual programming, this kind of general model leads first to a logical process like that diagrammed in Figures 5 and 6 which then in turn provides the framework for actual computer operations. These are being set up so that the composer who programs the instructions for the computer specifies the number of parameters to be used, their identity and number of states and the identity of these states. Then, he further specifies the order in which choices are to be made and other aspects of "time" like total duration of the musical structure. These constitute, in brief, the (*IS*). The second step for the composer is then to specify the (*A*) such that (*O*) results from (*A*) · (*IS*). He does this by specifying "choice functions" that behave as mathematical operators upon the (*IS*).

The *Second Illiac Suite* will be in four movements like the earlier *First Illiac Suite*. It will contain results of the following four studies:

1. The writing of serial music; specifically, "total organized music", in which pitches, rhythms, dynamics, and so on, are all determined by number permutations. This style of music is not only particularly suited to computer processing in general but it also provides a good test of the logical system we have devised because it provides uni-variant (*A*)'s for our logical scheme, i. e., operations that produce an absolutely predictable outcome.
2. The use of above described routines with the specific choices being determined by statistical data obtained by the information theory analysis of selected pieces of music discussed elsewhere.
3. The synthesis of a complete closed musical form such as a fugue written in a modern harmonic idiom to demonstrate that we may program a computer to impose long-range musical order as well as short-range order.
4. A short stochastic cantata in which the words as well as the music will be chosen by probability techniques. The text will be chosen from statistical phonemic sources to insure that it is entirely pronounceable.

Since this *Second Illiac Suite* will not only be composed with the aid of a computer, but will also be printed with our musical typewriter

system and its sound will also be produced with a computer, it will represent the first example of a piece of music totally processed by what we may call a composer's "ideal composing machine" for musical composition and analysis which I will show in a block diagram in Figure 8.

## Bibliography

- F. K. Prieberg, *Musica Ex Machina*, Verlag Ullstein, Berlin, 1960.
- A. A. Moles, *Musiques Expérimentales*, Editions du Cercle d'Art Contemporain, Paris, 1960.
- L. A. Hiller, Jr., and L. M. Isaacson, *Experimental Music*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1959.
- Special Issue on Electronic Music, *Journal of Music Theory*, 6: (2), Nov. 1962 issue. This will also be published in book form by Henry Holt and Co., New York.
- L. A. Hiller, Jr., "Computer Music", *Scientific American*, 201 (6): 109, Dec., 1959.
- L. A. Hiller, Jr., and R. A. Baker, "Computer Music" in H. Borko, ed., *Applications of Computers in the Behavioral Sciences*, Prentice-Hall, Englewood, N. J., 1962, pp. 424—451.
- L. A. Hiller, Jr., "The Electrons Go Around and Come Out Music", *IRE Student Quarterly*, 8 (1): 37, Sept., 1961.
- H. F. Olson and H. Belar, "Electronic Music Synthesizer", *J. Acoust. Soc. Am.* 27: 595, 1955; H. F. Olson, H. Belar, and J. Timmons, "Electronic Music Synthesis", *ibid.*, 32: 31, 1960.
- M. Babbitt, "Electronic Music", *Princeton Alumni Weekly*, Apr. 22, 1960, p. 8.
- E. Salzman, "From Composer to Magnetron", *High Fidelity*, 10 (8): 40, Aug., 1960.
- T. Cahill, U.S. Patents 580,035; 1,107,261, 1,213,803; 1,213,804; 1,295,691.
- B. F. Meissner, "Electronic Music and Instruments", *Proc. IRE*, 24: 1427, 1936.
- H. Klein, "Elektronische Klanggestaltung mittels Lochstreifen", *Werksschrift der Fa. Siemens und Halske, Studio für Elektronische Musik, München*.
- D. D. McCracken, *Digital Computer Programming*, John Wiley and Sons, New York, 1957.
- J. Jeanel, *Programming for Digital Computers*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1959.
- E. E. David, Jr., M. V. Mathews and H. S. McDonald, "Experiments with Speech Using Digital Computer Simulation", *Bell Telephone System Technical Publications*, Monograph 3405, 1959; M. V. Mathews, "An Acoustic Compiler for Music and Psychological Stimuli", *Bell System Tech. J.*, 40: 677, 1961. Cf. N. Guttman in *Gravesaner Blätter* 23/24.
- "Music from Mathematics", 10-inch LP disk available from Bell Telephone Laboratories, 463 West Street, New York. An expanded version of this same disk with additional compositions will be released by Decca Records.
- L. A. Hiller, Jr., and R. A. Baker, "Printing and Transcribing Music with an

Electronic Computer", *J. Music Theory*, to be published in April, 1963 issue.  
C. S. Effinger, U.S. Patents 2,672,228 (Mar. 16, 1954) and 2,904,156 (Sept. 15, 1959).

L. A. Hiller, Jr., "Information Theory and Music", *Incontri Musicali*, in press. In this article references are given to other pertinent literature on this subject.

L. A. Hiller, Jr., and L. M. Isaacson, *Illiac Suite for String Quartet*, Theodore Presser Co., Bryn Mawr, Penna.

P. Barbaud, "Avènement de la musique cybernétique", *Les Lettres Nouvelles*, 7 (8): 28, Apr. 22, 1959; Anonym, "Sur deux notes les mathématiciens de l'avenir composent une symphonie complète", *Courier Bull*, 49: 6, Oct. 1961;

Anonym., "La Musique Algorithmique", *Bull. Tech. de la Compagnie des Machines Bull*, 2: 22, 1961.

P. G. Neumann and H. Schaepfert, "Komponieren mit Elektronischen Rechenautomaten", *Nachrichtentechnische Z.*, 8: 403, 1959.

P. Barbaud and R. Blanchard, *Imprévisibles Nouveautés-Algorithmes I*, 10-inch LP Record, Critère Productions, R. Dounatte, CRD 430-A, Paris.



# Wir spielen auf der Rechenanlage

(Jetzt kann der Komponist sein Werk hören, sobald er das Manuskript fertig hat)

von

ERH LIN

1

L. D. Divilbiss legte die Grundlage zur Klangerzeugung durch den Elektronenrechner CSX-1 des Coordinated Science Laboratory an der Universität Illinois, welcher sich von anderen Rechnern dadurch unterscheidet, daß er sechs Sammelregister hat. Die Divilbiss-Methode könnte man Überlaufverfahren nennen: das Sammelregister „läuft über“, wenn die registrierte Zahl den Höchstwert erreicht und nach 0 überschnappt; ein vierstelliges Register z. B. erreicht seinen Höchstwert bei 9999 und kehrt durch Addition von 1 zu 0000 zurück wie eine vierstellige Kilometeruhr. Im Sammelregister bedeutet dies einen plötzlichen Abfall des Stromsignals. Mehrere Überläufe hintereinander ergeben ein Rechtecksignal, welches eine regelmäßige Frequenz ist, wenn die Überläufe regelmäßig stattfinden. Diese Rechteckwelle kann man verstärken und damit unmittelbar einen Lautsprecher betreiben, wenn die Frequenz im Hörbereich liegt. Die CSX-1-Rechenanlage besitzt einen solchen Lautsprecher für jedes der sechs Sammelregister. Das entspricht einer musikalischen Besetzung mit sechs Instrumenten.

2

Im *Music Maker* genannten Musikprogramm von Divilbiss wird für jedes musikalische Ereignis<sup>1</sup> die Zeichenfolge

DEC Nt;Na;Nb;Nc;Nd

in den Papierstreifen gelocht. Hier bedeuten

DEC und ; = Grundzeichen der Maschine

Nt = Dezimalzahl gleich 26 000mal der Ereignisdauer in Sekunden

Na, Nb, Nc = die Tonhöhen von drei Stimmen a, b, c ausgedrückt durch

Dezimalzahlen gleich 2,5mal die jeweilige Frequenz in Hertz

Nd = Intensität der drei Stimmen gleich  $1024 \cdot Ia + 32 \cdot Ib + Ic$ . Hier sind Ia, Ib, Ic = die Intensitäten der drei Stimmen in bezug auf einen beliebigen Normpegel, ausgedrückt durch eine Zahl von 0 bis 31.

Um also die beiden Takte Bach (Fig. 1) auf der Rechenanlage zu spielen, wird die Zahlensammlung Fig. 2 auf dem *Flexowriter*<sup>2</sup> getippt. Jedes Ereignis wird dann in fünf Gedächtnisspalten gespeichert, und zwar aufgeteilt in die fünf Parameter Nt, Na, Nb, Nc, Nd. Durch periodische Hinzufügung von Zahlen laufen die Register über. Die Tonhöhe hängt von der Größe der hinzugefügten Zahl und von der Rechengeschwindigkeit ab. Fängt man

mit 0 an und addiert jeweils 1, so muß der Vorgang 10 000mal wiederholt werden, um einen Überlauf zu erzeugen; fügt man aber 9999 hinzu, so nügen schon zwei Additionen. Je höher die addierte Zahl, desto höher auch die Frequenz, weil mehr Überläufe je Zeiteinheit stattfinden.

Fig. 3 veranschaulicht den Vorgang:  $Nd$  wird aus dem Gedächtnisspeicher hervorgeholt und im ersten Sammelregister  $Rd$  eingeschrieben. Ebenso fährt der Rechner mit den drei Tonhöhen  $Na, Nb, Nc$ . Dann addiert der Rechner 1 zum Zeitsammelregister  $Rt$  und der ganze Vorgang außer der Einschreibung von  $Nd$  wird solange wiederholt, bis die angesammelten Einsen in  $Rt$  den Wert von  $Nt$  erreichen. Dann wird das nächste  $Nd$  in  $Rd$  eingeschrieben und damit das nächste Ereignis eingeleitet. So ist die Ereignisdauer proportional zu  $Nt$ .

Das Werk wird auf dem *Flexowriter* als eine Art Partitur aufgeschrieben. Ein Druck auf den Startknopf genügt, um es dann schon tönend ablaufen zu lassen.

### 3

Ein Zusatzprogramm zum *Music Maker*, die *Music Machine*, regelt die Dynamik dadurch, daß die drei Bestimmungen der Dynamik, deren Summe  $Nd$ , in  $Rd$  gespeichert, ergibt, in drei elektronische Signale umgesetzt werden, welche die drei Tonhöhen  $Ra, Rb, Rc$  regeln (Fig. 4).

Die *Klangfarbe* wird durch Filter geregelt, die die Wellenform beeinflussen. Aus der obertonreichen Rechteckwelle lassen sich die meisten anderen Wellenformen wie z. B. bestehender Musikinstrumente leicht ableiten. Dies wird ebenfalls in Fig. 4 veranschaulicht.

### 4

Der Nachteil dieses Programms liegt in dem für die *Flexowriter*-Arbeit benötigten Zeitaufwand, denn die Sekunden, Hertz und Dezibel müssen umgerechnet werden, was für den normalen Musiker eine zu abstrakte Arbeit ist, selbst mit Hilfe von Umrechnungstabellen. Um die Methode nicht auf Techniker und Mathematiker zu beschränken, habe ich zwei Unterprogramme entwickelt, welche den Musiker von der mühsamen Umrechnungsarbeit befreien:

1. Auf dem *Flexowriter* wird jedes Ereignis wie folgt getippt:

DEC T;Fa;Fb;Fc;Ia;Ib;Ic

$T$  = Dauer in Hundertstelsekunden

$Fa, Fb, Fc$  = Tonhöhen der drei Stimmen in Hertz

$Ia, Ib, Ic$  = Intensitäten, wie gehabt.

Fig. 5 illustriert dieses Unterprogramm schematisch. Die gleiche Musik von Bach wird unter diesem Programm nun wie in Fig. 6 aufgeschrieben.

2. Für die meiste Musik ist die Möglichkeit der Tonhöhendifferenzierung unter dem besprochenen Programm noch zu groß, denn es werden nur zwölf verschiedene Tonhöhen je Oktave benützt. Für solche Musik kann durch ein

weiteres Unterprogramm die Arbeit auf dem *Flexowriter* weiter vereinfacht werden, und zwar wird jedes Ereignis so aufgeschrieben:

DEC T;Pa;Pb;Pc;Da;Db;Dc

T = Dauer in Hundertstelsekunden

Pa, Pb, Pc = Tonhöhen der drei Stimmen, durch beliebige Zeichen ausgedrückt

Da, Db, Dc = Dynamiken der drei Stimmen, durch beliebige Zeichen ausgedrückt.

Die entsprechenden Zeichen für die Tonhöhe und die Dynamik zeigen Fig. 7 und 8. Die gleiche Musik von Bach wird wie in Fig. 9 aufgeschrieben, und das Unterprogramm stellt daraus die Angaben der Fig. 2 von selber her, um die Musik auf die vorher beschriebene Weise zum Erklingen zu bringen.

## 5

Das Experimentalmusikstudio der Universität Illinois besitzt eine Notenschreibmaschine, die einen Lochstreifen locht oder umgekehrt von diesem betrieben werden kann. So kann der Musiker bald die normale Notenschrift auf der Notenschreibmaschine schreiben, und schon bringt die Rechenanlage das so Geschriebene zum Erklingen.

Den Mitarbeitern des Coordinated Science Laboratory, besonders R. Trogden und R. D. Jenks, ist der Verfasser für Ihren Rat verbunden.

## A n m e r k u n g e n

1. Ein *musikalisches Ereignis* ist ein Abschnitt der Musik, in welchem die Veränderungen der Tonhöhe und Dynamik nicht wahrnehmbar sind.
2. Der *Flexowriter* ist eine Schreibmaschine, die den Lochstreifen zum Betrieb der CSX-1-Anlage vorbereitet und von diesem auch betrieben wird, um das Rechenergebnis aufzuschreiben.

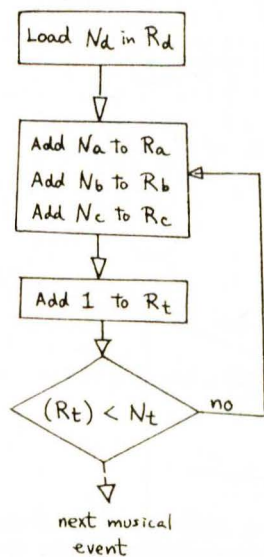




Fig. 1 J. S. Bach, Sinfonia XI, Takte/bars 1—2

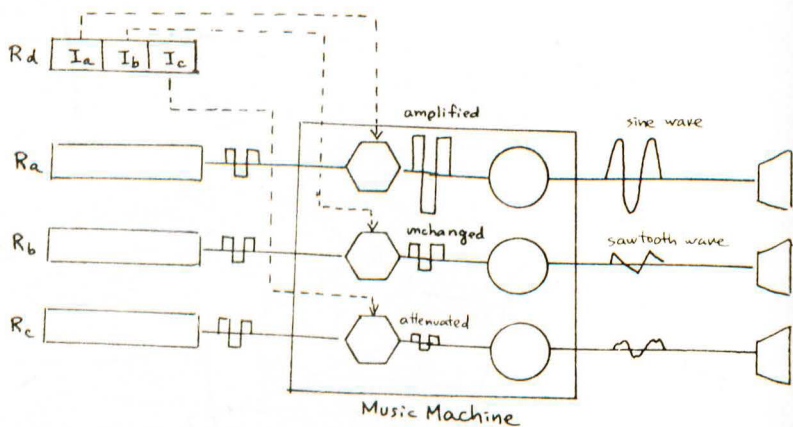
DEC 4199;493;0;0;10 240  
 DEC 4199;493;0;1480;10 250  
 DEC 4199;493;0;1174;10 251  
 DEC 4199;493;0;987;10 252  
 DEC 8399;392;0;1975;10 253  
 DEC 4199;370;0;1760;10 250  
 DEC 4199;370;1108;1760;10 570  
 DEC 4199;370;880;1760;10 580  
 DEC 4199;370;740;1760;10 590  
 DEC 8399;587;1480;1760;10 600

Fig. 2 Verschlüsselung der beiden Takte Fig. 1  
Flexowriter code for the music of Fig. 1



$R_a$  = Sammelregister Stimme  $a$  / accumulator for voice  $a$   
 $R_b$  = Sammelregister Stimme  $b$  / accumulator for voice  $b$   
 $R_c$  = Sammelregister Stimme  $c$  / accumulator for voice  $c$   
 $R_d$  = Sammelregister Dynamik / accumulator for dynamics  
 $R_t$  = Sammelregister Dauer / accumulator for duration

Fig. 3 Blockscha des *Music-IX* Rechenprogramms  
 Block diagram of *Music-IX* computer program



 Regler bzw. Verstärker / attenuator or amplifier

 Filter

Fig. 4 Blockschema der *Music Machine*  
Schematic diagram of the *Music Machine*

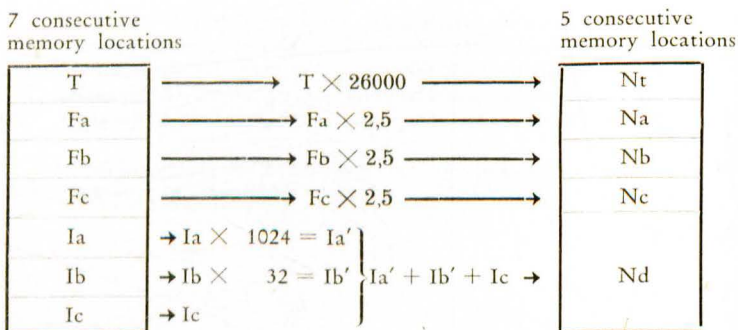


Fig. 5 Die 7 Gedächtnisspalten der Verschlüsselung Fig. 6 werden unter dem 1. Unterprogramm in die Verschlüsselung Fig. 2 mit nur 5 Gedächtnisspalten verwandelt

Subroutine 1 transforms the 7 memory locations of the code shown in Fig. 6 into the code of Fig. 2 which contains only 5 memory locations



DEC 22;195;0;0;10;0;0  
 DEC 22;195;0;587;10;0;10  
 DEC 22;195;0;466;10;0;11  
 DEC 22;195;0;391;10;0;12  
 DEC 43;155;0;783;10;0;13  
 DEC 22;146;0;698;10;0;10  
 DEC 22;146;440;698;10;10;10  
 DEC 22;146;349;698;10;11;10  
 DEC 22;146;293;698;10;12;10  
 DEC 43;233;587;698;10;13;10

Fig. 6 Verschlüsselung der beiden Takte Fig. 1 unter dem 1. Unterprogramm  
 Flexowriter code for the music of Fig. 1 if subroutine 1 is used

Zeichen	Entsprechende Gedächtniszahl	Wirkliche Frequenz
Symbol	Corresponding number in memory	Actual frequency
A1	69	27
As1	73	29
Bf1	73	30
B1	77	32
...	...	...
G4	987	391
Gs4	1046	415
Af4	1046	415
A5	1108	440
...	...	...
Bs8	10548	4185
Cf8	9956	3951
C8	10548	4185

f = flat = b  
 s = sharp = #

Fig. 7 Notenzeichen (B = H)  
 Symbols for notes

Zeichen	Entsprechende Gedächtniszahl	Wirkliche Dynamik
Symbol	Corresponding number in memory	Actual dynamic
R	0	Pause / rest
RM	1	Pause, mehr rest, more
PPPL	2	<i>pppp</i> , weniger / less
PPPP	3	<i>pppp</i>
PPPPM	4	<i>pppp</i> , mehr / more
...	...	...
P	12	piano
PM	13	piano, mehr / more
MPL	14	mezzopiano, weniger / less
MP	15	mezzopiano
MPM	16	mezzopiano, mehr / more
...	...	...
FFFF	30	<i>ffff</i>
FFFFM	31	<i>ffff</i> , mehr / more

Fig. 8 Dynamikzeichen  
 Symbols for dynamics

```

DEC 22;G3;R;R;PPM;R;R
DEC 22;G3;R;D5;PPM;R;PPM
DEC 22;G3;R;Bf5;PPM;R;PL
DEC 22;G3;R;G4;PPM;R;P
DEC 43;Ef3;R;G5;PPM;R;PM
DEC 22;D3;R;F5;PPM;R;PPM
DEC 22;D3;A5;F5;PPM;PPM;PPM
DEC 22;D3;F4;F5;PPM;PL;PPM
DEC 22;D3;D4;F5;PPM;P;PPM
DEC 43;Bf4;D5;F5;PPM;PM;PPM

```

Fig. 9 Nach dem 2. Unterprogramm können die beiden Takte der Fig. 1 von jedem Musiker ohne weiteres verschlüsselt werden  
 Using subroutine 2, the music of Fig. 1 can be very easily typewritten as above by any musician

# Playing the Computer

(Now the composer can hear his work as soon as he has finished his manuscript)

by

ERH LIN

## 1

The basic principle of sound generation was developed by L. D. Divilbiss for CSX-1 computer at the Coordinated Science Laboratory, University of Illinois. This computer, unlike others, has six accumulator registers. The method developed by Divilbiss may be called the overflowing method. We say an overflow takes place when the number in the accumulator register reaches its maximum capacity and becomes zero again. For example, a four-digit counter is maximum at 9999 and becomes 0000 (i. e. zero) when 1 is added, like a four-figure mileage counter, where the leftmost digit (i. e. the 1 in 10000) is lost during the overflow.

In the accumulator register, an overflow means a sudden drop in the magnitude of the electrical signal. If overflows take place in the course of time, a fluctuating electrical signal is obtained. If overflows are arranged to occur periodically, a definite frequency can be obtained. The wave form is rectangular. The rectangular wave may then be fed through an amplifier to a loudspeaker from which a musical sound can be heard when the rectangular wave is within the range of audio frequency. The advantage of CSX-1 is that it has six loudspeakers connected respectively to six accumulator registers and this makes it possible to obtain more than one voice from this computer.

## 2

Divilbiss has contrived a series of computer programs. The last one, called *Music Maker*, is most useful. For every musical event,<sup>1</sup> the following is punched on a paper tape by the flexowriter<sup>2</sup>:

DEC Nt;Na;Nb;Nc;Nd

where DEC and ; are basic symbols of SAC<sup>3</sup>.

*Nt*: a decimal number equals the product of 26000 and duration of the musical event in seconds.

*Na, Nb, Nc*: pitches of three voices *a, b, and c* respectively represented by a decimal number which equals the product of 2.5 and the frequency of the voice in cycles per second.

*Nd*: intensity of three voices equals the sum of  $1024I_a$ ,  $32I_b$  and  $I_c$ .  $I_a, I_b$ , and  $I_c$  are respectively the intensity levels of each to any reference level. They are represented by a number between 0 and 31.



If we want to play the music of Fig. 1, we punch the paper tape by typing Fig. 2 on the flexowriter. This music data, which is the series of musical events, is then stored in the computer memory in a way that each musical event will occupy five successive memory locations containing  $Nt$ ,  $Na$ ,  $Nb$ ,  $Nc$  and  $Nd$ .

In short, the music maker computer program is one which can let overflows occur periodically by adding a certain number to an accumulator register. The pitch is determined by the magnitude of the number that is added and by the speed of the computer. If this is likened to the regular desk calculator of four digits, it takes 10000 times of additions to obtain an overflow by adding 1 to 0. It takes only two additions to obtain an overflow by adding 9999 to 0. Of course, the larger the number is, the higher the frequency will be.

The basic operation of this computer program can be illustrated as in Fig. 3: the three voices are achieved by means of a loop. First, the computer picks  $Nd$  from memory. Then the computer picks  $Na$ ,  $Nb$  and  $Nc$ , and adds these numbers to three accumulator registers respectively. Then 1 is added to  $Rt$  which is then compared to  $Nt$  in memory. If the number is less than  $Nt$ , the computer will repeat the above process again the except picking  $Nd$ . If the number in  $Rt$  is greater than  $Nt$ , the computer will repeat the whole process for the next musical events. The larger  $Nt$  is, the longer the musical event lasts.

Music Maker computer program is to be stored in the computer memory before the performance. When music data is stored in the memory, the performer merely pushes the start button to listen to the music.

### 3

In Coordinated Science Laboratory, a device called *Music Machine* is employed with *Music Maker* computer program. The *Music Machine* has two purposes.

One purpose is to *make dynamics*. The music machine converts the three dynamic indications which are held in the accumulator register ( $Rd$  in Fig. 4) into three electronic signals. These signals in turn control the output of the three electric signals from  $Ra$ ,  $Rb$ , and  $Rc$ . The schematic diagram of music machine is shown in Fig. 4.

The other purpose is to *control the tone colors* of the three voices manually. A filter circuit is inserted between the accumulator register and loudspeaker. The parameters of the filter can be changed to alter the wave form, e.g. to that of a regular musical instrument.

### 4

The music maker computer program has one disadvantage, the time involved in preparing the tape. The conversion of seconds, cycles per second,

and decibels into their corresponding numbers is still too difficult for most musicians even with the help of a conversion table. Therefore, though excellent, this method has been limited to engineers and mathematicians. The author, in the light of this fact, has written two sub-routines which would release the musicians from the burden of laborious calculations:

1. Every musical event is typed as shown below:

DEC T;Fa;Fb;Fc;Ia;Ib;Ic

where: *T*: duration of the musical event in cent-seconds

*Fa, Fb, Fc*: pitches of three voices in cycles per second

*Ia, Ib, Ic*: defined as before in music maker computer program

This subroutine is illustrated in Fig. 5. The music of Fig. 1 is typed as shown in Fig. 6.

2. Subroutine 1 is very convenient when there are many different pitches. But very often only some pitches are used in one piece of music rather than all. For example, in playing a piece of music written in twelve-tone equal temperament, we actually choose only twelve pitches in an octave. And the same pitch will be used again and again. For this situation this subroutine is written. With this subroutine, every musical event is typed as shown below:

DEC T;Pa;Pb;Pc;Da;Db;Dc

where *T*: as defined in subroutine 1

*Pa, Pb, Pc*: pitches of three voices in any symbol

*Da, Db, Dc*: dynamics of three voices in any symbol

For practical purposes, the symbols for the pitch for twelve tone equal temperament are as shown in Fig. 7. For dynamics, the symbols as shown in Fig. 8, are most convenient. Those symbols and their corresponding numbers are stored in the computer memory with this subroutine which will convert these symbols in the music data into their corresponding numbers for computer performance.

The music of Fig. 1 is typed as shown in Fig. 9.

## 5

At the experimental music studio, University of Illinois, there is a paper-tape-controlled music writer. In the very near future, musicians, instead of typing the flexowriter, can type the ordinary music symbols on the five-line music staff.

The composer will especially be benefited, for as soon as he has finished his manuscript, the computer can play without any rehearsal with an accuracy no performer can equal.

The author is indebted to the members of Coordinated Science Laboratory, especially R. Trogden and R. D. Jenks for their advice.

### References

#### Computers in General

*IBM General Information Manual* (IBM, 1960)

*Manual for the CSX-1 Computer* (Coordinated Science Lab., 1963)

Mathew Mandl, *Fundamentals of Digital Computers* (Prentice-Hall, 1958)

#### Computers and Music

L. A. Hiller & L. M. Isaacson, *Experimental Music* (McGraw, 1959)

M. V. Mathews, "The Digital Computer as a Musical Instrument" in *Science*, (Nov. 1963.)

J. L. Divillbiss, "The Real-Time Generation of Music with a Digital Computer" in *The Journal of Music Theory* (Spring 1964.)

### Notes

<sup>1</sup> A musical event is defined as a section of music in the course of time, during which the change of pitch and dynamics is negligible.

<sup>2</sup> A Flexowriter is a typewriter designed to type and punch a paper tape for the input and output for CSX-1 computer.

<sup>3</sup> SAC is the computer language for CSX-1.



# Weitere Experimente im musikalischen Gebrauch des Elektronenrechners

von

J. R. PIERCE, M. V. MATHEWS und J. C. RISSET

(Bell Telephone Laboratories)

Das erste Klangerzeugungsprogramm der Bell Telephone Laboratories<sup>1</sup> erforderte noch das Aufschreiben einer Zahlenreihe für jeden gespielten Ton, um Stimme bzw. Instrument, Tondauer, Tonstärke, Tonhöhe und evtl. weitere Parameter zu bestimmen; auch mußte eine Pause in jeder Stimme besonders notiert werden. Dieses Programm ist inzwischen vereinfacht und verbessert worden.

Jetzt wird das Auftreten jedes Tons durch den Einsatzzeitpunkt (in bezug auf den Anfang des Stücke) und die Dauer bestimmt. Die früher vorkommenden kumulativen Fehler treten nicht mehr auf, auch müssen die Pausen nicht mehr besonders notiert werden.

Weitere Parameter sind hinzugekommen, um die Bestimmung der Einschwingkurve und der Wellenform jedes Tons einzeln zu ermöglichen. Wird in die entsprechende Zahlenkolonne keine Zahl eingeschrieben, so bleibt der betreffende Parameter unverändert. So ist die Anzahl der nötigen Zahlen verringert worden.

Die Tonhöhe kann jetzt zwischen zwei beliebigen Endpunkten gleichmäßig gleiten. Mit dieser neuen Fähigkeit waren weitere, inzwischen ebenfalls erreichte Verbesserungen angezeigt. Die Erfahrung hatte nämlich gelehrt, daß gleichmäßige und angenehme Amplituden- oder Tempoveränderungen schwer ausführbar waren. Also ist das Programm um Regelfunktionen bereichert worden, die die Bestimmung des Tempos einer oder aller Stimmen als eine Funktion der Zeit ermöglichen, ausgedrückt als kontinuierliche oder Stufenlinie. Ebenso können Lautstärke oder weitere Klangparameter geregelt werden.

Das Klangfarbenprogramm ist erweitert worden. Ursprünglich gab es nur bestimmte Wellenformen, dann kamen bestimmte Einschwingkurven und Vibrato hinzu, ferner aleatorische Frequenz- und Amplitudenmodulation in bestimmten Bändern und Geschwindigkeiten (schmales Band: natürlich klingender Ton; breites Band: geräuschvoller Ton). Jetzt kann der Frequenzinhalt unabhängig von der Tonhöhe geregelt werden; die Bestimmung von Formanten ist also möglich, z. B. durch Filtrierung, wodurch die Rechenwerte der Proben außerordentlich komplex werden, oder indem eine Wellenform aus periodenlangen Segmenten einer oder mehrerer gedämpfter Sinuswellen aufgebaut wird, oder durch Addierung oder Subtraktion eini-

ger verzögerter Fassungen der Wellenform — die letzte Methode der tonhöhenunabhängigen Frequenzspektrumregelung ist eine Art Filtrierung, die auf einem Digitalrechner besonders leicht ausführbar ist. Dies entspricht einem neuen Unterprogramm (früher „Block“ bezeichnet<sup>1</sup>), unter welchem die Frequenzkurve bis zu achtmal bis zu einem Nullwert absinken kann mit entsprechenden Maxima dazwischen.

Diese neuen Hilfen ermöglichen die Herstellung sehr komplexer Wellen. Will man aber ganz bestimmte Klänge synthetisieren, so muß man eine Kenntnis des Verhältnisses zwischen einem wahrgenommenen Klang und den physikalischen Merkmalen seiner Wellenform haben<sup>1</sup>. In diesem Zusammenhang untersuchte J. C. Tenney die Steilheit des Einschwingvorgangs. Dazu bemerkte M. V. Mathews<sup>3</sup>: „Dieser Parameter übt einen starken Einfluß auf die Klangfarbe aus. Will ein Komponist Gebrauch davon machen, dann muß er wissen, wie klein eine schon wahrnehmbare Veränderung ist.“ Fig. 1 zeigt Tenneys Ergebnisse der gerade wahrnehmbaren Einschwingzeitdifferenz als Funktion der kürzeren von zwei Einschwingzeiten („rise-time“): über einem Absolutwert von etwa 5 ms kann man ein Verhältnis von 3/2 schon wahrnehmen, während unter 5 ms eine absolute Veränderung von 1,5 ms wahrnehmbar ist. Anhand dieser Angaben kann der Komponist eine „Skala“ von Einschwingvorgängen aufstellen; die „Intervalle“ zwischen den Einschwingvorgängen könnten dann als gleichwahrnehmbar berechnet werden.

