

MUSIKALISCHE, ELEKTROAKUSTISCHE UND SCHALLWISSENSCHAFTLICHE GRENZPROBLEME

GRAVESANER BLÄTTER

JAHRGANG II

HERAUSGEBER PROFESSOR HERMANN SCHERCHEN

ARS-VIVA-VERLAG (HERMANN SCHERCHEN) GMBH
MAINZ • AUGUST 1956

HEFT

5

WESTMINSTER

NEW YORK

Die erstaunlichste Leistung als Klangaufnahme

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

Laboratorium Serien

Wir empfehlen:

GUSTAV MAHLER	Sinfonien Nr. V/VII/X
ARTHUR HONEGGER	Pacific, Rugby, Mouvement symph., Prelude „La Tempête“
IGOR STRAWINSKY	Petrouschka, Feuervogel
SERGE PROKOFIEW	Skythische Suite, Leutnant Kije
JOH. SEBASTIAN BACH	h-moll Messe, Matthäuspassion Orchestersuiten Solo- und Chorkantaten Dirigent: Hermann Scherchen

WESTMINSTER

NEW YORK

GRAVESANER BLÄTTER

Eine Vierteljahresschrift für musikalische, elektroakustische und
schallwissenschaftliche Grenzprobleme

NR. V - AUGUST 1956

INHALT:

		Seite
Einschränkung des Musikerlebnisses auf das Auditive	H. H. Stuckenschmidt	3
* * *		
Etude Poétique (Musikbeilage)	Darius Milhaud	9
Konstruierte Musik	Darius Milhaud	14
* * *		
Kolloquium:		
Künstlicher Nachhall und erster Rückwurf	Dr. Kuhl	15
Zusammenfassung der Ergebnisse	Prof. Cremer / Dr. Kuhl	17
* * *		
Nachhallstudien des holländischen Staatsrundfunk	Dr. Geluk	21
* * *		
Stereofonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe	Holger Lauridsen / Franz Schlegel	28
* * *		
Das elektroakustische Institut Hermann Scherchen	A. Moles / F. Trautwein	51

Redaktion: Gravesano

Herausgeber: Hermann Scherchen

Verantwortliche Mitarbeiter:

Werner Meyer-Eppler, Bonn;

Wolfgang Steinecke, Darmstadt

Fritz Enkel, Köln;

André Moles, Paris

Jedes Heft ist begleitet von einer akustisch illustrierenden Schallplatte.

Jahresabonnement mit 4 Schallplatten: 18.00 DM



Steinway-Orchester-Konzertflügel im Sendesaal von Radio Luxembourg

STEINWAY-Konzertflügel werden von der Elite international bedeutender Pianisten und Schallplattenfirmen bevorzugt. Sie sind in den Konzertsälen der ganzen Welt zu finden und werden von mehr als dreihundert Rundfunkgesellschaften für den täglichen Sendedienst benutzt.

Jetzt hat auch das Akustische Experimentalstudio Gravesano Hermann Scherchen einen fabrikneuen Steinway-Orchester Konzertflügel, Modell „D-274“, erworben.

Auskünfte erteilen bereitwilligst:

STEINWAY & SONS, Pianofortefabrikanten, Hamburg 36, Colonnaden 29

Druck: Graphische Kunstanstalt Heinrich Schiele, Regensburg

1955 by Ars Viva Verlag (Hermann Scherchen) Mainz. Nachdrucke von einzelnen Artikeln oder auch von Auszügen aus einzelnen Artikeln nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Einschränkung des Musikerlebnisses auf das Auditiv

VON HANS HEINZ STUCKENSCHMIDT

Die moderne Wissenschaft ist stolz darauf, Puppen hergestellt zu haben, die eine der menschlichen Sinnesempfindungen verkörpern. Sie hat z. B. in der Photozelle eine Art Organ geschaffen, das auf Lichteindrücke reagiert. Diese Reaktion ist völlig einseitig, weil sie ja nur aus Eindrücken eines isolierten Sinnesorgans hervorgeht. Es fehlt ihr die Kontrolle durch die anderen Organe, die alle höheren Lebewesen auszeichnet. Aber diese Einseitigkeit qualifiziert auch. Sie ließe sich möglicherweise an Roboterwesen züchten, so daß Organismen entstünden, die „ganz Ohr“, oder „ganz Auge“, oder „ganz Tastnerv“ oder „ganz Nase“ wären. Solche Spezialisierung, für die es bei den Arbeiterinnen und den nur für Fortpflanzungsaufgaben bestimmten Drohnen des Bienenstaates Vorbilder gibt, könnte zu einem Menschheitsziel werden. Gewisse Erscheinungen in der modernen Produktionstechnik, die den Arbeiter lebenslänglich auf eine einzige Funktion im Arbeitsprozeß festlegen, weisen in solche Richtung. Auch das Spezialistentum in den modernen Wissenschaften und Künsten, das ja seine Vertreter immer mehr von aller Verständigung mit dem Nachbarwesen isoliert, liefert Material für eine derartige Spaltung der menschlichen Gemeinschaft. H. G. Wells hat den Bienenstaat als mögliches Vorbild für einen Zukunftsstaat des Homo Sapiens erwogen; der Taylorismus arbeitet im Geiste solchen Fortschrittes.

Über die Akzessorien des Hörens ist wenig nachgedacht worden. Das Ohr pflegt keine isolierten Eindrücke zu empfangen. Ja, selbst die akustischen Eindrücke gehen ihm nicht in abstrakter, vollkommen reiner Form zu, sondern durch Akzessorien getrübt. Zu solcher Komplexheit innerhalb des eigenen Sinnesbereiches, innerhalb der „Auditiven“ gesellt sich aber als wichtiges Akzessorium noch eine Reihe von Affektionen der anderen Sinne. Vor meinem Hause blüht ein Ebereschbaum. Der Wind streicht durch seine Zweige. Ich höre das Rauschen, durch das der Vorgang sich mir zuerst bemerkbar macht. Im selben Moment erreicht mein Blick die Baumkrone, deren Bewegung den Eindruck des Ohrs bestätigt. Und zugleich trägt der Wind mir den Duft der Blüten zu, den meine Nase bestätigend registriert. Könnte ich die beiden Sinnesorgane des Auges und der Nase ausschalten, so wäre mein Ohr Alleinherrscher. Es müßte sich auf die Registrierung des Rauschens stärker konzentrieren und würde auch ohne das Auge feststellen können, daß hier Wind durch Ebereschenzweige weht.

Ein anderes Beispiel. Ich gehe ins Theater. Der Vorhang öffnet sich; ein kühler Luftzug kommt von der Bühne, er trägt mir den Geruch frisch ge-

leimter Kulissen und brennender Wachskerzen zu. Ich höre den Dialog der beiden Schauspieler, aber ich höre auch das Klappen der Logentür, die sich hinter einem Nachzügler schließt, das Brummen eines Flugzeuges, das den Theaterbau überfliegt. Dazu sehe ich: die Bühne mit den Kulissen, dem Souffleurkasten, den Seilen des Schnürbodens, ich sehe Gestik und Mimik der Darsteller, und alle Eindrücke meiner Sinne zusammen ergeben den eigentümlichen status animae des Im-Theater-Sitzens.

Der Konzertsaal ist, ähnlich wie das Theater, nie ein Schauplatz isolierten Hörens. Er will in seiner Struktur, in der Wahl der Sesselfarben, des Bodenbelags und der Beleuchtungskörper den optimalen Bereitschaftszustand für das Hören von Musik schaffen. Doch auch wenn er verdunkelt ist, bleibt das Podium hell. Der Künstler erscheint, es ist ein berühmter Dirigent, der vor einem berühmten Orchester steht. Seine Rückenlinie fesselt den Blick. Er hat Bewegungen eines beschwörenden Magiers, seine Linke modelliert den Klang, den das Orchester spielt, seine Rechte gibt dem ersten Trompeter den Einsatz für die Solomelodie. Nun wendet er sich ganz den zweiten Violinen zu, man sieht sein Profil, in dem das Erlebnis der Musik sich zu spiegeln scheint. Ich beobachte auch das Orchester, sehe, wie die Hörner ihre Schalltrichter aufrichten, wie der Schlagzeuger mit kleinen Hämmern die Röhrenglocken anschlägt.

Mit Hilfe von Maschinen kann man aus dem verwickelten Netz mehrerer Sinneseindrücke einzelne Kategorien herausheben. Diese Maschinen bilden also recht eigentlich Media zur Herstellung von Sinnenspezialisierung. Sie können z. B. einen optischen Eindruck isolieren, ja ihm auch noch die Farbe nehmen und ihn so zum Schwarz-Grau-Weiß-Schema reduzieren. Sie können aber auch dasselbe Verfahren auf das Territorium des Ohrs anwenden und so einen rein auditiven Eindruck herausheben. Beide Isolierungsprozesse enthalten künstlerische Möglichkeiten.

Als der stumme Film um die Jahrhundertwende vor die Öffentlichkeit trat, begann eine Epoche der sensuellen Spezialisierung. Zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte waren die Eindrücke eines Sinnes isoliert und zu kunstähnlichen Formen kombiniert worden. Man betrat das Kinotheater mit keinem anderen Anspruch als dem des Auges, ja, des farbenblinden Auges. Er wurde zunächst auf primitive Weise, später in immer höheren künstlerischen Formen erfüllt. Das Besondere des Stummfilms aber blieb die Unabhängigkeit des Eindrucks von anderen Sinnen, namentlich vom Ohr. Auch wo gesprochene Kommentare oder musikalische Untermalungen hinzugefügt wurden, blieb der Habitus der Sinnen-Isolierung erhalten. Zwischen dem Theater und dem Film gab es kaum künstlerische Gemeinsamkeiten und eine große Anzahl ästhetischer Differenzen. Mimik und Gestik mußten, wo dem Auge keine Hilfssinne zu Gebote standen, übertrieben werden. So entstand eine ganz neue Art der Darstellung, die ihre

grotesken aber auch ihre erhabenen Seiten hatte; und in ihrem Gefolge eine neue Ästhetik.

Durch den Rundfunk wurde dann später ein anderer Ausschnitt unserer Sinnenwelt isoliert: das Reich des Auditiven. Vor dem Radio-Lautsprecher werden wir, anders als im Konzertsaal, zu einseitigen Hörmenschen. Alle Probleme des Musikhörens, akustische, psychologische, soziologische und sogar physiologische, treten in ein neues Blickfeld. Das erste Problem, das sich aufdrängt, liegt in der Abstrahierung des passiven Hörens von allem nicht Hörbaren. Die Frage wird akut, ob und wie weit die akzessorischen Eindrücke beim Hören eines Konzerts im Konzertsaal den künstlerischen Genuß beeinträchtigen oder fördern. Es kann ja kein Zweifel sein, daß die Bewegungen eines guten Dirigenten eine ästhetische Wirkung auf den sehenden Hörer ausüben, ja, daß sie zum Verständnis der Musik beitragen können. Das Bild, der Gesichtsausdruck des mit überirdischer Ruhe Bach geigenden Yehudi Menuhin ist ein integrierender Bestandteil des musikalischen Phänomens Menuhin. Aber es gibt natürlich auch störende Beigaben, es gibt Dirigenten, die durch ihr derwisch-ähnliches, ekstatisches Gebaren von der Musik ablenken und den Blick ganz bewußt auf sich ziehen.

All das fällt für den Radiohörer fort. Auch anderes fällt weg: der Gang oder die Fahrt zum Konzertsaal, die vielleicht sorgfältigere Kleidung, die man vorher anlegt. Die Begegnung mit anderen Menschen, Bekannten oder Unbekannten, die zum selben Anlaß denselben Saal aufgesucht haben und die so eine Art von Verbündeten werden, von Wunschgenossen, mit denen man vielleicht an der einen Stelle der Symphonie einen Blick des Einverständnisses wechselt. Der Besucher eines Konzertes ist Teil einer Gemeinde, er ist nicht isoliertes Subjekt, sondern freiwillig Objekt einer veranstaltenden Institution. Die Zugehörigkeit zu einer Gemeinde, und sei es auch nur die Gemeinde dieses einen Abends, gibt geistige und moralische Kräfte; sie nimmt aber auch Aufmerksamkeit weg.

Dem Rundfunkhörer wird eine unschätzbare Chance gegeben: die Chance des völlig von allem störenden Beiwerk gelösten Hörens. (Vorausgesetzt sind die optimalen Bedingungen des Ultrakurzwellenempfangs). Er kann, vor seinem Lautsprecher sitzend, die Musik belauschen wie man ein Bild betrachtet oder ein Buch liest: in absoluter Einsamkeit, nicht abgelenkt durch die Nähe anderer Hörer, durch die Bewegungen des Künstlers, die optischen Eindrücke des Saals. Für den Hörer mit künstlerischer Vorbildung und musikalischen Kenntnissen bedeutet das eine potentielle Verbesserung der Rezeptionsbedingungen. Aber es muß gefragt werden: wie entwickelt sich der naive, der ungeschulte, der „normale“ Hörer vor dem Mikrophon?

Hier wird es notwendig, sich die Situation des Rundfunkhörerers und die beiden Arten des Hörens klar vorzustellen.

Das „Hören an sich“, ohne alle störenden Akzessorien, wird in der Praxis kaum angestrebt. Man stellt den Empfänger an (wenn er nicht ohnehin den ganzen Tag angestellt bleibt!), hört konzentriert die Nachrichten, die Ansage und — nehmen wir ein beliebiges Beispiel — die Fünfte Symphonie von Tschairowsky. Die Übertragung ist makellos; kein Nebengeräusch, kein optischer Nebeneindruck, keine Unbequemlichkeit stört den Empfang. Ein Ideal der Perfektion auf dem Gebiet des Musikhörens ist erreicht. Aber der Hörer verhält sich anders, als es dieser Perfektion entspräche. Er versucht, den Empfang zu beeinflussen, verändert den Frequenzbereich, stellt den Ton größer und nachher kleiner. Er macht sich an der Zentralheizung zu schaffen, zieht den Pullover aus, weil ihm zu heiß ist. Man hat, wenn man ihn beobachtet, das Gefühl, daß er instinktiv nach kleinen Ablenkungen sucht. *Die Chance der vollkommenen Konzentration auf das Hören bleibt unausgenutzt.* Ja, der typische Rundfunkhörer arbeitet der Situation entgegen, nur mit einem Sinnesorgan, nur mit dem Ohr beschäftigt zu sein. Er geht so weit, beim Musikhören die Zeitung zu lesen. Die Paradoxie nimmt groteske Formen an: in dem Moment, wo die Technik dem Menschen die Möglichkeit des Hörens in sozusagen chemisch reiner Form geschenkt hat, degradiert der Mensch den Hörvorgang zu einem Akzessorium. Der Lautsprecher bleibt auf die Dauer angestellt; er gibt Klang von sich wie ein Springbrunnen Wasser. Im amerikanischen Drugstore, im kleinen Schwarzwaldhotel, in schwedischen Maschinenfabriken herrscht Rundfunkempfang perpetuierlich. Er gehört zum Tageslauf, ja zur Lebensexistenz so wie die Heizung oder der immer sichtbare Uhrzeiger.

Und nun hört jeder Zweifel auf, welche Art des Hörens durch die Sinnenisolierung des Radios gepflegt wird: die passive.

Es war Hugo Riemann, der immer wieder betont hat, daß das Hören von Musik nicht nur ein passives Erleiden von Schallwirkungen ist, sondern eine Tätigkeit des menschlichen Geistes. Aber er machte den Fehler, alle Geistesarbeit des Hörers auf die funktionalen Beziehungen der Akkorde zurückzuführen, d. h. auf ein tonales Prinzip, das ja nur einen Ausschnitt aus den zahlreichen Möglichkeiten musikalischer Gestalt bildet. Gegenüber dem Menschen des 19. Jahrhunderts, der für Riemann den einzigen Maßstab bildet, ist der heutige Hörer viel weniger „geistig“. Er reagiert dafür stärker auf klang sinnliche Wirkungen, und damit steigt sein Anspruch an die Qualität von Ton und Zusammenklang.

Kann aber nun das passive Hören, wie es offenbar durch den Rundfunk (und allgemein durch die mechanische Musikwiedergabe) gefördert wird, Grundlage für musikalische Erlebnisse sein? Hermann Scherchen, der sich

seit vielen Jahren mit Rundfunkproblemen befaßt, hat einmal geschrieben: „die Musik allein erlaubt, daß man sie wahrnehmen kann, ohne ausschließlich auf sie konzentriert zu sein: mit ihrem Erklängen bedrängen ihre Kräfte den hörenden Menschen. Sie erquickt, bereichert und formt uns, ohne uns immer ganz zu beanspruchen.“

Merkwürdigerweise verzichtet sie auf das Recht, uns zur Konzentration zu zwingen, gerade da, wo sie ganz allein, ganz isoliert auf uns einredet: vor dem Rundfunkempfänger. Sie übernimmt lieber neue Pflichten, sie tut alles, um mit den raffiniertesten Mitteln des Schönklangs, der virtuosollen Vollendung, der strahlenden Lautstärke auf den Hörer bezaubernd einzuwirken. Die Folgen sind spürbar. Es gibt heute schon ein musikalisches Klangideal, das sich von den isolierten Bedingungen des Radiohörens herleitet. Es unterscheidet sich in vielen Eigenschaften von dem Klangideal, das die Tradition des Konzertsaales vorgeschrieben hat. Schon beginnt aber dies neue Ideal das traditionelle auch im Konzertsaal zu verdrängen. Auch hierin zeigt die Rundfunkmusik Analogien zum filmischen Schauspiel; denn ganz ähnlich hatte ja das isolierte Sehen, das zugleich ein nicht-perspektivisches Sehen ist, neue Formen der Mimik und Gestik, ja die Favorisierung von neuen Gesichtertypen hervorgebracht, und alle diese Dinge wirkten zurück auf die lebendige Bühne.

Das isolierte Hören ist notwendigerweise auch ein nicht-perspektivisches Hören. Das normale Rundfunk-Empfangsgerät vermittelt Musik nicht stereophonisch, sondern „flach“. Die Illusion, daß der Ton aus einer bestimmten Richtung auf den Hörer eindringt, muß also künstlich angestrebt werden.

Aus allen diesen, teilweise radikal neuen Bedingungen des Hörens, dessen letzte Ursache die Einschränkung des Musikerlebnisses auf das Auditive ist, ergeben sich auch neue Bedingungen für den ausführenden Musiker. Seine Leistung ist einseitiger und genauer beobachtet als bisher. Die Anforderungen an seine Virtuosität wachsen. Das neue Perfektionsideal verdrängt mehr und mehr das alte Ideal des „beseelten“ Spiels. Es gibt für den Hörer kein weit entferntes Sitzen: er befindet sich immer in unmittelbarer Nähe des Spielers, dessen Arbeit infolgedessen quasi in akustischer Großaufnahme zu ihm dringt.

In konsequenter Befolgung des Perfektionsgebotes ist man vielfach dazu übergegangen, auf „direkte Sendung“ überhaupt zu verzichten. Denn bei Aufnahmen, die im Studio entstehen, läßt sich ja, genau wie im Film, jede Einzelheit aus dem Zusammenhang lösen und mit Hilfe von Bandschnitt eine Kette perfekter Teilmomente aneinanderreihen, so daß schließlich ein Optimum an Fehlerlosigkeit erreicht ist. Der größere Teil der Hörer liebt

diese „polierten“ Sendungen, die offenbar der Situation des isolierten Hörens, eben der Einschränkung des Musikerlebnisses auf das Auditive, entsprechen.

Daneben aber melden sich immer wieder Hörerstimmen, die Wert auf das Unmittelbare, das Dabei-Sein legen. Für diese Hörer ist die Ausschaltung der Akzessorien (etwa eines Hustens im Konzertsaal) kein Ausgleich für den Verlust der „lebendigen“ Wirkung.

Es wird zu untersuchen sein, ob der neue Hörertyp in seiner Majorität sich für das durch Technisierung ermöglichte „polierte“ Musizieren entscheidet. Daß dieser neue Hörer sozial einsamer ist, eigentlich beim Hörakt aus jeder Gemeinschaft gehoben, in letzter Intimität mit der Musik, die er auch zur Begleitung seiner intimsten privaten Verrichtungen verwenden kann, gibt ihm eine aus Tragik und Komfort gemischte Qualität. Aber es darf nicht übersehen werden, daß zwischen ihm und der Musik eben die Maschine steht, die Maschine mit ihrer Kraft, die Dinge reicher und zugleich ärmer zu machen. Die Isolierung des Höraktes, die Restriktion des Musikerlebnisses, kann selbst wieder Ausgangsstation für ganz neue syn-ästhetische Kombinationen sein. Man denke sich die Situation eines Hörenden aus, der im rasch bewegten Auto oder Flugzeug eine Komposition über den Lautsprecher hört, sie hörend analysiert, und auf dessen Auge gleichzeitig die schnell wechselnden Eindrücke von Landschaften oder Städten eindringen. Hier sind die synchronisierten Eindrücke der verschiedenen Sinne nicht mehr kausal verbunden, wie sie es im Konzertsaal oder Theater waren, sondern sie bilden eine „Montage“ im Sinne gewisser moderner Malerei. So bestätigt der untersuchte Tatbestand die radikal veränderte Beziehung des modernen Menschen zur Außenwelt, zum „Gegenstand“, zum Konkreten und Kausalen.

UNIVERSAL EDITION AG., WIEN

Eben erschienen:

Die erste elektronische Partitur

KARLHEINZ STOCKHAUSEN / STUDIE II

Langspielplatte in Vorbereitung.

Cadence N° 1 Etude Poétique

Handwritten musical score for Cadence N° 1, Etude Poétique by Darius Milhaud. The score is written for a chamber ensemble including flute, clarinet, bassoon, trumpet, violin, alto, violoncelle, and contrebasse. The notation is dense and includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings like 'p' and 'mf'.

Cadence N° 2

Handwritten musical score for Cadence N° 2 by Darius Milhaud. The score is written for a chamber ensemble including flute, clarinet, bassoon, trumpet, violin, alto, violoncelle, and contrebasse. The notation is dense and includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings like 'p' and 'mf'.

Cadence N°3

flute
clarinette
Basson
trompette
violon
alto
violoncelle
contrebasse

Cadence N°4

flute
clarinette
Basson
trompette
violon
alto
violoncelle
contrebasse

La Rivière endormie

poème de Claude Roy

Lent

~~flute~~
~~clarinette~~
~~Basson~~
Soprano
alto
viola

Dans son sommeil glissant
l'eau se suscite un songe un chuchotis de joncs roseaux i'herbes lentes

et ne sait jamais rien de son dormant mélange où le règne de

l'eau cède au calme des plantés

Voix basse Des quoi vis
voir à jeune de l'air de ten
dans son sommeil, d'un
clin du jour, d'un
feu de l'été et de ven
l'eau fraîche d'amour

da rivièr en gourdi per l'odor de la menthe dans le drey de son lit se retourne et se

vauche Mêlant ses paroles ceus à sa chamon coulaite

elle est elle qui elle est, surprise d'être une autre

*qui est ?
Voix haute ?
Voix basse ?
Voix de femme ?
Voix de homme ?
Voix de enfant ?
Voix de vieillard ?
Voix de jeune ?
Voix de vieux ?
Voix de jeune ?
Voix de vieux ?
Voix de jeune ?
Voix de vieux ?*

L'eau qui dort se réveille ab-

-sente de son flot
d'écarter de ses bras
les lianes qui la lient

pour déjouer la ver-dine et l'incendant couplet qui ourdisseut dans son

flux les algues alean-gues

*pour l'homme que dit tu ?
voix de femme. Ne pas proposer
je cherche un mot
le dit homme pas
les mots sont perdus
perdus long et bref
Il parle tout bas*

(à l'opéra de la Scala)

1-3 Mars 1954 Astor

Konstruierte Musik

VON DARIUS MILHAUD

Unabhängig von den vielen Bemühungen um eine elektronische oder konkrete „Musik“ habe ich den Versuch zu einer „konstruierten“ Musik unternommen mittels eines Klangmaterials von rein musikalischer, poetisch-lyrischer Art, indem ich aus 7 verschiedenen Bandaufnahmen die „Etude Poéteque“ formte.

Zunächst schrieb ich 4 *Kadenzen*. Unter „Kadenz“ verstehe ich eine Reihe von zugleich ertönenden Phrasen, jede komponiert für ein anderes Instrument, jede von anderer Länge und von anderem Tempo. Alle Instrumente wiederholen ihre Phrasen mehrmals. Da diese verschieden lang sind und regelrechte Pausen sowie z. T. Fermaten enthalten, führt jede Wiederholung einer Instrumentenphrase gewissermaßen zu einem anderen Kontrapunkt. Daraus entsteht eine Art klanglichen Gleichgewichtes, wie wir es — visuel — vom KALEIDOSKOK her kennen, bei dem aus den gleichen Stücken gefärbten Glases bei jeder neuen Bewegung dennoch immer wieder eine — wenn auch der vorhergegangenen völlig unähnliche — Sternenform entsteht.

Die 4 Kadenzen werden gespielt von:

Flöte, Klarinette, Fagott;
Trompete;
Violine, Viola, Vcello, Ctrbaß.

Die erste Kadenz steht über „b“; die zweite über „d“ und die dritte über „c“; indes vereint die vierte die genannten Tonalitäten: „b“, „d“ und „c“.

Die Kadenzen werden beendet, indem — nach einem Zeichen (auf ein ebensolches hatten die verschiedenen Instrumente zu spielen begonnen) — jedes Instrument nach mehrfacher Wiederholung seiner Phrase deren Noten bis zur letzten spielt, um diese dann als Fermate auszuhalten und zwar solange, bis alle Instrumente ebenso auf ihrer letzten Note angelangt sind.