J. C. Risset analysierte echte Trompetenklänge, um eine Einsicht in die hauptsächlich die Klangqualität beeinflussenden physikalischen Parameter zu gewinnen. Er fand, daß sich blechähnliche Klänge durch geeignete Bestimmung einiger Merkmale wie z. B. Ansatz, schnelle aleatorische Frequenzfluktuation, lautstärkeabhängiges Frequenzspektrum — synthetisch herstellen lassen.

Das Klangerzeugungsprogramm leistet aber auch einen einzigartigen Beitrag zur Erforschung der Klänge der üblichen Musikinstrumente. Synthetisierungsversuche zeigen, wie wenig das Frequenzspektrum zur Klangbestimmung ausreicht. Eine Analyse kann als voll gelten, wenn ihre Ergebnisse die synthetische Herstellung eines vom Ursprungsklang kaum zu unterscheidenden Klanges erlauben. Durch systematische Veränderung der einzelnen Parameter der synthetischen Klänge kann man zu Schlüssen über den subjektiven Wert jedes Parameters kommen. Der Benutzer des Klangerzeugungsprogramms will aber nicht unbedingt Klänge herstellen, die von den traditionellen nicht zu unterscheiden sind, sondern darüberhinaus den Klangfarbenbereich durch rechten Gebrauch der Parameter erweitern.

Auch dem Psychologen kann das Klangerzeugungsprogramm Dienste leisten. Roger Shepard<sup>5</sup> erzeugte damit Töne, deren Komponenten Sinustöne mit Oktavabstand und der in Fig. 2 dargestellten Schalldruckverteilung waren. Eine chromatische Fortschreitung solcher Töne wird bis zum 12. Ton



als aufsteigend empfunden; danach schließt sich aber der Kreis, denn das Frequenzspektrum der Oktave ist dasselbe wie beim Anfangston, so daß kein globaler Tonhöhenanstieg empfunden wird. Diese Kreisförmigkeit der Tonhöhenempfindung ist durch sorgfältige psychologische Experimente bestätigt worden: man benützte dafür die gleiche Art Töne, die ja nur auf dem Computer zu erzeugen sind.

Weitere Programmverbesserungen betreffen die Komposition. Man kann jetzt ganze Stimmen einzeln speichern, einen beliebigen Ausschnitt einer Stimme abhören und dabei das Tempo und die Lautstärke wie oben beschrieben verändern. Ferner können die gesamten Frequenzen einer Stimme um den gleichen Faktor verändert, die Stimme also als Ganzes transponiert werden; alle Intervalle können durch einen konstanten Faktor erweitert oder verkleinert werden, man kann sie auch umkehren. So muß nicht unter allen Umständen jeder Ton notiert werden: bei einem Kanon zum Beispiel genügt die Notierung einer einzigen Stimme. Durch entsprechende einfache Befehle wird die Maschine dann alle anderen Stimmen zum gewünschten Zeitpunkt und im gewünschten Intervall, ferner als Vergrößerungs-, Verkleinerungs-, Umkehrungs- oder Krebskanon einsetzen lassen.

Man kann auch eine Melodie im Rhythmus einer anderen spielen lassen, indem die Tonhöhen- und Tondauerfolgen der beiden Melodien vertauscht werden. M. V. Mathews' *Circular Study*, nach diesem Prinzip gemacht, demonstriert die Bedeutung der rhythmischen Formen. Man kann eine Melodie auch durch Vertauschung der Höhen und Dauern der einzelnen Töne variieren. Bestimmt man eine ungleiche Zahl Höhen und Dauern, die zyklisch wiederkehren, so bekommt man einen längeren Gesamtzyklus mit einer Anzahl von Tönen gleich dem kleinsten, gemeinsamen Vielfachen der Anzahl von Höhen und Dauern.

Aus alledem erhellt, daß wir den Rechner inzwischen viel mehr in unserer Gewalt haben als ein herkömmliches Musikinstrument. Der Rechner kann von sich aus Kompositionsaufgaben lösen wie z. B. die erwähnten einfachen Durchführungen einer Melodie. Fügt man ein aleatorisches Element hinzu, so liefert der Rechner eine Art Variationen ohne menschliche Hilfe, welche indessen nicht ausgeschlossen bleibt, denn der Mensch kann sich nach Belieben bis zur Festlegung jedes Tons einschalten. Auf dem mittleren Wege zwischen menschlicher und digitalrechnerischer Willkür hat M. V. Mathews ausgiebige Versuche mit Variationen, die im Großen vorbedacht aber im Kleinen aleatorisch sind, angestellt und eine Anzahl von Variationen oder Durchführungen von bekannten Themen geschaffen, darunter das englische Volkslied "Happy birthday to you" sowie Musik von Pergolesi.

Hiller und Isaacson waren unter den ersten, die den Elektronenrechner nicht nur zur Interpretation sondern auch zur Komposition benützten<sup>6</sup>: in ihr Programm nahmen sie die Regeln des Kontrapunkts erster Gattung auf, durch welche aus einer Randomfolge ein strenger vierstimmiger Kontra-



punkt ausgewählt wurde. Das Ergebnis, das einen Satz aus der *Illiad-Suite* für Streichquartett bildete, war ziemlich amorph. Milton Babbitt machte die kluge Bemerkung, die Regeln des Kontrapunkts schrieben nur vor, was man nicht darf, aber nicht, was man soll. Inzwischen hat Hiller Fortschritte gemacht in seinem Bestreben, den Kompositionen der Maschine eine wohl erwogene Grundlage zu verschaffen.

Die verschiedenen vorhandenen oder vorgesehenen Kompositionsprogramme sind direkt mit den Klangerzeugungsprogrammen verbunden, sodaß der Komponist nicht erst die durch den Rechner gelieferte Partitur zu entschlüsseln und die Noten dann zu spielen braucht.

Béla Julesz, Joan Müller und James Tenney haben ein Programm der Ton-für-Ton-Begleitung einer Melodie geschrieben: eine zufällige Folge von Tönen aus der temperierten Skala wird solange geliefert, bis einer den Regeln des strengen Kontrapunkts entspricht (z. B. keine Sekunden, Quart, Septimen, keine Quinten- und Oktavparallelen usw.); es gibt außerdem Regeln, die einem von zwei möglichen Tönen, z. B. einer Gegenbewegung der entsprechenden Parallelbewegung, den Vorzug geben. Beim gleichzeitigen Abhören entspricht dieses Programm einem ästhetischen Experiment, um zu bestimmen, inwieweit sich die Begleitung in einem beliebigen Stil durch Regeln erfassen läßt. Das Programm ist so schnell, daß die Begleitung nur eine Millisekunde hinter der Melodie hinkt, wenn diese auf einer dem Rechner angeschlossenen Klaviatur gespielt würde.

Der Komponist James C. Tenney bestimmt Mittelwerte und Streubereiche aller Parameter wie Dauer, Höhe, Klangfarbenkomponenten, Lautstärke der Tonfolge jeder Stimme (Fig. 3). Innerhalb dieses Bereiches wählt der Rechner die Parameter zufällig. So beherrscht der Komponist den allgemeinen Fluß, Faktur, Intervallgröße, Tempo, Tondauerbereich und Klangfarbe im Verlauf der Komposition, überläßt die Ausführung der Einzelheiten aber dem Rechner, obwohl er auch hier eingreifen und z. B. den Einklang und die Oktave ausschalten kann. So sind Werke wie *Noise Study*<sup>2</sup>, *Dialogue* und *Phases* entstanden.

M. V. Mathwes lies zufällige Tonhöhen zu einem bestimmten Rhythmus herstellen und beobachtete, daß die Zufallswahl einer Tonhöhe aus der temperierten Zwölftonskala einerseits und einer ganz beliebigen Tonhöhe aus dem Klangkontinuum andererseits einen sehr ähnlichen Eindruck erwecken. (Das scheint zu bestätigen, daß die Zwölftonleiter im Wesentlichen willkürlich ist — eine Ansicht, der sich auch Edgar Varèse anschließt: sie ist ein bequemer Kompromiß zur einfachen Modulation, aber daß sie fast ausschließlich auch in atonalen Werken benützt wird, scheint durch die Grenzen der Instrumente bedingt zu sein.) Wählt man stattdessen die Zufallstöne aus einer der diatonischen Skalen, so entsteht ein starker tonaler Eindruck, welcher auch nicht durch die bloße Bestimmung diatonischer *Intervalle* erreicht wird.

Dem Gebrauch des Elektronenrechners stehen drei Hauptprobleme im Wege: physische und wirtschaftliche Verfügbarkeit, die dazu nötige technische Ausbildung und die Langwierigkeit der Arbeit mit ihren vielen Experimenten und der nötigen Kenntnis der musikalischen Psychophysik. Trotzdem macht man in den Vereinigten Staaten immer mehr musikalischen Gebrauch davon. Dr. Jim Randall hat unser Musikprogramm dem Rechner der Princeton University angepaßt und darauf nicht nur Originalmusik, sondern auch frühe Vokalmusik gespielt: Musikwissenschaftler haben eine Sprache zur Verschlüsselung der frühen Musik zum Zwecke der rechnerischen Analyse entwickelt, und die beste Methode, diese Verschlüsselung zu überprüfen, ist, die Musik selbst zu hören, wie sie der Rechner nach der verschlüsselten Partitur spielt. Gerald Strang hat unser Programm für den Rechner im Besitz der Universität Kalifornien in Los Angeles übersetzt: seine Arbeit erschließt unser Programm jedem Rechner, der unter dem weitverbreiteten IBSYS-IBJOB (IBM)-Kontrollsystem operiert. Auch Arthur Roberts hat das Programm für den Computer des Argonne National Laboratory umgesetzt, und James Tenney, jetzt an der School of Music der Yale University, analysiert mit dem Elektronengehirn dort Geigentöne, um ihre charakteristischen Merkmale festzustellen.

Boulez<sup>9</sup> drückte es dahingehend aus, der Computer sei wohl das einzige Mittel zur Ausführung einer anspruchsvollen Komposition unter Einbeziehung von tonalen sowie geräuschvollen Klangfarben, denn er ermöglicht die Klassifizierung und Beherrschung ihrer physikalischen Struktur.

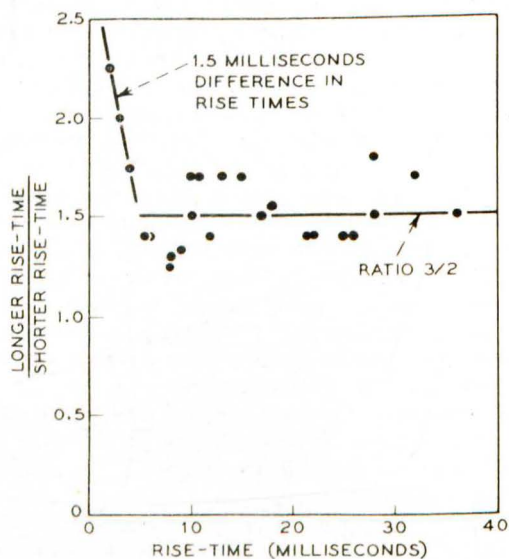


Fig. 1 Gerade wahrnehmbarer (d. h. in 75% der Fälle) Einschwingzeitunterschied als Funktion der kürzeren von je zwei Einschwingzeiten.  
Ratio of two rise times that are just discriminable (discriminable 75 percent of the time) as a function of the shorter of the two rise times.

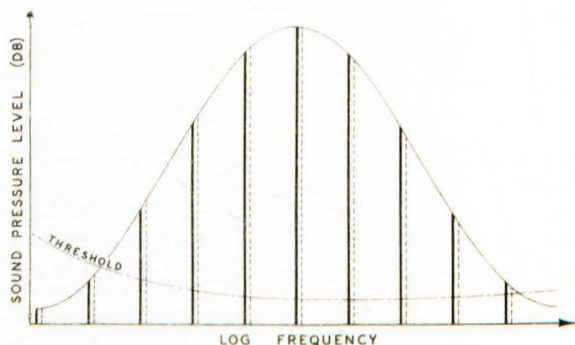


Fig. 2 Schalldruckpegel von 10 gleichzeitig erklingenden Sinustonkomponenten im Oktavabstand. (Die gestrichelten Linien zeigen den weiteren Schalldruckverlauf, wenn alle Frequenzen um das gleiche Intervall ansteigen).  
Sound-pressure levels of 10 simultaneously sounded sinusoidal components spaced at octave intervals. (The dotted lines correspond to an upward shift in the frequencies of all components.)



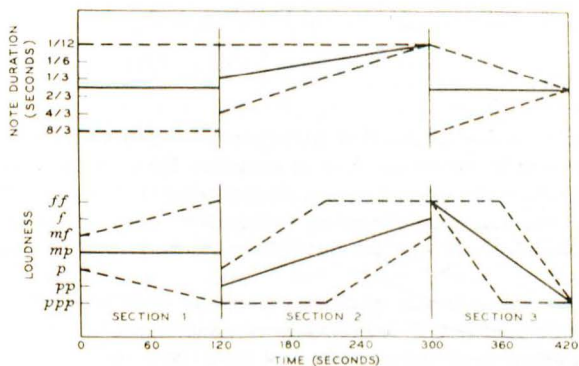


Fig. 3 Teil einer Partitur von James Tenney. Die vollen Linien zeigen die Mittelwerte von Tondauer und Tonstärke und die gestrichelten Linien die Grenzen des jeweils zulässigen Streubereichs.

Section of a score prepared for a study by J. C. Tenney. The average values for note-duration and loudness are shown by the solid lines as functions of playing time. The allowable range of variation of these parameters is shown by the dashed lines surrounding the solid lines.

## Further Experiments on the Use of the Computer in Connection with Music

by

J. R. PIERCE, M. V. MATHEWS, and J. C. RISSET

(Bell Telephone Laboratories)

In the first version of the Bell Laboratories sound generation program<sup>1</sup>, it was necessary to write one line of numbers for each note to be played; this line specified the voice (or instrument) playing this note, its duration, loudness, pitch, and possibly other parameters; rests in voices had to be written down. Several changes have been effected to make the computer easier to use.

One improvement is the specification of the starting time and duration of each note. This makes it unnecessary to specify rests in voices and avoids effects of cumulative errors in notes and rests duration.

New parameters have been added. Thus, it is possible to change from note to note the attack function and the waveform. On the other hand, any parameters of a note can be held for the next notes played by the same instrument, simply by writing no number in the appropriate column. This cuts down the quantity of numbers which must be written per note.

Another facility which has been added is that of changing the pitch smoothly between two predetermined endpoints. This capability pointed the way toward other improvements. Experience showed that it was difficult to achieve smooth and pleasant changes of amplitude and tempo. Thus, control functions have been provided which make it possible to specify the playing speed of a given voice or of all voices as a function of time in terms of joined or disjunct line segments. The same sort of control can be exercised over loudness and possibly other parameters of the sound.

Part of our work at the Bell Laboratories has been directed to give a wider variety of computer generated sounds; this resulted in the addition of further program facilities. We had started out by using specified waveforms. To this we added specified attacks and vibrato. We also added random frequency and amplitude modulation with specified ranges and rates: small ranges give naturalness to tonal sounds; greater ranges yield noisy sounds. We have gone beyond this to control the frequency content in a manner independent of note pitch: it is now possible to specify formants for the generated sounds. Those formants can be obtained by the equivalent of filtering the sound (which adds great complexities in the computation of values of samples) and by other means. These include

making a waveform up of segments one-pitch period long of one or more damped sine waves. An alternative means of controlling the frequency spectrum independently of the pitch is to add or subtract several delayed versions of the waveform: this is a sort of filtering which is particularly easy to do in a digital computer. Thus a new subprogram — a block as called in the earlier article<sup>1</sup> — has been written, which makes it possible to specify up to eight zeros in the frequency response curve, with corresponding maxima between the zeros.

With the help of these new facilities, one can produce very complex sound waves; but to be able to synthesize desired sounds, one must have some knowledge about the relation of the perceived sounds to the physical features of their waveforms<sup>1</sup>. Pertinent to this knowledge is a study made by J. C. Tenney about the rate of attack of a note; as M. V. Mathews noted<sup>3</sup>, "This parameter has a strong influence on the timbre, and if the composer is to make use of it he must know how small a change in rate is perceptible." The results of J. C. Tenney are shown in Fig. 1. "Here the just-detectable differences in the rise-time of two tones is shown as a function of the shorter of the two rise times. These data indicate that, for rise times longer than about 5 milliseconds, a ratio of 3 to 2 is just detectable; for times shorter than 5 milliseconds, a difference of 1.5 milliseconds is necessary. Using these data, the composer can select a 'scale' of attack functions which are separated by intervals that are equal in terms of the listener's ability to differentiate between the attack functions."

J. C. Risset has undertaken an analysis of real trumpet tones to get insight into the physical parameters which influence mostly the tone quality. It was found that from a proper specification of a few features, like the attack, a fast random frequency fluctuation, a frequency spectrum depending upon the loudness, one could synthesize brass-like sounds.

It is worthwhile pointing out the unique value of the sound generation program in studying the sound of conventional musical instruments. Attempts of synthesis show how grossly inadequate it is to describe the tone quality of an instrument by a simple frequency spectrum. An analysis may be considered as relevant when its findings about the characteristic physical features of the waveform allow the synthesis of a sound nearly indistinguishable from the original; a systematic variation in the parameters of the synthetic sounds allows the evaluation of the subjective importance of each of those parameters. But from the standpoint of the sound-generation program user, the goal is not to make sounds indistinguishable from those of actual instruments: it is to provide an extended repertory of sounds, including and possibly going beyond the classes of sounds of actual instruments by assigning proper values to the proper parameters.

Actually the sound-generation program capabilities can be useful to the psychologist as well as to the musician: Roger Shepard<sup>5</sup> generated tones



made up of sinusoidal components one octave apart, with sound pressure levels distributed as shown by fig. 2. A chromatic scale of such tones is perceived as progressing upward locally (i.e., from one tone to the next); but after twelve steps, the tone frequency spectrum has undergone a cycle and is the same as for the initial tone, so that there is no global progression of the pitch. This breakdown of transitivity in judgments of relative pitch has been checked by careful psychological experiments using sets of tones precisely contrived as described above, which could hardly have been generated without the help of the computer sound generation programs.

Some other improvements in the program provide compositional facilities. One can now store or retain a whole voice and replay the whole or any designated segment of it with speed and loudness controlled as described in the foregoing paragraph. Going beyond this, the user is given the option of changing all the frequencies of the voice by the same factor, to transpose the voice into a different key; of expanding or contracting all frequency intervals by a constant factor; of inverting frequency intervals; and of playing the voice backward. The reader will see that some of these capabilities of the computer make it possible to compose without notating every note that will be played. For example, only one voice of a canon need be written out; the computer, by simple commands, can add the other voices at specified intervals and times, and can invert the voices if one so desires, or play them backwards (canonizations).

We have gone even further than this. A melody consists of a succession of durations and a succession of pitches. One can create a new melody by using the successive pitches of a first melody as the successive note durations of a second melody. This has been done by M. V. Mathews in a "circular study" which demonstrates the importance of the rhythmic pattern. One can also vary a melody by displacing the pitches with respect to the note durations, so that the second is given the first duration and so on. By choosing some specified number of note durations and fewer or more pitches, and by repeating the pitches and the durations over and over again, the pitches will move cyclically to various durations. In this way, each pitch will occupy each place in the rhythmic pattern, finally getting back to its original position.

We see that the degree of control over the computer which has been afforded goes beyond that of a playing instrument. The computer can take over tasks of composition, such as rudimentary forms of development of a melody as suggested above. If we add a random choice element in our procedure of composition, where otherwise a human being would have to intervene, the computer will produce music or variations of a sort. We can put in as much human control as we wish, even to writing out each note separately, or no human control at all, letting the computer pick all pitches and note values. M. V. Mathews has made extensive experiments on a

middle ground, using the computer to produce variations which are pre-meditated in the large but random in the small. He has provided a number of variations or developments of given themes, including "Happy Birthday" and music of Pergolesi.

One of the first uses of the computer in composing rather than playing music was that of Hiller and Isaacson<sup>6</sup>, who programmed the computer to use the rules of first species counterpoint in rejecting notes of four-part counterpoint otherwise chosen at random. The result, a part of the *Illiad Suite* for string quartet<sup>7</sup>, was somewhat disorganized. As Milton Babbitt sagely remarked, the rules of counterpoint tell one what not to do; they do not tell one what to do. Hiller has gone considerably beyond these earlier experiments in an effort to give some sort of well-thought-out organization to the compositions of the machine<sup>8</sup>.

The sound-generation programs also have provisions for communication with composition programs of the choice of the user, which makes computer composition experiments very convenient since they do not involve decoding and execution of the computer generated score.

Béla Julesz, working with Joan Miller, has written a program yielding note-by-note accompaniments for a given melody. The program has been improved by steps, with hints of the composer James Tenney, to give a more satisfactory accompaniment. The note of the accompaniment is chosen from a set of notes of the tempered scale by a random process "filtered" by a set of rules: this set includes classical harmony and counterpoint exclusion rules (exclusion of 2nd, 4th, and 7th intervals, of parallel fifths or octaves . . .) and preference rules (for example, the program will choose rather a note giving a stepwise contrary motion for the two voices than one giving a stepwise parallel motion). The improvement of the program, under auditive control, constitutes an aesthetic experiment which tends to determine to what extent one can formalize the rules for an accompaniment in a given style. On the other hand, the program is fast enough to allow the accompaniment to be played at the same time as the melody (actually with a computation time lag of the order of a millisecond, too small to be aurally noticeable) provided one were to play the melody on a keyboard connected to the computer.

James C. Tenney specifies midvalues and ranges of all parameters of successive notes in each voice (fig. 3). The parameters include duration, pitch, and factors of timbre. The computer chooses the parameters at random, within the specified range centered about the specified mean. Thus the composer has general control over tessitura, melodic interval, speed, span of note durations, and timbre as functions of time: he just controls the broad outlines of the composition and the computer fills in the details. Among these details, Tenney has at times used avoidance of the unison and



the octave. This process resulted in works like *Noise Study*<sup>2</sup>, *Dialogue* and *Phases*.

M. V. Mathwes has experimented with the quantization of pitches and intervals when the melodic line and its accompaniment are specified only graphically as a function of time. This has led to some rather surprising observations. Choosing pitch completely arbitrarily and choosing it arbitrarily as one of the 12 tones of the chromatic scale sound very little different. (This tends to confirm that the 12-tone scale is somewhat intrinsically arbitrary — a view supported by the composer Edgar Varèse: it is a convenient compromise for easy modulation in tonal music, but its almost exclusive use in atonal music seems due mainly to instrumental limitations.) Insisting that the notes coincide with a diatonic scale produces a strong effect, quite different from merely specifying diatonic intervals and very different from allowing all intervals.

The problems for the use of the computer are three-fold: the availability — physically and financially — of the equipment; the necessity of some technical training; and the slowness of the work which is very rigorous and needs experiments and some knowledge of musical psychophysics. In spite of those difficulties, the computer is presently finding an increasing usage in musical matters in the United States. Dr. Jim Randall has adapted our music-playing program to the computer at Princeton University. There it has been used, not only to play original music, but to play early vocal music: musicologists have developed a language to code early music for subsequent computer analysis, and they find the best way for them to check the validity of this code is to listen to the music played by the computer from the coded score. Gerald Strang has adapted our music-playing program to the computer he uses at the University of California at Los Angeles; his work makes the program available to any computer running under control of the widely used IBSYS-IBJOB (IBM) monitor system. Arthur Roberts of the Argonne National Laboratory also has adapted our program to the computer available to him. In addition, J. C. Tenney, who is now at the School of Music in Yale University, has been using the computer there to analyze violin sounds in search for their characteristic features.

Boulez<sup>9</sup> has pointed out that the computer is probably the only means making possible an elaborate composition process with timbre of tonal or noisy sounds, since it makes possible categorizing and controlling their physical structure.



## References

- <sup>1</sup> M. V. Mathews, J. R. Pierce and N. Guttman, „Musikalische Klänge von Digitalrechnern“, “Musical Sounds from Digital Computers” in *Gravesaner Blätter* 23/24 (1962) p. 109
- <sup>2</sup> *Music from Mathematics*, Decca record DL9103 monaural or DL79103 binaural
- <sup>3</sup> M. V. Mathews, “The Digital Computer as a Musical Instrument” in *Science* 142 (1963) p. 553
- <sup>4</sup> J. R. Pierce, “Portrait of the machine as a young artist” in *Playboy* 12 (1965) p. 124
- <sup>5</sup> R. N. Shepard, “Circularity in judgments of relative pitch” in *J. Acoust. Soc. Am.* 36 (1964) p. 2346
- <sup>6</sup> L. A. Hiller, Jr. and L. M. Isaacson, *Experimental Music* (McGraw Hill 1959)
- <sup>7</sup> *Illiac Suite for String Quartet* (New Music Editions, 1957; now available through Theodore Presser Company, Bryn Mawr, Penn.)
- <sup>8</sup> L. A. Hiller, Jr. and R. Baker, “Computer Music” in H. Borko, *Computer applications in the Behavioral Sciences* (Prentice Hall 1962)
- <sup>9</sup> P. Boulez, *Penser la musique aujourd'hui* (Gonthier 1963); cf. O. Messiaen, *Technique de mon langage musical* (Alphonse Leduc), I. Xenakis, *Musiques Formelles* (Richard-Masse 1963)

# B. Schott Söhne - Mainz

## JOHANN SEBASTIAN BACHS „KUNST DER FUGE“ (Neue Version und Instrumentation von Hermann Scherchen)

Uraufführung: Lugano, Tessin 14. V. 1965

GAZETTA

Enormous success — The genius of Bach is revived by Hermann Scherchen  
Ungeheurer Erfolg — Der Genius Bachs lebt neu auf in Hermann Scherchen

GIORNALE

Excellent version / Wunderbare Version

CORRIERE

A memorable evening / Ein denkwürdiger Abend

LIBERA STAMPA

Ideal public at the greatest Evening of the Lugano concerts  
Ein ideales Publikum beim größten Abend der Luganer Konzerte

I. TEIL

4 Fugen mit einer Themagestalt / 4 mit zwei / 4 Fugen mit drei Themagestalten

No I—IV: I-RECTUS (Bläser) / II-INVERSUS (Streicher) / III-RECTUS (Bl.) / IV-INVERSUS (Str.)

No V—VIII: V-Thema mit Umkehrung (Bl. u. Str.) / VI-1. Doppelfuge (Bl. u. Str.)  
VII-2. Doppelfuge (Bl. u. Str.) / VIII-Thema mit Verkleinerung (Bl. u. Str.)

No IX—XII: Kanonische Fuge in Umkehrung und Vergrößerung (zweistimmig-Cembalo)  
X-1. Tripelfuge (Tutti-dreistimmig)  
XI-Thema mit Verkleinerung und Vergrößerung (Bl. u. Str.)  
XII-2. Tripelfuge (Tutti-vierstimmig)

II. TEIL

3 Kanonische Fugen / 2 Spiegelfugen / unvollendete Quadrupelfuge

No XIII—XVII: XIII-Oktavkanon (zweistimmig-Cembalo)  
XIV-Spiegelfuge: a) Original / b) Spiegelung (dreistimmig-Bl. u. Str.)

XV-Terzkanon: (zweistimmig-Cembalo)

XVI-Spiegelfuge: a) Original (vierstimmig-Bl.) b) Spiegelung (vierstimmig-Str.)

No XVIII: XVII-Quintkanon: (zweistimmig-Cembalo)  
XVIII-Unvollendete Quadrupelfuge (vierstimmig-Tutti)



VERSION und INSTRUMENTATION stützen sich auf BACHS Manuskript, das mit No I und No II das *Urphänomen der musikalischen Spiegelung* an den Anfang stellt: I-RECTUS (aussagend) / II-INVERSUS (fragend). Dem entsprechen: BLÄSER - aussagend / STREICHER - fragend. Die RECTUSgestalten wurden den Bläsern, die INVERSUSformen den Streichern zugeteilt.

ORCHESTER:

- I) STREICHER: 8 I., 6 II., 6 Violen, 4 Vclli, 2 Ctrb.
- II) Bläser: 3 Flöten, 2 Oboen, 2 Engl. Horn, 3 Fag. (2 Trp., 2 Pos.)  
1 Clavicembalo - Solo



This is an occasion! Hermann Scherchen conducting the B-Minor Mass; Szymon Goldberg leading his renowned Netherlands Chamber Orchestra; Jörg Demus playing four Bach Piano Concerti with the New York Chamber Orchestra; and Joao Carlos Martins performing Book One of the Well-Tempered Clavier. Tickets to this extraordinary series should be ordered immediately.

**OCT. 10 AT 8:30 PM: THE SIX BRANDENBURG CONCERTI (Part A)**  
 NETHERLANDS CHAMBER ORCH., SZYMON GOLDBERG, Music Director

**OCT. 24 AT 8:00 PM: "THE WELL-TEMPERED CLAVIER" Book I Complete**  
 JOAO CARLOS MARTINS—PIANO

**NOV. 7 AT 8:30 PM: FOUR BACH PIANO CONCERTI**  
 JÖRG DEMUS CONDUCTS AND PLAYS WITH THE N. Y. CHAMBER ORCH.

**NOV. 21 AT 8:30 PM: THE SIX BRANDENBURG CONCERTI (Part B)**  
 NETHERLANDS CHAMBER ORCH., SZYMON GOLDBERG, Music Director

**DEC. 26 AT 8:00 PM: MASS IN B MINOR**  
 HERMANN SCHERCHEN  
 This will be undoubtedly the most important Mass in B minor to be performed in many years.

**DECEMBER 1, 1965 through February 8, 1966**

**HERMANN SCHERCHEN**  
 (American Tour)

<b>TORONTO (CBC)</b>	6.-11. XII. 1965	2 Broadcast Concerts and Art of Fugue on TV
	14/15 XII. 1965	2 Concerts (Toronto Symph. Orch.)
<b>MINNEAPOLIS</b>	17. XII. 1965	1 Concerts (Minneapolis Symph. Orch.)
<b>NEW YORK</b>	20.-22. XII. 1965	3 Concerts (Handel's Messiahs)
	26/27 XII. 1965	2 Concerts (Bach's B-minor Mass)
<b>WASHINGTON</b>	11/12 I. 1966	2 Concerts (Soloist: SERKIN)
<b>ST. LOUIS</b>	15/16 I. 1966	2 Concerts
<b>PITTSBURGH</b>	21/23 I. 1966	2 Concerts
<b>BALTIMORE</b>	26/27 I. 1966	2 Concerts
<b>WASHINGTON</b>	6/8 I. 1966	2 Concerts (Bach's B-minor Mass)

**JAY K. HOFFMANN and GEORGE F. SCHUTZ PRESENTATIONS INC.**  
 64 West 56th Street, NEW YORK, 19, NYC e Ju 6-8053



# Idee und Wirklichkeit

Zur h-moll-Messe von Johann Sebastian Bach

von

HERMANN SCHERCHEN

In Bachs letztem Lebensjahrzent beginnt jener erstaunliche Vorgang, daß der tönende Leib seiner Musik — nach dem Zyklus der „Goldbergvariationen“ (1742) — mit dem Kanonwerk „Musikalisches Opfer“ (1747) zu erschlaffen beginnt, um in der abstrakten „Kunst der Fuge“ (1750) ganz zu erlöschen . . . Zwar fordern die „Goldbergvariationen“ noch: zweimanualiges Cembalo: das „Musikalisches Opfer“ aber legt kaum mehr ein Drittel des Werkes tönend fest: die beiden *Kanons* für Flöte und Cembalo sowie für Flöte, Violine, Continuo, und die *Triosonate* für Violine, Flöte, Continuo. „Die Kunst der Fuge“ aber ist nur mehr Idee: ihr erklingender Leib war ohne Belang geworden . . .