Ich komponierte anschließend ein Gedicht CLAUDE ROY's für Mezzosopran und 2 Altsaxophone. Zwischen die verschiedenen Strophen dieses Gedichtes fügte ich je eine GESPROCHENE Strophe aus einem anderen Gedicht CLAUDE ROY's ein. Im ganzen ergab das 3 Bandaufnahmen: die des ganzen Liedes (über „a“ stehend) mit 2 Saxophonen, die der beiden Saxophonpartien selbst und endlich die der isolierten Gesangsstimme des Liedes. Aus letzterer gestaltete ich einen Triple-Canon: mit der Stimme a) im Original, b) eine Terz höher liegend (also beschleunigt erklingend) und c) eine Terz tiefer (also langsamer).

Mit den 4 Kadenzen und den 3 Klangaufnahmen zum Liede erhielt ich insgesamt 7 Bänder, mit welchen ich durch Kombination, durch Mischung und durch Amalgamierung der verschiedenen „Tonalitäten“ das erste Stück „Konstruktiver Musik“ zu schaffen unternahm.

Die Schallplattenfirma „FESTIVAL“ bereitet eine Veröffentlichung vor (auf 33 Umdrehungen) unter dem Titel: „Hier spricht DARIUS MILHAUD“, welche Fragmente der Experimente vereint, die ich während 40 Jahren musikalisch-kompositorischer Aktivität ausgeführt habe. Das letzte dieser Fragmente ist die hier geschilderte „Etude poétique“.

Kolloquium:

Künstlicher Nachhall und erster Rückwurf

(GRAVESANO, vom 17. bis 23. Mai 1956)

Leitung und Aufbau der Experimente: Dr. KUHL, Nürnberg

TEILNEHMER DES KOLLOQUIUMS

Dänemark: Ing. LAURIDSEN (Staatsradiofonen, Kopenhagen) / Dr. SCHLEGEL (Fonofilm, Kopenhagen)

Deutschland: Prof. CREMER (Heinr. Hertz-Inst., Berlin) / Dr. KUHL (Rundfunktechnisches Versuchsinstitut, Nürnberg) / Tonmstr. PLENGE (Radio, Berlin) / Ing. SCHAAF (Deutsche Grammophon, Hannover) / Dr. SCHROETER (Telefunken, Hannover) / Ing. SOEDING (Deutsche Grammophon, Hannover) / Dr. SPRINGER (Telefonbau, Frankfurt-Main) / Dr. WEISSE (Hessischer Rundfunk, Frankfurt-Main)

England: Dr. ALEXANDER (BBC, London) / Direktor CROSS (Pye-Nixa, London) / Ing. HAWKE (Pye, Cambridge)

Frankreich: Ing. CORDONNIER (ehem. RDF, Paris)

Holland: Ing. FRANZEN (Philips, Eindhoven) / Chefing. VERMEULEN (Philips, Eindhoven)

Italien: Ing. CACCIOTTI (RAI, Turin) / Luigi NONO (Komponist, Venedig)

Norwegen: Ing. NESHEIM (Staatsradio, Oslo)

Österreich: Dr. CAPEK (Staatsradio, Wien)

Schweiz: Ing. ENDER (Albiswerke, Zürich) / Ing. L'HARDI (Albiswerke, Zürich) / Direktor MOLO (Radio Monteceneri, Lugano)

PROGRAMM

Donnerstag, 17. Mai: *Eröffnung* des Colloquiums / Fahrt nach Bergamo (Besuch des Teatro Communale) / Fahrt nach Mailand (Gala-Vorstellung der Scala)

Freitag, 18. Mai: Vor- und Nachmittags: *Experimente / Teste und Diskussionen* / Abends: *Nachhallstudien* der BBC (Dr. ALEXANDER)

Samstag, 19. Mai: Vor- und Nachmittags: *Experimente / Teste und Diskussionen* / Abends: *Nachhallstudien* des Holländischen Staatsradios (Ing. VERMEULEN)

Montag, 21. Mai: Vor- und Nachmittags: *Experimente / Teste und Diskussionen* / Abends: *Nachhallstudien* des Dänischen Staatsradios (Ing. LAURIDSEN)

Dienstag, 22. Mai: Vor- und Nachmittags: *Experimente / Teste und Diskussionen* / Abends: *Testmethoden* (Prof. CREMER)

Mittwoch, 23. Mai: *Kenntnisnahme* der Philips-Lautsprecher-Anlage in der Mailänder Scala und *Experimente damit* (Prof. SCHERCHEN)

SCHMIDT-FLOHR AG

PIANOFABRIK · BERN (SCHWEIZ)

Diese Schweizermarke finden Sie im privaten Heim, in Konservatorien für Musik, Radio-Studios und auf Konzert-Bühnen bis weit in Übersee. Tropen-Konstruktion ist eine unserer Spezialitäten. Katalog zu Diensten. 125 Jahre Pianobau. SCHMIDT - FLOHR

Zusammenfassung der Ergebnisse des Colloquiums vom 18. - 23. V. 56

VON PROF. CREMER UND DR. KUHL

Es wurde zunächst untersucht: Was soll man einer in einem gedämpften Raum aufgenommenen primären Schallaufnahme an Reflexionen bzw. Nachhall beimischen, damit 1) der Eindruck einer Aufnahme in mehr oder weniger großen Räumen entsteht, 2) die Darbietung klar bleibt.

1) Künstlicher Nachhall.

a) Die früher übliche Einschaltung oder Zumischung eines Hallraumes kann als nicht befriedigend angesehen werden. Dies liegt zum Teil daran, daß kleine Räume bei tiefen Frequenzen zu wenig Eigentöne haben. In dieser Hinsicht ist die von Dr. Kuhl entwickelte Nachhallplatte, bei der über ein elektrodynamisches System Biegewellen angeregt und über ein zweites, piezoelektrisches, System abgenommen werden, vorteilhafter. Auch die Änderung der Nachhallzeit gelingt durch das mehr oder weniger dichte Heranschieben einer schluckenden Fläche hier viel schneller als die Änderung eines Hallraumes. Bei einem Vergleich von Aufnahmen mit Einschaltung eines kleinen Hallraumes und solchen mit Einschaltung der Platte wurde der letzteren bei tieffrequenten Schallereignissen der Vorzug gegeben. Einige der Anwesenden empfanden bei impulshaltigen Aufnahmen, die mit der Platte verhallt waren, eine heut indes behobene metallische Färbung. Über eine Abart der Nachhallplatte, nämlich ein als Zylinderspirale angeordnetes Netz aus Streckmetall, das ebenfalls zu Körperschall angeregt und abgetastet wird, berichtete Herr Lauridsen. Der dadurch erzeugte Nachhall wird als besonders weich bezeichnet. Ing. Lauridsen hat allerdings ziemlich große Laufzeiten auf seiner Klangplatte. Schwierigkeiten macht hier die Änderung der Nachhallzeit.

b) Wie Herr Lauridsen demonstrierte, wird der räumliche Eindruck einer Aufnahme im Wiedergaberaum wesentlich verbessert, wenn man den verhallten Anteil — getrennt von dem direkten Schall — einem quer zum Raum gerichteten Lautsprechersystem oder gegenphasig den zwei Systemen eines Kopfhörers zuführt. In der Diskussion wurde festgestellt, daß dies eine Abart der Pseudostereophonie für große Laufzeiten, also für den Eindruck großer Räume ist.

c) Als weiterer Weg zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls wurde die bekannte, u. a. bei der BBC in London, bei Philips in Eindhoven und beim RTI in Nürnberg ausprobierte, mehrfache Abtastung eines laufend besprochenen und laufend gelöschten Magnettonbandes, oder eines mit einer magnetischen Schicht bedeckten Tellers mit Abstand der Köpfe davon, diskutiert. Man darf bei solchen Anordnungen indes nur von einem

Hörkopf auf den Sprechkopf eine Rückkopplung vornehmen, da man sonst leicht eine Rückkopplung und Aufschauklung erhält. Dadurch hat diese Anlage den Nachteil, daß die Zahl der Reflexionen je Zeiteinheit konstant bleibt und nicht mit dem Quadrat der Zeit zunimmt, wie dies beim Nachhall in einem wirklichen dreidimensionalen Raum der Fall ist.

d) In einem Referat über künstlichen Nachhall wurde von Dr. Kuhl gezeigt, daß das *lineare* „dichter“-werden für die Natürlichkeit ausreichend ist, ein quadratisches „dichter“-werden (wie in einem wirklichen Raum) also unter Umständen nicht notwendig ist. Dieses lineare „dichter“-werden kann außer durch die *zweidimensionale* akustische Nachhalleinrichtung einer Platte durch Hintereinanderschalten zweier vollständiger Magnetton-einrichtungen mit Rückkoppelungen bei *beiden* (Vorschlag Schmidbauer, RTI) erreicht werden.

e) Dr. Alexander teilte mit, daß man bei der BBC London das „dichter“-werden der Einzelreflexionen durch die Einschaltung eines Wassertanks (als Kurz-Nachhallraum mit einer Nachhallzeit von 0,2—0,4 sc) erreicht.

f) Daß sich auch mit der Philipschen Nachhallmaschine die Illusion eines großen Raumes erzielen läßt, wenn man die verzögerten Signale getrennten Lautsprechersystemen zuführt, ist allgemein bekannt. Von Herrn Vermeulen wurde eine versuchsweis in der Mailänder Scala eingebaute entsprechende Anlage an Ort und Stelle demonstriert. Die vorhandene Nachhallzeit des Raumes von etwa 1,5 sc bei 500 Hz kann auf 4 sc gesteigert werden. Leider konnte die Wirkung nicht im Zusammenhang mit einer im Raum selbst stattfindenden Originaldarbietung erprobt werden. (Die Intendanz der Scala hat vorerst nur die Übertragung von Musik hinter der Szene und aus dem kleinen Saal vorgesehen). Es wurden daher von einem Orchester unter Leitung von Prof. Scherchen im kleinen Saal der Scala folgende Stücke gespielt und in den großen Saal gesendet: Beethoven, II. Symphonie (auszugsweise); Bach, h-moll Suite (auszugsweise); Wagner, Siegfriedidyll (ganz). Dabei wurden wahlweise eingeschaltet: die Prosceniums-Lautsprecher (als quasi direkter Schall), die im Deckenrund befindlichen Lautsprecher (mit und ohne Verhallung) und Kombinationen davon.

2) Abstand zwischen direktem Schall und Nachhall.

a) Da ein großer und ein kleiner Raum *gleiche* Nachhallzeiten haben können, genügt die Nachhallzeit allein noch nicht, um einen Anhaltspunkt für die Raumgröße zu geben. Für diese ist der Abstand zwischen dem direkten Schall und der ersten — noch nicht statistischen — Reflexion kennzeichnend. Die einfachste Annäherung an die Reflexionsverhältnisse in einem großen Raum erhält man, wenn man den Nachhall *mit kurzem Abstand* zumischt. Wie sehr dies den Eindruck erhöht, daß die Musik in einem großen Raum aufgenommen wurde, zeigten die von Dr. Kuhl mit

den Anwesenden durchgeführten Vergleichsversuche. Hierbei wurden Bandaufnahmen mit Beimischung von 2 sc Nachhall bei sofortigem und verspätetem Einsatz des Nachhalls nacheinander vorgeführt. Die Zuhörer schrieben auf vorbereitete Fragebogen: A) welche Aufnahme mehr den Eindruck mache, im großen Raum aufgenommen zu sein, und B) welche Aufnahme klarer wirke. Von 6 verschiedenen Signalen wurden im Laufe der Untersuchung nur 3 — nämlich Paukenschläge, Sprache (beide in einem schallgedämpften Raume aufgenommen) und Orchestermusik (in einem Zelt aufgenommen) — ausgewählt. Als Verzögerungszeiten wurden 25, 35 und 50 m/s angesetzt. Von 2 verschiedenen Pegelverhältnissen des Nachhalls zum direkten Schall, —5 db und —10 db, wurde fast nur das letztere getestet. Mit einer Sicherheit von 10 zu 1 wurden die Aufnahmen mit verzögertem Nachhalleinsatz dem Eindruck eines größeren Raumes zugeordnet. Die Frage, was als *klarer* anzusehen ist, wurde nur mit einem Verhältnis von 3,5 zu 1 zugunsten des direkten Anschlusses des Nachhalls an den direkten Schall entschieden.

b) Diese Ergebnisse wurden zunächst in dem stark gedämpften großen Studio gefunden, dann aber, bei der Wiedergabe in dem, einem normalen Wohnzimmer vergleichbaren Eßraum des Hauses bestätigt. *Die in solchen Normalräumen vorhandenen Reflexionen mit kurzer Laufzeit* beeinflussen somit die Beurteilung des vom Lautsprecher ausgehenden Schalles nicht!

3) Zufügung einzelner Reflexionen und von statistischem Nachhall.

a) Einen weit besseren Raumeindruck vermittelte die Hinzufügung einer einzelnen Reflexion (Wiederholung) *zwischen* dem direkten Schall und dem Nachhall. Vor allem stehen dann Raumeindruck und Klarheit nicht mehr — wie bisher unter den unter 2) angeführten Versuchen — einander entgegen. Als Beispiel hierzu sei ein Versuch erwähnt, bei welchem zunächst im Fall A) der Nachhall mit einem Pegel von —10 db nach 35 m/s einsetzte, dann im Falle B) nach 35 m/s aber nur eine Einzelreflexion kam mit einem Pegel von —10 db und *danach erst* der Nachhall nach 50 m/s mit einem Pegel von —10 db (also nach einer — zweiten — Pause von 15 m/s Dauer). Der Eindruck des größeren Raumes wurde hierdurch nur wenig — nämlich im Verhältnis 16 zu 19 (A zu B) — gesteigert. *Erstmalig* aber war, daß das *Einschieben einer einzelnen Reflexion zwischen* dem direkten Schall und dem Nachhall dazu führte, daß die Aufnahme im scheinbar größeren Raum (also bei einer ersten Wiederholung mit darauf folgender zweiter Pause) mit 7 zu 34 (A zu B) als klar empfunden wurde.

b) Auch Herr Lauridsen führte Aufnahmen vor, bei denen dem direkten Schall auf einer Bandspur zwei einzelne Wiederholungen zugefügt waren, während auf einer zweiten Bandspur auf dem gleichen Band durch Rückführung vom Hörkopf zum Sprechkopf Nachhall erzeugt wurde. Die erste Spur wurde dabei einem auf die Zuhörer gerichteten Lautsprechersystem

zugeführt, die zweite einem dazu quer gerichteten. Der Nachhall war ziemlich gut (obschon nur wenige Köpfe verwendet wurden), weil die Aufnahmen so gemacht waren, daß der direkte Schall von einem nahen Mikrophon aufgenommen wurde, während der zur Verhallung dienende diffuse Schall des Aufnahmeraumes in großem Abstand von der Schallquelle aufgenommen war.

4) *Hinzufügung erster Reflexionen zum direkten Schall in einem mittelgroßen Raum.*

a) Im zweiten Teil der Tests wurden in 5 Kombinationen Aufnahmen getestet, die — während des Colloquiums — in Studio I gemacht worden waren. Ausgehend von einem Zustand des Studios, bei dem an 14 Stellen von den Wänden und der Decke alle Reflexionen erster und zweiter Ordnung stärker als im normalen Zustand durch Glasfaserplatten *weggenommen* waren, wurden *einzelne* Reflexionen durch harte Platten hinzugefügt; bei anderen Versuchen jedoch wurden solche von vielen Reflexionen an harten Platten (die eigens vor den Wänden aufgestellt wurden) oder von solchen am Boden, weggenommen.

b) Es wurde gefragt: A) welche Aufnahme von 2 zu vergleichenden jeweils den Eindruck erwecke, daß sie aus einem wirklichen Raume stamme, B) welche Aufnahme klarer sei. Im ersten Fall — dem *gedämpften*, bei dem einzelne Reflexionen hinzugefügt wurden — ist das einfach zu beurteilen: jede hinzukommende Reflexion wird sehr klar erkannt! Dadurch leidet aber die Klarheit bei Sprachaufnahmen (in *jedem* Fall); bei anderen Signalen — Händeklatschen, Trommeln und Pizzicato einer Violine — ist die Klarheit indes ungeändert oder sogar verbessert. Im zweiten Fall — mit *vielen* Reflexionen — ist das Hinzufügen oder Hinwegnehmen einer einzelnen Reflexion überhaupt nur bei der stärksten Reflexion mit der kürzesten Laufzeit, nämlich der vom Boden, zu erkennen. (Die Frage nach der Klarheit war nicht sicher zu beantworten).

5) *Ergebnisse verschiedener Beiträge.*

a) Zum Prinzip des *Vergleichs von Bandaufnahmen* wurde auf Anregung von Prof. Cremer ein Versuch mit verschiedenen langen Orchesterdarbietungen durchgeführt. Die Mehrzahl der Anwesenden empfand Zeiten unter 4 sc als zu kurz für eine Beurteilung, solche über 7 sc aber als zu lang.

b) Es wurde ferner diskutiert, ob solche Darbietungen besser bekannten Musikstücken entnommen, oder — ähnlich wie die Lokatome bei Sprache — möglichst ohne musikalischen Zusammenhang sein sollten. Die Mehrzahl neigte dazu, bekannte Musikstücke zu bevorzugen! Es wurde aber begrüßt, Versuche mit *einem* kurzen Ton, oder eigens zur Beurteilung bestimmter Klangwirkungen komponierten Akkordfolgen zu unternehmen.

Nachhallstudien des holländischen Staatsrundfunk

VON DR. GELUK

(mit erläuternden Schallplattenbeispielen)

Die subjektive Erfahrung mehrerer Jahre hat bewiesen, daß es wichtig ist für die höheren Frequenzen bis zu 5 kHz bei Musik den Nachhall verstärken zu können; für den tiefen Frequenzbereich wirkt sich eine Nachhallverstärkung indessen meist ungünstig aus (wahrscheinlich sowohl infolge der weniger starken Richtungsempfindlichkeit unseres Ohres für tiefe Frequenzen als auch wegen des Verdeckungseffektes der tieferen Töne über die höheren). Beim Gebrauch von Nachhallräumen sollte die Nachhallzeit möglichst unabhängig sein von der Frequenz. Die von den Eigentönen hervorgerufenen Unregelmäßigkeiten des tieferen Frequenzbereiches können vermindert werden durch Dämpfung innerhalb des Lautsprecherkanals. Die per se das Mikrophon erreichenden Reflexionen sind — im Falle, daß das Phänomen als statistisch bezeichnet werden kann — leicht zu berechnen. Man findet dann daß:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{4 \pi c^3}{V} \cdot t^2$$

(worin c = der Geschwindigkeit des Schalles und V = dem Volumen ist).

Diese Formel ist jedoch nur korrekt, wenn t groß ist in Hinsicht auf den mittleren Reflexionsabstand $\frac{dn}{dt}$. Wird für diesen Quotienten 10 eingesetzt, so ergibt sich, daß bei $t < 2,5 \sqrt[3]{V}$ Millisekunden nach dem Erklängen einer Klangquelle die Reflexionsabstandsgröße von Raum zu Raum wechselt. Außerdem kann die Abstandsgröße überhaupt nicht wahrgenommen werden, wenn die zeitlichen Abstände weniger als 50 Millisekunden betragen oder $\frac{dn}{dt} > 20$ ist.

Beim Mischen der Reflexionen aus einem großen Saal mit solchen aus einem kleinen Echoraum wird der individuelle Charakter dieser Verbindung auf wenige Millisekunden *nach* dem Impuls eingeschränkt und er geht ganz verloren, wenn die Hinzumischung des Echoraums nicht auf einem weit geringeren Niveau als das des direkten Signals aus der großen Halle erfolgt. Sind die Reflexionszeiten für beide Räume gleich groß, so hängt die Reflexionsintensität ausschließlich von der Zeit t ab, wengleich

die Reflexionsabstandsgröße beträchtlich differiert. Die Überlegenheit des Charakters eines kleinen Nachhallraumes über eine große trockene Halle beruht deshalb ebenso auf der Reflexionswiederholung als auf der Reflexionsintensität. Indem man das nachhallende Signal vor der Mischung mit dem direkten Signal über die statistische Grenze hinaus verzögert, kann man diesen Effekt überwinden. Diese Verzögerungszeit kann etwas größer sein als diese Grenze, und zwar um so viel, daß die Trennung beider Signale voneinander hörbar wird. Eine Laufzeitverzögerung günstiger Art liegt ungefähr bei 45 ms. Sie kann herbeigeführt werden mittels einer Glasröhre von 15 m Länge, die man vor dem Mikrophon plaziert (Figur 1). Eine Frequenz-Korrektur bis zu 15 db ist nötig bei 5 kHz.

Der Reflexions-Wiederholungsgrad wächst nach der Laufzeitverzögerung sehr schnell für das zusammengesetzte Signal von t^2 bis auf t^3 , statt proportional zu bleiben.

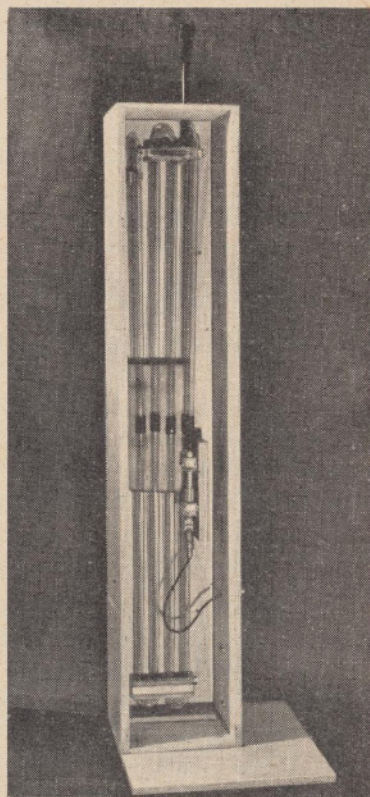


Fig. 1

Die Hinzufügung dieses Nachhallsignals verändert 2 charakteristische Raumeigenschaften: die *Deutlichkeit* und die scheinbare *Richtungsdiffusität* (Figur 2).

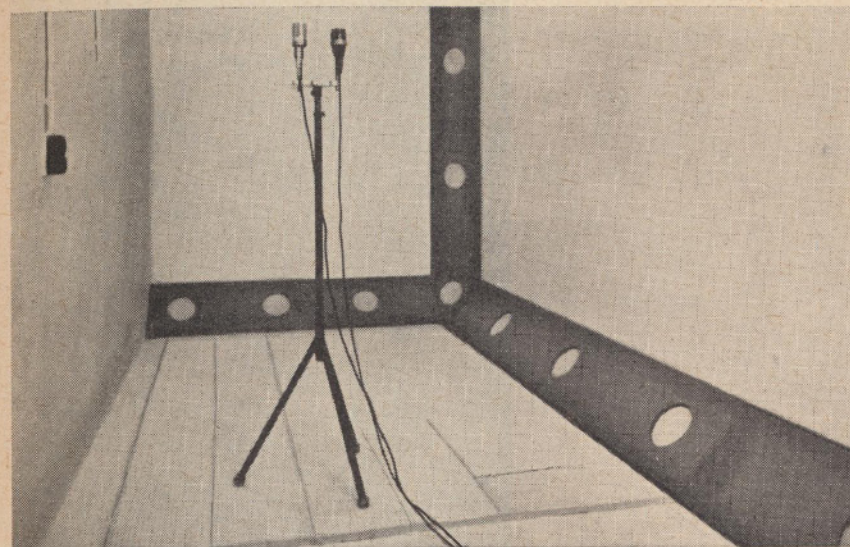


Fig. 2

Die Deutlichkeit nimmt langsam ab während der Hinzufügung des Nachhallsignals, während die Diffusion gleichzeitig wächst. Diese Diffusion ist indes nur ein Ersatz des wirklichen diffusierten Klages, der aus *allen* Richtungen kommt. Trotzdem kann das Produkt beider *Quantitäten* verändert und ein Optimum erstrebt werden.

Von der Wirkung einer für alle Frequenzen gleichbleibenden Laufzeitverzögerung unterscheidet sich das Verhalten eines durch eine Nachhallplatte erzeugten Signals (Figur 3). Hier wird die Zerstreuung Anlaß zu einer mit der Frequenz abnehmenden Laufzeitverzögerung. Als Faustregel hat man gefunden, daß bei 1000 Hz und $d = 1$ mm Nachhallplatte die Geschwindigkeit der transversalen Wellen 100 Millisekunden beträgt. Dieser Wert verändert sich entsprechend $\sqrt{\omega \cdot d}$, wenn für eine Nachhallplatte die Laufzeitverzögerung von 30 Millisekunden bis zu 3 Millisekunden wechselt. Es ist möglich, daß dies der Grund dafür ist, daß die Nachhallplatten meistens von sehr hohem Klange sind, wenn sie mittels weißem

Rauschen und Impulsen erregt werden. Indes kann diese Tatsache für Musik eine angenehme Unterstreichung der Klarheit des Violinklanges und anderer hoher Instrumente bewirken.