Diesem Wegwenden von der konkreten Musikgestalt steht in der h-moll-Messe jenes Wunder realklanglicher Imagination gegenüber, das Bach deren orchestrale und vokale Klangkörperlichkeit erfinden ließ. Die h-moll-Messe ist ohne Zweifel die vollkommenste Aufzeichnung des Ideales, das die Geisteswelt Bachs tönend zu verkörpern vermochte. Sie vermittelt Einsichten in Farbeinheiten, Gruppenvarianten und Ausdrucksnuancierungen, wie solche nie vor- oder nachher wirksam geworden sind. Das symphonische Orchester, das danach zwei Jahrhunderte lang die orchestrale Klangphantasie tyrannisierte, ist — in sich selbst erstarrend — zu einer historischen Angelegenheit geworden. Orchester und Chor der h-moll-Messe indes, die beide nur in Bachs Fantasie Wirklichkeit hatten, sind von einer Aktualität geblieben, die eine neue Epoche instrumentaler Großschöpfungen voraussehen ließ, würde sie endlich allgemein gekannt und von den Komponisten fruchtbar gemacht.

\*

Bach hatte für den Kosmos der h-moll-Messe weder ein Vorbild noch äußere Anregungen. Er war sich auch im Klaren, daß sie für ihn selbst kaum je tönende Wirklichkeit finden könnte. Um so unfaßbarer ist die Sicherheit und Vollendung, mit welcher der Gedanke in der Messe ein Klingen in exaktesten Realisierungsmöglichkeiten festbannt, das ebenso Bachs Zeit wie der heutigen voraus blieb.

Nach dieser schöpferischen Leistung, mit der Bach feststellte, wie *Klangkörper vollendete Resonatoren der geistigen Welt* zu sein vermöchten, verlor der materielle Klang an Bedeutung für ihm. Allein seine musikalischen

Ideen interessierten ihn noch, denn — auf Grund des Klangmodells der h-moll-Messe — konnten alle jetzt in tönende Wirklichkeit verwandelt werden.

In der „Kunst der Fuge“ durchschreitet der schöpferische Geist nicht nur den ganzen Bereich der Musik, er hat darin auch den kleinsten Klangpartikeln die Kraft musikalischer Urelemente verliehen. DIE IDEE KANN NUN WARTEN, BIS DIE MATERIE NACHKOMMT. Will diese ihr tönend entsprechen, so finden sich viele Möglichkeiten zu erklingender Materialisierung, leider aber für die „Kunst der Fuge“ bis heute keine, die ganz auf den von Bach selbst vor mehr als zweihundert Jahren in der h-moll-Messe fixierten klingenden Leib seiner Musik zurückgreift.

\*

Vor 1750 gibt es weder feststehende Orchestertypen, noch Werke von gleicher Instrumentenzusammenfassung. Man schreibt für individuelle Fälle, d. h. für jede Klangmöglichkeit, die sich bietet.

Die Komponisten der vorklassischen Zeit nahmen deshalb jede instrumentale Möglichkeit wahr. So setzt Bach sofort Choralmotetten und Choräle für vier Posaunen aus (!), als ihm zu einem gegebenen Zeitpunkt solche in Leipzig zur Verfügung stehen.

Das erklärt auch die so verschiedene Besetzung der vier Orchestersuiten:  
No. I: Streicher, *doppelter Oboenchor*, obligate Fagotte, Continuoensemble;

No. II: Streicher, *Flötenchor*, Continuoensemble;

No. III: Streicher, *doppelter Oboenchor*, *Trompetenchor*, Pauke, Continuoensemble;

No. IV: Streicher, *dreifacher Oboenchor*, *Trompetenchor*, Pauke, Continuoensemble.

Ebenso ist es mit den „Brandenburgischen Konzerten“, die für das berühmte, Bach genau bekannte Orchester des Markgrafen von Brandenburg geschrieben wurden. Sie sollten ALLEN Mitgliedern und Gruppen dieser Kapelle Anlaß zu solistisch-konzertanter Betätigung geben.

No. I: Streicher, hochgestimmte Piccolo-Sologeige, zwei konzertierende Hörner, *dreifacher Oboenchor*, Solooboe;

No. II: Streicher, konzertante hohe Trompete, Solooboe, Solovioline, Soloflöte;

No. III: drei konzertierende mehrstimmige Streicherchöre;

No. IV: Streicher, zwei konzertierende Blockflöten, Solovioline;

No. V: Streicher, Soloflöte, Sologeige, konzertierendes Cembalo;

No. VI: konzertierende „altväterische“ *Violen „da braccia“* und „*da gamba*“ neben den damals neuen Violoncelli, Kontrabässe.

Auf diese „Anarchie“ des orchestralen Musizierens folgte mit den Klassikern die endgültige Festlegung auf den neuen Normaltyp des Symphonieorchesters, der — bald überall eingeführt — den Komponisten zugleich mit



dem den Markt überschwemmenden Notendruck des XVIII. Jahrhunderts die Möglichkeit gab, ihre symphonischen Werke ÜBERALL spielen zu lassen. Jetzt erst entsteht ein einheitliches „Repertoire“; jetzt aber wird auch die klangliche Fantasie eingeschränkt auf die *eine*, großartige Kombination von Instrumenten: zwei Flöten, zwei Oboen, zwei Klarinetten, zwei Fagotte; zwei Hörner, zwei Trompeten, ein Paukenpaar; Streicher. Bachs Klangvision des barocken Idealorchesters aber — in der h-moll-Messe fixiert! — steht bis heute unerreicht da, kaum gekannt und für die Musikentwicklung nie fruchtbar geworden!

\*

Ähnliches gilt für die Vokalmittel. Solistische Stimmen, Ensemblegruppierungen und Gesamtchor sind in der h-moll-Messe in einer Weise verwendet, die ebenso neu als vorbildlich für die Musik vokaler Großformen geblieben ist. Bach war mit den polyphonen Meistern des XVI. Jahrhunderts aufs genaueste vertraut. Bach bleibt der erste und einzige, der hier, in der h-moll-Messe, alle Möglichkeiten des klangfärbenden, massendifferenzierenden und architektonischen Chorgebrauches ausschöpft. Das ist umso verwunderlicher, als ursprünglich die beiden Teile KYRIE und GLORIA, als sogenannte „MISSA BREVIS“ komponiert, für sich allein entstanden sind. In dieser Form hatte sie Bach 1733 dem sächsischen Kurfürsten dediziert.

Dennoch haben sie für die Gesamtform der in den nachfolgenden fünf Jahren fertig komponierten h-moll-Messe entscheidende Bedeutung, und zwar sowohl hinsichtlich der Auswägung aller fünf Messenabschnitte, als der Gliederung des Werkes in zwei Großteile und der zusammenschließenden Wiederverwendung des „Gratias agimus tibi“ als Abschlußchor der ganzen Messe: „DONA NOBIS PACEM“!

Den Solostimmen sind die Arien und Duette anvertraut. Wie aber deren Disposition erfolgt, wie Bach zuerst nur helle Solofarben heranzieht (Sopran, Mezzosopran, Tenor) und dann *gegensätzlich* Alt und Baß hinzufügt, wie gegen Schluß im BENEDICTUS zum Tenor die Soloflöte musiziert, ähnlich wie die Solovioline im LAUDATE des Anfangs den Sopran umspielte, zeugt die selbe Fähigkeit einer „vorausschauenden“ Gesamtfantasie für das klangfärbende Element, wie Bach sie für das Kompositorische ebenso innerhalb der Kleinstformen als für das Ganze besaß.

\*

Die h-moll-Messe studieren heißt erkennen dürfen, welchen tönenden Leib Bach seiner Musik ersehnte und wie er diesen zu formen verstand. Es heißt zugleich, eines der optimistischsten Erlebnisse gewürdigt zu werden. Denn nie wieder ist in der Musik eine solche *Heiterkeit* wirkend gewesen hinter allen Schauern des die Geheimnisse von Gott, Menschsein, Tod und Schöpfung wieder und wieder durchdenkenden Geistes.



Die h-moll-Messe ist ein KONZERT, das nie endet, das — tiefster Humanität entreift — hinter allem Leiden der *Kreatur*, der Natur nicht entrinnen zu können, und hinter aller „*Verzweiflung des Göttlichen*“, noch immer nicht ankommen zu können beim Menschen, unbesiegbar weitertönt.

Diese Serenität des HUMANITÄREN, die Gott, Mensch, Tod und Schöpfung *in sich selbst* erfaßt, konnte nur dem Kosmos der h-moll-Messe entquellen. Dazu aber mußte Bach, ohne jede Absicht (?) — und vielleicht auch Aussicht — auf ihre ihm noch selbst widerfahren könnende klangliche Verwirklichung, ihr genau *den* Leib erbauen, der klingend seinem Geist die vollkommene Existenz ermöglicht hatte.

# Idea and Reality

Bach's Mass in B minor

by

HERMANN SCHERCHEN

The last ten years of Bach's life were marked by an extraordinary process, that after the *Goldberg Variations* (1742) the physical, sounding body of his music started growing limp, first of all in the canonical work *Musical Offering* (1747), and was extinguished altogether in the abstract *Art of Fugue* (1750). . . . The *Goldberg Variations* were still written for "harp-sichord with two manuals"; but hardly one third of the *Musical Offering* is in a tangible instrumental form: only two canons and the trio sonata are scored explicitly for flute and harpsichord, for flute, violin and continuo, and for violin, flute and continuo, respectively. And Bach's last work, *The Art of Fugue*, is no more than an idea whose actual body in sound had become irrelevant. . . .

The B minor Mass, which is a miracle of vocal and orchestral invention, is a complete contrast to this renouncement of the concrete musical form. It is doubtless the most perfect embodiment of the ideal present in the imagination of Bach's spiritual world. It conveys an insight into subtleties of colour, group variations and shadings of expression such as were never known before and have never taken on concrete form since. The symphony orchestra, which tyrannised the orchestral imagination for the two centuries following, has by now fossilised into a historical monument. But the choir and orchestra of the B minor Mass, both of which were a reality only in Bach's imagination, have preserved a freshness that would allow prediction of a new epoch of large instrumental works, if only it were generally recognised and practically used by composers at last.

\*

Until about 1750 there was no standard orchestra, and the scoring of any work was individual: composers just used the instruments available to them on any particular occasion. In this way Bach even used four trombones to accompany chorales and chorale motets as soon as he had the chance of using these instruments! This also explains the fact that each of the four orchestral suites is written for an entirely different orchestra:

No. 1: strings, *double oboe group*, obbligato bassoons, continuo group

No. 2: strings, *unison flute group*, continuo group

No. 3: strings, *double oboe group*, *trumpet group*, timpani, continuo group

No. 4: strings, *triple oboe group*, *trumpet group*, timpani, continuo group.

In the same way, the *Brandenburg Concertos*, written for the famous orchestra of the Margrave of Brandenburg, were meant to give every single member of that ensemble (with which Bach was familiar) an opportunity to shine in some soloistic work:

- No. 1: strings, solo piccolo violin in high tuning, two solo horns, solo oboe, *triple oboe group*
- No. 2: strings, high solo trumpet, solo oboe, solo violin, solo flute
- No. 3: three polyphonic solo string groups
- No. 4: strings, two solo recorders, solo violin
- No. 5: strings, solo flute, solo violin, solo harpsichord
- No. 6: two *violas da braccio*, two *violas da gamba*, cello, violone, continuo

This "anarchy" of orchestral musicianship was checked by the classical composers' definitely fixing the standard symphony orchestra which, becoming ubiquitous at the very time when printed editions of music were swamping the 18th-century market, made it possible for composers to have their symphonic works played *anywhere at all*. It was not until now that a standard "repertoire" evolved; but it was also now that instrumental imagination became restricted to the one, albeit magnificent, combination of instruments consisting of double wind instruments — flutes, oboes, clarinets, bassoons; horns, trumpets — a pair of timpani, and strings. And all this time Bach's vision of the ideal orchestra — which had become reality in the B minor Mass! — has never been reached again since. Hardly known, it has never been allowed to bear fruit for the development of music!

\*

The same can be said about Bach's treatment of the voices. He used solo voices, solo groups and the chorus in a way that was not only new but has remained exemplary for all large vocal works ever since. Bach was the first — and only — composer to have exhausted here, in the Mass in B minor, all the tonal and architectural possibilities a choir has to offer. This is all the more amazing since Bach originally composed that part of the Mass consisting of Kyrie and Gloria and known as "Missa brevis" by itself, dedicating it to the Elector of Sachsen-Anhalt in 1733. But these two sections were to have the greatest possible bearing on the rest of the work written five years later, not only in regard to the balance of the five sections of the Mass but also as concerns the division of the work into two major parts and the re-use of "Gratias agimus tibi" as an authentically symmetrical close of the whole work as "Dona nobis pacem".

Bach's general layout of the solo voices in the arias and duets is a remarkable piece of evidence of his foresight in point of timbre, seen elsewhere in his smaller forms just as clearly as in his larger ones: after the initial bright



solo timbres of soprano, mezzo and tenor, the eventual entry of the alto and bass acts as a constructive contrast; the flute solo accompanying the tenor's "Benedictus" symmetrically balances the violin obbligato in the soprano aria "Laudate".

\*

The B minor Mass reveals to us how Bach intended his music to take concrete shape as sound. It is at the same time one of the most optimistical of all experiences: never has a greater *cheerfulness* been at the back of a mind full of the mysteries of God and man, of death and creation.

The B minor Mass is a CONCERT that never ends, which, maturing out of the deepest humanity, sounds on invincibly behind all the suffering of the *Creature* unable to escape Nature, behind all the "*despair of God*" at the persistent blindness and deafness of man.

This *human* serenity encompassing God and man, death and creation *in itself*, could spring only from the world of the B minor Mass. But to achieve it, Bach, without any intention (?) — and perhaps not even any hope — of ever hearing it performed himself, had to build for it just *the* body to give its spirit the perfect incarnation.

---

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS Y ARTES MUSICALES

INSTITUTO DE EXTENSION MUSICAL  
Compañía 1264 - Casilla 14050 - SANTIAGO

## Zum 25ten Jubiläum des Instituto de extension musical

Zur Feier des 25ten. Jahrestages des Instituto de Extensió Musical wurde Juli 1965 in Santiago eine dreimalige Aufführung der H-moll Messe von J. S. Bach durchgeführt mit Nationalen Künstlern unter der Leitung von Prof. Dr. Hermann Scherchen.

Das I. E. M. wurde durch ein Gesetz der Republik gegründet und am 2. Oktober 1940 vom Parlament genehmigt.

Dieses Gesetz besagt, daß 2,5% aller Einnahmen der Kinos der Universität für das I. E. M. zur Verfügung gestellt werden.

Aus diesen Mitteln unterhält das I. E. M. (Direktor León Schidlowsky) das Santiagoer Nationale Symphonieorchester von 90 Musikern, das Nationale Ballett von 31 Tänzern und 8 Technikern, den Chor von 125 Amateuren, das Streichquartett Santiago, und den Kammerchor der Stadt Valparaíso. Außerdem besitzt das I. E. M. eine eigene Notendruckerei, welche chilenische Werke veröffentlicht.

Das Institut stellt auch eine jährliche Geldsumme zur Verfügung um die nationale Komposition zu fördern. Diese ständige Unterstützung wird jedes Jahr von einer Jury für die besten Werke den Komponisten zugeteilt.

Außerdem veranstaltet das I. E. M. alle zwei Jahre ein Musikfest mit Uraufführungen chilenischer Werke. Den besten Werken werden Preise verliehen von einer Jury, die aus Komponisten und Publikum besteht.

Seit dem 26. August 1942 gehört das Institut zur Staatlichen Universität Santiago.

*Chilenische Universität Santiago*  
*Fakultät der Musikwissenschaft*  
*Institut der Extensión Musical*

Rektor: EUGENIO GONZALES  
Dekan: DOMINGO SANTA CRUZ  
Direktor: LEON SCHIDLOWSKY

---

---

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS Y ARTES MUSICALES

INSTITUTO DE EXTENSION MUSICAL  
Compañía 1264 - Casilla 14050 - SANTIAGO

## On the 25th anniversary of the Instituto de extension musical

As one of the main celebrations on the 25th Anniversary of the creation of the Instituto de Extension Musical, the Institute programmed the "Mass in B Minor" by J. S. Bach, to be performed three times, with national artists, juli 1965 under the general conduction of Prof. Dr. Hermann Scherchen.

The Instituto de Extension Musical was created by a law of the Republic, approved by Parliament on the 2nd of October, 1940.

This law establishes that a tax of 2,5%, applied to the cinemas throughout the country, has to be given to the University for the Instituto de Extension Musical.

With the product of this tax, the Instituto de Extension Musical maintains: the National Symphonic Orchestra with 90 musicians, the choir composed of 140 amateurs, the String Quartet of Santiago and the Chamber Choir of Valparaiso. Besides, the Institute maintains its own printing office in which chilean works are printed. In order to increase composition, the Institute has created Premio por Obra which is an annual prize awarded by an special jury under the patronage of the Instituto de Extension Musical. On the other hand the Institute organizes, every two years, a Music Festival for first performances of national composers; the best of these works obtain prizes after being selected by a jury composed of both public and musicians.

On the 26th of August, 1942 the Instituto de Extension Musical was incorporated to the Universidad de Chile.

*Universidad de Chile*

*Facultad de ciencias y artes musicales*

*Instituto de extension musical*

Head-Master: EUGENIO GONZALEZ

Dean: DOMINGO SANTA CRUZ

Director: LEON SCHIDLOWSKY

---



## Schallplattenbeilage

# Tautologos I

von LUC FERRARI

Eine Tautologie ist die überflüssige Wiederholung derselben Idee mit anderen Wörtern.

Aber die Natur kümmert sich wenig um den Zweck, noch um den logischen Fortschritt von einem Tatbestand zum nächsten. Unablässig kält sie den gleichen Zyklus von Tag und Nacht und den Jahreszeiten wieder, und die scheinbare Vielfalt der Ereignisse ist ja nur das Ergebnis vieler möglicher Wechselwirkungen zwischen einigen konstanten Gesetzen. Das Kunstwerk findet die gleichen Verhältnisse von Wiederholung und Veränderung. Im Gegensatz zur Natur kennt es aber die zur jeden Entwicklung notwendige Unvollendung nicht. Seine ganze Entwicklung ist schon im Eröffnungsaugenblick enthalten: so schließt sich die Schöpfung des die vorzeitige Vollendung immer liebenden menschlichen Geistes noch fester zu einem tautologischen Kreis zusammen.

Das Leben besteht aus Wiederholungen, aber jede dieser Wiederholungen unterscheidet sich auf sehr zarte Weise von jeder anderen. So kommt es, daß man zwar das gleiche Ereignis ein zweites Mal anstreben, aber nie wiederholen kann. Es kehren die Tage, Nächte, Mittwoche wieder — aber dieser Morgen ist bewölkt, an jenem Abend geht die Sonne später unter; vielleicht steht man jeden Morgen zur gleichen Stunde auf, aber montags sind die Metzger geschlossen (zumindest in Frankreich).

Diesen Gedanken bis ins Absurde weitertreibend, könnte man sagen, daß man nicht einmal einen Ton wiederholen kann, denn die Wiederholung entsteht zu einem anderen Zeitpunkt, begleitet durch andere Nebenumstände.

Aber der Felsen wird vom Rhythmus dessen, was ihm widerfährt, geprägt: so wird er zu einem sichtbaren Speicher der Zeit in der Materie und im Raum.

So haben wir hier zwei Arten von Tautologie: zu den in der Zeit wahrnehmbaren Wiederholungen, welche wir besser kennen und „horizontal“ bezeichnen können, kommen die „vertikalen“, welche sich auf die Klangmaterie beziehen.

Jeder Klang für sich zeigt in der Tat Analogien der Materie. Jedoch verschwindet die Wahrnehmung dieser undifferenzierten Materie nach einer gewissen Anzahl von Überlagerungen, und an ihrer Stelle erscheint eine Wahrnehmung der Schalldichte, die sich in der Zeit wiederum in eine Form organisiert. Diese Form wird ihrerseits wiederholt, und zwar in jeder der beiden Sequenzen von *Tautologos I* sowie in jeder der sieben Sequenzen von *Tautologos II* (auf Schallplatte BAM LD 071).

Die Musik ist ein Gegenstand, den man nicht mit dem Finger berühren kann. So sucht dieses Gesetz seine Inspiration an der Organisation der Wirklichkeit, die uns umgibt.

*Tautologos I* wurde im August 1961 in den Gravesaner Studios realisiert und ist Hermann Scherchen gewidmet.

Record Supplement

## Tautologos I

by

LUC FERRARI

A tautology is the useless repetition of the same idea in different terms.

But Nature worries very little about usefulness, nor about logical progress from one proposition to the next. Relentlessly, it harps upon the same cycle of days and nights, of seasons, and the apparent variety of events is only the result of the multiplicity of possible interferences among a few permanent laws. The work of art falls back on the same relationship of repetition and variation. But contrary to nature, it is ignorant of the incompleteness necessary to any evolution. With its whole development already included in the initial instant, this creation of a human spirit ever in love with premature perfection, shuts itself into a tautology more rigorously still.

Life consists of repetitions, but each of these repetitions is marked by subtle differences. Even though we may have to bring about the same event, it is never the same event we find again. Day, night, and Tuesday may return, but this morning is cloudy, that evening the sun sets later; I may get up at the same time every morning, but the butchers are closed on Mondays (if I live in France).

Taking this line of thought to its absurd extreme, one might say no repetition of a sound is ever the same again, simply because it occurs at a different time, when many accompanying circumstances will also be different, even if ever so slightly.

On the other hand, the rock is chiselled by the rhythm of what happens to it, so that it becomes the visual reservoir of time in the form of matter and space.

Thus we have two kinds of tautology: to the repetitions perceptible in time, which are more familiar to us and which we might term "horizontal", are added the "vertical" repetitions relative to the sound medium, or matter.

Taken by themselves, the sounds used do in fact present analogies with respect to the medium. But after a certain number of superpositions the perception of this amorphous medium is replaced by that of sound density which is seen to erect a form in time, and it is this form which is repeated in each of the two sequences of *Tautologos I* or in each of the seven sequences of *Tautologos II* (recorded on BAM LD 071).

Music is an object that cannot be touched by the hands: thus this law looks for inspiration in the organisation of the reality around us.

*Tautologos I* was made at the Gravesano studios in August 1961 and is dedicated to Hermann Scherchen.





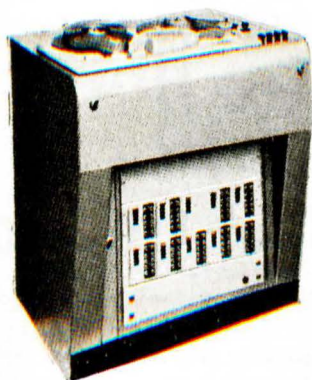
**VOLLMER**  
*Magnetton*

**Typ 216**

**VOLLMER Vierspur-  
Magnetbandapparat**

Diese Studio-Apparatur dient hauptsächlich Zwecken der Musikproduktion; die Spuren können einzeln oder gemeinsam zur Aufnahme oder Wiedergabe benutzt werden. Dadurch wird z. B. das Orchester von den Solisten unabhängig (auch „Einmann-Orchester“). Selbstverständlich sind auch mehrspurige Stereoaufnahmen möglich. Jetzt ist auch eine leichtere transportable Ausführung lieferbar. Ausführliche technische Daten stehen gerne zur Verfügung.

**EBERHARD VOLLMER - 731 PLOCHINGEN - POSTFACH 88**  
Erste deutsche Spezialfabrik für Magnetbandgeräte



**VOLLMER**  
*Magnetton*

**Type 216**

**VOLLMER Four-track  
Tape Recorder**

This studio recorder is designed first and foremost for music recordings: individual control of the four tracks makes the orchestra independent of the soloist. "One-man orchestras" are also possible, as are multi-track stereo recordings of course. A lighter mobile unit is also available. Detailed technical information will be gladly sent on request.

**EBERHARD VOLLMER, POSTFACH 88, 731 PLOCHINGEN, WEST GERMANY**  
The First German Tape Recorder Specialists





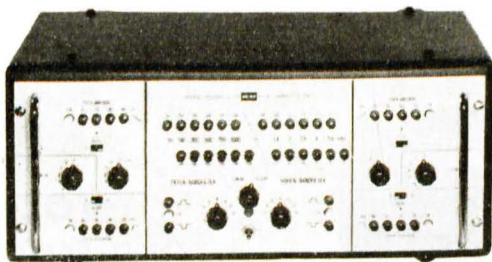
## Universal-Entzerrer UE-100

Moderne Arbeitsmethoden bei Schallplatten-Aufnahmen, Rundfunk, Film und Fernsehen haben die Beeinflussung des Klangbildes durch Verwendung von Entzerrern zu einer Notwendigkeit, zugleich aber auch zu einem Teil der künstlerischen Ausdrucksmittel gemacht!

Mit dem UE-100 kann man bekannte Frequenzkurven reproduzieren, unerwünschte Frequenzgänge im Übertragungskanal kompensieren und die Klangfarbe der Wiedergabe den subjektiven Wünschen von Künstler und Tonmeister anpassen. Prospekte durch:



**KLEIN + HUMMEL · STUTTGART 1 · POSTFACH 402**



## Universal Equalizer UE-100

Modern recording, broadcasting, film and television methods have made equalizers indispensable to sound control!

The UE-100 enables you to reproduce known frequency response curves, compensate frequency-dependent losses in the transmission, and adjust playback tone to the individual desires of the artist and sound engineer.

Brochures available from:



**KLEIN + HUMMEL · POSTFACH 402 · STUTTGART 1 · W-GERMANY**

# Einige „konkrete“ Probleme elektronischer Musikgestaltung

von

F. B. MACHE

Nachdem mich Herr Professor H. Scherchen mit seltener Großzügigkeit nach Gravesano eingeladen hatte, um in seinem Studio ein elektroakustisches Werk zu komponieren, habe ich mein siebtes Experiment der Tonbandmusik realisieren können. Ebensosehr praktische Notwendigkeiten wie eine theoretische Neugier haben mich bewogen, mir diese grundsätzliche Frage zu stellen: Ist es beim heutigen technischen Stand der elektroakustischen Musik möglich, sich als Komponist vorher eine vollständige Vorstellung eines Werkes zu machen, ohne daß seine tatsächliche Ausführung mehr Überraschungen brächte, als dies beim ersten Abhören einer Orchesterpartitur der Fall sein könnte, wo es nur auf die Fähigkeit der Verantwortlichen ankommt? Mit anderen Worten, ist die Zeit der abstrakt gemachten „konkreten“ Musik gekommen? Sie wäre nicht unbedingt authentischer, wäre aber der Beweis einer gewissen Meisterschaft in der Anwendung der „neuen“ Klangmittel.

Um diese Frage zu beantworten, habe ich die Partitur *Soleil Rugueux* zuerst geschrieben und dann ausgeführt. Den Rahmen des Werkes bildet eine Reihe von sieben Dauern, die auf drei Ebenen erscheint: die längste Dauer wird von der kürzesten abgelöst, in den folgenden Dauern wird dieser Gegensatz allmählich bis zur siebten, mittleren Dauer gemildert. Das Werk besteht aus sieben sich an diese Proportionen haltende *Sequenzen*; jede Sequenz besteht aus sieben *Abschnitten*, die ebenfalls nach diesem Gesetz angelegt sind, und jeder Abschnitt umfaßt sieben derselben Ordnung unterworfenen *Klänge*.

Jede Sequenz hat ihr besonderes Tempo; daneben wird die Einheit jeder Sequenz gewährleistet durch einen charakteristisch wiederholten oder gehaltenen Klang, der alle sieben Abschnitte der jeweiligen Sequenz moduliert. Die sieben Klänge eines Abschnittes sind wiederum mit derselben Filtereinstellung gemacht. So werden die sieben Klänge, die in jedem Abschnitt in derselben Reihenfolge der Dauern auftreten, jedesmal anders gefiltert, so daß die 49 Klänge eines Abschnittes alle verschiedenen sind, wie übrigens die 343 Klänge, die das Skelett des Werkes bilden, auch alle verschieden sind. Verschiedene Überlagerungen, die alle das gleiche Gesetz der Dauern beachten, machen das Schema komplizierter, und die Verteilung auf vier Spuren zielt auf eine deutlichere Artikulierung und gibt gleichzeitig ein Raumelement.

Ausgewählt wurden die Klänge aus einer homogenen Familie, die sich dem Filterverfahren geradezu anbietet: „farbiges“ Rauschen. Diese Klänge haben ein kontinuierliches Spektrum wie „weißes“ Rauschen mit dem Unterschied, daß dieser oder jener Frequenzbereich hervortritt. Die Erfahrung hatte mich gelehrt, daß Kugeln beim Rollen auf Holz oder Metall ein sehr reiches Spektrum erzeugen, von welchem der Filter so verschiedene Teile durchlassen kann, daß es kaum zu glauben ist, daß sie alle vom selben Urklang stammen. So genügen ein rundes Dutzend Originalaufnahmen, um Hunderte von ganz verschiedenen Klängen aus sich hervorgehen zu lassen.

Diese ursprünglichen Aufnahmen wurden nicht nur gefiltert, sondern durch Wahl der normalen Bandgeschwindigkeit auch durch jeweils eine oder zwei Oktaven transponiert, wobei die sehr komplexe Natur der Klänge verhinderte, die Oktavtransposition als solche wahrzunehmen.

Die Filtrierung wurde mit einem Albis-Terzfilter nach folgendem Schema durchgeführt:

Durchlaßband für den 1. Abschnitt jeder Sequenz:	60—120 Hz
"    "    "    2.    "    "    "	3840—7680 Hz
"    "    "    3.    "    "    "	30—90, 210—360, 600—900 Hz
"    "    "    4.    "    "    "	75—240, 1440—2880 Hz
"    "    "    5.    "    "    "	30—150, 420—1200, 5760—9600 Hz
"    "    "    6.    "    "    "	90—180, 300—480, 1840—2880, 5760—∞ Hz
"    "    "    7.    "    "    "	120—240, 360—600 Hz

Jeder Klang wurde gleichzeitig mit der notwendigen, in der Partitur vorgesehenen Lautstärke aufgenommen.

Bei manchen Sequenzen wurde der den sieben Abschnitten charakteristische Klang durch das genau umgekehrte Spektrum gefiltert, z. B. der 4. Abschnitt der 1. Sequenz mit der Filtereinstellung 30—75, 240—1440, 2880—∞ Hz.

Bei den meisten Sequenzen wurde der Klang nicht wiederholt, sondern angehalten; eine laufende Wandlung wurde außerdem durch einen kontinuierlich veränderbaren Bandpaß und eine ebensolche Bandsperre Typ Krohn-Hite herbeigeführt. So wurde die ganze 3. Sequenz nicht nur 1 Oktave nach unten transponiert, sondern sie nahm den Frequenzverlauf von Fig. 1. Die 5. Sequenz wurde 2 Oktaven tiefer transponiert und verlief wie in Fig. 2.