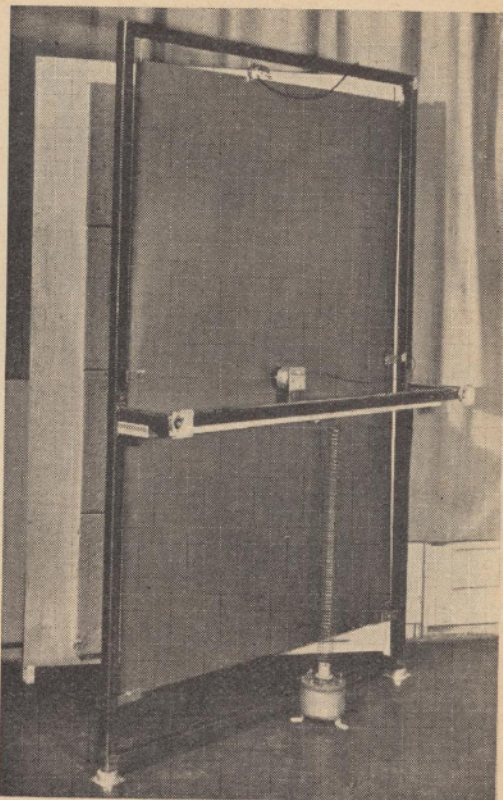


Fig. 3

Die Schallplattenbeispiele zeigen künstliche Nachhalleffekte u. zw. mittels Vergleich von direktem Schall allein, direktem Schall mit verschiedener Verhallung (durch Nachhallraum und Stahlplatte), direktem Schall mit verzögertem Nachhall, und bloßem Nachhall des direkten Schalles.

Der Raum, aus dem die Musik gesendet wurde (quasi ohne Nachhall), hatte 4000 c^3 .

Der Nachhallraum umfaßte 40 m^3 .

Die Stahlplatte hatte eine Oberfläche von $1,6 \text{ m}^2$.

Die Verzögerung wurde durch eine 16 m lange Glasröhre vor dem Mikrophon bewirkt.

Reihenfolge der auf der Schallplatte befindlichen Beispiele:

A. STATIONÄRES WEISSES RAUSCHEN

- 1) Direktsignal
- 2) Hallraum
- 3) Direktsignal
- 4) Verzögerter Hallraum
- 5) Direktsignal
- 6) Stahlplatte
- 7) Direktsignal
- 8) Hallraum
- 9) Verzögerter Hallraum
- 10) Stahlplatte

B. NACHHALL VON WEISSEM RAUSCHEN*

- 1) Direktsignal mit Hallraum
- 2) Direktsignal mit verzögertem Hallraum
- 3) Direktsignal mit Stahlplatte

C. IMPULS**

- 1) Impuls
- 2) Impuls mit Hallraum
- 3) Impuls mit verzögertem Hallraum
- 4) Impuls mit Stahlplatte
- 5) Impuls mit verzögerter Stahlplatte

D. SPRACHE

- 1) Direktsignal
- 2) Direktsignal
- 3) Direktsignal mit Hallraum
- 4) Direktsignal mit verzögertem Hallraum
- 5) Direktsignal mit Stahlplatte
- 6) Direktsignal mit verzögerter Stahlplatte
- 7) Direktsignal gemischt
- 8) Direktsignal mit Stahlplatte
- 9) Direktsignal mit verzögertem Hallraum
- 10) Direktsignal

* Der Nachhallpegel steht im Verhältnis von -9 dB zum Direktsignal.

** Das Verhalten von Impulsen im Hallraum ist besonders kritisch hinsichtlich der Hörsamkeit von Reflexionen.

E. ORCHESTERMUSIK

- 1) Direktklang
- 2) *Nur* Indirektklang von Hallraum
- 3) *Nur* Indirektklang von *verzögertem* Hallraum
- 4) *Nur* Indirektklang von Stahlplatte
- 5) Direktklang und Hallraum
- 6) *Nur* Direktklang
- 7) Direktklang mit *verzögertem* Echoraum
- 8) Direktklang
- 9) Direktklang
- 10) Direktklang mit Stahlplatte
- 11) Direktklang
- 12) Direktklang mit Stahlplatte
- 13) Direktklang mit *verzögertem* Echoraum
- 14) Direktklang mit Hallraum
- 15) Direktklang mit Stahlplatte
- 16) Direktklang

BOSSE-MUSIKBÜCHER REGENSBURG

VOM WESEN DER MUSIK

das moderne Musikempfinden DM 12.80

MUSIK FÜR JEDERMANN

dem ungekannten Radiohörer gewidmet. . . DM 10.80

Zwei Bücher von Hermann Scherchen

„Düsseldorfer Nachrichten“ vom 29. 12. 1955:

Beide Bücher sind in ihrer technischen Präzision und ihrer pädagogischen Eigenschaft für unsere Zeit wie geschaffen.

Die Grundlagen der neuen Musik

Theoretische und praktische Studien

mit

Mitgliedern der Internationalen „Jeunesse Musicale“
unter Leitung von

Fritz Enkel, Köln · Luigi Nono, Venedig

Hermann Scherchen, Gravesano

GRAVESANO 23. Juni bis 6. August 1956

23. JULI 1956 HERMANN SCHERCHEN

Die Kompositionstechnischen und Klangmateriellen
Ausgangspunkte der neuen Musik.

24. - 30. JULI 1956 LUIGI NONO

Seminar der neuen Musik (mit Analysen von:
Schönberg - Variationen Op. 31
Webern - Variationen Op. 30)

31. JULI 1956 BÄNDERKONZERT

- 1) Schönberg - Tanz um das goldene Kalb
- 2) Webern - 1. Kantate
- 3) Dallapiccola - Prigioniero
- 4) Henze - Symphonische Etuden
- 5) Strawinsky - Messe

1. - 6. AUGUST 1956 FRITZ ENKEL

Seminar der elektronischen Klanggestaltung
(Klangveränderungen, Klangobjekte).

LUIGI NONO UND HERMANN SCHERCHEN

Gemeinsames Studium an Tonbändern von:

- a) Pierre Boulez - „Le marteau sans maître“
- b) Karlheinz Stockhausen - „Kontra-Punkte“
- c) Luigi Nono - „Incontri“

Stereofonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe

(Grundgedanken und neuere Experimente mit untraditionellen Systemen)

VON HOLGER LAURIDSEN UND FRANZ SCHLEGEL

Stereoskopie und Stereofonie sind nicht nur zwei artverwandte Begriffe, deren Vereinigung auf dem Gebiete modernster Filmtechnik geschehen ist, sondern sie sind auch verwandt in ihren physiologischen, psychologischen und physikalischen Gesetzen. Trotzdem bestehen schwerwiegende Unterschiede auf beiden Gebieten. Ein Bild ist normalerweise zweidimensional; Stereoskopie soll die dritte Dimension, die *Tiefe* bringen. Ein Film ist räumlich zweidimensional, hat aber außerdem eine zeitliche Dimension. Ein *stereoskopischer* Film hätte *drei* räumliche und eine zeitliche Dimension. Häufig kann die *zeitliche* Dimension dazu beitragen, einen *pseudo-stereoskopischen* Effekt zu schaffen, (wie z. B. bei den sogenannten „Fahr“-Aufnahmen, wo eine leichte Bewegung der Kamera durch zeitliche Verschiebung des Vorder- und Hintergrundes einen stark stereoskopischen Eindruck hervorruft). Wir sehen beim gewöhnlichen Film, aber auch beim stereoskopischen die Handlung noch immer wie durch ein Fenster; um das Erlebnis vollständig zu machen, müßten technische Hilfsmittel uns *mitten hinein in die Szenerie* versetzen.

Die gewöhnliche Lautsprecherwiedergabe könnte man als räumlich *null-dimensional* bezeichnen, da die Schallquelle punktförmig ist. Räumliche Koordinaten in das Tonbild zu bringen, ist die Aufgabe der Stereofonie. Ebenso wie beim Bild ein stereoskopischer Effekt durch die Zeitkoordinaten erreicht werden kann, läßt sich dies auch bei stereofonischer Klangwiedergabe erreichen. Aber auch *Pseudostereofonie* ist möglich! — wie wir später sehen werden.

Der erste Versuch eines stereofonischen Systemes ist natürlich der der zweidimensionalen Abbildung gewesen: viele in einer Ebene angebrachte Mikrofone einigermaßen scharfer Richtcharakteristik werden mit vielen Lautsprechern in einer Ebene verbunden. (Der Effekt wäre, ein Schallereignis gewissermaßen so durch ein Fenster zu hören, wie ein Bild etwa der Betrachtung durch ein Fenster entspricht.) Technisch unwirtschaftlich ist die große Zahl der Kanäle. Ein zweiter Versuch das Problem zu lösen ist der „künstliche Kopf“, dessen zwei Mikrofone sicherlich genau das hören, was unsere beiden Ohren vernehmen würden. Überträgt man mit einem Doppelkopfhörer jedes künstliche Ohr für sich, (1.), so erhält man mit nur zwei Kanälen ein recht gutes stereofonisches System, dessen Unwirtschaftlichkeit und Unpraktischkeit nur in der Notwendigkeit liegt,

jeden Zuhörer mit einem Kopfhörer zu versehen. Es wäre daher zu versuchen, ob man nicht das erst genannte System, eventuell in Kombination mit dem „künstlichen Kopf“, so vereinfachen könnte, daß man mit einer kleinen Anzahl von Übertragungskanälen auskäme.

Zunächst einmal scheinen das die Gründe, aus denen man sich bei der Stereofonie auf die horizontalen Koordinaten beschränkt hat. In der Tat sind die meisten Vorgänge so beschaffen, daß sie in die Breite und Tiefe, aber nicht in die Höhe verlaufen. In der Filmtechnik hat diese Erkenntnis zu Bildformaten geführt, die wesentlich breiter als höher sind. Die Stereofonie hat sich dem angepaßt. Auch für nur klanglich übertragene Ereignisse dürfte das meist ausreichend sein; sowohl für Personen eines Hörspiels als bei Übertragung der Darbietungen eines Orchesters dürfte die horizontale Orientierung des Zuhörers ungleich wichtiger sein als die vertikale. Daher ging man bei allen bisherigen stereofonischen Systemen zunächst davon aus, diese Dimension gehörig zur Wiedergabe zu bringen. Selbstverständlich könnte man auch hier damit beginnen, eine Reihe von Mikrofonen auf eine Reihe von Lautsprechern zu übertragen (2.), (3.), (4); ein solches *Vielkanalsystem* gibt gute Resultate. Frühzeitig wurde entdeckt, daß zwei *in Phase* arbeitende Lautsprecher gleicher Stärke nicht getrennt gehört werden, sondern als nur eine Schallquelle auf der Mitte ihrer Verbindungslinie lokalisiert (wenigstens wenn der Zuhörer genügend weit von den Lautsprechern entfernt ist; befindet er sich zwischen diesen, so liegt die Schallquelle scheinbar im Zenit). (5). Ist der Abstand zu den Lautsprechern relativ klein, so erscheint die Schallquelle etwas nach oben versetzt. Da man bei normalen Kinotheatern auf den vorderen Plätzen die Leinwand in der Regel „erhöht“ sieht, ist dieser Effekt hier willkommen. Bei Phasenänderung oder Lautstärkevariierung verschiebt sich das Lautbild zur Seite. De Boer (1.), der diese Verhältnisse genauer untersucht hat, fand, daß — jedenfalls für die höheren Töne — die *Lautstärke* beider Lautsprecher maßgeblich war. Sowohl der künstliche Kopf als zwei Mikrofone räumlich getrennt in größerem Abstand von der Schallquelle, gaben befriedigende Resultate. Als Merkwürdigkeit trat oft eine gewisse Lokalisation in der Tiefe des Raumes auf, was zunächst unwahrscheinlich schien.

Neue Probleme technischer und physiologischer Art traten bald bei den Versuchen stereofonischer Übertragung auf. Die erste Schwierigkeit war, den Nachhall und die Diffusität von Aufnahme- und Wiedergaberaum zu beherrschen. Ein anderes Problem blieb, das Erlebnis einer Situation zu gestalten. Solange man von der Klangsendung keinen Nachhall erwartet und in einem gedämpften Raum abhört, erhält man, wie beim Bild, eine Abbildung wie durch ein Fenster. Wir sagten schon, daß das bildliche Erleben erst vollkommen wäre, wenn es technisch gelänge, uns mitten in die

Szenerie zu versetzen. Was entspricht dem gehörmäßig? Offenbar geht die Erfahrung hier dahin, daß für das primitive Erleben eines Filmes ein „mitten im Ereignis“ sein wenigstens akustisch notwendig wäre (daher die Effektlautsprecher bei Cinemascope). Beim Erlebnis von Konzerten spielt die Akustik des Saales eine wesentliche Rolle für das Miterleben (ein Symphonieorchester in freier Luft ist weitgehend seiner klanglichen Wirkung und Schönheit beraubt!). Bei einer Transmission von einem Raum in einen anderen spielt jedoch auch die Akustik des Wiedergaberaumes eine wesentliche Rolle. Kurz gesagt: das räumliche Erleben wäre erst vollkommen, wenn es gelänge, den Aufnahme- und Wiedergaberaum dreidimensional in den Wiedergaberaum hinein zu projizieren.