Jedes Einzelteil des Werkes, auf diese Weise sorgfältig vorbereitet und gekennzeichnet, wurde in die ihm durch die Raumpartitur vorgeschriebene Stelle eingesetzt, nachdem die für dieselbe Spur bestimmten Passagen wäh-



rend des Mischvorgangs einer allgemeinen Lautstärkeregelung unterworfen waren, um diese oder jene Klangebene in dem entsprechenden Lautsprecher hervorzuheben, aber immer unter Berücksichtigung der gesamten Raumordnung. Hier fallen zwei verschiedene Klangdimensionen zusammen: der „Scheinraum“, eine Eigenschaft bestimmter Klänge, ein gewisses *Volumen* hervorzurufen, und der „wirkliche Raum“, der durch den Gebrauch von mehreren Lautsprechern entsteht und eine bestimmte *Richtung* verursacht; der wirkliche Raum beeinflusst außerdem den Scheinraum, den ein Klang bei monofoner Wiedergabe hätte.

Nach der Fertigstellung des Werkes und der Ausführung einiger technischer Verbesserungen, bleibt nur, die Lehre aus dem Experiment zu ziehen. Die meisten Schwierigkeiten der Realisierung bereiteten die Filterarbeiten. Es ist äußerst schwierig, Bandrauschen zu verhindern, wenn ein Tiefpaßband überspielt wird — Überspielen ist aber eine notwendige Prozedur bei Klangmischungen. Die Filtrierung während des Mischvorgangs auszuführen, ist nur möglich, wenn die betreffende Originalaufnahme voll angesteuert wurde. Aber die ganz gewöhnliche Vorsichtsmaßnahme, alle Aufnahmen voll auszusteuern, hat die sehr empfindliche Folge, daß dem ganzen Klangmaterial eine gewisse gleichmäßige Härte und Spannung anhaftet, die keineswegs immer erwünscht ist. Ein fortissimo aufgenommenener und nachträglich zum Pianissimo herabgeregelter Klang wirkt sehr verschieden vom selben Klang, wenn er von vornherein mit dem richtigen Pegel aufgenommen wurde.

Da hier keine andere technische Lösung möglich erscheint außer der, den Rauschabstand noch mehr zu vergrößern, müssen wir selbst das Prinzip der Klangmanipulation, insbesondere der Filtrierungen in Frage stellen. Mit der Vorstellung, daß solche Manipulationen jede beliebige harmonische Struktur aus Weißrauschen herauslösen könnten, muß man schon sehr behutsam umgehen. Die Durchlaßbänder eines Terzfilters sind den traditionellen Instrumentenregistern nur sehr entfernt — und wahrscheinlich umso entfernter, je breiter das Band — verwandt. Das rührt wohl daher, daß das Frequenzverhältnis innerhalb eines Durchlaßbandes auch das Scheinklangbild der Frequenzen ober- und unterhalb des Bandes so beeinflusst, daß zwei mit der selben Filtereinstellung behandelte Klänge aus ganz verschiedenen Tonlagen zu kommen scheinen können, selbst wenn ihre ursprüngliche Klangdichte und Lautstärke ähnlich waren.

Soll man also auf die Klangbearbeitung verzichten und möglichst viele Klänge so verwenden, wie sie vom Mikrofon aufgenommen werden? Diese Lösung könnte interessante Ergebnisse bringen, wäre aber eine Verneinung alles dessen, was spezifisch elektroakustisch ist, nur um den Komponisten auf rein instrumentale Probleme zu beschränken. In dem vorliegenden Werk habe ich hingegen die „künstliche“ Erscheinung der Filterklänge bewußt auf mich genommen, einschließlich der Spannung und Brillanz, die ihrer

Klangfarbe anhaftet und ihre Ursache in dem sehr komplexen Ausgangsspektrum hat. Dieses Material versuchte ich zu verwenden, ohne seine kantigen Rauheiten zu verbergen.

Der Gebrauch der „Geräusche“, die ja den wesentlichsten Beitrag der Elektroakustik zur Musik ausmachen, wird auf die vorherige Bearbeitung nicht verzichten können, die aus dem Gesamtklang bestimmte Eigenschaften durch Ausscheiden der restlichen hervorheben und unter ihnen ein neues Gleichgewicht herstellen soll. Die hier erscheinenden, sehr komplexen Phänomene werden sich noch lange unserer genaueren Kenntnis entziehen. Noch oft werden auch andere Komponisten ihre Partituren in einem vielleicht langen und lebhaften Zwiegespräch mit ihrem Klangmaterial umgestalten müssen.

In bezug auf die Genauigkeit der ursprünglichen Vorstellung kann gesagt werden: Selbst wenn der vorgestellte Klang ein ganz bekannter ist, wird die Vorstellung immer von der Wirklichkeit an Komplexität übertroffen, und zwar nicht nur aus Ursache der technischen Gegebenheiten, sondern eines konstanten Naturgesetzes. Über ein fertiges Werk läßt sich immer viel mehr sagen als über eins, das erst auf dem Papier steht. Das gibt der elektroakustischen Musikpraxis ihren nie erlöschenden Reiz. Kein Experiment kann mißlingen, es sei denn, die Wirklichkeit übertreffe den Traum so sehr, daß sie die Ohnmacht der menschlichen Vorstellungskraft allzusehr offenbart. Ist das bei *Soleil Rugeux* geschehen? Auf diese Frage gibt es keine Antwort. Aber man sieht, wie groß das Risiko war, und ich kann Herrn Professor H. Scherchen nicht genug danken, daß er wagte, mich es auf mich nehmen zu lassen.

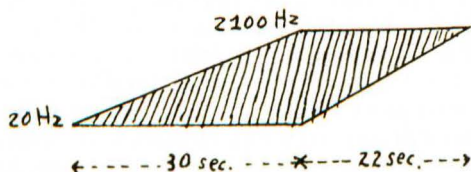


Fig. 1

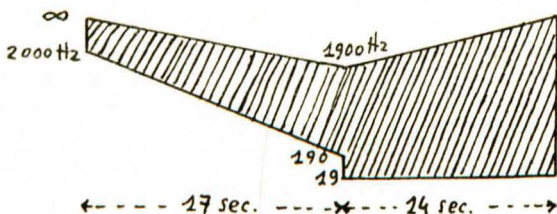


Fig. 2



## Some "Concrete" Problems

by

F. B. MACHE

At Professor H. Scherchen's most generous invitation to be his guest at Gravesano in order to compose an electro-acoustic work, I was able to complete my seventh experiment of magnetic tape music. Practical necessity no less than theoretical curiosity induced me to put to myself this fundamental question: at the present state of electro-acoustic musical technique, is it possible to make a mental conception of a work in its smallest details without its actual realisation being accompanied by any more surprises than the first hearing of an orchestral score might produce, those surprises being solely the result of the competence of those responsible? In other words, has the time arrived for "concrete" music to advance from the experimental to the preconceived, abstract stage of composition, which may be no more authentic but is the real test of a certain mastery of the use of the "new" sound materials?

It was to answer this question that I wrote and then realised the score of *Soleil Rugueux*. Conceived to a plan of durations following a unique proportion of durations repeated on three different scales, the work comprises seven *sequences* of unequal length, the first two being the longest and shortest, respectively, of the whole work, while the rest constitute a progressive return towards an average duration. Each sequence is internally divided into seven *sections* following the same arrangement of proportion within the sequences as the sequences do within the whole work, and each section is a chain of seven sounds, again following the same proportions.

The unity of each sequence is assured not only by its own speed but also by its characteristic tone, which may be repeated or sustained, and is superimposed on all the sections making up a particular sequence; the unity of each section is kept by the fact that its seven sounds are filtered the same way. Thus these seven sounds, which return in the same order within each section of a sequence, are varied each time by filtering and duration, and the 49 sounds of a sequence are all different, as are finally the 343 sounds making up the skeleton of the whole work.

Some more or less numerous superpositions, all of which respect the initial law of proportion, are used to complicate the scheme, while the use of four tracks gives an element of space for clarity and for directional variation.

The sounds were chosen from a homogeneous family lending itself particularly well to the filter process, namely the family of "coloured" noise, i. e. a frequency continuum like random or "white" noise but with a slight predominance of one register or another. I knew by experience that balls



rolling on wood or metal produce a very rich sound from which the filter can cut slices that are so variegated that some of the sounds seem to come from completely different sources than others. A round dozen basic recordings thus suffice to engender hundreds of different sounds by various manipulations.

Only two types of manipulation were used, namely transposition and filtering, either separately or in combination. The transposition reduced to selection of the standard tape speed, which meant that it had to be limited to octave transposition, but the extremely complex harmonic structure of the original sounds prevented these octaves from obtruding themselves in the finished product.

The filtering was carried out to the following scheme, using a set of Albis polyphonic filters:

- 1st section of each sequence, band passed: 60—120 c/s
- 2nd section of each sequence, band passed: 3840—7680 c/s
- 3rd section of each sequence, band passed: 30—90, 210—360,  
600—960 c/s
- 4th section of each sequence, band passed: 75—240, 1440—2880 c/s
- 5th section of each sequence, band passed: 30—105, 420—1200,  
5760—9600 c/s
- 5th section of each sequence, band passed: 90—180, 300—480,  
1840—2880,  
5760— $\infty$  c/s
- 7th section of each sequence, band passed: 120—240, 360—600 c/s

The intensity of each sound was likewise provided for in the score.

In some sequences the seven sections were in addition given complementary filtering to that shown above, e. g. section 4 of sequence 1 had the pass bands 30—75, 240—1440 and 2880— $\infty$  c/s superimposed on the reponse already shown above.

Most of the sequences used the sounds characteristic of each section in sustained rather than repeated form. In addition, a pair of variable band pass and band stop Krohn-Hite filters was used to change the response continuously during the sequence. Thus sequence 3, which was also transposed an octave down, was subjected to a gradual frequency evolution for the whole of its length of 52 seconds, as shown in fig. 1, while sequence 5, transposed 2 octaves down, was given the treatment shown in fig. 2.

Once each element had been conveniently prepared in this fashion and carefully indexed and measured, it was mounted in position according to the space score, all the passages intended to be heard on one track being mixed and given a more general volume control than that used for each single sound, so that one or another sound plane was accentuated, but always taking account of the spatial relationship and therefore of the three other tracks. Here we must mention two different kinds of space: one is the

“virtual” space element of a sound resulting from the sound’s own nature conveying the impression of a larger or smaller *volume*, and the other is “real” space resulting from the *direction* obtained by the use of one or several loudspeakers for one sound; the “real” space also affects the “virtual” space which would be perceived if the same sound were heard monophonically.

What conclusions can we draw after having heard the finished piece? As concerns the technical part of it, most of the difficulties are due to characteristics of the filter products. It is very hard to eliminate background noise when dubbing a low-pass sound, which must be done if this sound is to form part of a mixture. If instead of dubbing a pre-filtered sound, the filter is not used until the mixing operation, noise will still be present unless the level of the low-pass sound happens to be near peak. Now the normal precaution of making all primary recordings at peak level results in a certain quality of hardness uniform to the whole material, and thus in a certain element of tension which is by no means always desirable. A sound first recorded *fortissimo* and subsequently reduced to *pianissimo* sounds very different to the same sound recorded at the appropriate level in the first place.

As there is no solution to this problem other than a still greater improvement of the signal-to-noise ratio, we have reason to cast doubt on the very principle of tape manipulation in general and that of filtering in particular. We must be very wary of the idea of using filters to give white or coloured noise a harmonic texture. The pass bands of a set of polyphonic filters are only distantly related to the “stops” of a traditional instrument, this relationship growing even more distant perhaps as the width of the pass bands increases. This is no doubt explained by the fact that the organisation of frequencies within any pass band determines the virtual aural image of sounds outside this band towards the bass as much as towards the treble, so that two sounds filtered in the same way may appear to be in a completely different range even though their harmonic density and their intensity may be comparable.

In the face of this phenomenon, should manipulation be abandoned in favour of using the sounds as picked up by the microphone? While this solution might give interesting results, it would constitute a denial of everything that is specific to electro-acoustics and make all the problems boil down to purely instrumental ones.

For the work in question, I deliberately accepted the “artificial” filtered sounds, together with their characteristic element of tension or brilliance, as the starting-point is a very complex spectrum, and I tried to work with this material without attempting to mask its rigidity or roughness.

“Noise” is and remains the main part of electro-acoustics’ dowry to music, and the use of noise cannot do without preliminary manipulation to bring

out certain characteristics by elimination of the others and reshaping what remains in a new equilibrium. These operations result in very complex phenomena which we shall not understand exactly for a long time yet, so that it will frequently be necessary to revise the original score in retrospect, which may engender quite a long and lively dialogue between the composer and his material.

The following conclusions can be drawn apart from the purely technical ones just discussed: no matter how exactly the composer mentally conceived a sound, the result will always sound rather more complex than intended, even in the case of quite familiar sounds. This is not only due to technical contingencies but above all to a certain constant law of nature. A great deal more can be said about any work once it is finished than as long as it only stands on paper: this makes electro-acoustic practice a never ending attraction — no experiment can fail unless reality outstrips the dream by so much that the impotence of human imagination becomes quite manifest.

Is that the case for *Soleil Rugeux*? There is no answer to that question; but it was quite a risk, and I cannot be sufficiently grateful to Professor H. Scherchen for daring to let me take it.



---

**NEW****NEU**

---

## Scotch Low Noise Magnetic tapes

---

### What are the Advantages of using Low Noise Magnetic tapes ?

---

Greatly improved quality over standard tapes at normal speed — a two-to-one reduction in recording speeds without loss in fidelity. Makes possible recording music at slower speeds without increasing the level of background noise and without lowering fidelity throughout the entire audible frequency range.

- Signal-to-noise ratio is three to six decibels better than with conventional tapes.
- Wear life is 15 times greater than that of ordinary tapes.
- Less tape is consumed because Low Noise tapes can be recorded at slower speeds.

### Who uses Low Noise tapes ?

---

Professionals use Low Noise tapes because their unique qualities make them especially useful for the mastering and sub-mastering of pre-recorded tapes and records. Professionals prefer Low Noise tapes because they offer:

- Low inherent noise level
- Improved high frequency response
- Low rub off
- Longer wear

### Was sind die Vorteile der Low Noise Magnet-Tonbänder ?

---

Stark verbesserte Qualität im Vergleich zu Standardbändern bei normalen Geschwindigkeiten. Langsamere Geschwindigkeiten für Musikaufnahmen ohne Ansteigen des Geräuschpegels und ohne Leistungsverlust im ganzen durch das menschliche Ohr wahrnehmbaren Frequenzbereich. Reduktion der Geschwindigkeit im Verhältnis 2:1 ohne Leistungseinbuße.

- Signal/Geräuschabstand 3 bis 6 dB besser als bei gewöhnlichen Bändern.
- Die Lebensdauer ist 15 mal größer als diejenige von gewöhnlichen Bändern.
- Der Bandverbrauch ist geringer, da langsamere Aufnahmegeschwindigkeiten möglich sind.

### Wer verwendet Low Noise Tonbänder ?

---

LOW NOISE Magnet-Tonbänder werden speziell für professionelle Anwendungen eingesetzt, da ihre einzigartige Qualitäten vor allem bei der Herstellung von sogenannten „MASTERS“ für bespielte Tonbänder oder Schallplatten zum Ausdruck kommen. Professionelle Verbraucher bevorzugen LOW NOISE Tonbänder aus folgenden Gründen:

- Tiefer Geräuschpegel
- Verbesserte Leistung im hohen Frequenzbereich
- Wenig Abtrieb
- Längere Lebensdauer

---

**3M**  
COMPANY**MINNESOTA MINING PRODUCTS AG**Räfelfstrasse 25 Postfach 232, 8021 Zürich ☐ 051. 35 50 50 Telear. Trimino Telax 53765

---

# SABA TELEWATT High Fidelity-Bausteine der Spitzenklasse

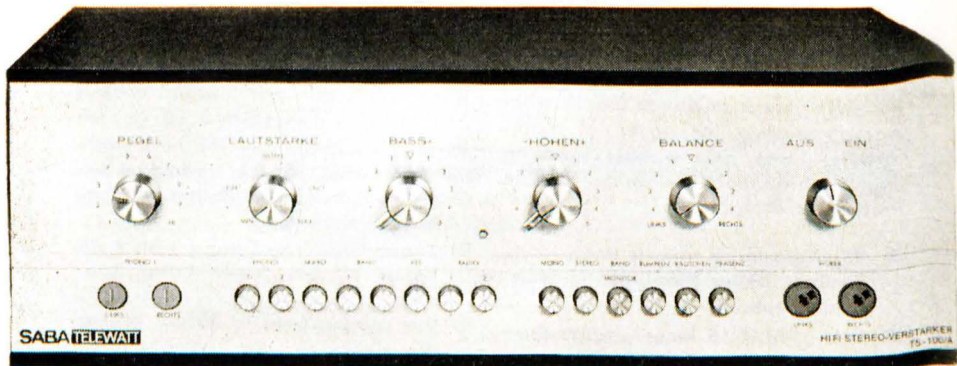
## TS 100 A

Transistor-Stereo-Verstärker

Transformatorfreie Schaltung in der Treiber- und Endstufe – Vielfältige Entzerrungs-Möglichkeiten – Rumpel-, Höhen- und Präsenzfilter – 8 Eingangswahl-Tasten Band-Monitor für die Hinterband-Abhörkontrolle von Tonbandaufnahmen

Phono-Anschlüsse für deutsche und amerikanische Steckverbindungen – Schall-druck-Entzerrer für die Frequenzgang-Korrektur von Lautsprechern. Musikleistung: 70 W (2 x 35 W); Klirgrad: 40 Hz/0,25%; 1000 Hz/0,2%; 10 000 Hz/

0,3%; Intermodulation: 50/3000 Hz (4 : 1) / 0,4%; Frequenzgang: 20 Hz bis 100 kHz (-1 dB); Brummabstand: 85 dB Radio, 62 dB Phono; Bestückung: 37 Transistoren, + 4 Dioden einschl. Gleichrichter.



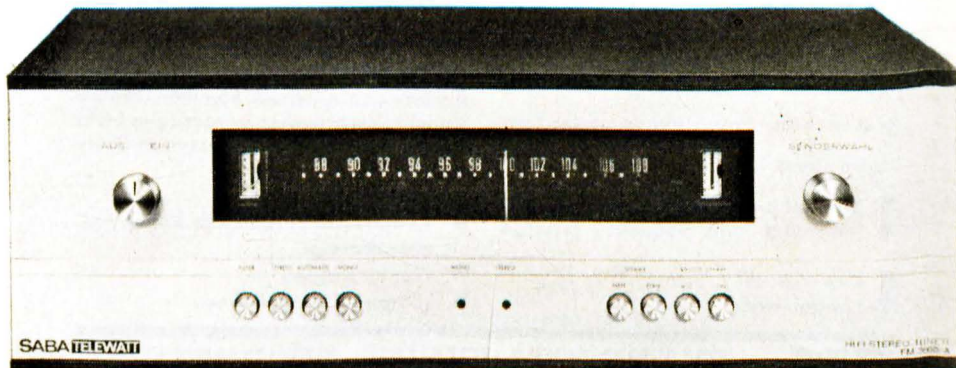
## FM 2000 A

UKW-Stereo-Transistor-Tuner

Für höchste Anforderungen an Reichweite und Wiedergabe-Qualität – Automatische Stereo-Mono-Umschaltung – Stereo-Mono-Anzeige durch Pilotlampen – Hochleistungs-Frontend mit 4-fach-Drehkonden-

sator und 3-HF-Vorstufen, ZF-Verstärker mit 5 Stufen – Breitband-Diskriminator – Abschaltbare Stummbastimmung – Kreise: 15; Empfindlichkeit: 0,8 Mikrovolt für 30 dB Störabstand bei

75 kHz Hub; Klirrfaktor: 0,25% ab Antennen-Eingang bei normal Hub; Stereo-Kanal-trennung: 40 dB; Fremdspannungsabstand: 75 dB; Bestückung: 27 Transistoren + 20 Dioden einschließlich Gleichrichter.



Ober 20 hochwertige Bausteine – Verstärker, Tuner, Plattenspieler, Tonbandgeräte, Lautsprecher und Lautsprecher-

boxen – umfaßt das SABA-TELEWATT-High-Fidelity-Programm. Bitte verlangen Sie unsere ausführlichen Druckschriften.

# SABA

773 Villingen / Schwarzwald



# Nachhallmessungen mit Musik

von

THEODORE J. SCHULTZ

(Bolt, Beranek & Newman Inc., Cambridge, Mass.)

Da Sprache und Musik überwiegend aus kurzen Klängen bestehen, ist es eine fragwürdige Praxis, die Nachhallzeit durch plötzlich abgeschaltete Dauerklänge zu messen. Knallgeräusche sind zwar verwendet worden und lassen sich viel einfacher herstellen als unterbrochene Dauerklänge, haben dahingegen einige Nachteile:

1. Die bekannten Richtlinien für optimale Nachhallzeiten beruhen auf Dauertonmessungen;
2. Der Übertragungsverlust wird mit Bezug auf den Dauerzustand berechnet und die Nachhallzeit danach korrigiert;
3. Die gewöhnlichen Knalle wie Pistolenschüsse, Funkentladung, zusammengeschlagene Bretter u. ä. sind viel zu kurz im Vergleich mit den kurzen Klängen der Sprache und Musik und verfälschen das Bild nicht weniger als die Dauerklänge. Die Erzeugung von Kurzklängen, die mit denjenigen der Sprache und Musik vergleichbar wären, erfordert mindestens denselben Aufwand wie die Herstellung von Dauerklangen.

Am aufschlußreichsten sind Messungen bei besetztem Saal, aber es ist schwierig, ein (still haltendes) Publikum zu einem Programm von akustischen Meßgeräuschen zu bekommen. Solche Messungen sind schon während eines Konzertes durchgeführt worden, die Nachhallzeit wurde an einem Akkord in einer etwa darauffolgenden Pause gemessen. Diese Methode hat den Vorteil, daß der Meßklang gleichzeitig der Nutzklang ist. Man hat sogar vorgeschlagen, daß man die Messung überhaupt nicht im Saal durchführen muß, sondern einfach eine Rundfunkübertragung benutzen kann!<sup>1</sup>

Bei Messungen mit Musik muß man jedoch die Eigenresonanz der Instrumente mit in Betracht ziehen, da eine langsam verklingende Schallquelle die Nachhallzeit scheinbar verlängern würde. Fig. 1 und 2 zeigen die Nachhallzeiten von Orgel und Cello, gemessen in der Nähe der Quelle in einem genügend schalltoten Raum. Viele Schlaginstrumente wie z. B. Becken, große Trommel, Gong, Pauke, Celesta und Klavier haben eine sehr lange Resonanz, und sogar der sogenannte „trockene“ Klang eines Cembalos hat eine Nachhallzeit von über 5 Sekunden unter  $c^1$  (viele Saiten hatten eine komplizierte Abklingkurve entsprechend der Nachhallzeit von ungefähr 5 Sekunden während der ersten 20 dB etwa, aber der weitere Verlauf entsprach einer Nachhallzeit zwischen 15 und 35 Sekunden).

<sup>1</sup> E. Meyer und V. Jordan, *Elektr. Nachr.-Techn.* 12 (1935) 213.



Da der Direktschall von Instrumenten, die eine viel längere Nachhallzeit haben als der Saal selbst (1,2 . . . 2,2 s), das Ergebnis verfälschen würde, muß das Meßmikrofon gut außerhalb des Hallradius stehen. In einer Rundfunkübertragung ist dies selten der Fall, also ist auf Nachhallzeitmessungen auf solcher Grundlage wenig Verlaß. Bei Messungen einer Kirche kann hingegen die Orgel trotz der langen Nachschwingungen der Orgelpfeifen benutzt werden, da die Kirche selbst gewöhnlich eine lange Nachhallzeit hat; aber auch hier muß das Mikrofon im diffusen Schallfeld außerhalb des Hallradius stehen.

Aber auch unter den günstigen Bedingungen eines Saals mit langer Nachhallzeit und einem Mikrofon weit von der Quelle sollten Stellen mit lautem Schlagzeug vermieden werden. Beethovens Coriolan-Ouvertüre und Violinkonzert und die 4. und 6. Sinfonie von Tschaikowsky sind z. B. verwendet worden<sup>1</sup>, eignen sich aber schlecht wegen dem vielen Schlagzeug vor den Pausen. Geeignete Werke ohne Schlagzeug sind z. B. Mozarts g-moll-Sinfonie KV 550 mit 4 Klangunterbrechungen im 1. und 5 im 4. Satz, Schuberts 5. Sinfonie in B-Dur mit 4 Unterbrechungen im 1., einer im 3. und 6 im 4. Satz und Haydns Abschieds-Sinfonie mit 3 Unterbrechungen im 1. und einer im letzten Satz. Aber auch hier muß das Mikrofon weit vom Orchester stehen, außerdem muß der Dirigent für einen sauberen Ausklang der Akkorde sorgen.

Im Auftrag der Firma Bolt Beranek and Newman Inc. hat nun der amerikanische Komponist Daniel Pinkham ein Orchesterwerk *Catacoustical Measures* geschrieben, das auf einem normalen Orchesterprogramm stehen kann und in der Dauer von 4 Minuten eine ganze Reihe von massiven Dissonanzen enthält, gefolgt von je zwei Sekunden Pause, in der die Instrumente schnell abgedämpft werden, sodaß der Nachhall sogar mittels einer Rundfunkübertragung gemessen werden kann. Die Dissonanzen verhindern das Auftreten von harmonischen Verhältnissen, die vielleicht den Eigenschwingungen des Saals entsprechen könnten. Da aber der Komponist vielleicht nicht genügend unordentliche Dissonanzen geschrieben hätte, wurden dem sonst rein musikalisch konzipierten Werk „Techniker-Dissonanzen“ eingefügt: Fig. 3 zeigt die Grundtöne von 4 solchen Akkorden, von denen drei je einen engen Frequenzbereich, der vierte aber den ganzen Klangraum umfassen, um auch ein frequenzmäßiges Bild der Nachhallzeit zu gewinnen. Das Notenbild des 4. Akkordes, zusammen mit einem Klavierauszug, ist in Fig. 4 wiedergegeben.

Eingebettet sind diese Akkorde in einem sehr ernsten Werk, um Publikumlärm in den Pausen zu verhindern. Bei bisherigen Aufführungen saßen die Zuhörer so erstaunt still nach den donnernden Dissonanzen, als wollten sie zum Erfolg der Messungen beitragen.

## Anmerkungen eines Musikers

Die „lange“ Nachhallzeit einer Orgel würde bedeuten, daß eine Orgel immer wie z. B. ein Klavier mit Dauerpedal klingt. Das ist aber bekanntlich nicht der Fall. Wenn in einer Kirche der Orgelklang schwimmt, so wegen der langen Nachhallzeit des Raumes und nicht des Instruments. Trotzdem habe ich einige Pfeifen derselben Art (gedeckte Holzpfeifen) gehörmäßig untersucht: der Klang der Pfeife (im Gegensatz zu dem des Raumes) hörte wie erwartet *sehr schnell* auf, nachdem die Taste losgelassen war. Schließlich entspricht eine solche Pfeife einem Raum mit ganz kleinem Volumen, *das gar nicht so lange nachschwingen kann*.

Auch die „Nachschwingzeiten“ von Cembalo und Flügel scheinen außer Acht zu lassen, daß diese Instrumente Dämpfer haben. Eine Generalpause hält man schließlich nicht mit dem Pedal durch.

Robert Kolben

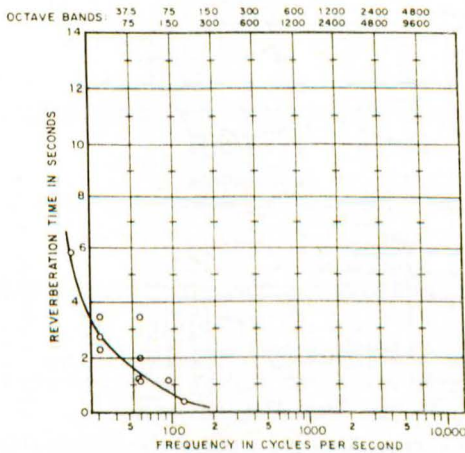


Fig. 1 Nachschwingzeit von gedeckten Holzpfeifen einer Orgel  
Reverberation time of stopped wood organ pipes

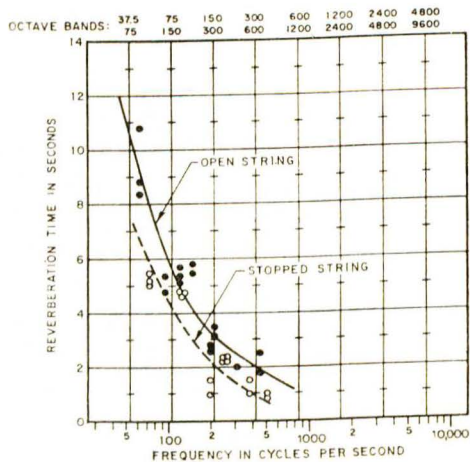


Fig. 2 Nachschwingzeit eines Cellos: der Finger dämpft die Saite ab und verkürzt die Nachschwingzeit (gestrichelte Kurve) im Vergleich zur offenen Saite (ausgezogene Kurve)

Reverberation time of a cello; the damping provided by player's finger on the string shortens the reverberation time, compared with an open string

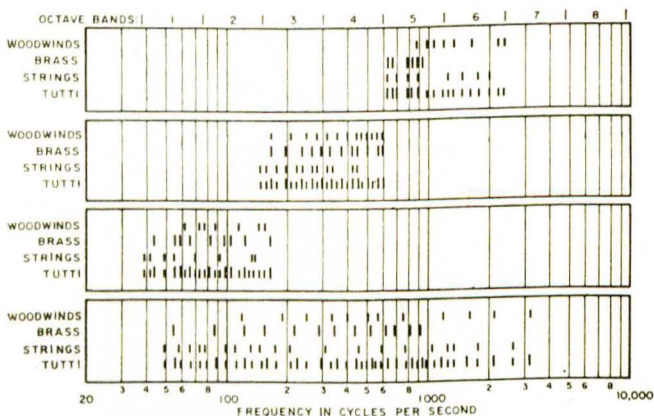


Fig. 3 Grundtöne von Holz, Blech und Streichern, zusammengefaßt unter „Tutti“, von 4 typischen „Techniker-Dissonanzen“  
Distribution of fundamental frequencies of orchestral instruments in four typical "engineer's discords"



SCORE :

		FREQUENCY SOUNDED (Hz)	
WINDS	PICCOLO FLUTES	2013 3135	
	OBES COR ANG.	1174 407 494	
	CLAR. in B $\flat$ BASS CLAR.	620 780 247	
	BASSOONS CONTRA- BASSOON	392 225 165 116	
BRASS	HORNS in F	523 300 344 344	
	TRUMPETS in B $\flat$	421 252 411	
	TROMBONES TUBA	226 157 277 55	
STRINGS	1 <sup>st</sup> VIOLINS	2481 1780 784	
	2 <sup>nd</sup> VIOLINS	1244 1066 687 464	
	VIOLAS	311 207 174 151	
	CELLOS	147 110 78 71	
	BASSES		78 58 41

EQUIVALENT CHORD  
ON PIANO!

Fig. 4 Die unterste Dissonanz aus Fig. 3 in Partitur und Klavierauszug  
Orchestral score and piano reduction of the last discord of Fig. 3

# Using Music to Measure Reverberation Time

by

THEODORE J. SCHULTZ

(Bolt Beranek and Newman Inc., Cambridge, Mass.)

One may question whether it is legitimate to measure reverberation time with steady-state signals, in view of the fact that most speech and musical sounds are transient in nature. Perhaps when the state of the art has advanced sufficiently, it will be possible and desirable to measure with transient signals, but in the meantime it appears preferable to rely on steady-state data: first, because our criteria for optimum reverberation time are currently set up in terms of measurements made in the steady state; second, because the correction to be applied for the calculation of transmission loss is formulated in steady-state terms; and, finally, because the only really convenient impulses (such as pistol shots, spark discharges, whacked planks, etc.) are, in fact, very much *shorter* than the transient sounds occurring in speech and music, and would not yield a representative result anyway. To produce impulses whose length is typical of speech and music sounds requires at least as much equipment as to produce interrupted steady-state excitation, and thus the convenience of the impulse method is lost.

However, when the reverberation time of an occupied hall is to be measured (and this is the condition of greatest interest!), it is especially convenient to use the musical performance itself as a source of sound, observing the decay of energy following a sharp cutoff in the music. This, incidentally, has the merit of exciting the reverberation with the same type of sound that the hall was designed to enhance, and in addition there is no need for the audience to be annoyed by special procedure or by strange and ugly sounds. In fact, it has even been suggested<sup>1</sup> that one need not go to the hall at all to make the measurement, since the sound decay can be readily measured from the electrical signal of a radio broadcast!

Musical sounds can, indeed, be used successfully for the measurement of reverberation time, provided that care is taken to account for the self-reverberation of the musical instruments themselves. It would obviously be undesirable to have the plotted decay of the room reverberation contaminated with slowly decaying energy from the sound source.

Figure 1 shows the reverberation time of stopped wood organ pipes (bourdon), and Fig. 2 shows the reverberation time of a cello. In both cases, after the player had stopped, the decaying sound pressure was measured very near the source in a rather dead room. The sound of many of the percussion instruments, such as the cymbals, bass drum, gong, timpani, celesta

<sup>1</sup> E. Meyer and V. Jordan, *Elektr. Nachr.-Tech.* 12, 213 (1935).

and piano, persists for a very long time after they are struck. Even the harpsichord, often considered to have a sharp, dry "plinky" sound, shows reverberation times of the order of five seconds at frequencies below middle C (261 cps).<sup>2</sup>

Clearly these reverberation times are long compared with the values associated with most listening spaces (1.2 to 2.2 sec). Inclusion of the direct sound of any of these instruments, then, would certainly corrupt measured reverberation time of the room. Hence, much depends upon the placement of the microphone in the test procedure. If the microphone is definitely in the reverberant field of the room—that is, if it is placed where the uniform, diffuse, reverberant sound predominates strongly over the direct sound—then little trouble may be expected from the ringing of the instruments. The more reverberant the hall is, the nearer the microphone may be placed to the musical instruments.

Because the reverberation time in a church tends to be long, it is possible to use the organ as a source of sound if the microphone is placed far enough away, despite the long self-reverberation of the organ pipes at low frequencies. But for radio broadcast or recording, the microphone position is often quite near the instruments, and moreover the studio is often rather dead; hence reverberation data taken in this manner must be viewed with suspicion.

Even under favorable conditions (room with long reverberation time and microphone far from source) it is advisable to avoid musical passages with loud percussion. For example, works that have been used but that are not suitable because the chords preceding the sharp orchestral cutoffs include heavy percussion, are Beethoven's *Coriolanus Overture* and *Violin Concerto*, and Tchaikovsky's *Fourth* and *Sixth Symphonies*.<sup>1</sup>

There are, however, works which are scored for no percussion at all, and which, therefore, are suitable for reverberation measurements if the microphone is placed far from the orchestra and the conductor is careful to require clean cutoffs from his musicians. Examples are Mozart's *Symphony No. 40 in G Minor* (four cutoffs in the first movement, five in the last movement); Schubert's *Symphony No. 5 in B Flat* (four cutoffs in the first movement, one in the third, and six in the last); and Haydn's "*Farewell*" *Symphony* (three cutoffs in the first movement, one in the last).

---

<sup>2</sup> Many strings exhibited double decay rates, the initial 20 db or so showing a slope from which a five-second reverberation time would be calculated, the remainder of the decay occurring at a rate corresponding to reverberation times between 15 and 35 sec.



Recently, a musical composition has been written expressly for the purpose of aiding acoustical measurements.<sup>3</sup> Its goal is to turn audience annoyance into audience enjoyment (or at least amusement); instead of firing pistols or cannons, or radiating the audience with warble tones or random noise, the acoustical engineer conspires with the conductor to have this special work programmed for a concert, along with the rest of the musical fare. The piece is constructed in such a manner that many times during its four-minute duration there occur massive discords followed by two seconds of silence, during which the decay of sound in the hall can be measured. The score instructs all the musicians to damp their instruments during the silent intervals, so as to avoid ringing. Thus even a broadcast pickup can be used to measure the hall reverberation.

Discords were chosen to excite the reverberation in order to avoid any harmonic relationship which might coincide with the modal structure of the room. But since even a composer's discords might be too orderly, "engineer's discords" were incorporated into the otherwise quite musical work.

Figure 3 shows the distribution of the fundamental frequencies of the orchestral instruments in four typical discords. The first three discords (upper three groups) are intended to concentrate the orchestra's energy into limited frequency ranges; the last discord spreads the orchestra's energy as evenly as possible over the entire spectrum, which aids in assessing the balance between the different frequency ranges in the sound of the hall.

Figure 4 shows the full orchestral score of a typical discord and also a transcription for piano alone. (Note that it is a simple chord to play on a piano, if elbows are permitted.)

In incorporating the sounds of the above discord into a musical texture, a very serious mood was established from beginning to end. Care was taken not to make the music light-hearted nor to suggest "joke" music, because of the danger of noisy audience reaction during the silences. As it is, the audience generally sits astonished after the thunderous discords, being as quiet as if there had been a request for cooperation in the measurements.

<sup>3</sup> Daniel Pinkham, *Catacoustical Measures* (C. F. Peters, New York, 1962). The word "catacoustics" refers to that branch of physics dealing with echoes and the reflection of sound. The composition was commissioned by Bolt Beranek and Newman Inc., to aid in the measurement of the acoustics of occupied halls.

## A Musician Comments

If the sound of an organ really takes such a long time to decay, it means that an organ must always sound rather like a piano with non-stop pedal, which, however, is known not to be the case. The organ does rather tend to blur in a church, but that is because of the reverberation time of the church and not of the instrument itself. Nevertheless, I carefully listened to some pipes of the type in question (stopped wood pipes) and found, as I expected, that the pipe itself (although not the church) stopped sounding *almost immediately* the key was released. After all, an organ pipe can be regarded as a room with a very small volume *which cannot possibly have the reverberation time stated*.

Also the decay times of the harpsichord and piano seem to neglect the fact that these instruments possess dampers. No pianist presumably ever kept his foot on the pedal right through a general pause.

Robert Kolben

# Nachahmung der Raumakustik durch den Elektronenrechner\*

von

M. R. SCHROEDER und B. S. ATAL  
(Bell Telephone Laboratories)

Durch einige Änderungen konnte die Akustik der New Yorker Philharmonic Hall zusehends verbessert werden. Die ursprünglichen Mängel wurden durch Messungen der Abteilung für akustische Forschung der Bell-Laboratories aufgezeigt. Anschließende Auswertung durch eine Rechenanlage führte zu den praktischen Verbesserungsvorschlägen.

## Nachahmung des Einzelechos

Fig. 1 zeigt den Vorgang der Nachahmung. Sprache oder Musik wird in einem schalltoten Raum aufgenommen, um das Eingangssignal („Reverberation-free signal“) zu liefern. Durch einen Analogumformer wird es dann der Rechenanlage zugeführt, deren Programm es durch Echo und Nachhall, wie er an einem bestimmten Ort im nachzuahmenden Saal bestehen würde, bereichert. Der Rechner erzeugt ein Paar stereophonische Signale, die ein zweiter Analogumformer in Klang umwandelt, den ein Hörer über zwei Lautsprecher in einem schalltoten Raum hören und beurteilen kann.

Das einzelne Echo wird unter Annahme der „geometrischen (Strahlen-) Akustik“ nachgeahmt, d. h. der Schall bewegt sich in geraden Linien und die Rückwürfe folgen den Gesetzen der geometrischen Optik. Diese Annäherung hat sich bei der Bestimmung der Akustik von großen Sälen bereits bewährt<sup>4, 5</sup>. Ein solches einzelnes Echo wird durch Spektrum, Amplitude, Verzögerung nach dem Hauptschall und Richtung bestimmt. Diese Parameter werden anhand der Baupläne gewonnen, wobei alle größeren Rückwurf-flächen berücksichtigt werden.

Fig. 2 zeigt die beiden Lautsprecher-signale  $x_1(t)$  und  $x_2(t)$ , welche beim Hörer die Illusion eines Echos aus der Einzelquelle  $S$  hervorrufen. Die Richtwirkung hängt bekanntlich von der Laufzeitdifferenz und dem Intensitätsunterschied ab, wobei sich Unterschiede bei verschiedenen Frequenzen ergeben, die aber zum Zweck dieser Darstellung vernachlässigt werden sollen. An jedem Ohr ergibt sich also ein entsprechend zusammengesetztes Signal  $y_1(t)$  und  $y_2(t)$ : in der Darstellung dieser beiden Signale ist der aus der dem

\* Diese gekürzte Übersetzung einer im „International Sound Convention Record“ (1963) erschienenen Arbeit bringen wir mit freundlicher Genehmigung des Verfassers.



Ohr jeweils abgewandten Richtung kommende Schallimpuls gestrichelt gezeichnet. Um im linken Ohr einen Impuls zu erzeugen, wird dieser Impuls vom linken Lautsprecher ausgestrahlt, der aber einen etwas abgeschwächten Impuls ein wenig später auch im rechten Ohr erzeugt. Dieser kann aber durch einen entsprechenden andersphasigen Impuls aus dem rechten Lautsprecher wieder ausgeglichen werden, wodurch ein weiter abgeschwächter Impuls wieder am linken Ohr erscheint, welcher seinerseits durch den linken Lautsprecher ausgeglichen werden kann. Durch sinnvolle Fortsetzung dieses Vorgangs ist es möglich, die Illusion eines einzelnen Impulses, der nur am linken Ohr erscheint, hervorzurufen. So ist es möglich, auch einen Impuls, der von einer beliebigen Quelle  $S$  zu kommen scheint, hervorzurufen. In unseren Nachahmungsversuchen haben wir die an einem Modellkopf gemessene, frequenzabhängige Schallstreuung mit in Betracht gezogen. Im Anhang wird das Rechnungsverfahren zur Erzeugung der Lautsprecher-signale angegeben, und das danach arbeitende Blockschema zeigt Fig. 3. In der Anordnung im schalltoten Raum befinden sich die beiden Lautsprecher jeweils  $23^\circ$  links und rechts der Kopfmittelachse, und scheinbare Schallquellen sind  $0^\circ, 12^\circ, 23^\circ, 37^\circ, 48^\circ, 66^\circ, 90^\circ$  links und rechts der Mittelachse hervorgerufen worden, wobei sich der Kopf bis zu  $10^\circ$  nach jeder Seite drehen kann, ohne daß sich die scheinbaren Quellen verschieben. Starke Rückwürfe auch von hinten oder der Decke können mittels eines oder zweier weiterer Lautsprecher erzeugt werden.

### Nachahmung des laufenden Nachhalls

Fig. 4 zeigt das Blockschema einer einkanalen (monofonischen) Nachhallschaltung. Alle Nachhallparameter wie Nachhallzeit einschl. deren Frequenzcharakteristik, Abklingkurve, Echodichte usw. sind regelbar<sup>6,7</sup>. Vier „Kammfilter“ (Verzögerungsglieder mit Rückkopplung) sind parallelgeschaltet, gefolgt von zwei Allpaßschaltungen. Der einzelne Kammfilter weist zwar viele nebeneinanderliegende Amplitudenmaxima und -minima in seiner Frequenzkurve auf, aber einige — mindestens vier — erzeugen in Parallelschaltung eine höchst unregelmäßige Frequenzcharakteristik, die derjenigen zwischen zwei Orten in einem Raum ähnlich ist. Der durchschnittliche Frequenzabstand zwischen benachbarten Maxima und die durchschnittlichen Schwankungen der Frequenzcharakteristik sind in beiden Fällen etwa die gleichen.

Die Nachhallzeit ist abhängig von der Rückkoppelverstärkung  $g_1 \dots g_N$  und der Verzögerung  $\tau_1 \dots \tau_N$  der verschiedenen Kammfilter. Haben die Kammfilter die gleiche Abklinggeschwindigkeit, so ergibt sich eine exponentielle Abklingkurve. Die Verstärkungen  $g_1 \dots g_N$  werden durch

$$T_{60} = \frac{3r_n}{-\log_{10} g_n} \quad , \quad n = 1, 2 \dots N \quad (1)$$

gegeben, worin  $T_{60}$  die gewünschte Nachhallzeit ist. Die Verzögerungen werden am besten so eingestellt, daß die Rückkoppelverstärkung zwischen 0,55 und 0,85 sein kann. Nichtexponentielle Abklingkurven erzielt man durch verschiedene Verzögerungszeiten, die sich nach der gewünschten Verteilung der Nachhallzeiten richten. Frequenzabhängige Rückkoppelverstärkungen ergeben eine frequenzabhängige Nachhallzeit.

Die beiden Allpaßschaltungen garantieren eine hohe Echodichte.

$$n_e(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\tau_i} \cdot \frac{1}{\tau_a \tau_b} \cdot t^2 \quad (2)$$

Ergibt die Echodichte  $t$  Sekunden nach dem Schallimpuls. Die Echodichte kann also durch die Verzögerungen  $\tau_a$  und  $\tau_b$  der Allpaßglieder geregelt werden. Diese Verzögerungen müssen allerdings viel kleiner als diejenigen der Kammfilter sein, um die Nachhallzeit nicht zu beeinflussen.

#### Räumlicher diffuser Nachhall

Die beschriebene Nachhallschaltung erzeugt nur *ein* verhalltes Signal. In einem Raum hört aber jedes der beiden Ohren eines Hörers sein eigenes Nachhallmuster, das von dem anderen völlig unabhängig ist. Solche unkorrelierten Nachhallmuster erzielt man durch den Gebrauch von zwei solchen Nachhallschaltungen, wobei die Rückkoppelverstärkungen der einen das umgekehrte Zeichen der anderen haben, und jeder beliebige Grad der Korrelation wird erzielt, indem man die Ausgangssignale zweier unkorrelierter mit denen zweier identischer Nachhallschaltungen mischt. Kommt der meiste Nachhall aus einer Richtung, so kann man das entsprechend verhallte Signal aus der Einzelechoschaltung Fig. 3 kommen lassen.

In den meisten Räumen ist die Diffusität frequenzabhängig. Um dieses mit dem Rechner zu erzielen, zerlegt man die beiden Nachhallausgänge in eine genügende Anzahl von Frequenzbändern. In jedem Band erhält man auf die beschriebene Weise die ihm entsprechende Korrelation. Dann werden die Filterausgänge gemischt und bilden so zwei Nachhallschaltungen mit frequenzabhängiger Korrelation.

Kontinuierlicher Nachhall wie derjenigen eines Raumes wird erzeugt, indem man auf dem Rechner einen Impuls nachahmt mit der Frequenzcharakteristik

$$b \star (t) = \sum_{n=0}^{\infty} x(t) e^{-at} \delta(t - nT) \quad (3)$$

$\alpha = \frac{6,9}{T_{60}}$ ,  $x(t)$  ist eine gaußsche Zeitreihe mit beliebigem Spektrum, und  $T$  ist die Auswahlzeit. In der Praxis muß man die Impulswiedergabe beschneiden. Dieser laufende Nachhall kann ebenfalls mit jeder beliebigen Charakteristik ausgestattet werden. Eine frequenzabhängige Nachhallzeit ergibt sich aus der Nachahmung einer Impulscharakteristik gegeben durch

$$b * (t) = \sum_{i,n=0}^{\infty} e^{-\alpha_i t} \delta(t - nT) \int_0^{\infty} (t-\tau) a_i(\tau) d\tau \quad (4)$$

$\alpha_i$  = Abklinggeschwindigkeit bei Frequenz  $f_i$

$a_i(t)$  = Impulscharakteristik eines Bandpaßfilters mit der Mittelfrequenz  $f_i$

Um eine solche Impulscharakteristik zu erhalten, zerlegt man  $x(t)$  in eine entsprechende Anzahl von Bändern, die man dann beliebig regelt. Die Abklingkurve kann bei jeder Frequenz jede beliebige Form erhalten. Zwei unabhängige gaußsche Zeitreihen ergeben zwei unkorrelierte Impulscharakteristiken. Diese Vorgänge sind alle auf der Rechenanlage möglich. Fig. 5 zeigt das Blockschema einer solchen Schaltung.

Zum Schluß werden Hall- und Direktschall in dem Verhältnis, wie es dem entsprechenden Platz im Saal entspricht, gemischt. Dieser Vorgang bewahrt auch die Verzögerung zwischen Direktschall und erstem Rückwurf.

#### Programmierung des Rechners

Das Blockschema, das alle erwähnten Vorgänge zusammenfaßt, zeigt Fig. 6. Ein „Blockschemazusammensteller“ (Block diagram compiler<sup>8</sup>) stellt das Rechnerprogramm aus diesem Blockschema her.

#### Die Bedeutung dieser Methode zur Lösung anderer raumakustischer Probleme

Nicht nur zum Bau von neuen Sälen kann diese Methode herangezogen werden, sondern durch sie können auch grundlegende Probleme der Raumakustik untersucht werden wie z. B. die Zeitlücke zwischen Direktschall und erstem Rückwurf, deren Bedeutung für eine gute Akustik noch ungewiß ist. Diese und andere Fragen, die die Akustiker beim Bau jedes neuen Saales beschäftigt haben, wurden bisher durch Untersuchung vieler bestehender Säle nur unbefriedigend beantwortet, denn beim Vergleich zweier Säle ändern sich zu viele Parameter auf einmal. Die hier beschriebene mathematische Nachahmungsmethode ermöglicht die Konstanthaltung aller Parameter außer dem einen, den man untersuchen will. So wird sie gewiß viel beitragen zu unserer Erkenntnis, was eine gute Akustik überhaupt ausmacht.

#### Anerkennung

Herrn R. M. Golden von den Bell Telephone Laboratories möchten die Verfasser für seine kritische Auseinandersetzung mit unserer Arbeit und für seine helfenden Vorschläge wärmstens danken.



## Anhang

Zwei Lautsprecher  $A$  und  $B$  strahlen in einem Winkel von  $\pm\theta$  auf den Hörer zu (Fig. 2).  $b_1(t)$  und  $b_2(t)$  seien die Druckcharakteristiken am linken bzw. rechten Ohr des Hörers, wenn der Lautsprecher  $A$  mit einem Einheitsimpuls angetrieben wird.  $x_1(t)$  und  $x_2(t)$  seien die Lautsprecher-Eingangssignale, welche die gewünschten Druckcharakteristiken  $y_1(t)$  und  $y_2(t)$  an den beiden Ohren geben. Wird der Kopf als symmetrisch angenommen, dann hat man

$$y_1(t) = x_1(t) * b_1(t) + x_2(t) * b_2(t) \quad (A1)$$

$$y_2(t) = x_1(t) * b_2(t) + x_2(t) * b_1(t) \quad (A2)$$

(\* bedeutet Konvolution).

Die fouriersche Transformation beider Seiten dieser beiden Gleichungen ergibt

$$Y_1(\omega) = X_1(\omega) \cdot H_1(\omega) + X_2(\omega) \cdot H_2(\omega) \quad (A3)$$

$$Y_2(\omega) = X_1(\omega) \cdot H_2(\omega) + X_2(\omega) \cdot H_1(\omega) \quad (A4)$$

Hier sind  $X_1(\omega) \dots$  die fourierschen Transformationen von  $x_1(t) \dots$

Diese beiden Gleichungen werden für  $X_1(\omega)$  und  $X_2(\omega)$  gelöst.  $x_1(t)$  und  $x_2(t)$  erhält man aus den umgekehrten fourierschen Transformationen

$$x_1(t) = [y_1(t) * b_1(t) - y_2(t) * b_2(t)] * a(t) \quad (A5)$$

$$x_2(t) = [y_2(t) * b_1(t) - y_1(t) * b_2(t)] * a(t) \quad (A6)$$

Hier ist  $a(t)$  die umgekehrte fouriersche Transformation von

$$\frac{1}{H_1^2(\omega) - H_2^2(\omega)}$$

Das Nachahmungsverfahren von  $x_1(t)$  und  $x_2(t)$  folgt direkt aus (A5) und (A6), vorausgesetzt  $a(t)$  ist eine realisierbare Impulscharakteristik.

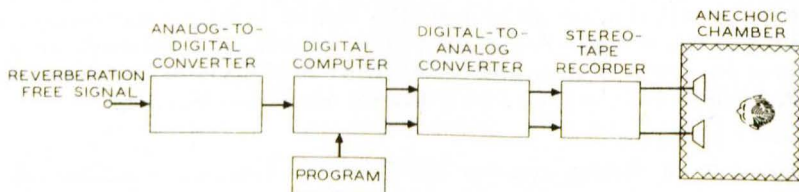
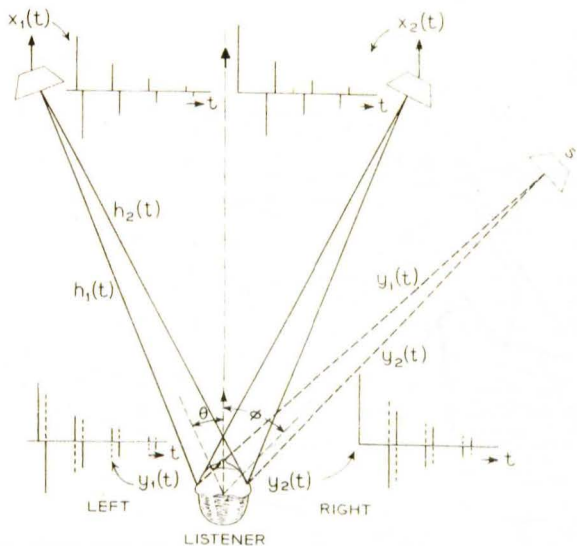


Fig. 1



LISTENER  
Fig. 2

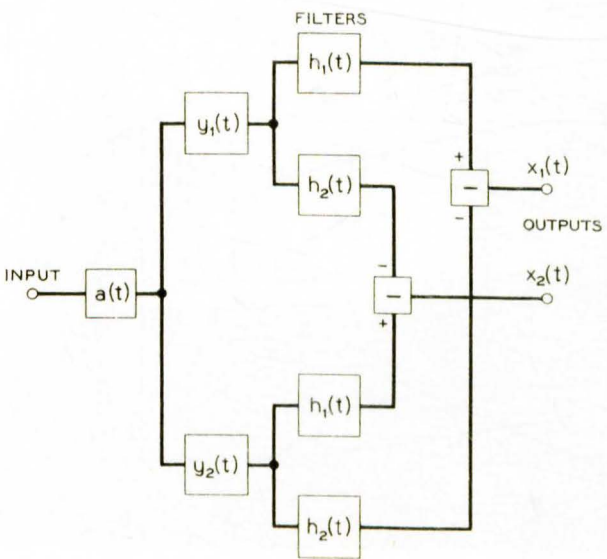


Fig. 3

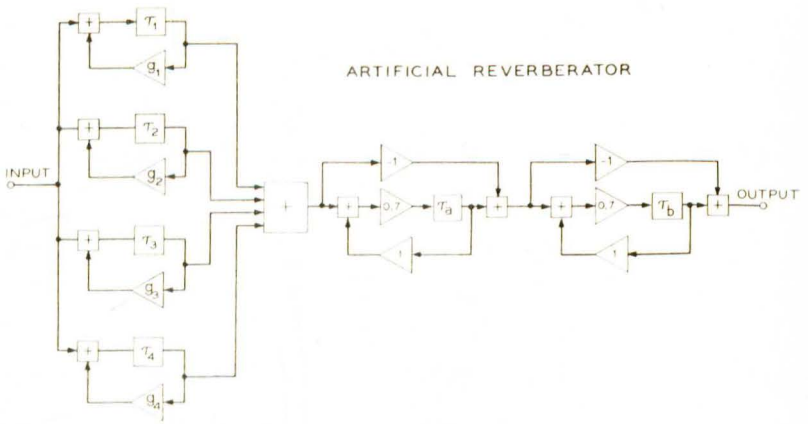


Fig. 4

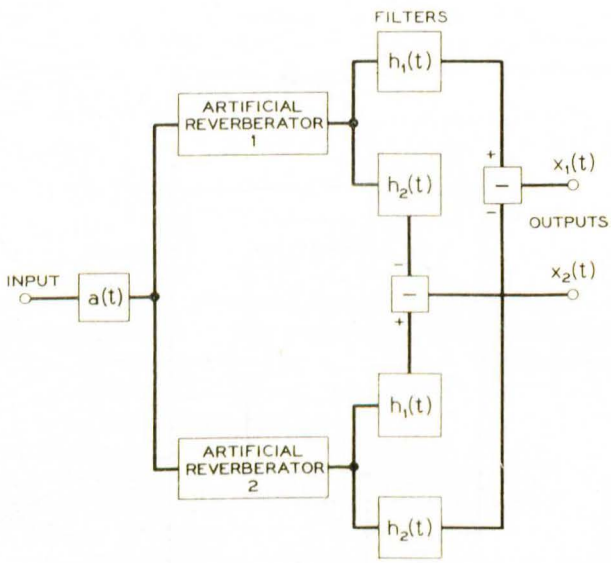


Fig. 5



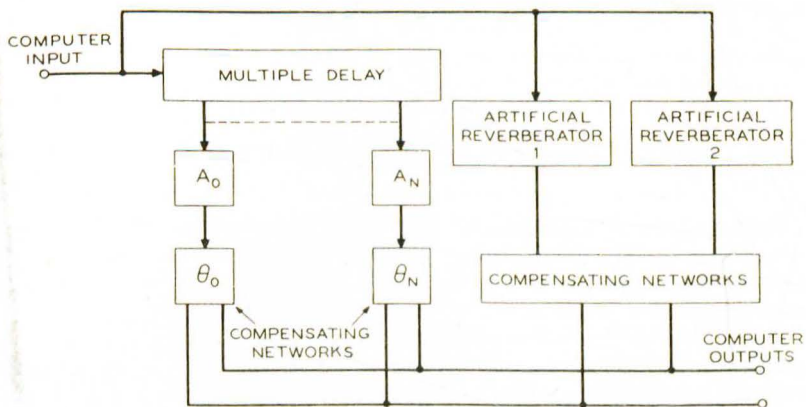


Fig. 6



Philharmonic Hall, New York

# Computer Simulation of Sound Transmission in Rooms<sup>\*</sup>

by

M. R. SCHROEDER and B. S. ATAL

(Bell Telephone Laboratories, Incorporated, Murray Hill, New Jersey)

The acoustics of Philharmonic Hall have improved considerably after a number of changes. Measurements made by the Acoustics Research Department of Bell Laboratories and evaluated by digital computer techniques were instrumental in pinpointing the acoustical weaknesses.

The simulation method is illustrated in the block diagram of Fig. 1. A reverberation-free sound signal (speech or music recorded in an anechoic chamber), after being sampled and quantized, is recorded on a digital tape and fed into the computer. The computer is programmed to add to this signal echoes and reverberation similar in characteristics to those at a given location in the hall to be simulated. Under the control of the program, the digital computer produces two output signals which, after digital to analog conversion, are recorded by a two-track stereo tape recorder. Listeners evaluate the acoustics of the proposed concert hall by listening to this stereo tape through two symmetrically placed loudspeakers in an anechoic chamber.

## Simulation of Discrete Echoes

For simulation of discrete echoes, the hall is considered from the point of view of "geometrical (ray) acoustics", i. e., the sound is assumed to travel along straight paths. The reflections at the boundaries obey the laws of geometrical optics. This approach, although approximate, has been found useful in describing the acoustics of large halls<sup>4,5</sup>. Individual discrete echoes can be specified by their spectra, amplitudes, delays and the directions from which they originate. These parameters are determined from plan drawings of the hall. For this calculation, all large reflecting surfaces in the hall should be taken into consideration.

Figure 2 shows the signals  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$  required at the two loudspeakers to produce pressure waves at the two ears that will simulate a single echo arriving from an imaginary source  $S$ . For simplicity of explanation, we shall assume that the interaural delay and loss for different directions depend only on the angle of incidence and not on frequency. The impulses at the ears from the near loudspeaker are shown by full lines,

<sup>\*</sup> Authorized shortened version of paper previously published in 1963 International Sound Convention Record.

those from the far loudspeaker are shown by dashed lines. To produce an impulse at the left ear, an impulse is radiated by the left loudspeaker. But this produces an impulse, delayed in time, at the right ear with a smaller amplitude. The one at the right ear is cancelled out by another impulse radiated from the right loudspeaker in opposite phase. This in turn produces an extra impulse at the left ear which is cancelled out by an impulse from the left loudspeaker. This process can be continued indefinitely to produce a single impulse at the left ear and nothing at the right ear.

The relative delays and amplitudes of the impulses at the two ears are chosen so as to correspond to an echo from source  $S$ . In our simulation we have taken the actual diffraction around the human head (measured for a dummy head) into consideration. This means that the loss for different directions is frequency-dependent. Measurements indicate that the interaural delay is substantially independent of frequency. A method of obtaining the appropriate loudspeaker signals for various source directions is described in the Appendix. The block diagram of the circuit to simulate a virtual sound source in any direction is illustrated in Fig. 3. With loudspeakers located at  $\pm 23^\circ$ , external virtual sound images have been created at  $0^\circ$ ,  $\pm 12^\circ$ ,  $\pm 23^\circ$ ,  $\pm 37^\circ$ ,  $\pm 48^\circ$ ,  $\pm 66^\circ$  and  $\pm 90^\circ$ . The images are stationary for head movements up to  $\pm 10^\circ$ . If desired, strong reflections from the back of the hall and the ceiling can be reproduced by using one or two additional loudspeakers.

### Simulation of Continuous Reverberation

A block diagram of a single-channel (monophonic) reverberator is shown in Fig. 4. This reverberator can produce reverberation with any desired characteristics such as reverberation time (including its variation with frequency), shape of the decay, echo density, etc. 6, 7. The reverberator essentially consists of several "comb filters" (delay line in a feedback loop) connected in parallel and two all-pass networks in series. The amplitude frequency response of one comb filter has periodic maxima and minima. However, a number of them in parallel (at least four with incommensurate delays) produce a highly irregular frequency response similar to that found between two points in a room. The average frequency spacing between adjacent maxima and the average fluctuations of the frequency response are approximately the same in both cases.

The reverberation time of the reverberator is determined by the loop gains  $g_1, \dots, g_N$ , and delays  $\tau_1, \dots, \tau_N$  of the different comb filters. For exponential sound decays, the decay rate of each comb filter should be the same. The gains  $g_1$  through  $g_N$  are determined by the equation

$$T_{60} = \frac{3\tau_n}{-\log_{10} |g_n|}, \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$



where  $T_{60}$  is the desired reverberation time. For best results, the delays can be so adjusted that the loop gain of any comb filter is between .55 and .85. Nonexponential decays can be realized by choosing comb filters with different decay rates according to the desired distribution of reverberation times. Any desired variation of reverberation time with frequency can be produced by making the loop gains of the comb filters frequency dependent.

Two all-pass networks are connected in series with the comb filters to produce a high echo density. The echo density produced by the reverberator at any time  $t$  after impulse excitation is given by

$$n_e(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\tau_i} \cdot \frac{1}{\tau_a \tau_b} \cdot t^2 \quad (2)$$

Thus, any desired echo density can be obtained by suitable choice of the delays  $\tau_a, \tau_b$ , of the all-pass networks. These delays should be much smaller than the delays of the comb filters so as not to change the reverberation time.