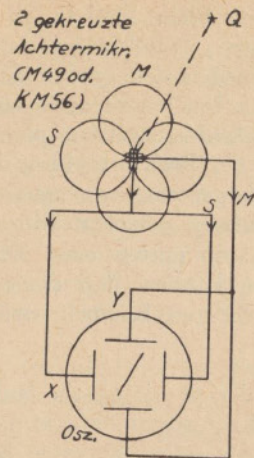
Bleiben wir zunächst bei der anfangs erwähnten zweikanaligen stereofonischen Übertragung. Aufnahmeseitig sprachen wir vom „künstlichen Kopf“ oder von zwei getrennt aufgestellten Mikrofonen. Beides hat Vor- und Nachteile. Die zwei getrennten Mikrofone sind nicht möglich, wenn die Akustik des Senderaumes unbefriedigend ist (was wegen der Kulissenbauten meist wohl in Filmateliers der Fall ist). Warncke (6.) schlug daher vor, eine Reihe von richtungselektiven Mikrofonen anzuwenden, und diese auf zwei Kanäle zu überführen. Wiedergabeseitig hat das zweikanalige System in dieser Form große Schwierigkeiten. Die akustische Breite ist gegeben, und schwer einem Wiedergaberaum mit anderen geometrischen Verhältnissen einzupassen. Ferner ist (beim Film) der Ort des Gesehenen und Gehörten nicht derselbe, wenn der Hörer sich nicht auf der Mittellinie befindet: beide Lautsprecher werden bei gleicher Stärke auf eine Schallquelle in der Mittellinie lokalisiert. Begibt sich der Zuschauer nach rechts, so kommt er dem rechten Lautsprecher näher, dessen erhöhte Intensität eine Rechtsverschiebung der lokalisierten Schallquelle verursacht, während die gesehene Bildmitte eine Wanderung nach links vorgenommen hat. Diese Phänomene lassen sich korrigieren: de Boer gibt eine Methode zur Breitenregelung an, Warncke empfiehlt richtungselektiv strahlende Lautsprecher zur richtigen Lokalisation der Schallquelle. Bei längeren Sälen können Nachhall und Reflexion an den Seitenwänden die stereofonische Wirkung abschwächen. Daher ist man für den Film heute im allgemeinen bei drei Wiedergabelautsprechern geblieben: rechts, links und Mitte, womit die Lokalisation verbessert wird.

Für Rundfunkübertragungen spielt die genaue Lokalisation keine Rolle, da man Orchester und Personen nicht sieht. Dagegen kommen hier andere Verhältnisse zur Geltung: erstens ist der Wiedergaberaum in der Regel klein gegen den Aufnahme- und Wiedergaberaum, so daß die akustische Breite unnatürlich wirkt bei Wiedergabe der ursprünglichen Ausmaße; zweitens sollte der Aufnahme- und Wiedergaberaum „um uns herum“ abgebildet werden. Wir hören aber „wie durch ein Fenster“ und der Nachhall unseres Wiedergaberaumes ist häufig,

besonders für große Orchesterdarbietungen, zu klein. Drei Fragen tauchen auf: 1) die Übertragung bzw. Erzeugung eines „Raumklanges“ im Wiedergaberaum (der trotz seiner kleinen Abmessungen den großen Senderaum vortäuschen soll; da der Wiedergaberaum selbst jedoch auch visuell eine Rolle spielt, ist die Lösung sicher keine wirklichkeitsgetreue physikalische Abbildung des Schalls) 2) die Möglichkeit der Breitenregelung des Lautbildes zu einem in der Geometrie des Wiedergaberaumes tragbaren Kompromiß und 3) das Problem, ob der Raumklang so bedeutend zu werden vermag gegenüber dem Richtungseffekt und ob mittels eines Zeiteffektes Richtungswirkungen so vorgetäuscht werden können, daß die eigentliche stereofonische Richtungsübertragung bei kleineren Räumen vielleicht in den Hintergrund tritt.

Hierfür ist es notwendig, weitere physikalische, physiologische und psychologische Untersuchungen anzustellen über die Art unserer Richtungs- und Raumempfindung und auf die Frage nach der ästhetisch guten Raumwirkung einzugehen. Verschiedene Experimente haben Resultate ergeben, die zu einer Reihe von bisher untraditionellen technischen Ausführungen von stereofonischen und pseudostereofonischen Aufnahme- und Wiedergabesystemen geführt haben. Unter „Nachhall eines Raumes“ versteht man bekanntlich das Abnehmen der gesamten Lautstärke im Raume nach dem Aufhören des von einer Quelle ausgesandten Schalles. Oftmals wurde früher der Nachhall als alleiniges Kriterium für die Güte eines Konzertsales bezeichnet; das ist keineswegs richtig —: die „Diffusität“ spielt eine sehr große Rolle. (8a). Unter Diffusität versteht man, daß ein stoßähnliches kurzes Signal an einem bestimmten Raumpunkte von einem Zuhörer oder einem richtungselektiven Mikrofon vielmals und aus verschiedenen Richtungen (gemäß der verschiedenen Wandreflexionen usw.) gehört wird. Ist indes der Abstand zwischen den einzelnen reflektierten Signalen zu groß, so spricht man von Echo (evtl. von „Flutterecho“, wenn der Schallimpuls zwischen zwei parallelen Wänden hin- und herläuft und in recht definierten Abständen deutlich, aber schwächer und schwächer vernommen wird) und wird der Abstand zwischen den Impulsen zu klein, so werden diese nicht mehr scharf getrennt empfunden (8b).

Zur Untersuchung solcher Raumdiffusitäten wurde ein akustisches Goniometer (Fig. 1) konstruiert, bestehend aus zwei gekreuzten Achtermikrofonen, die über zwei Verstärkern den Plattenpaaren eines Kathodenstrahl-Oszillografen zugeführt wurden. In einem *schalltoten* Raume konnte man mit dieser Einrichtung die Richtung einer Schallquelle (auch einer stark modulierten, wie etwa Sprache) einwandfrei feststellen, und in einem *hallenden* Raume die in Zeit richtungsabhängige Diffusion eines Signals beobachten. Natürlich beruht das Instrument auf der vektoriellen Zerlegung einer Schallwelle in zwei vorgegebene Koordinaten. Interessant ist die



Akustisches
Goniometer.

Fig. 1

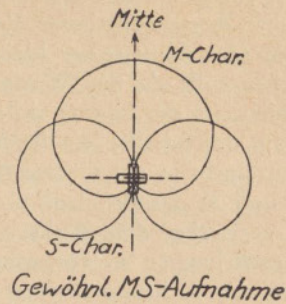
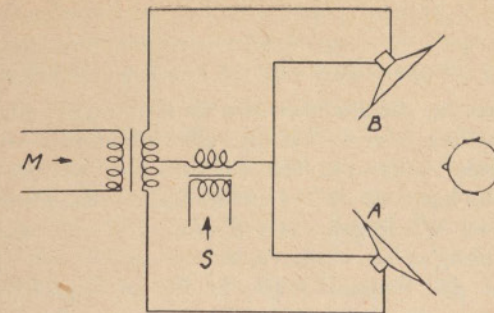


Fig. 2

Frage nach einer stereofonischen Wiedergabe nach demselben Prinzip. Ohne Zweifel nimmt unser Gehör wenigstens für die tieferen Töne eine ähnliche Analyse vor. Für eine Schallwelle von vorn müssen sich in unseren seitlich gestellten Ohren beide Trommelfelle gegenphasig bewegen, d. h. z. B. gleichzeitig nach dem Inneren des Kopfes hin. Die Geschwindigkeitskomponente vorbeiströmender Schallwellen ruft eine Druckkomponente auf die zu ihnen senkrecht stehenden Ohren hervor. Von hinten wird unsere Wahrnehmung wegen der Ohrmuscheln schwächer sein. Die Richtwirkung „vorn-hinten“ könnte also einigermaßen durch ein Nierenmikrofon nachgebildet werden. Für Seitenschall werden sich beide Trommelfelle gleichphasig bewegen; daher wird man diese Richtung durch ein zur Vorn-Hintenachse quergestelltes Achtermikrofon abbilden können. (Fig. 2). Verwendet man zwei Kopfhörer mit je zwei Spulen, so kann man das Nierenmikrofon in den Kopfhörern mit je einer Spule verbinden, daß die Membranen gegeneinander arbeiten; das Achtermikrofon mit den anderen Spulen, so daß diese Membranen sich im selben Sinne bewegen. In der Tat erhält man so eine brauchbare stereofonische Wiedergabe.

Der nächste Versuch ging darauf hinaus, das System wiedergabemäßig nachzubauen. Im schalltoten Raum wurde ein Lautsprecher mit Schallwand aufgestellt, verbunden mit dem Nierenmikrofon; und davor, resp. dahinter, eine quergestellte Lautsprechersäule, verbunden mit dem Achtermikrofon. In der Tat hat man eine gute stereofonische Wirkung in kleinerem Abstand von diesem System und hört den Schall aus Richtungen, in denen sich gar kein Lautsprecher befindet. Es ist auch ohne weiteres klar, daß man

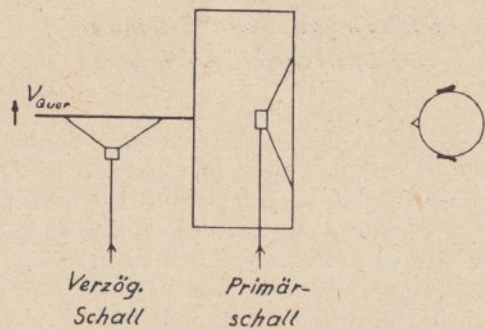


AB-Wiedergabe von MS-Signalen
mittels Differentialübertrager. Fig. 3

die akustische Breite der Darbietung ändern kann durch die Regelung der Verstärkung im Querkanal, und zwar, im Gegensatz zu de Boers Regelung, falls notwendig auch über die ursprüngliche Breite hinaus. Es ist nicht unbedingt notwendig, die Aufnahme mit den erwähnten Mikrofonen auf die eben beschriebene Art wiederzugeben. Wie schon gesagt, kann man die Richtung des Schalles auffassen als in zwei Vektoren zerlegt: in die Mittenrichtung M und die Seitenrichtung S, oder: die Kanäle (links A, und rechts B) könnte man auffassen als Summe und Differenz der beiden Kanäle: $A = M + S$, und $B = M - S$. Durch Anwendung eines Differentialtransformators (Fig. 3) ist es möglich, diese Summation zu machen und damit auf ein traditionelles System mit zwei Lautsprechern oder Kopfhörern überzugehen. Versuche zeigten, daß dieses perfekt zu erreichen ist. Wirtschaftlich hat eine solche Informationsverteilung auf zwei Kanäle eine große Bedeutung. Es dürfte oft schwierig sein, Platz für zwei Informationskanäle (anstatt wie bisher für einen) zu schaffen für die stereofonische Wiedergabe, z. B. beim Rundfunk. Es wäre bei AB-Systemen notwendig, bei Sendungen für Hörer, die nicht Stereophonie wünschen oder aus ökonomischen Gründen nicht haben können, einen Sendekanal (oder spezielle Aufnahmen bei Grammophon etc.) zu opfern; denn keiner der Kanäle A und B für sich allein befriedigt. Bei Film oder Band ließe sich jedoch eine direkte Summation der beiden Aufzeichnungen $A + B$ bei der Wiedergabe vornehmen. Beim Rundfunk wäre die Forderung dieselbe wie beim Farbfernsehen in Amerika, wo nur ein solches System in Frage kommt, mit dem auch direkt schwarz-weiß mit gewöhnlichen Empfängern aufgenommen werden kann. Nur ein solches Stereosystem kann gebraucht werden, welches gleichzeitig von gewöhnlichen Hörern mit üblichen Apparaten einkanalig monaural benutzt werden kann. Das MS-System erfüllt diese Forderung, da der $M = A + B$ Kanal ein normaler Kanal ist. Schon erwähnt

wurde die wichtige Breitenregelung, die hier in einfacher Weise vorzunehmen ist durch Regeln der Lautstärke im Seitenkanal: später werden wir sehen, daß dieses System auch noch eine Reihe anderer Vorteile hat.