### Spatially Diffuse Reverberation

The reverberator discussed above produces only a single reverberated signal. In a room, however, two differently reverberated signals are produced at the ears of a listener. In fact, the echo patterns produced at the two ears of a listener in a diffuse sound field are almost uncorrelated. Such uncorrelated impulse responses can be produced by using two reverberators (similar to that shown in Fig. 4) having loop gains with their signs reversed. Any desired correlation can be obtained by mixing the outputs of the two uncorrelated reverberators with two identical reverberators. Further, if most of the reverberation comes from one particular direction, it can be obtained by a network used for producing discrete echoes similar to one shown in Fig. 3. The input to such a network should be a reverberated signal having the desired characteristics.

In most rooms, sound diffusion changes with frequency. This too can be achieved on the computer by filtering the outputs of the two reverberators into a sufficient number of frequency bands. The desired correlation can be obtained in each band as described in the preceding paragraph. The outputs of the filters are then mixed to form two reverberators having different correlation at different frequencies.

Continuous reverberation similar to that obtained in real rooms can also be produced by simulating on the digital computer an impulse response of the form

$$b * (t) = \sum_{n=0}^{\infty} x(t) e^{-\alpha n T} \delta(t - nT) \quad (3)$$

where  $\alpha = \frac{6.9}{T_{60}}$ ,  $x(t)$  represents a Gaussian time series with any desired spectrum and  $T$  is the sampling time. In practice, the impulse response has to be truncated. The continuous reverberation can further be produced with any desired characteristics. A frequency-dependent reverberation time can be obtained by simulating an impulse response given by

$$b * (t) = \sum_{i,n} e^{-\alpha_i t} (t - nT) \int_0^{\infty} x(t - \tau) a_i(\tau) d\tau \quad (4)$$

where  $\alpha_i$  = decay rate at a frequency  $f_i$ , and  $a_i(t)$  = impulse response of a band-pass filter with center frequency  $f_i$ .

Such an impulse response is obtained by first filtering  $x(t)$  into an appropriate number of bands and then weighting the output of each band-pass filter as desired. Any desired shape of the decay curve in any given frequency range can also be easily obtained. Two uncorrelated impulse responses are obtained by choosing two independent Gaussian time series. All the above operations can be performed on the computer. The block diagram of a network to produce such signals is shown in Fig. 5.

Finally, the reverberant and the direct sounds are mixed in the same ratio as in the actual hall for a particular seat. The time gap between the first reflection and the direct sound is also preserved in this process.

### Programming the Digital Computer

First, a block diagram of a sampled-data control system is prepared which produces two output signals with the desired characteristics. This system illustrated in Fig. 6 includes circuits to produce discrete echoes, continuous reverberation and the filters to compensate for the sound diffraction around the listener's head. A "block diagram compiler" <sup>8</sup> is used to compile an operational computer program from the block diagram information.

### Importance of the Method for Solving Other Problems in Room Acoustics

In addition to being of great potential value in the design of specific halls, the digital simulation method can be used to study more fundamental questions of room acoustics. An example is the importance of the initial time gap between the direct and the first reflected sound. It is not known precisely how important this time gap is for good acoustics. There are many similar questions which room acousticians have asked themselves every time a new concert hall is designed. Such information has been obtained in the past by studying a large number of halls having different acoustical characteristics. It is not easy by this method to study the effect of one parameter

alone. Digital simulation method does permit the controlled variation of one parameter at a time while all others are being held fixed. Thus, each parameter can be studied individually and its role towards good acoustics can be determined separately or in combination with other factors. The knowledge gained in this manner is expected to contribute to our fundamental knowledge of what is and what is not important in the design of acoustically satisfactory concert halls.

#### Acknowledgment

The authors wish to thank R. M. Golden of Bell Telephone Laboratories for his helpful criticism and suggestions.

#### Appendix

Consider two loudspeakers  $A$  and  $B$  at angles  $\pm \theta$  from the listener's position as shown in Fig. 2. Let  $b_1(t)$  and  $b_2(t)$ , respectively, be the pressure responses at the left and right ears of the listener when a unit impulse is fed to the loudspeaker  $A$ . Let  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$  be the required inputs to be fed to the two loudspeakers to produce the desired pressure responses,  $y_1(t)$  and  $y_2(t)$ , at the listener's ears. Assuming head symmetry, we then have

$$y_1(t) = x_1(t) * b_1(t) + x_2(t) * b_2(t), \quad (A1)$$

$$y_2(t) = x_1(t) * b_2(t) + x_2(t) * b_1(t), \quad (A2)$$

where the asterisks signify convolution.

Taking the Fourier transforms on both sides of Eqs. (A1) and (A2), we obtain

$$Y_1(\omega) = X_1(\omega) \cdot H_1(\omega) + X_2(\omega) \cdot H_2(\omega) \quad (A3)$$

$$Y_2(\omega) = X_1(\omega) \cdot H_2(\omega) + X_2(\omega) \cdot H_1(\omega) \quad (A4)$$

where  $X_1(\omega)$ ,  $X_2(\omega)$ ,  $Y_1(\omega)$ ,  $Y_2(\omega)$ ,  $H_1(\omega)$  and  $H_2(\omega)$  are the Fourier transforms of  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$ ,  $b_1(t)$  and  $b_2(t)$ , respectively.

We now solve Eq. (A3) and (A4) for  $X_1(\omega)$  and  $X_2(\omega)$ , and  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$  are then obtained by taking their inverse Fourier transforms:

$$x_1(t) = [y_1(t) * b_1(t) - y_2(t) * b_2(t)] * a(t), \quad (A5)$$

$$x_2(t) = [y_2(t) * b_1(t) - y_1(t) * b_2(t)] * a(t), \quad (A6)$$

where  $a(t)$  is the inverse Fourier transforms of

$$\frac{1}{H_1^2(\omega) - H_2^2(\omega)}.$$

The method for simulating  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$  follows directly from Eqs. (A5) and (A6) provided  $a(t)$  is a realizable impulse response.



## REFERENCES

1. H. P. Seraphim, „Über die Wahrnehmbarkeit mehrerer Rückwürfe von Sprachschall“, *Acustica* 11, 80 (1961).
2. M. R. Schroeder, „Die statistischen Parameter der Frequenzkurven von großen Räumen“, *Acustica* 4, 594 (1954).
3. M. R. Schroeder and K. H. Kuttruff, “On Frequency Response Curves in Rooms”, *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 76 (1962).
4. E. Meyer and W. Burgdorf, „Über die Zeitabhängigkeit der Schallrichtungsverteilung in Räumen bei impulsartiger Anregung“, *Akustische Beihefte*, Heft 1, 313 (1957).
5. L. Cremer, „Welcher Aufwand an Information ist erforderlich, um einen Raum akustisch zu charakterisieren?“, *Proceedings of the Third International Congress on Acoustics* (Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1961) p. 831.
6. M. R. Schroeder, “Improved quasi-stereophony and ‘colorless’ artificial reverberation”, *J. Acous. Soc. Am.*, 33, 1061 (1961).
7. H. Kuttruff, „Künstlicher Nachhall“, *Frequenz*, 16, 91 (1961).
8. J. L. Kelly, Jr., Carol C. Lochbaum, and V. A. Vyssotsky, “A block diagram compiler” *Bell Syst. Tech. J.*, 40, 669 (1961).

# Modellversuche zur Ermittlung der Hörsamkeit von Räumen

von

E. KRAUTH und R. BÜCKLEIN

**Einleitung:** Raumakustische Aufgaben werden vielfach mit den Methoden der statistischen oder geometrischen Raumakustik bearbeitet. Beide Verfahren sind nur Näherungslösungen, da die Voraussetzungen einer gleichmäßigen Schallverteilung, wie in einem „Sabineschen Raum“ oder einer gradlinigen Ausbreitung des Schalles ohne Beugungserscheinungen, in Wirklichkeit keineswegs zutreffen. Man hat daher versucht, durch Modelle weitere Aufschlüsse über die raumakustischen Verhältnisse zu erhalten.

Es gibt Modelle, mit denen man nur in einer Schnittebene die Wellenausbreitung verfolgen kann (Methode der Wasserwellen und Schlierenphotographie). Ferner sind optische Modelle gebaut worden, mit denen man zwar dreidimensionale Reflexionen erhält, aber man kann damit nur die Intensitätsverteilung im eingeschwungenen Zustand und bei kürzesten Wellen studieren. Schließlich sind auch dreidimensionale Modelle mit Schall untersucht worden. Man kann dabei bis zu gewissem Grade Einschwingvorgänge, wenigstens qualitativ, z. B. als Knallreflektogramme, oszillographisch erhalten. Diese Modelle haben aber nur eine geometrische, keine akustische Ähnlichkeit.

Das von Spandöck zuerst angegebene „klanggetreue“ Modellverfahren, von dem hier die Rede sein soll, hat geometrische *und* akustische Ähnlichkeit mit der Hauptausführung. Man kann daher mit ihm die Akustik eines Raumes hörbar machen, noch bevor er gebaut ist. So wurde z. B. bereits früher die hörbare Nachhallzeitänderung (Bild 1), der Unterschied des raumakustischen Eindruckes zwischen zwei Plätzen im gleichen Raum (Bild 2) und der wahrnehmbare Diffusitätsunterschied (Bild 3) ermittelt. Aufnahmen der beiliegenden Schallplatte zeigen den Einfluß der Lufttrocknung, der Nachhallzeitänderung, der Sitzplatzänderung und der Diffusitätsänderung. Schließlich wurde auch die bis auf eine nicht mehr wahrnehmbare Unterschiedsschwelle erreichte Ähnlichkeitstreue eines nachgebauten Modells durch Vergleich mit der Akustik des Originalraumes gemessen (Bild 4).

Inzwischen sind unsere Apparaturen und die entsprechende Untersuchungstechnik so weit vervollkommen worden, daß wir glauben, die Modellmethode jetzt fester in den Griff bekommen zu haben. Wir wollen nun im folgenden einige weitere Bilder zeigen und auf der mitgelieferten Schallplatte einige Tests vorführen, die zeigen sollen, was das Modellverfahren bei dem jetzigen Stand dieser Technik leistet.

**Methode:** Auf Bild 5 sieht man schematisch das Verfahren dargestellt. Die Zeitraffung und -dehnung der Frequenzen geschieht dadurch, daß auf ein Magnettonband bei normaler Bandgeschwindigkeit der Testschall aufgesprochen und dann bei einer um den Modellmaßstab vergrößerten Bandgeschwindigkeit in das Modell eingestrahlt wird. Dadurch wird die Wellenlänge im Modellmaßstab verkürzt und im Modell ein akustisch ähnliches Schallfeld erzeugt, wenn man außer der geometrischen Ähnlichkeit auch für entsprechende Luft- und Wandschallabsorptionen sorgt. Zeichnet man aus dem Modell den Raumschall wieder auf eine zweite Spur des schnellaufenden Magnetbandes auf und hört es bei Langsamlauf ab, so klingen Sprache und Musik wieder normal, aber über den Modellraum entsprechend verhält.

In Bild 6 rechts sieht man die Anlage, mit der man durch Silicagel die Luft — in einer halben Stunde auf 2 % relative Feuchtigkeit — trocknen kann, wodurch sie für das Ultraschallgebiet die notwendige geringe Absorption erhält.

In Bild 7 sieht man den Hallraum aus 5 mm dickem, auch den Ultraschall gut reflektierendem Spiegelglas, in dem wir empirisch die Wandmaterialien für die Modelle auf die der Hauptausführung äquivalenten Absorptionsgrade abgleichen. Sie werden gerade für die gebräuchlichsten Baustoffe in einem Katalog zusammengestellt.

Bild 8 zeigt verschiedene Modellmikrophone bis 100 kHz mit der Richtwirkung des Ohres und auch solche mit geringerer Richtwirkung, die wir sowohl in stereophoner wie monophoner Ausführung benutzen.

Im selben Bild sieht man auch die Modell-Schallquellen. Die Lautsprecher sind im Tieftonteil dynamisch und im Ultraschallgebiet elektrostatisch, nach dem Sell'schen Prinzip mit kugelförmiger Richtwirkung, z. B. für Diffusitätsmessungen oder mit einer Richtwirkung, wie ihn der Mund hat, gebaut. Schließlich verwenden wir auch häufig für Reflektogramme und Deutlichkeitsmessungen einen elektrischen Funkenknallgeber.

Die Eichung dieser Luft-Ultraschall-Wandler wurde nach der Reziprozitätsmethode in einem für Ultraschall reflexionsfreien Raum vorgenommen, den das nächste Bild 9 zeigt.

Bild 10 gibt die Magnetband-Apparatur mit ihren zweikanaligen Verstärkern bis 100 kHz wieder. Diese Ausführung hat ein 35 mm perforiertes Magnetfilmband mit 4 Spuren, das auf einem Schleifenteller liegt. Das Laufwerk ermöglicht mit den Bandgeschwindigkeiten von 19 und 190 cm pro Sekunde einen Maßstab von 1 : 10 herzustellen.

**Hilfsapparate:** Um die raumakustischen Effekte objektiv zu messen, haben wir uns zunächst einen Pegelschreiber für Nachhallmessungen und einen Siemens-Oszillominktintenschreiber, mit dem man ohne photographische Entwicklung Oszillogramme herstellen kann, beschafft. Da beide Geräte nicht ohne weiteres bei den kurzen Zeitverläufen und den Ultra-



schallfrequenzen des Modellschalles gut funktionieren, wird auch für diese Messungen der Ultraschall des Modelles mit Hilfe eines Magnetbandes — zum Teil sogar zweimal — herabtransponiert.

Bild 11 zeigt einen Diffusitätsmesser, der ferngesteuert im abgedichteten Modell verwendet werden kann: Ein Parabolspiegel dreht sich um die horizontale und zugleich auch um die vertikale Achse kontinuierlich neunmal herum und hat dann die ganze Halbkugel nach Höhe und Seite spiralförmig abgetastet. Die Auswertung wird mit Hilfe eines Pegelschreibers vorgenommen.

Schließlich haben wir auch einen Deutlichkeitsmesser gebaut. Es werden mit Hilfe eines Fluxmeters der AEG die Energieanteile vor und nach 50 Millisekunden integriert.

**Zweck und Auswertung des Verfahrens:** Mit dem Modellverfahren kann man Schallfeldfragen aller Art objektiv lösen, deren Berechnung mathematisch zu kompliziert ist. Die akustisch ähnliche Schallfeldnachbildung wirkt wie ein Analogrechner für die Wellengleichung mit den jeweiligen Randbedingungen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Schallfelder in Räumen oder auch im Freien, z. B. von lärmenden Objekten erzeugt werden. Die Größe des Schallfeldes in einem bestimmten Raum zu kennen, genügt indessen häufig noch nicht. Letztenendes entscheidet doch immer das Ohr über den Höreindruck!

Bei unserem Modellverfahren kann man aber auch durch die kopfbezügliche Stereophonie die subjektiven Größen, z. B. der Lärmempfindung im Schallfeld oder den Grad der Hörsamkeit ermitteln. Um diese subjektiven Beurteilungen einer größeren Anzahl von Personen auch objektiv zugänglich zu machen, haben wir Statistiken aus den Urteilen eines Meßtrupps von 5 Sehenden und 5 Blinden — die räumlich besser hören — gebildet. Dabei wurde das schlechte akustische Erinnerungsvermögen durch unmittelbare Umschaltung zwischen zwei akustischen Zuständen — wie auf beiliegender Schallplatte gezeigt — weitestgehend ausgeschaltet. Eine unserer Aufgaben ist es, Korrelationen zwischen den subjektiven Höreindrücken und den objektiven Meßgrößen, wie Nachhall, Diffusität und Deutlichkeit aufzustellen. Im folgenden möchten wir Ihnen nun einige Lösungen von akustischen Fragen in geschlossenen Räumen im Bild erläutern und durch Tonaufnahmen ergänzen, die wir mit unseren Modellen gewonnen haben.

### Meßergebnisse:

#### 1) Flatterecho

Als ein Beispiel einer Mehrfach-Wandreflexion möchten wir Ihnen zunächst ein Flatterecho aus einem Modell vorführen. Bild 12 zeigt den Raum, in dem die Echos aufgenommen wurden: eine bis auf zwei Wände gedämpfte Blechkiste. Eine der beiden Wände ist eine neigbare Glasplatte.

Bei einem Maßstab von 1 : 10 entspricht das einem Zimmer von 4,50 m  $\times$  3 m  $\times$  2,50 m.

Bild 13 zeigt die entsprechenden Oszillogramme, die mit dem erwähnten Tintenschreiber bei verschiedener Wandneigung gewonnen wurden. Man sieht, daß immerhin bei 10 bis 15° noch ein gewisser flatterechoartiger Charakter des allerdings stark verkürzten Nachhalls wahrzunehmen ist. Dies deckt sich auch mit dem akustischen Eindruck (Schallplatte),

#### 2) Messung der Deutlichkeitserhöhung durch Schallspiegel

Das bei den folgenden Messungen verwendete Modell zeigt Bild 6. Statt der Publikumsbesetzung sind Einsätze von Eierkartons eingebracht worden, da diese eine zur Hauptausführung äquivalente Schallabsorption aufweisen. Zunächst haben wir den Einfluß eines optisch eingerichteten Spiegels untersucht. Der Nachhall betrug bei all diesen Messungen etwa 3 bzw. 10 Sekunden. Die Hauptausführung würde ein Volumen von 7000 m<sup>3</sup> haben.

Bei diesen Messungen waren verschieden große Spiegel entweder über dem Schallsender oder über dem Mikrophon so angeordnet, daß der vom Sender kommende Schall auf das Mikrophon reflektiert wurde.

Bild 14 zeigt den Einfluß der Größe eines einzelnen Spiegels auf die Deutlichkeit. Man sieht, daß die Vergrößerung eines Spiegels über die Dimensionen von 1 m  $\times$  1,5 m hinaus keinen Einfluß mehr auf die Deutlichkeit an einem bestimmten Platz hat, unabhängig vom Nachhall. Auch die subjektive Empfindung — mit Sprache gemessen — stimmt damit überein. Die Deutlichkeit wurde dadurch variiert, daß das Mikrophon durch Spiegel noch mehr oder weniger reflektierte Schallanteile erhielt. Die Schallplatte macht diese Einflüsse hörbar. Es war jedoch ein Unterschied festzustellen, ob die Spiegel ins Publikum oder in den freien Gang zwischen dem Publikum reflektieren. Im ersten Falle wird nämlich der direkte Schall durch den „Békésy-Effekt“ geschwächt und die Wirkung des vom Spiegel reflektierten Schalles erscheint größer.

#### 3) Békésy-Effekt

Wir haben daher auch den Einfluß einer Erhöhung der Schallquelle und des Mikrophons untersucht (Hörbeispiele auf beiliegender Schallplatte).

Man hört, in welchem Maß die Sprache lauter und deutlicher wird, wenn Mikrophon und Lautsprecher 50 cm über dem Publikum stehen, gegenüber der Anordnung, bei der sich Sender und Empfänger in der Ebene des Publikums befinden.

#### 4) Aufhängung von Schallreflektoren

Wir haben ferner untersucht, welche raumakustische Verbesserung Schallspiegel bringen, wenn sie an verschiedenen Stellen des Raumes angebracht werden. Man stellt fest, daß der gleiche Spiegel in Redner- oder Sendernähe die Deutlichkeit stärker erhöht, als wenn er in der Mitte zwischen beiden aufgehängt ist (Bild 15). Das liegt daran, daß im ersten Falle der Spiegel in Bezug auf die Fresnelschen Zonen eine größere Ausdehnung hat



als im zweiten Fall. Mit anderen Worten, die Unterschiedsdifferenz zwischen Spiegel-Mittenstrahl und Spiegel-Randstrahl ist in der Nähe von Sender oder Empfänger größer als von einem gleich großen Spiegel in der Mitte zwischen beiden.

#### 5) Durchzug

Zum Schluß hört man auf der Schallplatte eine Aufnahme, bei der das Mikrophon durch unser ganzes Modell — d. h. über eine Länge von 30 m im Original — gezogen wurde. Dabei durchfährt das Mikrophon einen Raumpunkt, in dem durch Anbringen von Schallreflektoren die Deutlichkeit größer, die Diffusität kleiner wird. (Bild 16). Man merkt, daß bei den Worten „Der Löwe Alois“, bei denen das Mikrophon durch den Brennpunkt kommt, eine starke Deutlichkeitserhöhung eintritt, ebenso bei den entsprechenden Stellen der Musikaufnahme. Bei Sprache wirkt sich die Deutlichkeitserhöhung durch die größere Prägnanz günstig aus. Bei Musik kann die Schärfe vielleicht manchen etwas stören, jedoch ist das wohl schon eine Geschmacksfrage.

Mit Verringerung des Abstandes von der Schallquelle hört man außerdem, daß die Deutlichkeit durch den größeren Anteil des direkten Schalles zunimmt und daß am Ende des Durchzugs der Schall stärker von links zu kommen scheint (nur bei stereophoner Wiedergabe!), da das Mikrophon sich dann der links stehenden Schallquelle nähert.

Die Aufnahmen sind mit kopfbezoglicher Stereophonie hergestellt. Man kann sie daher richtig nur mit einem hochwertigen dynamischen Kopfhörer beurteilen. Bei Lautsprecherwiedergabe bewirkt die eigene Akustik des Abhörraumes, daß man nicht, wie bei Kopfhörerwiedergabe, den Eindruck hat, sich selbst im Originalraum zu befinden.

#### Schluß :

Wir haben hier nur einige Beispiele gebracht, um zu zeigen, was die Modellmethode nach Spandöck bis jetzt leistet. Man kann sie anwenden, um die Sicherheit bei der Projektierung neuer Räume zu erhöhen. Der beratende Raumakustiker wird dann die letzte Nacht vor der Eröffnung des Saales besser schlafen können, da er die Akustik aus dem Modell schon einmal gehört hat.

Man kann aber auch grundsätzliche Untersuchungen mit ihr anstellen. Im letzteren Falle sind zwar häufig die Einflüsse an sich qualitativ bereits bekannt. Die Modellmethode ermöglicht aber durch schnelle und billige Bauveränderung (Variation der Konstanten), Kurvenscharen mit Parametern zu gewinnen, aus denen man dann nicht nur den qualitativen Effekt, sondern auch die quantitative Größe des Einflusses einzelner Maßnahmen ablesen kann. In vielen Fällen konnte bisher der Raumakustiker vor Fertigstellung des Raumes nicht exakt sagen, wie stark eine vielleicht recht aufwendige Anordnung in einem besonderen Einzelfall tatsächlich akustisch



wirksam werden würde. Gefühl und raumakustische Erfahrung mußten mehr oder weniger gut diese Kenntnisse ersetzen.

### Legende zur Schallplatte mit raumakustischen Modellaufnahmen

Die beiliegende Schallplatte soll die Leistungsfähigkeit des hier beschriebenen subjektiven Modellverfahrens demonstrieren. Die Aufnahmen wurden nach der Methode der kopfbezüglichen Stereophonie hergestellt. Deshalb sind die raumakustischen Effekte nur beim Abhören mit dynamischen stereophonen Kopfhörern richtig zu erkennen.

#### Seite 1

1. Testschall aus einem reflexionsarmen Raum (Sprache und Musik)
  - a) aufgenommen bei der Bandgeschwindigkeit 19 cm/sec, Frequenzbereich 50 — 10 000 Hz
  - b) Wiedergabe im Modell bei der Bandgeschwindigkeit 190 cm/sec, Frequenzbereich 500 — 100 000 Hz
2. Modellaufnahmen mit verschiedener Halligkeit
  - a) reflexionsarmer Modellraum, Nachhallzeit  $T = 0$  sec  
Diese Aufnahme läßt die Qualität der Modellaufnahmen erkennen
  - b) Modellraum mit Schluckmaterial als Publikum,  $T = 3$  sec
  - c) Modellraum leer,  $T = 10$  sec
3. Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit auf die im Modell gewonnenen Aufnahmen,  $T = 3$  sec
  - a) Modellaufnahme bei normaler Luftfeuchtigkeit (60 ‰)
  - b) Modellaufnahme bei getrockneter Luft (1 ‰)
4. Vergleich zweier Modellaufnahmen an verschiedenen Aufnahmeplätzen
  - a) Mikrophon vorn (5. Reihe)
  - b) Mikrophon hinten (15. Reihe)

#### Seite 2

5. Flatterecho aus einem Modellraum bei verschiedener Neigung einer der reflektierenden Wände  
Neigungswinkel:  $0^\circ$ ,  $1^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  und  $20^\circ$
6. Vergleich zweier Modellaufnahmen verschiedener Diffusität, derselbe Aufnahmeplatz,  $T = 3$  sec, rel. Feuchte = 1 ‰
  - a) Diffusität 55 ‰, Mikrophon im Schallschatten einer Säule
  - b) Diffusität 37 ‰, ohne Säulen
7. Wirkung von Schallreflektoren  
Über Lautsprecher und Mikrophon im Modell war je ein Reflektor aufgehängt. Die Reflektoren waren optische Spiegel mit einer Fläche von  $10 \times 15$  cm<sup>2</sup>.

Derselbe Aufnahmeplatz, T = 3 sec, rel. Feuchte = 1 0/0

a) ohne Reflektoren, Deutlichkeit = 55 0/0

b) mit zwei Reflektoren, Deutlichkeit = 70 0/0

8. Békésy-Effekt im Modellversuch

a) Lautsprecher und Mikrophon sind in Höhe des als Publikumsersatz dienenden Schluckstoffes angeordnet

b) Lautsprecher und Mikrophon ragen im Modell 5 cm (im Original 50 cm) über den Schluckstoff hinaus, d. h. Sprecher und Hörer erheben sich von ihren Plätzen

9. Durchzug eines fahrbaren Mikrophons von der Rückwand zur Bühne des Modells

Das Mikrophon durchfährt dabei einen Punkt, an dem 5 Reflektoren die Deutlichkeit von 37 0/0 auf 52 0/0 erhöhen. Die Nachhallzeit von 3 sec ist auf dem Weg konstant.

---

## Juilliard School of Music

and

The Edward Steuermann Memorial Society, Inc.

present

*an evening in memory of*

EDWARD STEUERMANN

(1892 — 1964)

Thursday evening, November 11, 1965, at 8:30 p.m.  
Juilliard Concert Hall, 130 Claremont Ave., New York City

PROGRAM

*Music by Edward Steuermann*

Three Choirs (1956) \*

Suite for Piano (1954)

"Wohin" by Franz Schubert (1943) \*\* Transcribed for 3 pianos

INTERMISSION

Cantata "Auf der Galerie" (Franz Kafka) (1964) \*\*

Suite for Chamber Orchestra (1964) \*\*

PARTICIPATING ARTISTS:

The Camerata Singers, with members of The Orchestra of America  
Abraham Kaplan, *conductor*

Russell Sherman

Lorin Hollander

Howard Lebow

Jacob Maxim

*Tributes by Irwin Freundlich and Roger Sessions*

Proceeds to be used for the establishment of an Edward Steuermann Memorial Prize at Juilliard School of Music.

\* First performance in the United States

\*\* First performance

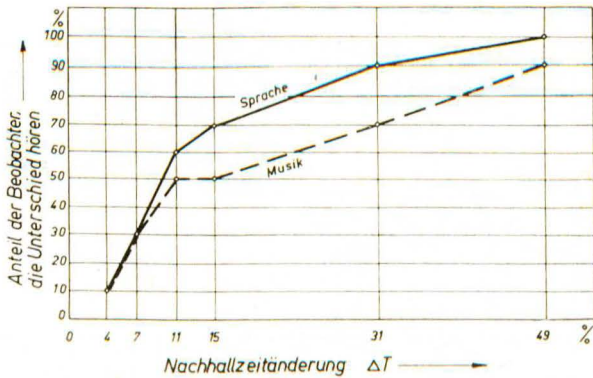


Bild 1 Bemerkbarkeit der Nachhallzeitänderung  $\Delta T$  beim Vergleich von je zwei Testaufnahmen. Es wurden jeweils eine Aufnahme mit  $T_{H} = 1,5$  sec verglichen mit einer solchen mit größerer Nachhallzeit. Als Testschall diente männliche Sprache und Kammermusik (Mozart).

Fig. 1 The ordinate shows the increase in reverberation time,  $\Delta T$ , relative to a time equivalent to 1.5 sec. in the main project, and the abscissa shows the percentage of observers who notice the difference. The full line was made with a male speaking voice and the dashed line with chamber music by Mozart.

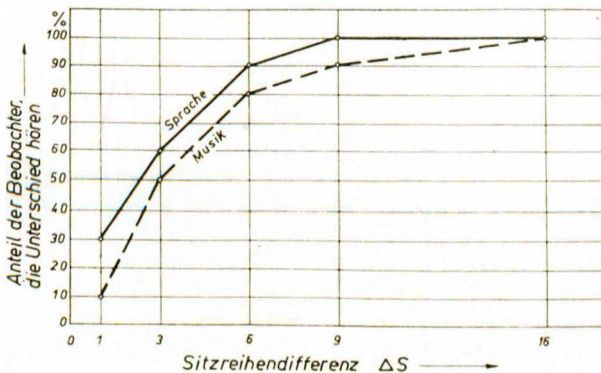


Bild 2 Wahrnehmbarkeit von Sitzreihenänderungen  $\Delta S$  im besetzten Modellsaal. Verglichen wurden jeweils eine Aufnahme aus der 18. Sitzreihe mit einer aus der vorderen Reihe.

Fig. 2 The recording this figure is based on was made in the 18th row of seats, and the ordinate shows the number of rows to the front of the 18th row where the comparison recording was made. The abscissa again shows the percentage of listeners who notice the difference.



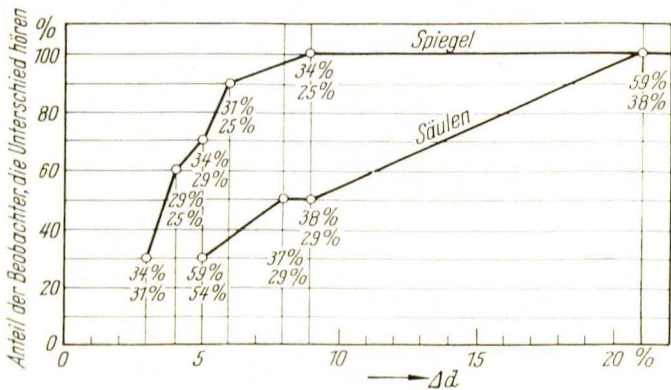


Bild 3 Erkennbarkeit von Diffusitätsänderungen  $\Delta d$ . Dabei wurden je zwei Testsätze verschiedener Diffusität verglichen, deren Wert im Bild für jeden Meßpunkt eingetragen sind. Die Differenz dieser Werte ist auf der Ordinate aufgetragen.

Fig. 3 The ordinate shows the difference in diffusivity between two test sentences whose absolute diffusivities are entered at each point of the graph.

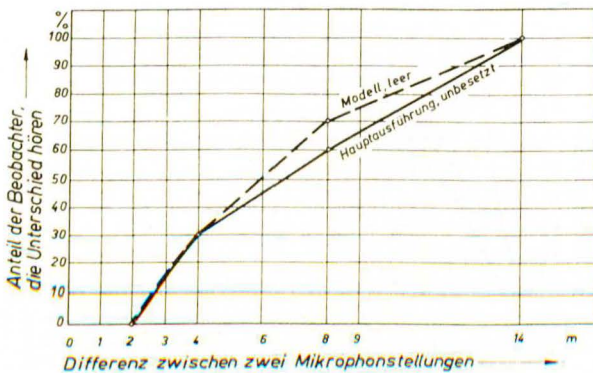


Bild 4 Vergleich der Hörbarkeit von sich entsprechenden Änderungen der Mikrophoneinstellungen in der unbesetzten Hauptausführung und ihrem leeren Modell. Als Testschall diente männliche Sprache.

Fig. 4 The full line shows measurements made in the hall when it had actually been built, and the dashed line shows equivalent results obtained on the model, of the proportion of observers noticing the difference in microphone position, shown along the ordinate in metres to the main scale.

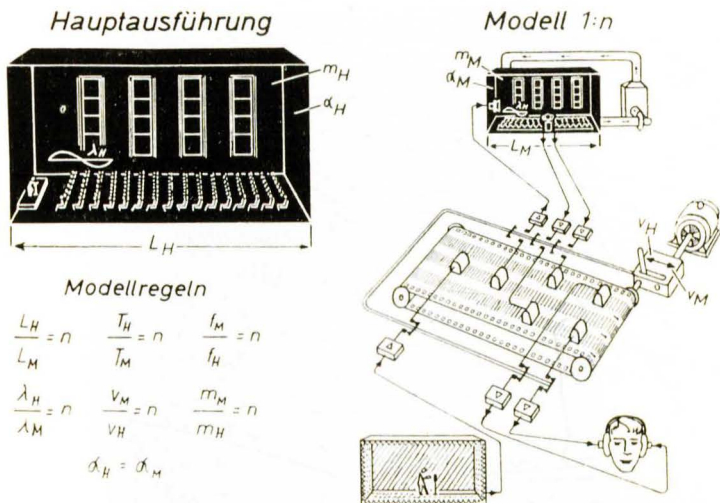


Bild 5 Prinzipielle Darstellung des raumakustischen Modellverfahrens nach F. Spandöck.

Fig. 5 Schematic diagram of F. Spandöck's acoustic model method: the suffix *H* refers to the main project ("Hauptausführung") and the suffix *M* to the model. The model rules are summarised on the bottom left.

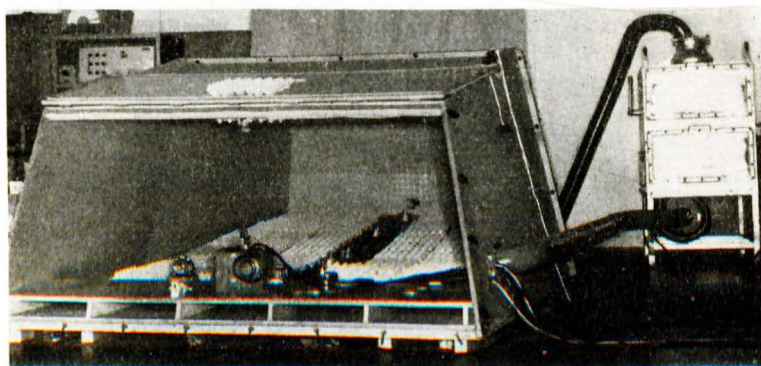


Bild 6 Modell eines Konzertsalles, in dem die beigefügten Tonaufnahmen gemacht wurden. Rechts im Bild ist die Trockenapparatur zu erkennen, ein mit 50 kg Silikagel gefüllter Behälter, durch den die Luft in ständigem Kreislauf gepumpt wird.

Fig. 6 This is the concert hall model in which the recordings accompanying this article were made, showing the air drying equipment, consisting of a chamber containing a hundredweight of silica gel through which the air is continuously circulated.

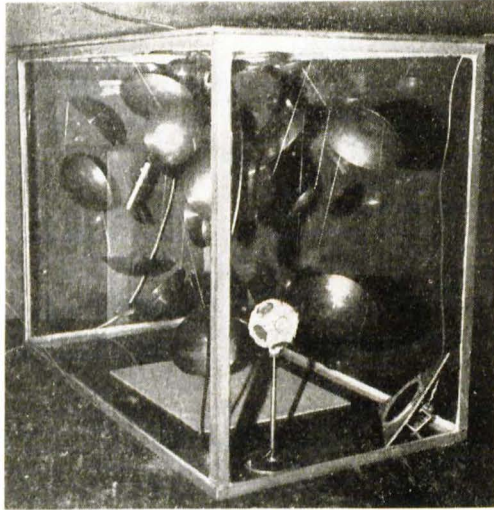


Bild 7 Modell-Hallraum aus Glas mit dynamischem Lautsprecher und elektrostatischem Kugelstrahler im Vordergrund, der zu messenden Probe auf dem Boden sowie mit Mikrophon und Diffusoren im Raum.

Fig. 7 Model reverberation chamber of glass with a dynamic and an omnidirectional electrostatic loudspeaker in the foreground, microphone in the background, and diffusers. The piece of material to be tested is lying on the floor of the chamber.

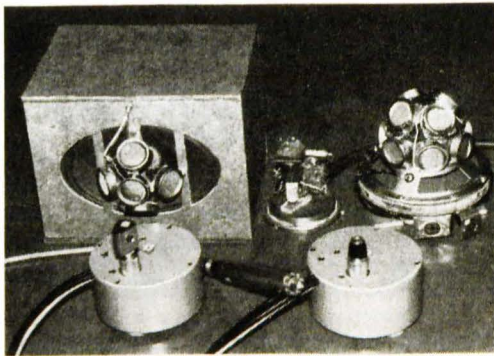


Bild 8 Modell-Lautsprecher und Funkenknallgeber im Hintergrund sowie Modell-Mikrophone, stereophon und monophon, im Vordergrund.

Fig. 8 Front row: binaural (left) and two monaural model microphones. Back row, l. to r.: mouth-response model speaker, spark discharge device, omnidirectional speaker.



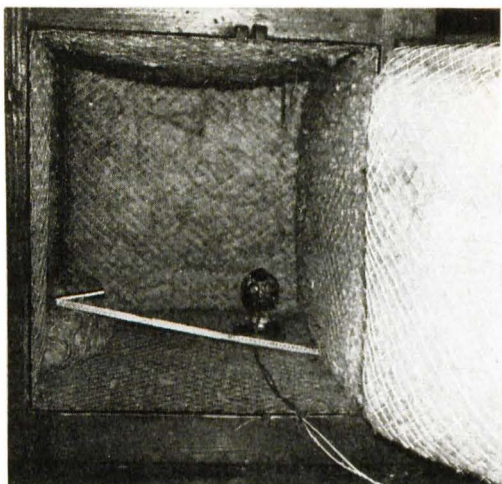


Bild 9 Reflexionsarmer Modellraum mit Kugellautsprecher und Mikrophon.

Fig. 9 Anechoic model chamber with omnidirectional loudspeaker and microphone.

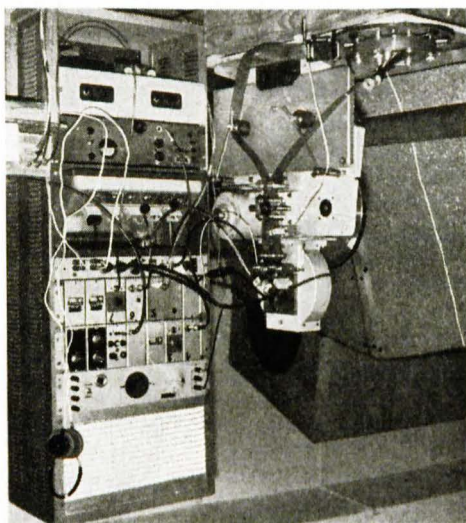


Bild 10 Laufwerk mit Schleifenteller für 35 mm breites Tonband und zugehöriges Verstärkergestell.

Fig. 10 Two-speed tape recorder for loop of 35-mm perforated tape, with its amplifier rack.

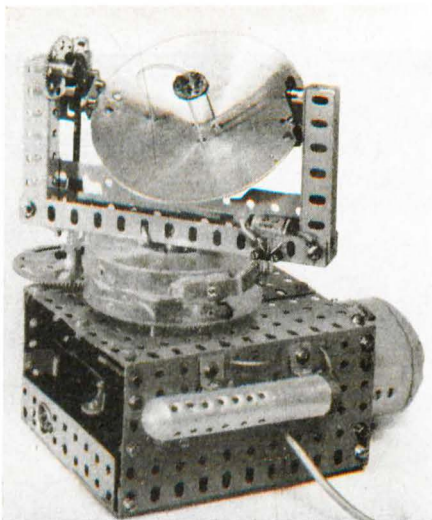


Bild 11 Modell-Diffusitätsmesser mit Parabolspiegel für 30 kHz, entsprechend 3 kHz in der Hauptausführung. Der Aluminiumspiegel hat einen Durchmesser von 11 cm.

Fig. 11 Model diffusivity meter for 30 Kc, equivalent to 3000 c/s on the main scale. The parabolic reflector is of aluminium and has a diameter of  $4\frac{1}{2}$  inches.

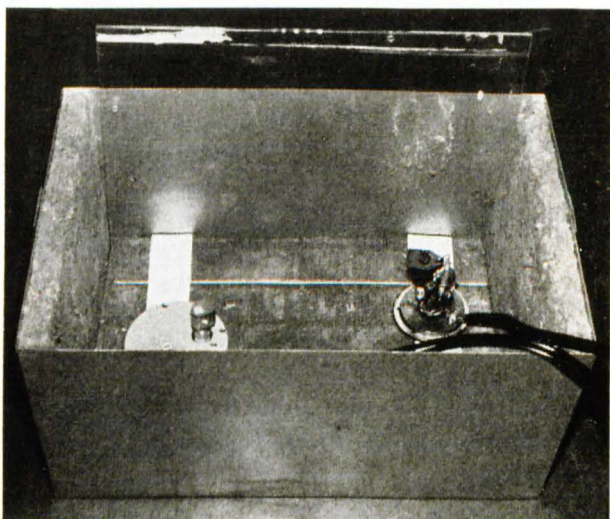


Bild 12 Modell eines Flutterecho-raumes mit einer Glasplatte als reflektierende und in verschiedenen Schrägstellungen einstellbare Wand. Im Modell ist auch der Funkenknallgeber und ein Mikrophon zu sehen.

Fig. 12 Model flutter echo chamber with a reflecting plate-glass wall that can be tilted. The spark discharge device and a binaural microphone can also be seen in the model.

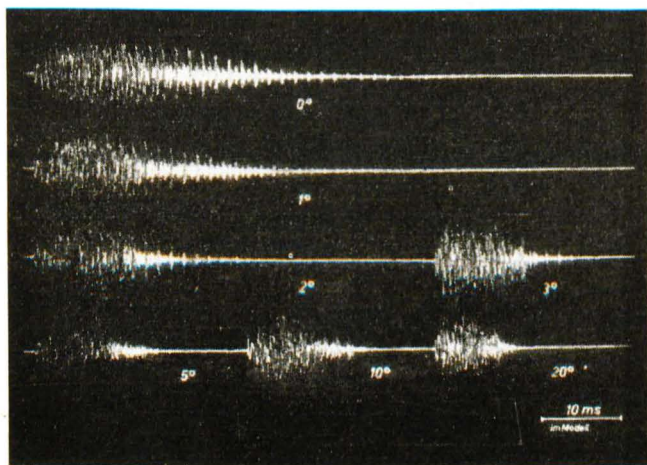


Bild 13 Flatterecho-Oszillogramme aus dem Modell nach Bild 11 bei verschiedener Schrägstellung der Glaswand.  $0^\circ$  bedeutet: die Glaswand steht parallel zu der gegenüberliegenden Wand.

Fig. 13 Flutter echo oscillogramms showing the effect of tilting the glass wall of the previous figure off the vertical.



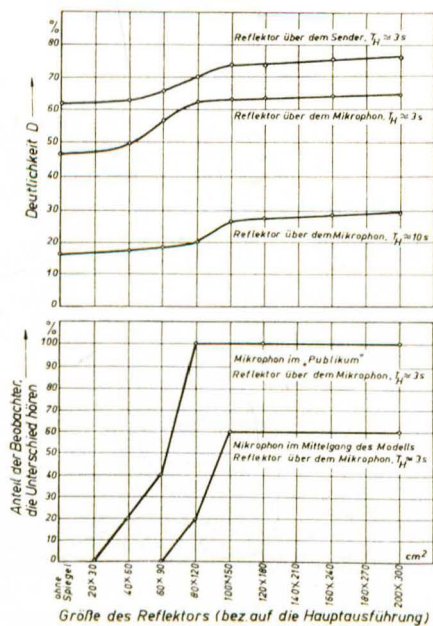


Bild 14 Erhöhung der Deutlichkeit durch verschieden große Schall-Reflektoren, objektiv (oben) und subjektiv (unten) gemessen.

Fig. 14 Effect of reflectors on the distinctness: reflector size (in main scale centimetres) is entered along the ordinate while the abscissa of the top graphs shows the objective distinctness  $D$  as measured and the bottom abscissa the subjective distinctness in terms of the percentage of listeners who notice the difference. The five curves, starting from the top, are as follows:

1. Reflector above the speaker, main scale reverberation time approx. 3 sec.
2. Reflector above the microphone, main scale reverberation time approx. 3 sec.
3. Reflector above the microphone, main scale reverberation time approx. 10 sec.
4. Microphone in the "audience", reflector above microphone, main scale reverberation time approx. 3 sec.
5. Microphone in the centre aisle of the model, reflector above microphone, main scale reverberation time approx. 3 sec.

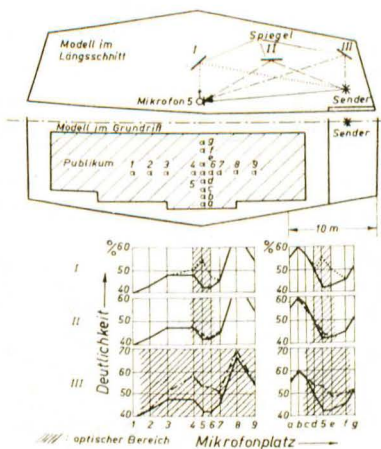


Bild 15 Erhöhung der Deutlichkeit auf verschiedenen Plätzen durch Schallreflektoren bei Aufhängung über dem Empfänger (I), zwischen Sender und Empfänger (II) sowie über dem Sender (III).

Fig. 15 *Above:* Model in longitudinal section showing loudspeaker, microphone, and reflector in three positions. *Centre:* Plan view of microphone positions. *Below:* Distinctness without (full lines) and with (various dotted lines) reflectors as function of microphone position. The optical area covered by the reflector is shown hatched.

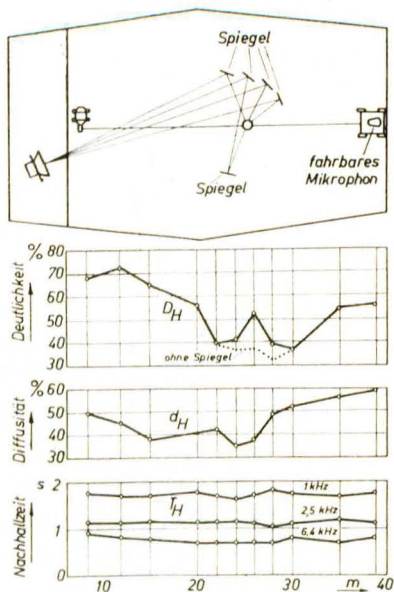


Bild 16 Durchzug des Mikrophons durch das Modell mit dem Verlauf der Deutlichkeit, der Diffusität und der Nachhallzeit längs des Weges.

Fig. 16 Passage of microphone through the model, also showing the point at which five reflectors are focussed. The curves show, as functions of the microphone positions and always based on the main scale, the distinctness (dotted line: in the absence of reflectors), diffusivity, and reverberation time at 1, 2.5 and 6.4 Kc.



# Model Tests of Architectural Acoustics

by

E. KRAUTH and R. BÜCKLEIN

## Introduction

Problems of architectural acoustics are frequently solved by the methods of statistical or geometric acoustics, both of which are only approximate as the assumptions they are based on (such as completely diffuse sound, or sound-propagation in a straight line without any bending) by no means apply in practice. Therefore, models have been used in an attempt to elucidate problems of acoustics further.

Some models are such that wave propagation can be followed in one plane only (hydraulic wave method etc.). Some optical models permit three-dimensional reflections, but the results to be obtained that way are confined to the distribution of intensity of static states, and only if ultra-short waves, are used. There have also been some investigations of three-dimensional models with sound waves, permitting the oscillographic study of transients, at least qualitatively, e.g. as reflectograms of banging sounds, but these models have only a geometric and no acoustic similarity to the main project they represent.

The "high-fidelity" model method to be discussed here was first devised by Spandöck and gives not only a geometric but also an acoustic picture that is faithful to the main project. This means that the acoustics of a hall or studio can be made audible before it is built. As an example, the audible change in reverberation time (fig. 1), the difference in the acoustics as heard from two positions in the same hall (fig. 2) and the audible difference in diffusivity (fig. 3) were ascertained on a previous occasion. The record illustrating this article opens with examples showing the influence of moisture in the air and of the changes in reverberation time, position and diffusivity. Finally, the difference in the impression conveyed by the finished hall and the model was measured and found to be below the threshold of perception (fig. 4).

Meanwhile, our equipment and technique have been perfected to a stage where we believe to have the model method under better control. The figures and descriptions below and the record show some more recent results obtained by this method illustrating its present possibilities.

## Method

Fig. 5 shows the method schematically: the test sound is recorded on tape and relayed over a loudspeaker to the model but so as to reduce the wavelength to the dimensions of the model; this is achieved by multiplying the

tape speed by the model scale. This sound is picked up in the model by a suitably dimensioned binaural microphone and recorded on two other tracks at the same speed, after which it can be played back at normal speed and heard binaurally as if it were the test sound heard in the real building. Of course this means that the model must be not only geometrically similar to the main project but must have the appropriate wall and air absorption factors.

Fig. 6 shows the apparatus used to dry the air down to 2% relative humidity in half an hour by passing it through silica gel, so that it will have the low absorption essential for ultrasonics.

Fig. 7 shows the model reverberation chamber made of  $\frac{3}{16}$ " plate glass, which reflects even ultrasonic sound well. In this chamber, the materials used to build the model are empirically provided with the absorption coefficients appropriate for the model. A catalogue of equivalent absorption coefficients of the most widely used materials is in the course of preparation.

Fig. 8 shows the model loudspeakers and microphones ranging to 100 Kc. The directional response of some of the microphones is approximately that of the ear, while it is less pronounced in others. They are used both binaurally and monaurally. The speakers are dynamic in the bass and electrostatic in the ultrasonic range. They follow Sell's principle with omnidirectional radiation (for diffusivity measurements for example) or with the directional radiation of the mouth. Reflectograms and measurements of distinctness are frequently made using a bang produced by an electric sparking device. These ultrasonic air transducers were calibrated by the reciprocal method in the ultrasonically anechoic room shown in fig. 9.

Fig. 10 shows the tape recorder used. Its two-channel amplifiers range to 100 Kc, and the recorder uses 35-mm perforated tape spliced into a loop. The four channels on this tape can be recorded and played back at 20 and 200 cm/s (8 and 80 ips.) for a model scale of 1 : 10.

### Auxiliary Equipment

The acoustics are objectively measured by a level recorder measuring the reverberation and an ink-writing oscillograph (Siemens Oscillomink) producing oscillograms without the need for photographic development. As these pieces of apparatus are designed primarily for the audio range, the sound they measure is also transposed down, in some cases even twice.

Fig. 11 shows a diffusivity meter operated by remote control inside the model itself. A parabolic mirror with a microphone mounted at the focus continuously revolves nine times about the vertical axis, while its inclination is raised from horizontal to vertical. By this means, the sound in the whole hemisphere above the device is helically tracked, and the resulting sound distribution is recorded on a level recorder.

We have also built an automatic distinctness meter: with the aid of an AEG flux meter, the microphone currents before and after 50 milliseconds are integrated.

### Purpose and Use of the Method

The model method can be used to solve any sound field problems that are too complicated for mathematical solution. The acoustically similar model of the sound field acts as an analogue computer of the wave equation with the boundary conditions obtaining. This is quite independent of the question whether the sound fields are produced in rooms or in the open, as might be the case for noisy objects. However, it is frequently not sufficient for us to know the sound field magnitudes at any particular point: the final instance must always be the impression gained by the ear, and this can also be provided by the model method. The subjective magnitudes such as noise impression in the sound field, or clarity, are gained by head stereophony. For this purpose, a measuring team has been formed, consisting of 10 persons, 5 of whom are blind and are therefore more sensitive to acoustic impressions, and the results provided by this team have been recorded statistically. As most people's acoustic memory is poor, this was compensated by presenting the test subjects with two different acoustic states alternately, as demonstrated on the record.

One of the problems we have set ourselves is to establish some correlation between the subjective aural impression and the objective magnitudes such as reverberation, diffusivity and distinctness.

Let us now turn to some actual examples of problems of architectural acoustics that we have solved. The pictures shown will be complemented by recordings made in our models.

### Results of Measurements

#### 1. Flutter Echo

As an example of multiple wall reflection, a flutter echo from a model is demonstrated. Fig. 12 shows the room in which these were recorded: it is a rectangular tin all except two of whose walls are damped, one of these consisting of a plate of glass that can be tilted. At the model scale of 1 : 10, this corresponds to a room measuring  $15 \times 10$  feet by 8'4" high. The corresponding oscillograms are shown in fig. 13: they were obtained using the ink-writing oscillograph already mentioned, at various inclinations of the movable wall, and they are completely borne out by the acoustic impression that tilting the wall considerably reduces the reverberation time, but that a certain amount of flutter persists up to a tilt of  $10^\circ$  to  $15^\circ$  off the vertical.

#### 2. Improving Distinctness by Sound Reflectors

The model concert hall used in the following measurements has already been shown in fig. 6. The audience is represented by egg cartons whose



absorption is the approximate model equivalent of a real audience. The main project's volume is about 280,000 cu.ft. The equivalent reverberation was either 3 or 10 seconds in all these measurements.

The reflectors used were mounted above either the speaker or the microphone in such a way as to direct the sound from the speaker at the microphone, and the effect on the distinctness obtained by reflectors of various sizes is shown in fig. 14. It will be seen that there is no point in using reflectors larger than about  $1 \times 1.5$  metres ( $3 \times 5$  feet), and this is independent of the reverberation time. This is quite in agreement with the subjective impression, which was obtained by the use of a speech recording. The distinctness was varied by giving the microphone still more or less reflected sound, and this is audible on the record. It also made a difference whether the reflectors reflected the sound into the audience or the aisle: in the former case, the sound is bent into the audience by the "Békésy effect" so as to make the mirror more effective.

### 3. Békésy Effect

We therefore also examined the effect of raising the loudspeaker and the microphone, the recording clearly shows how the clarity improves if the microphone is raised 2 ft. or the loudspeaker 8 ft. over the audience, as against the original position with microphone, speaker and audience all in the same plane.

### 4. Reflector Position

Fig. 15 shows that the same reflector is more effective when it is close to the loudspeaker or microphone than when it is half way between them. The reason for this is that as regards the Fresnel zones the reflector is larger in the first case than the second; in other words, the difference between the reflector's central and edge rays is greater if the reflector is near the loudspeaker or the microphone than if it is half way between them.

### 5. Passage of the Microphone

The final recording was made while the microphone was passed through the whole length of the model, equivalent to a distance of over 100 ft. of the main project. 5 reflectors focussed the sound at a certain point through which the microphone passes (fig. 16), increasing the distinctness and reducing the diffusivity at that point. On the record you will hear the distinct improvement in the clarity at the words "Der Löwe Alois" recorded by the microphone when passing through this focus, and the music recording has the same effect. In the case of speech, the clarity is an improvement, while it is more a matter of taste (and style) in the case of music — this is just the kind of decision that can be much more easily reached if one has actually heard the various possibilities in the model.

As the microphone approaches the sound source, the clarity improves as there is more direct compared to reflected sound, and towards the end of the microphone's passage the sound seems to come more from the left as the

sound source was not in the middle but on the left of the stage. A correct gained, impressions, only is however, if the record is heard over a pair of high quality dynamic stereo headphones as the recording was made with head stereophony. Also, the use of loudspeakers for playback adds the acoustics of the listening-room to those on the record, and the impression intended, that the listener is actually sitting in the main project represented by the model, will be lost.

## Conclusion

Just a few examples were given to show what Spandöck's acoustic model method is capable of to date. It will give the architect a greater degree of certainty when designing a new hall, and the acoustic consultant will be able to sleep more peacefully on the eve of the opening as he will already have heard the acoustics in the model.

But the model method can also be used for basic acoustic research. Although the qualitative effect gained by certain practical acoustic measures is already well known in many cases, the model method can deliver families of curves due to variations of a certain parameter quickly and cheaply achieved by altering the model in a certain respect, and, in addition, not only the qualitative but also the quantitative effect will be obtained. The acoustic consultant was previously often unable to foretell the extent of the improvement to be expected from a recommendation he had made, which may have been quite expensive to carry out. What has until now been very much a matter of instinct and experience can now be made certainty, thanks to Spandöck's model method.

## Legend to the Record illustrating Model Tests of Architectural Acoustics

The record which is a supplement to this number of the *Gravesano Review* demonstrates the effectiveness of the model method described in the preceding article. As all the recordings were made using a model binaural head microphone, the maximum effect will be obtained only if they are heard over dynamic stereophonic headphones.

### Side 1

1. Test sound from an anechoic room (speech and music)
  - a. recorded at  $7\frac{1}{2}$  ips tape speed,  
frequency range 50 — 10 000 c/s,
  - b. played back in the model at 75 ips tape speed,  
frequency range 500 — 100 000 c/s
2. Model recordings with varying reverberation
  - a. anechoic model room, reverberation time 0 sec  
(this recording gives an impression of the quality of the model recordings)
  - b. model room with absorbent material representing audience, r.t. = 3 sec
  - c. model room, empty, r.t. = 10 sec

3. Effect of relative humidity on the model recordings with r.t. = 3 sec
  - a. recording at normal r.h. of 60 %
  - b. recording in dry air, r.h. = 1 %
4. Comparison of seating position in the model
  - a. microphone near the front, 5th row
  - b. microphone near the back, 15th row

Side 2

5. Flutter echo in a model room with varying inclination of one of the reflecting walls at angles of 0°, 1°, 2°, 3°, 5°, 10° and 20° off vertical
6. Comparison of diffusivity in the model: r.t. = 3 sec, r.h. = 1 %, microphone position constant for both tests
  - a. microphone in the acoustic shadow cast by a column, diffusivity 55 %
  - b. columns absent, diffusivity 37 %
7. Effect of sound reflectors: r.t., r.h., microphone position as above
  - a. without reflectors, distinctness 55 %
  - b. with an optical mirror measuring 4" × 6" suspended over the loudspeaker and another over the microphone, distinctness 70 %
8. Békésy effect in the model test
  - a. loudspeaker and microphone both at the same level as the absorbent material representing the audience
  - b. Loudspeaker and microphone projecting 2" above the absorbent material, equivalent to the speaker and one listener standing 20" over the heads of the audience
9. Passage of a mobile microphone from the rear wall to the stage of the model; along its way it passes a point where the distinctness is raised from 37 % to 52 % by 5 reflectors, the reverberation time remaining constant at 3 seconds throughout.



---

ARNOLD SCHOENBERG

# MOSES UND ARON

*Oper in drei Akten - Text vom Komponisten*

Die englische Premiere fand am 28. Juni 1965 in der Oper von Covent Garden unter der musikalischen Leitung von Georg Solti statt. Die Aufnahme im Publikum war einzigartig. Die englische Presse sprach vom größten Erfolg in der Geschichte von Covent Garden.

Das Werk wurde 1954 in Hamburg unter Hans Rosbaud konzertant, 1957 in Zürich szenisch uraufgeführt. Die Deutsche Oper Berlin, welche die Oper 1959 unter der Leitung und in der Einrichtung von Hermann Scherchen herausbrachte, gastierte mit *Moses und Aron* in Wien, Paris, München und Mailand. In der Einrichtung von Hermann Scherchen und unter seiner Leitung wird die Oper auch im Januar 1966 in Rom in einem Gastspiel der ganzen Deutschen Oper Berlin und im Oktober 1966 in Tokio gespielt werden, jeweils viermal.

Studienpartitur, Ganzleinen flexibel, Bibeldruckpapier, Format 19,2 × 27,5 cm, Edition Schott 4590, DM 66.—

Klavierauszug, Edition Schott 4835, DM 45.—

Textbuch DM 1.50

---

---

ARNOLD SCHOENBERG

# MOSES AND AARON

*Opera in Three Acts - Libretto by the Composer*

The first English performance, conducted by Georg Solti at Covent Garden on 28 June 1965, had a unique reception from the audience, and the English press spoke of the greatest success in the history of Covent Garden.

Hans Rosbaud conducted the first performance in concert form in Hamburg in 1954 and the first stage performance in Zürich in 1957. The German Opera, Berlin, which produced the opera under the musical direction and in the arrangement of Hermann Scherchen in 1959, staged guest performances of *Moses and Aaron* in Vienna, Paris, Munich and Milan and is due to introduce the work to audiences in Rome with four performances in January 1966 and in Tokyo with four more presentations in October 1966.

Study score, printed on Bible tissue and bound in flexible cloth covers,  $7\frac{1}{2}'' \times 10\frac{3}{4}''$ ,  
Edition Schott 4590, DM 66.—

Vocal score, Edition Schott 4835, DM 45.—

Libretto DM 1.50

---

Recently discovered  
early works by

Bisher unveröffentlichte  
frühe Werke von

# ANTON VON WEBER

EIGHT EARLY SONGS (1901-04)  
for voice and piano DM 15.—

Tief von Fern (Dehmel)  
Aufblick (Dehmel)  
Blumengruß (Goethe)  
Bild der Liebe (Greif)  
Sommerabend (Weigand)  
Heiter (Nietzsche)  
Der Tod (Claudius)  
Heimgang in der Frühe (Liliencron)

ACHT FRÜHE LIEDER (1901-04)  
für Gesang und Klavier DM 15.—

THREE POEMS (1899-1903)  
for voice and piano DM 10.—

Vorfrühling (Avenarius) für  
Nachtgebet der Braut (Dehmel)  
Fromm (Falke)

DREI GEDICHTE (1899-1903)  
für Gesang und Klavier DM 10.—

THREE SONGS (1904-08)  
after poems by Ferdinand Avenarius  
for voice and piano DM 10.—

Gefunden  
Gebet  
Freunde

DREI LIEDER (1904-05)  
nach Gedichten von Ferdinand Avenarius  
für Gesang und Klavier DM 10.—

FIVE SONGS (1906-08)  
after poems by Richard Dehmel  
for voice and piano DM 15.—

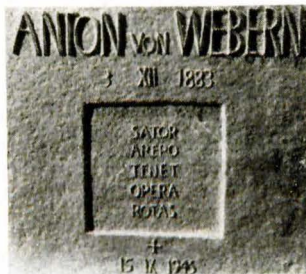
Ideale Landschaft (1906)  
Am Ufer (1908)  
Himmelfahrt (1908)  
Nächtliche Scheu (1907)  
Helle Nacht (1908)

FUNF LIEDER (1906-08)  
nach Gedichten von Richard Dehmel  
für Gesang und Klavier DM 15.—

STRING QUARTET (1905)  
Study score DM 15.—  
Parts DM 22.50

SLOW MOVEMENT (1905)  
for string quartet.  
Study score DM 10.—  
Parts DM 15.—

IN THE SUMMER WIND  
(1904)  
Idyll for large orchestra  
Study score DM 17.50  
Orchestral material on hire



STREICHQUARTETT (1905)  
Taschenpartitur DM 15.—  
Stimmen DM 22,50

LANGSAMER SATZ (1905)  
für Streichquartett.  
Taschenpartitur DM 10.—  
Stimmen DM 15.—

IM SOMMERWIND (1904)  
Idylle für großes Orchester  
Taschenpartitur DM 17,50  
Orchestermaterial leihweise

CARL FISCHER, Inc.  
Music Publishers  
56-62 Cooper Square, New York, N.Y. 10003

For the Federal Republic  
of Germany, Austria and  
Switzerland

Für die Bundesrepublik  
Deutschland, Österreich  
und die Schweiz

BOOSEY & HAWKES GmbH  
53 Bonn, Kronprinzenstrasse 26



# Ungelöste Probleme der Klangübertragung

von

ERMANNIO BRINER-AIMO

## 1. Getreues Klangbild

a) Bei den hohen Streichern bemüht sich der Tonmeister, deren strahlende Helligkeit zu reproduzieren. Selbst in Fällen, in denen diese Absicht nicht übertrieben wird, empfindet der Durchschnittshörer den so wiedergegebenen Geigenklang als scharf, und man muß damit rechnen, daß in den Heimepfängern der Klang durch Tonblende oder Musiktaste „abgerundet“ wird.