Die ersten Versuche, die *Raumakustik* zu übertragen, gingen darauf hinaus, ein quergestelltes, oder — bei Orchesteraufnahmen — vielleicht sogar senkrecht gestelltes *Achtermikrofon* anzubringen, welches zum Orchester hin eine tote Zone hatte, so daß es nur indirekten Raumschall empfing, um diesen dann — im Wiedergaberaum direkt oder auch noch künstlich diffundiert oder verzögert — wieder auszusenden. Um eine große Diffusion zu erhalten, war das Ruummikrofon häufig im Konzertsaal viele Meter



Querlautsprecherprinzip Fig. 4

über dem Aufnahmefunkrofon angebracht. Zur Aussendung im Wiedergaberaum wurden teils Seitenlautsprecher in traditioneller Anbringung verwandt, teils wurde auch versucht, das Achtermikrofon direkt zu reproduzieren mittels einer ähnlich aufgestellten Lautsprechersäule (Querlautsprecher). (Fig. 4). Aus diesen Versuchen wurden dann die Stereoversuche nach dem MS-System abgeleitet. Bleiben wir zunächst einmal beim Stereosystem. Der Abstand unserer Ohren ist etwa 15 cm; einer halben Wellenlänge von 15 cm entsprechen etwa 1000 Hz und oberhalb dieser Frequenz dürfte unser Empfinden für „Conphase-Antiphase“-Schall ziemlich problematisch werden. (9.) In der Tat zeigt sich bei der Aufstellung eines MS-Lautsprechersystemes (d. h.: Schallwandlautsprecher verbunden mit Nierenmikrofon, und quergestellte Lautsprechersäule verbunden mit quergestelltem Achtermikrofon) eine relativ schlechte Wirkung bei den höheren Tönen. Entmischt man die Frequenzen der MS-Kanäle ab ca. 1 kHz in einem Differentialtransformator auf AB-Kanäle und führt diese den zwei rechts und links gestellten Lautsprechern zu, so ist die Stereophonie der Wiedergabe perfekt. Wohl bemerkt wird die quergestellte Säule beständig für

die tieferen Frequenzen benutzt. Diese Wiedergabe der tiefen Frequenzen gibt einen wesentlich verbesserten Effekt gegenüber der traditionellen Stereowiedergabe nach dem AB-System, wo man Frequenzen unter 500 oder 300 Hz gewöhnlich einem in der Mitte stehenden gemeinsamen Baßlautsprecher zuführt, geleitet von dem Gedanken, daß die tiefen Frequenzen nichts mehr zur stereofonischen Wirkung beitragen würden. Eine Verbesserung der räumlichen Wirkung wurde versucht einmal mittels eines dritten, etwa 6—10 m in die Höhe verschobenen Ruummikrofones, und danach mittels verzögerten Schalls. Hier erwies sich, daß der S-Schall — einem Verzögerer zugeführt — bessere Resultate ergab als der direkte Schall. Die Begründung liegt wohl einfach darin, daß die steilen Einsatzfronten vieler Instrumente — verzögert wiedergegeben — einen „Raumschall“ produzieren, dessen Hüllkurve unwirklich stark zerklüftet ist, und daß dieser Effekt, z. B. bei magnetischen Verzögerern mit Anwendung von Rückkopplung und vielen Köpfen, nur schwer zu verwischen ist. Der wahre „Raumschall“ hat mehr ausgeglichene Hüllkurven, schon dadurch, daß Raumresonanzen, stehende Wellen, verschieden gute Reflektoren für tiefe und hohe Töne etc. eine Diffusion des Schallbildes hervorbringen, die die Konturen verwischt. Daher ist der S-Schall, der bereits mit diesen verwischten Konturen behaftet sein muß, am besten geeignet, *künstlichen* Raumschall hervorzubringen.

Vermeulens kürzliche Berechnungen (10.) über die Intensität des Raumschalles zeigen, daß dieser wichtig ist für den Hörer, da seine Intensität schon wenige Meter vom Orchester entfernt die Intensität des direkten Schalles übersteigt (!).

Versuche ähnlich der Vermeulen'schen in Eindhoven, (11.) Detmold und Gravesano, (12.) mit magnetischem Verzögerer, aber für *S-Schall*, wurden mit gutem Erfolge durchgeführt, und demonstriert teils auf einer Tagung der „Nordischen Akustischen Gesellschaft“ und teils anlässlich des Vortrags Ing. Lauridsen's im dänischen Ingenieurverein. (Juni bzw. Dez. 54).

Die Versuche Dr. Kuhl's (13.), (14.), (15.) mit Klangplattenverzögerern fanden auch eine Parallele in Kopenhagen; nur wurde hier Streckmetall (Eisen) verwendet, angeregt und abgetastet mit Piezokristallen. Diese Klangplattenverzögerer erwiesen sich häufig den magnetischen überlegen. Nach Ing. Lauridsen's Erachten liegt der Unterschied zum Teil darin, daß die Verzögerungen für alle Frequenzen beim *magnetischen* Verzögerer dieselben sind, während sicher die Laufzeiten für die verschiedenen Frequenzen bei Klangplatten, besonders mit so unregelmäßigen Eigenschaften wie Streckmetall, verschieden sind (was mehr den natürlichen Raumeffekten entspricht). Das gleiche gilt wohl für die Versuche mit Hallräumen, zur nachträglichen Diffundierung magnetverzögerten Schalles. Rein gehörmäßig wird man sich jedoch außerordentlich schnell darüber klar, daß in kleineren Räumen guter Raumschall wichtiger ist, als eigentliche Stereophonie.

Gute Ergebnisse erreicht man, wie schon gesagt, mit einem möglichst wenig direkten Schall empfangenden besonderen „Raummikrofon“, übertragen auf ein System von Raumlautsprechern direkt oder mit zusätzlichen Verzögerungen. Die ästhetische Raumwirkung war vorzüglich und sogar eine beachtenswerte pseudostereofonische Wirkung trat auf. Sicher ist dies darauf zurückzuführen, daß unsere Abstands- und Richtungswahrnehmung in Räumen in großem Maße abhängig ist von den ersten Reflexionen der Einsätze oder Stoßlaute; diese Informationen befinden sich aber in der „Hüllkurve“ des Raumschalles. Es liegt nahe zu versuchen, statt ein zweikanaliges System anzuwenden, „künstlichen Raumklang“ aus der gewöhnlichen Einkanalübertragung herzustellen. Diese Versuche wurden gemacht, teils mittels Magnetverzögerer, teils mittels Klangplattenverzögerer. Die Resultate sind so überraschend gute (besonders mit der reichen Diffusion einer Klangplatte, die ja außerdem den Vorteil hat, ein relativ billiges Instrument zu sein), daß man diesem System für Wiedergabe in kleinen Räumen, z. B. bei Radio und Schallplatten, eine zukünftige Anwendung prophezeien darf, um so mehr, als die Aussichten, wirtschaftlich und verteilungspolitisch, weitere Kanäle oder größere Kanalbreiten für Rundfunk-sendungen frei zu bekommen, keine großen sind.

Bedingung für dieses pseudostereofonische System ist jedoch, daß der natürliche oder künstliche Raumklang über ein „raumakustisches“ Lautsprechersystem, getrennt vom normalen Übertragungskanal, wiedergegeben wird.

Für kleinere Räume, wo man oft vor der Anbringung vieler verteilter Lautsprecher zurückschrecken wird, hat sich als besonders wirkungsvoll eine quergestellte Säule ergeben, unmittelbar hinter dem normalen nach vorn gerichteten Lautsprecher angebracht (eine Kombination, die sich in einfacher Weise in einem einzigen Lautsprecher-Möbel vereinigen läßt).

Der Versuch, den Raumklang etwa dem gewöhnlichen Lautsprecher zu überlagern, muß scheitern. Diffuser Raumklang, aus derselben Richtung wie der normale Schall, gibt den schon früher zitierten unschönen „Fenster-effekt“, die pseudostereofonische Wirkung geht daher ganz verloren, und das einzige, was übrig bleibt, ist ein etwas vergrößerter Nachhall.

Zunächst wurde hier eine gemeinverständliche Darstellung der Grundzüge der verschiedenen Forschungsarbeiten und Entdeckungen gegeben. An Forschern seien besonders genannt:

de Boer (1.), (5.), Warncke (6.), Békésy (16.), Kleis (17.), Vermeulen (10.), (11.), Kuhl (13.), (14.), (15.), (19.), Harz (18a.), Kösters (18b.), Geluk (7.), Fletcher (2.), und Snow (3.) — alles Namen, die mehr oder weniger geläufig sind. In Dänemark wurden die Versuche weitergeführt durch Dr. Jordan (20.) beim dänischen Rundfunk, Ing. Rorbaek-Madsen von der Firma Bang & Olufsen in Struer und Ing. Lauridsen.

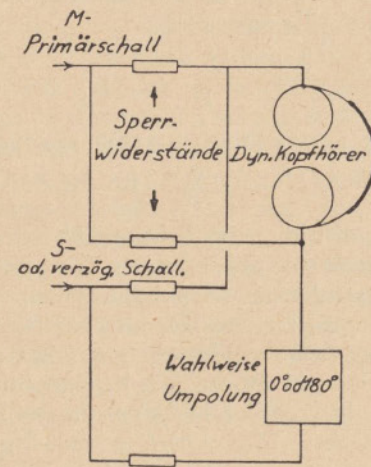
Natürlich wurden bei diesen Arbeiten eine Fülle interessanter Beobachtungen gemacht, die Ing. Lauridsen vor der „Nordischen Akustikertagung“ am 18. Juni 1954 und im „Dänischen Ingenieurverein“ am 7. Dez. 1954 bekannt gab. Da der erste dieser Vorträge nur dänisch (mit kurzem englischen Resumé) (21.) veröffentlicht wurde und der zweite bisher noch gar nicht, so sei es gestattet, hier anschließend die wichtigsten Daten beider Vorträge mitzuteilen.

I.

KOPFHÖRERVERSUCHE.

Eine Bandaufnahme wird mit zwei verschiedenen Abhörköpfen mit einer Zeitdifferenz von etwa 50—150 ms abgespielt.

Das Primärsignal M wird symmetrisch aufgeteilt an die beiden Hörmuscheln eines guten Kopfhörers, das heißt so, daß die Membranen sich *conphas* (*gleichzeitig*) gegen den Kopf hin bewegen. Wir wollen das bezeichnen mit: die Schalldrucke sind in Phase. Das verzögerte Signal S wird ebenfalls aufgeteilt, aber so, daß die von diesem Signal verursachten Membranbewegungen zum Kopf hin *antiphas* stattfinden, die Schalldrucke an beiden Ohren also in Gegenphase sind. (Fig. 5.) Spielt man eine gewöhnliche, gute Aufnahme in dieser Weise ab, bekommt man einen, auch ästhe-



Anordnung für stereofonische oder räumliche Kopfhörerwiedergabe. (Schema nur einpolig gez.) Fig. 5

tisch ansprechenden, räumlichen Eindruck, wenn Amplituden und Verzögerung passend gewählt sind.

Für das Abhören räumlicher Eindrücke im Kopfhörer ist charakteristisch, daß die räumlichen fiktiven Schallrichtungen auf den Halbkugelraum hinter dem Hörer begrenzt sind.

Hört man beide Signale jedes einzeln für sich, so ist der Eindruck etwa der: alle Schallquellen scheinen sich in einem Punkte zu befinden, den man etwa innerhalb des Kopfes lokalisieren kann. Die meisten Personen können einen Unterschied beim Einzelabhören beider Signale wahrnehmen, und zwar ist das Antiphasesignal etwas dunkler in der Klangfarbe und scheint einem etwas mehr nach hinten verlagerten Punkt zu entspringen als das Conphasesignal. Die empfundene Lautstärke indes ändert sich sehr wenig beim Wechsel der beiden Signale.

Das Prinzip zur Erzeugung des Eindruckes von Raumbegrenzungen in gewissem Abstand vom Hörer ist offensichtlich, daß derselbe Schall mehrmals (in diesem Falle zweimal) abgehört werden muß, aber mit einem Unterschied in der Schallverteilung für beide Ohren bei den sukzessiven Wiederholungen. Bei symmetrischer Aufteilung der Signale erhält man statistisch eine symmetrische Aufteilung des Raumklanges. Man kann dies beweisen, wenn man sich damit begnügt, Primärschall und Sekundärschall getrennt in je eine Ohrmuschel zu leiten. Die Raumwirkung ist dann wesentlich schlechter; sie entspricht etwa dem, wenn man im fiktiven Raum das eine Ohr der Schallquelle zuwendet.

II.

ERHÖHUNG DES CHORISCHEN EFFEKTES VON SPEKTRALMODULIERTEN KLÄNGEN

Es gibt einen Effekt, den ich erstmals beim Abhören in Kopfhörern nach dem beschriebenen Conphas/Antiphase-Prinzip feststellte. Beide verwendete Signale wurden rein synthetisch hergestellt, hatten also nichts mit der Akustik in großen Räumen zu tun. Der als conphas verwendete Primärklang bestand aus einer Reihe synchronisierter Oktaven, gewonnen durch Frequenzteilung von einem obertonreichen Kippgenerator; außerdem wurden zwei hochliegende, in Frequenz leicht verstimmt Kippgeneratoren zugemischt, der eine in Oktav-, der andere in Quintlage zum Grundklang. (Vergleiche den Plenumklang einer Orgel.) Der gesamte Klang war, zumindest im Hochtongebiet durch eine begrenzte Mehrtonigkeit charakterisiert, die — durch das Zusammenschweben der leicht verstimmt Generatoren — als tieferperiodische Amplitudenmodulation in den verschiedenen Obertonlagen hervortrat. Der Antiphaseklang war zunächst derselbe wie der Primärklang; doch wurde die gleiche Bandaufnahme für ihn mit hal-

ber Geschwindigkeit, also eine Oktave tiefer abgespielt, und außerdem in der Spektralverteilung durch etwas Höhenanhebung kompensiert. Als unerwarteter subjektiver Eindruck zeigte sich eine stark stereofonisch geprägte Steigerung des „chorischen Effektes“. Dieser Effekt äußerte sich weniger „räumlich“, als innerhalb des Kopfes, wenn beide Signale gleichzeitig nur conphasig oder antiphaseig den Ohren zugeleitet wurden.