In Gegenden, in denen die UKW-Übertragung nach jahrelanger Mittelwellen-Gewohnheit eingeführt wird, bildet dieses subjektive Klangempfinden ein schweres Hindernis für den Übergang des Hörers zum frequenzgangmäßig treueren Übertragungssystem. Dies läßt sich teilweise durch die Gewöhnung an den Klang des eigenen Lautsprechers erklären. Daß aber auch Musiker beim Abhören sich oft im selben negativen Sinne über die Geigen-Wiedergabequalität äußern, bedeutet, daß hier ein Problem besteht.

b) Unbefriedigend bleibt auch die Wiedergabe der tiefen Streicher. Oft sind diese nur undeutliches Brummen und es fehlt die typisch rauhe Tönung der gestrichenen Saite. Ähnliches ist über das tiefe Schlagzeug zu bemerken: Pauken und große Trommel werden zuweilen zu undefinierbarem Dröhnen: es fehlt zwar nicht Lautstärke (Übersteuerung!), wohl aber Klangfülle und kernige Deutlichkeit.\*

c) Eine weitere Sorge des Tonmeisters ist die Deutlichkeit komplexer Klangkörper. Dies tritt besonders bei Konzerten mit Soloinstrumenten in Erscheinung. Es ist schwer, dem Solisten genügende Präsenz zu erteilen, ohne das Verhältnis zum Orchester zu stören. Die Technik, durch mehrere Mikrophone die Instrumentalgruppen einzeln zu erfassen und am Regiepult korrigierend zu mischen, hilft nur bei deutlicher Abgrenzung von Tutti- und Solostellen. Bei Werken mehr symphonischen Charakters (wie etwa den Klavierkonzerten von Brahms) werden indes die Grenzen der Technik deutlich. (Dabei bleibt die Frage offen, wie weit der Tonmeister im Interesse der musikalischen Verständlichkeit in die vom Dirigenten vorgenommene klangliche Gestaltung eingreifen darf — eine Frage, die sich nicht prinzipiell lösen läßt, sondern ein genügendes gegenseitiges Einverständnis voraussetzt.

\* Ungenügende Übertragung der Einschwingvorgänge oder der Gestalt der Wellenfront sind die Ursache dieser Defekte.

## 2. Stereo-Technik

Fraglos wird ein Teil dieser Schwierigkeiten durch den Übergang zur Stereophonie gelöst. Im Rundfunkbetrieb bleibt die Stereophonie aber eng mit der Forderung nach Kompatibilität verknüpft. Abgesehen von der nicht leicht zu erfüllenden Phasengleichheit der beiden Kanäle, ergeben sich daraus künstlerische Probleme.

Die Orchesteraufstellung müßte genauestens überlegt werden. Die Absicht, die Streicher so aufzustellen, daß der Klang nach vorne zum Hauptmikrophon gerichtet ist, brachte es in der Mono-Technik dazu, erste und zweite Geigen links anzuordnen, im Halbkreis gefolgt von Bratschen und Celli (ganz rechts) und Kontrabässen hinter den Celli. Wird diese (für Monophonie berechnete) Aufstellung beibehalten, ergibt der Stereoempfang eine Häufung der Höhen links und der Bässe rechts. Eine derartige „Stereophonie“ bietet kaum mehr als eine pseudostereophonische Abhöranlage mit einfacher Frequenzweiche.

Wird die beschriebene Aufstellung im Interesse der Kompatibilität beibehalten, so heben sich naturgemäß Solisten rechts besser ab als links, im Gegensatz zur Konzertsaal-Hörgewohnheit, was wiederum im Widerspruch mit der Hauptaufgabe des Tonmeisters steht, dem Hörer die Illusion zu vermitteln, bei der Aufführung im Saal selbst zugegen zu sein. Disponiert man die zweiten Geigen rechts vom Dirigenten, büßt man zwar etwas von der, für die kommerzielle Propaganda wichtigen Überbetonung des Stereoeffektes ein, gewinnt jedoch für den aufmerksamen Musikliebhaber den in manchen Partituren gewünschten Dialog zwischen ersten und zweiten Geigen zurück. (Leider wird auch im Konzertsaal diese Aufstellung immer seltener). Der Nachteil, daß die Hauptstrahlungsrichtung der zweiten Geigen nicht auf das Hauptmikrophon gerichtet ist, muß in Kauf genommen werden; die sich daraus ergebenden Klangfarbenunterschiede zwischen den beiden Geigenhören könnten für die Monophonie sogar einen Gewinn bedeuten. Außerdem kommen die mehr in die Mitte gezogenen Celli in eine günstigere Stellung gegenüber dem Hauptmikrophon\*.

## 3. Aussteuerung

Die üblichen Aussteuerungsmesser stellen einen eigenartigen Kompromiß zwischen technischen und gehörmäßigen Forderungen dar. Was im täglichen Gebrauch negativ wirkt, ist die Diskrepanz zwischen Anzeige und empfundener Lautstärke, dadurch bedingt, daß eine elektrische Reproduktion der Lautstärkeempfindung bei komplexen Klangspektren von unerschwing-

\* Allerdings eignet sich die räumliche Distanzierung der ersten und zweiten Geigen nicht für jede Komposition. Und welches Orchester liesse sich, ohne zu protestieren von Werk zu Werk umstellen?

lichem Aufwand wäre\*. So kann bei einem Orchestererescendo vorkommen, daß der Lichtzeiger weit weniger steigt als die Erwartung nach dem Höreindruck: mehr als das Klangvolumen ändert sich dabei die spektrale Verteilung! Dies erschwert in manchen Fällen die Aussteuerung, weil es nicht immer möglich ist, mit genügendem zeitlichen Vorsprung den zu erwartenden Ausschlag des Instrumentes vorzusehen. — Daß die tiefen Schlaginstrumente, trotz ungenügender Präsenz und Deutlichkeit zu heftigen Ausschlägen führen, wurde schon angedeutet.

Ein anderes, nicht technisch bedingtes Problem der Aussteuerung ist das unbefriedigende Lautstärkeverhältnis von Sprache und Musik. Theoretisch ist diese Frage schon eingehend untersucht worden, und zwar mit eindeutigen Resultaten; jedoch werden diese zu selten berücksichtigt.

#### 4. Lautsprecher

Zahlreiche, immer wiederkehrende Verbesserungsvorschläge und Meinungsverschiedenheiten beweisen, daß eindeutige Lösungen noch nicht vorliegen. Der Fragenkomplex wird erschwert durch die Hörgewohnheiten des Rundfunkhörers. Einerseits ist die größere Natürlichkeit der Wiedergabe durch Ausdehnung des Frequenzbandes nicht immer gewünscht, und andererseits verfälschen die ständig kleiner und zahlreicher werdenden Transistorempfänger den Qualitätsbegriff: Die Unempfindlichkeit gegenüber verzerrter Wiedergabe nimmt ebenso erschreckende als entmutigende Verbreitung an. Hier läge eine erzieherische Aufgabe des Rundfunks vor, die aber unter der heutigen Vernachlässigung bei den Fernsehübertragungen nicht leicht durchzuführen ist.

#### 5. Ausführungspraxis

Man kann nur in Ausnahmefällen damit rechnen, daß ausübende Musiker technisches Verständnis aufweisen. So fällt es schwer, mit der erforderlichen Geduld systematische Versuchsreihen durchzuführen, wie etwa in Bezug auf die Orchesteraufstellung (zum Beispiel im Hinblick auf die neuen stereophonen Forderungen); der Tonmeister muß sich dann mit Kompromissen begnügen.

Aber auch manchem Tonmeister kann der entgegengesetzte Vorwurf nicht erspart bleiben, ungenügendes Einfühlungsvermögen in die Belange der ausübenden Musiker zu haben. Es wird im Namen der Technik oft Unmögliches verlangt, wie etwa Aufstellungen, die das Zusammenspiel erschweren. Oder es werden dem Instrumentalisten Einschränkungen vorgeschrieben, die ein freies Musizieren verunmöglichen. Dabei fällt es selbst namhaften Künstlern nicht leicht, die bekannte „Mikrophonangst“ zu überwinden. Umsomehr sollte es — infolge nicht genügender Beherrschung der Übertragungstechnik — nie dazu kommen, den Musiker von seinen künstlerischen, gestaltungs-mäßigen und instrumentaltechnischen Gewohnheiten abzulenken.

\* (Technisch unerwünscht, da die Überwachung des Modulationsgrades des Senders gefordert wird.)



# Unsolved Problems of Sound Transmission

by

ERMANNNO BRINER-AIMO

## 1. Faithful Sound Image

*a.* A sound engineer recording the high strings will try to reproduce their bright radiance. Even if this intention has not been exaggerated, the average listener will obtain a harsh impression and will be likely to turn down the tone control. After years of AM reception, this subjective impression is a considerable drawback to the attempts to accustom listeners to the more faithful frequency response of FM. Up to a point this can be explained by the listener's being used to the sound of his own loudspeaker. But the fact that even musicians frequently criticise the violin reproduction in the same way indicates that a real problem does exist here.

*b.* The low strings, too, do not come over the air very well, being frequently no more than a low grumble lacking the typically rough tone of the bowed string. Low percussion instruments like the timpani and bass drum are often a rather vague rumble; not that they are too soft (the required level is frequently the cause of overloading), but they lack fulness of tone and clarity. These defects are all the result unsatisfactory transmission of transients.

*c.* Another headache for the sound engineer is how to obtain clarity out of a complicated score. This problem grows particularly acute in the case of a concerto with a solo instrument. It is almost impossible to give the soloist a reasonable degree of "presence" without disturbing his relationship to the orchestra, and the solution of allotting a separate microphone to each orchestral section with suitable control before mixing, is a real help only in the simplest cases of music with a clear separation of solo and tutti passages. But works of a more symphonic character, like the piano concertos of Brahms, make us painfully conscious of the limits of microphone technique. This has nothing to do with quite another problem of the degree of liberty a sound engineer may justly take with the balance envisaged by the conductor, as this is more a matter of individual understanding and teamwork about which no rules can be set up here.

## 2. Stereophony

While partly solving the problems mentioned above, stereophony brings with it some new ones, including that of compatibility, which is not only an engineering one (e.g. the difficulty of perfect in-phase transmission of the two channels) as it very much involves the orchestral seating. The desire to catch as much as possible of the string sound by the microphone led to

the habit of placing the first and second violins to the left, followed in a semicircle by the violas and cellos, with the basses taking up the rear behind the latter. In a stereo broadcast of this arrangement, all the treble will be on the left and all the bass on the right, giving an effect that is no better than that obtainable with two speakers and a simple crossover network. If the orchestra is nonetheless left that way in the interests of compatibility, the soloist will come through at the right better than at the left, conflicting again with the sound engineer's prime task of conveying the illusion that the listener is actually seated in the hall. If the second violins are placed to the right, some of the stereophonic exaggeration, so important to commercial propaganda, will be lost, to the benefit of the dialogue between the first and second violins that occurs in many scores and which the attentive music-lover will not fail to appreciate. The fact that this type of seating has been disappearing more and more from the concert hall can only be regretted. The disadvantage that the second violins will radiate a large part of their sound away from the microphone will result in a difference in tone that may even benefit the monophony; it will also be compensated by the more advantageous position then taken up by the cellos towards the centre, opposite then main microphone.

### 3. Setting the Controls

The current level meters are a peculiar compromise between the demands of the equipment and those of the ear often resulting in quite a discrepancy between the meter reading and the actual impression of volume, because it is not the volume at all that the meter is meant to register but the degree of carrier modulation (a meter indicating the loudness of complex sounds would be far more complicated than it would ever be worth anyway). This can result in a crescendo which does not push the needle nearly as far as the impression would make us expect, for it is the spectral distribution of the sound that has altered more than the volume. This is quite a problem for the man twisting the knobs as he cannot always guess the expected meter deflection sufficiently in advance. Another example is the violent deflection caused by the low percussion while yet sounding muffled, as already mentioned.

Another control problem is not an engineering one: it is the unsatisfactory balance between music and speech, e.g. the announcement. There has been some detailed theoretical research into this with very clear results which are very rarely taken into practical consideration, however.

### 4. Loudspeakers

Even if there were no other indication that the speaker problem is still awaiting solution, the constantly recurring stream of suggestions and differences of opinion would prove it beyond a doubt. The problem is not

made any easier by bad listening habits. Not only does this lead to frequent criticism of greater fidelity obtained through frequency range expansion, as already mentioned, but the flood of transistor pocket sets, manufactured to the slogan of quantity rather than quality, make more and more listeners alarmingly insensitive to sound distortion, and the broadcasting companies, who ought to consider it their mission to educate the public to something better, are frequently making matters worse themselves by being so nonchalant about television sound.

#### 5. Practical Considerations

Musicians showing any understanding for these technical problems are an exception. Very few will bring up the patience necessary for carrying out systematic series of tests as would be demanded by the orchestral seating required for example by stereophony, and the sound engineer will have to do the best he can. On the other hand there are sound men who do not have nearly enough insight into a musician's personality and what he may rightly expect, making exorbitant demands in the name of sound balance, such as seating arrangements that make ensemble playing unnecessarily difficult or other limitations that hinder musicianship to unfold freely. Even without all this, and even in the case of famous artists, "microphone fright" is not easy to overcome, and insufficient professional ability is no excuse for distracting a musician's mind away from his artistic, musical and instrumental habits.



---

# LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN

ERSTES HALBJAHR 1966

- 1. Mai bis Ende Juni* SÜDDEUTSCHE MAX-REGER-TAGE  
(aus Anlaß seines 50. Todestages, am 11. Mai 1966)  
Orchester-, Chor- und Orgelkonzerte  
Kammermusik — Vorträge — Ausstellungen  
in Coburg, Heidelberg, München, Regensburg, Stuttgart,  
Weiden u. a. Städten Süddeutschlands  
Auskünfte:  
Kulturreferat der Landeshauptstadt München  
Abteilung Sonderveranstaltungen  
München 2, Richard Wagner-Straße 2
- 31. Mai bis 9. Juni* INTERNATIONALES PUPPENSPIEL-FESTIVAL  
der Landeshauptstadt München  
Auskünfte:  
Puppentheatersammlung im Stadtmuseum
- 3. Juni bis 6. Juni* UNIMA  
IX. Kongreß der „Union Internationale des Marionettes“  
(Weltorganisation der Puppenspieler)  
„DAS PUPPENSPIEL —  
seine Bedeutung und seine Aspekte in  
der heutigen Zeit“  
Auskünfte:  
Puppentheatersammlung in Stadtmuseum  
München 2, St.-Jakobsplatz 1
- 3. Juni bis 10. Juni* INTERNATIONALER FERNSEHWETTBEWERB  
für Film- und Studioproduktion von Kinder-, Jugend-  
und Bildungsprogrammen  
Veranstalter:  
Freistaat Bayern, Landeshauptstadt München,  
Bayerischer Rundfunk  
Organisationsbüro:  
Bayerischer Rundfunk, München 2, Rundfunkplatz 1
- 26. Juni bis 5. Juli* BACH-FEST  
Künstlerische Leitung: Kari Richter  
Das Münchner Bach-Orchester/Der Münchner Bach-Chor  
Auskünfte:  
Bayerische Konzertdirektion, München 2, Marienplatz 1
-

---

# STATE CAPITAL OF MUNICH

OFFICIAL CALENDAR OF CULTURAL EVENTS FOR THE  
FIRST HALF OF 1966

- 1 May to end of June* SOUTH GERMAN REGER FESTIVAL  
(occasioned by the 50th anniversary of his death on  
11 May 1966)  
Orchestral, Choral, Chamber Concerts  
Organ Recitals — Lectures — Exhibitions  
in Coburg, Heidelberg, Munich, Ratisbon, Stuttgart,  
and in other cities of Southern Germany  
Information:  
Kulturreferat der Landeshauptstadt München  
Abteilung Sonderveranstaltungen  
Richard-Wagner-Straße 2  
MÜNCHEN 2, Germany
- 31 May to 9 June* MUNICH INTERNATIONAL MARIONETTE  
FESTIVAL  
Information:  
Marionette Collection of the Municipal Museum
- 3 June to 6 June* UNIMA  
9th Congress of the *Union Internationale des Marionettes*  
"THE PUPPET SHOW —  
Its Importance and Aspects in Modern Times"  
Information:  
Marionette Collection of the Municipal Museum  
St.-Jakobsplatz 1  
MÜNCHEN 2, Germany
- 3 June to 10 June* INTERNATIONAL TELEVISION COMPETITION  
of film and studio productions of children's, youth,  
and educational programmes, organized by  
Free State of Bavaria, Munich Municipal Council,  
Bavarian Radio  
Organizing Office:  
Bayerischer Rundfunk  
Rundfunkplatz 1  
MÜNCHEN 2, Germany
- 26 June to 5 July* BACH FESTIVAL  
Karl Richter, Artistic Director  
The Munich Bach Orchestra, The Munich Bach Choir  
Information:  
Bayerische Konzertdirektion  
Marienplatz 1  
MÜNCHEN 2, Germany
-

# Die Tugend der Stille

(Paris — Internationale Phono-Ausstellung)

von

E. AISBERG

Welchen Eindruck nahm ein Besucher von dieser Ausstellung mit nach Hause? Zu allererst wohl die Überzeugung, daß die meisten Aussteller ihr Allermöglichstes getan hatten — um den Begriff der naturgetreuen Wiedergabe in Frage zu stellen. In den meisten Vorführräumen herrschte eine solche Lautstärke, daß der Hereintretende das Gefühl haben mußte, als spaziere ein Vibrationsmassagegerät über seinen Unterleib. Es war geradezu betäubend! Die Lautsprecher waren voll angesteuert, mit der fatalen Folge einer Verzerrung, die schon die bloße Vorstellung der naturgetreuen Wiedergabe lächerlich machte. Eine  $2 \times 20$ -Watt-Stereoanlage kann in einer Privatwohnung unter keinen Umständen mit voller Leistung betrieben werden. Entweder ist eine solche Anlage für einen Saal bestimmt oder für den Bewohner einer einsamen Insel. Den Betrieb einer solchen Anlage in einer normalen Wohnung mit durchschnittlicher Schallisolierung kann man sich nicht recht vorstellen. Man würde den Mieter alsbald kündigen . . .

Welche neuen Tendenzen zeichnen sich immerhin auf der *technischen* Ebene ab, was die ausgestellten Geräte betrifft? Zu allererst ist eine deutliche Neigung zum *Transistor* zu bemerken, wenn sich diese auch vorerst nur auf drei von zehn Geräten beschränkt. Man muß schon zugeben, daß die Halbleiter in diesem Bereich keine besonderen Vorteile gegenüber den Röhren aufweisen. Im Vergleich mit früheren Modellen sind die Verstärker ohnehin klein genug.

Hingegen stehen wir mitten in einer Revolution der *Lautsprecherkästen*, die vor wenigen Jahren noch solche Maße hatten, daß keine Hausfrau sie in ihrer Umgebung dulden wollte: heute sind manche kaum größer als ein Lexikonband, und trotzdem sind die verschiedenen Klanglagen gut ausgeglichen. Wie hat man das zuwege gebracht? War die Theorie falsch, daß die von der Vorder- und der Rückseite des Lautsprechers ausgestrahlten Wellenzüge wegen Interferenz möglichst weit auseinandergehalten müssen? Keinesfalls, aber in diesen Kästen wird der Rückschall einfach absorbiert: die Rückseite des Kastens ist geschlossen und enthält Schallschluckmaterial, die Membran ist fast flach und vor allem sind die akustischen Impedanzen vollkommen ausgeglichen. Möglicherweise werden dadurch die Bässe unter 100 Hz extrem gedämpft, was aber nicht bemerkbar ist, da das Ohr — oder vielmehr das Gehirn — sie aus den Obertönen wieder herstellt. Es handelt sich ja um dasselbe Phänomen, das Elektroakustiker schon seit Jahren interes-



siert, nämlich die ausgezeichnete Qualität der Kopfhörerwiedergabe trotz der klaren Tatsache, daß kein Kopfhörer einen Baßton wiedergeben kann. Allerdings reichte die Illusion der vorhandenen Tiefen bei den Kleinkästen im Pianissimo nicht mehr ganz aus.

Ich kann schon sagen, daß ich noch nie so sehr die Tugend der Stille schätzte wie nach einigen Stunden dieser Ausstellung. Und ich dachte mit Sehnsucht an die „Schallplatten der Stille“, die anscheinend in den Vereinigten Staaten verkauft werden . . .

Périodicité : 10 Numéros par série  
 5 Numéros spéciaux  
 5 Carnets Critiques

## La Revue Musicale

Abonnement Etranger : 160 F.  
 Abonnement France : 120 F.  
 NUMERO SPECIAL No 260

Fondée en 1920 par Henry PRUNIERES

Directeurs : Albert RICHARD - Jean-Jacques DUPARCQ

Editions RICHARD-MASSE, 7, Place St-Sulpice, Paris-6<sup>e</sup>, Tél. Dan. 28-36

### Jean-Philippe Rameau

1764 — 1964

SOMMAIRE DU NUMERO SPECIAL 260

#### Avertissement

*Jean-Philippe Rameau et la critique de son temps* . . . . .

*L'oeuvre théâtrale de Rameau : sa mise en scène* . . . . .

*La musique pure au service du drame lyrique chez Rameau* . . . . .

*Connaissance de Rameau* . . . . .

*Jean-Philippe Rameau et la pédagogie (Réflexions de M. Rameau sur la manière de former la voix et d'apprendre la musique... 1752)*

*Rameau et la théorie musicale* . . . . .

*Critique des fondements de la théorie de Jean-Philippe Rameau* . . . . .

*Jean-Philippe Rameau et le tempérament égal (Nouveau système du musique théorique... 1726)* . . . . .

*De la conception du principe de l'harmonie selon Jean-Philippe Rameau et Jean-Sébastien Bach* . . . . .

André AMELLER  
 Directeur du Conservatoire National de Musique et d'Art Dramatique de Dijon

André BOLL  
 Françoise GERVAIS  
 Docteur ès-Lettres de l'Université de Paris  
 Ant. GEOFFROY-DECHAUME

Marie-Germaine MOREAU  
 Jacques CHAILLEY  
 Professor d'Histoire de la Musique - Directeur de l'Institut de Musicologie

E. LEIPP  
 Chef du Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences de Paris - Chargé de cours au Conservatoire National Supérieur de Musique

Armand MACHABEY  
 Docteur ès-Lettres de l'Université de Paris

Jean-Jacques DUPARCQ

## The Virtue of Silence

Seventh International Sound Festival, Paris

by

E. AISBERG

What impression might a visitor attending this show have gained? First of all he would have come away firmly convinced that most of the exhibitors had gone to the utmost of their ability . . . to compromise the concept of high fidelity. In fact, in most of the listening-rooms the demonstrations went on at a volume that anyone entering would feel as if a vibro-masseur were taking a walk on his abdomen. It was deafening! The loudspeakers were saturated, with the inevitable and fatal result of distortion such as to make the very idea of high fidelity absurd.

2 × 20 Watt stereo sets can on no account be used at full volume in a living-room. It's one or the other: either they are intended for use in a hall or for use by private persons living on a desert island. . . . But we emphatically cannot envisage such a set working in an ordinary flat in a block with average sound proofing, without the hi-fi fan running the risk of eviction.

Nevertheless, what new tendencies in a *technical* way does a review of the equipment presented at the Festival reveal? To begin with, we can observe a clear advancement towards the use of *transistors*, although this year seven sets out of ten were still of the traditional vacuum-tube type. It must be admitted that semiconductors do not have very great advantages to offer over valves in this field. There is no particular need for the amplifiers to be much smaller than they are already compared to what they used to be.

On the other hand we are witnessing a proper revolution in *speaker enclosures* which, a few years ago, were still of a prohibitive size provoking some severe objection from most housewives. This year, however, we found some speaker sets hardly larger than an encyclopaedia volume and showing, nonetheless, an excellent balance of the various ranges. What made this possible? Was the theory wrong that the wave train projected from the rear of the diaphragm had to be separated as far as possible from that leaving the front, to prevent interference? By no means, but in these enclosures, which are closed at the back (another novelty!), the diaphragms are almost flat and vibrate with a large amplitude; some absorbent material behind them takes care of the rear vibrations and — the important point —

the acoustic impedances are in perfect equilibrium. Possibly, all this very much damps the bass below 100 c/s, but this is of no practical importance as the ear — or rather the brain — reconstructs it from the harmonics. No doubt we are here faced with the same phenomenon as has been intriguing sound engineers for years, namely the excellent quality always obtained through headphones, it being quite clear that no headphone ever transmitted a bass note. However, the lack of a real bass produced by the miniature enclosures did make itself felt in the soft passages.

We have never so much appreciated the virtues of silence as after spending some hours at this Festival. And we wishfully thought of those "silence records" which, it would seem, are sold in the United States. . . .

---

## Third Musical Festival of Caracas (Venezuela)

April 1966

### Orchestras

Venezuelan Symphony Orchestra

Philadelphia Symphony Orchestra

### Conductors

Victor Tevah

Eugen Ormandy

Stanislav Skrwaczewsky

### Programm

Works of North and South  
American Composers

and Compositions commissioned from  
Continental Composers

### Three Prizes

for symphonic work

for chamber music

for small orchestra

(Concrete music and experimental music will be excluded from the competition)

### President

VICTORINO MARQUEZ REVERON

Commission of Musical Studies — Apartado de Correos No 12 488

SABANA GRANDE

CARACAS VENEZUELA



---

# MUSIKVEREIN FÜR STEIERMARK STYRIAN MUSICAL SOCIETY

Gegründet/Founded 1815

## **Orchesterkonzerte**

Dirigenten/Conductors

## **Orchestral Concerts**

Milliades Caridis, Dean Dixon, Milan Horvat, Berislav Klobucar, Bruno Maderna, Ernst Märzendorfer, Frank Martin, Mario Rossi, Hermann Scherchen.

Solisten/Soloists

Jörg Demus, Friedrich Gulda, Ludwig Hofmann, Christa Ludwig, Albert Nagele.

Orchester/Orchestras

Symphonie-Orchester des Hessischen Rundfunks, Philharmonia Hungarica, Grazer Philharmonisches Orchester.

## **Kammerkonzerte**

## **Chamber Concerts**

Gulda Euro-Jazz-Orchester, I Musici di Roma, Janáček-Quartett, Loewenguth-Quartett, Quartetto Italiano, Quintetto Chigiano, Tatrai-Quartett, Trio di Trieste, Wiener Solisten.

## **Liederabende**

## **Song Recitals**

Wilma Lipp, Grace Bumbry, Christa Ludwig, Peter Pears, Fritz Wunderlich, Walter Berry, Gérard Souzay.

## **Mozart-Zyklus**

## **Mozart Cycle**

Walter Klien: Alle Sonaten in vier Konzerten

Walter Klien: All Sonatas in four Recitals

## **Solistenabende**

## **Solo Recitals**

Lukas David, Jörg Demus, Alexander Jenner, Annie Jodry, Jacques Klein, Emmy Loose, Enrico Mainardi.

Konzertbüro/Concert Office: Landhausgasse 12, Graz, Austria

---

---

## If your prime problem is top-quality reproduction choose **GRUNDIG** HiFi equipment

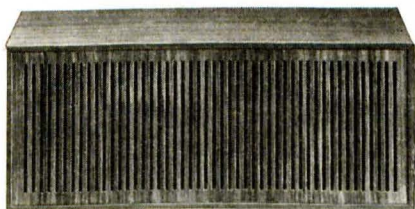
---

The top-class units in the GRUNDIG HiFi Studio Series — HiFi Stereo Amplifier SV 80, HiFi Stereo Broadcast Tuner RT 40, and HiFi speaker units — give the highest degree of fidelity to the original music. You will hear all the details you need for a proper judgment of your own recordings or those of others. The music will be there in the room with you, in all its transparency, with all the subtle shadings you want to hear. Can there be anything better?

GRUNDIG HiFi units have clean lines. There are no inessentials. But no concessions were made to the requirements of simple operation, high-quality reproduction, and long life. The reasonable GRUNDIG price is solely the result of high production figures and sensible price calculation.



GRUNDIG  
HiFi-Lautsprecherbox/Speaker  
Unit 100



GRUNDIG  
HiFi-Lautsprecherbox/Speaker Unit 25

See for yourself! Write today to GRUNDIG Werke GmbH, 851 Fuerth, West Germany, asking for the detailed, illustrated brochure "GRUNDIG HiFi Studio Series".

---

**See and hear  
with GRUNDIG  
— millions do!**



---

Universitätsbibliothek Basel



A1001702347

---

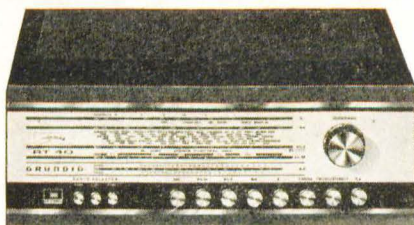
## Wenn es vor allem um Wiedergabequalität geht, dann GRUNDIG HiFi-Geräte

---

Die Spitzenkomponenten aus der GRUNDIG HiFi-Studio-Serie — HiFi-Stereo-Verstärker S 80, HiFi-Stereo-Rundfunktuner RT 40 und HiFi-Lautsprecherboxen — erreichen höchste musikalische Originaltreue. Sie ermöglicht es Ihnen, aus der Reproduktion alle Details herauszuhören, die zur Beurteilung eigener oder fremder Aufnahmen notwendig sind. So unmittelbar, so durchsichtig und so differenziert erscheint Musik, wie Sie sie hören müssen. Kann es etwas noch Besseres geben?

GRUNDIG HiFi-Geräte sind klar gestaltet. Auf alles Überflüssige wurde verzichtet. Ungeschmälert ist aber alles vorhanden, was für einfache Bedienung, hohe Wiedergabequalität und lange Lebensdauer erforderlich ist. Der günstige GRUNDIG Preis ergibt sich allein aus hohen Fertigungszahlen und vernünftiger Kalkulation.

GRUNDIG  
HiFi-Stereo-Verstärker/Amplifier SV 80



GRUNDIG  
HiFi-Stereo-Rundfunktuner/Broadcast  
Tuner RT 40

Überzeugen Sie sich selbst! Am besten fordern Sie noch heute den Prospekt „GRUNDIG HiFi-Studio-Serie“ mit ausführlichen Informationen bei GRUNDIG Werke GmbH, 851 Fürth, an.

---

**GRUNDIG**

**Millionen hören  
und sehen  
mit GRUNDIG**

---