Beim Conphas/Antiphase-Hören hatte man den deutlichen Eindruck, daß der totale Klang aus allen Richtungen von hinten her kam, und zwar die hohen Töne wie von weniger entfernten Quellen, die tiefen aber aus größeren Abständen wie in einem großen Raum. Der Effekt beruht also nicht auf diskreten Verzögerungen und ist außerdem unabhängig von der Startstelle und sogar von der Laufrichtung der beiden Bänder. Hauptsache ist: er tritt nur auf, wenn ein komplizierter Primärklang verwendet wird, d. h. bei einem Spektrum, welches in so verwickelter Weise zeitabhängig ist, daß es sich nur selten und in großen Zeitabständen wiederholt. Solche sogenannten „lebendigen“ Klänge (22.) sind aber von besonderer musikalischer Bedeutung.

Ich beschreibe diese stereofonische Wirkung, die ich „chorischen Oktaveffekt“ nenne, weil er Aufschluß darüber gibt, daß tieferperiodische Erscheinungen und Hüllkurvenmodulationen, selbst mit Frequenzen, die *unterhalb* der unteren Hörgrenze von Sinustönen liegen, eine bedeutende Rolle für die Räumlichkeitsempfindung spielen.

Räumlichkeitsempfindung — im Gegensatz zur Raumeempfindung — möchte ich definieren als: den durch Richtungsdiffusität hervorgerufenen Eindruck, wenn der Schall nicht aus einem Quellpunkt, sondern von einem räumlichen Gebilde herrührt, ohne daß man einen konkreten Eindruck von der Form des Raumes oder den Situationsorten der verschiedenen Schallquellen besitzt.

Ich vermute, daß dieser chorische Oktaveffekt eine Rolle bei dem Klangeffekt der berühmten Barockorgeln spielt. In der Disposition dieser Orgeln wird besonderer Wert gelegt auf die Prinzipal-Oktavsäule und die Obertonregister sowie auf einen deutlich von einander abgehobenen Aufbau der Register. (24.) Obwohl die Verhältnisse im Raum sehr verworren sind, meine ich doch, daß diese Maßnahmen viel beitragen zu einer erhöhten Deutlichkeit des Eintretens der einzelnen Werke, weil hier die „Richtungsdiffusion des Totalklanges“ in deutliche Abstufungen aufgeteilt wurde.

III.

QUERLAUTSPRECHER, ABSTANDSTÄUSCHUNGEN

Dauernder Kopfhörergebrauch ist sehr ermüdend. Daher überlegte ich, ob nicht auch analoge Effekte mit Lautsprechern zu realisieren wären. Auf

diese Art kam ich zur Wiedergabe des Antiphas-Schalles mit dem sogenannten Querlautsprecher (Fig. 4, Ingenieuren Nr. 47) (21a). Auf einer Schallwand, deren Kante dem Hörer zugewendet ist, wird ein Lautsprecher quer zum Primärlautsprecher angebracht. Dieser bekommt Inphas-Schall, der Querlautsprecher aber hat Gegenphas-Schall.

Solche Quergradientenstrahler sind schlecht für die tiefen Frequenzen: die Quergeschwindigkeitskomponente ist dem Abstandsquadrat etwa umgekehrt proportional, während der Schalldruck des Primärlautsprechers zum Abstand umgekehrt proportional *abnimmt* (23., 26). Dieser Unterschied in den Abstandsfunktionen gibt Anlaß zu einer bemerkenswerten subjektiven Täuschung: der scheinbare Abstand von der Schallquelle zum Hörer vergrößert sich, wenn dieser näher an die Lautsprecherkombination herantritt! Das wirft ein neues Licht auf frühere Arbeiten Békésy's (16.); es zeigt sich nämlich, daß die Verwendung einer Quergeschwindigkeitskomponente bei der Herstellung der von Békésy beschriebenen Abstandseffekte diese besonders hervortreten läßt.

Durch die $1/r^2$ Funktion des Querlautsprecher entsteht (abhängig von der Größe der Schallwand dieses Lautsprechers) in wenigen Metern Abstand der vom Kopfhörerversuch bekannte Räumlichkeitseffekt. Man kann dabei den Kunstgriff verwenden, auch noch die Spiegelbilder des Querlautsprechers an beiden Seitenwänden auszunutzen. Hierbei kann eine diffusierte Wiedergabe erreicht werden, die empfindungsgemäß der mit dem verteilten Raumwiedergabesystem sehr nahe kommt, im Vergleich zu diesem jedoch die Vereinfachung aufweist, daß die Lautsprechereinheiten jetzt am gleichen Platze angebracht sind.

IV.

DIFFERENTIALWIEDERGABE

Wir verwenden auch dazu die bereits erwähnte Wiedergabeeinrichtung (Fig. 3). Bei der Aufteilung der Kanäle mittels des Differentialübertragers wird erreicht, daß die Membranen in zwei etwa 45° links und rechts aufgestellten Lautsprechern so angetrieben werden, daß sie sich für den Primärschall *M* gleichphasig und für den Sekundärschall *S* gegenphasig bewegen. Der Sekundärschall kann auch „verzögerter“ Schall sein. Genau symmetrisch und recht nahe an den Lautsprechern abgehört, wird bei *M* Schall allein dieser als von einer Schallquelle herrührend empfunden, die zwischen beiden Lautsprechern in der Mitte schwebt. Stellt man hier einen dritten, unverbundenen Lautsprecher dazu, so werden Versuchspersonen behaupten, dieser sei der aussendende. Gegenphasiger *S*-Schall allein gibt einen merkwürdigen Eindruck: die Quelle ist im Hinterkopf lokalisiert, ähnlich wie bei den Kopfhörern; man verliert jedoch jegliche Abstandsempfindung und

die Lautsprecher scheinen außer Betrieb, d. h. nicht selbst die Klangquellen zu sein. Wird ein tieffrequenter, lauter Gegenphaseschall plötzlich unterbrochen (der Versuch ist besonders drastisch, wenn man gleichzeitig noch eine schwache gleichphasige Komponente überlagert), dann entsteht eine Schmerzempfindung, die in gar keinem Verhältnis zur Lautstärke selbst steht. Ohrenärzte haben festgestellt, daß es sich dabei um die sogenannten Stapediuskontraktionen handelt. Diese setzen bei gegenphasigem Schall offenbar mit niedrigeren Schalldrucken ein, als bei gleichphasigem Schall. Es gibt genug Gründe dafür, daß man (besonders bei Abhören mit Lautsprechern) beim Gegenphaseschall mit anormalen und wesentlich niedrigeren Verdeckungseffekten rechnen muß. Vielleicht, daß ein Zusammenhang zwischen dieser Anomalie und der unangenehmen Empfindung besteht, die zwei tiefe, weit auseinanderliegende Eigenschwingungen geschlossener Räume hervorrufen, und zwar, weil die Abstandsbeurteilung dabei verloren geht. Ich befürchtete zunächst, daß bei der Anwendung von Querlautsprechern die erwähnten Stapediuskontraktionen Anlaß zu Schwierigkeiten geben würden; doch zeigten sich diese Bedenken als überflüssig, da die Verhältnisse bei Übertragung aus oder in natürliche Räume richtungsmäßig so verworren sind, daß die Wahrscheinlichkeit für dieses ungünstige Zusammentreffen sehr gering ist. Merkwürdigerweise treten die Stapediuskontraktionen nie bei Kopfhörergebrauch auf; die Ursache liegt vielleicht darin, daß eine gut passende Kopfhörermuschel dem Ohr akustisch einen harten Abschluß vermittelt, es also an eine viel höhere akustische Impedanz anlegt. Das gibt vielleicht auch die Erklärung für das bisher nie geglückte „search of the missing 6 db“ (die Diskrepanz zwischen Hörschwellenwerten für Frequenzen unter 300 Hz bei Kopfhörer- und Lautsprechergebrauch) (27).

V.

WAGERECHTE TONSAULE

Zur Wiedergabe von Räumlichkeits-Wirkungen wurde auch eine — mit primärem Gleichphaseschall und passend verzögertem sekundärem Gegenphaseschall besprochene — wagerechte Tonsäule verwendet, die 4 gleiche und gleichphasig geschaltete Einheiten enthält. Durch Anordnung der vier Lautsprechereinheiten in einer Brückenschaltung wurde erreicht, daß sich beim Zuführen von Gleichphaseschall an eine Diagonale der Brücke die in zwei Zweiergruppen links und rechts aufgeteilten Lautsprecher gleichphasig bewegen, während sie gegenphasig arbeiten beim Zuleiten des Gegenphaseschalles an die andere Brückendiagonale. Horizontal aufgehängt und an der Mitte abgehört gibt diese Tonsäule unter Verwendung verzögerten Schalles besonders deutliche Abstandseffekte; jedoch beträgt der beste Abhörabstand nur $1/2$ —1 m. Eine Verwendung könnte also nur für ein oder

zwei Hörer (die weder Nachbarn noch Familie stören wollen) wertvoll sein. Der Wiedergabecharakter einer solchen wägerechten Säule hat besondere Merkmale. Die subjektive Lautstärke ist auffällig groß und bei Annäherung an die Säule erhält man den Eindruck, als ob man in den Aufnahmeraum selbst hineinwandert, um sich schließlich mitten darin zu befinden. Entgegen der bei Tonsäulen sonst besonders ausgeprägten Richtungsempfindung und nur vorderseitigen Beschallung des Hörers ergibt ein kleiner Abstand den merkwürdigen Eindruck, daß eine Art künstlicher Reflexionen von weit hinten herkommen. Die scheinbare Erhöhung der subjektiven Lautstärke wurde schon beobachtet (Aigner, Strutt (28.), Lübcke (29.), Küchenmeister); sie tritt auch bei den meisten anderen Lautsprecherkombinationen auf. Bei der Wiedergabe von Orgelmusik fällt auf, daß die Pedalstimme deutlicher wird, ohne die Klang-Balance zu beeinflussen, da die Richtungsstreuung die verdeckende Einwirkung der Baßtöne auf die höheren Stimmen teilweise aufhebt. Das beruht indes nicht nur auf der scheinbaren Lautstärke-Erhöhung.

VI.

UMKEHRUNG DER ABSTANDSEMPFINDUNG BEI STOSSÄHNLICHEN SCHALLWELLENFRONTEN

Sowohl die mit Differentialübertrager betriebene Links/Rechts-Lautsprecheraufstellung als auch die brückengekoppelte Tonsäule lassen sich ohne weiteres für stereofonische Wiedergaben nach dem anfangs beschriebenen stereofonischen System verwenden. Zuvor aber möchte ich noch einen subjektiven Effekt erwähnen: die scheinbare Abstandswanderung der Schallquelle, die auftritt wenn man mindestens zwei — anstatt wie bisher eine — künstliche Verzögerung des Gegenphase-Schalles anwendet (d. h. zwei gegenphasige Reflexionen für das Ohr gebraucht). Beim Abhören über links/rechts aufgestellte, mit Differentialübertrager betriebene Lautsprecher eines „trocken“ aufgenommenen Schusses bekommt man bei der Doppelverzögerung den Eindruck, daß der Schuß aus einem fernen Punkte genau zwischen den Lautsprechern herkam und gegen den Hörer flog, um in dessen Hinterkopf zu enden. Änderte man das System, so daß der Primärschall gegenphasig und der verzögerte Sekundärschall gleichphasig wurde, so kehrte sich die Erscheinung genau um: der Schuß entstand im Kopf, um in besagter Richtung davon zu fliegen.

Als man zum ersten Versuch mittels eines hinten stehenden Lautsprechers noch eine weitere verzögerte Reflexion hinzufügte, endete der Schuß nicht im Kopf, sondern schien etwas über den Kopf weg nach hinten weiter zu fliegen (wie hoch über den Kopf, ist von der Klangstärke des hinteren Lautsprechers abhängig).

Möglicherweise können durch ein eingehenderes Studium dieses „Schallwanderungseffektes“ aufklärende Vorstellungen von der Bedeutung der Relativ-Intensitäten und -Verzögerungen von Hinterwand- und vielleicht auch Seitenwand-Reflexionen bei Klangeinsätzen in geschlossenen Räumen gewonnen werden, d. h. von den Wirkungen, die man ganz allgemein umschreibt mit den Worten: „Deutlichkeit“, „Definition“, „presence“ etc.

Gewisse Erfahrungen darüber in *unserem* Konzertsaal haben zu der Überzeugung geführt, daß eine zu starke Dämpfung der Hinterwandreflexionen nicht immer unbedingt günstig sein muß, sondern daß sie im Gegenteil den Eindruck eines gepreßten oder auch aufdringlichen Klangs der Baßinstrumente ergeben kann. Ohne Zweifel sind Lautstärke und Abstandsempfindung eng verknüpft miteinander (23.).

VII.

LOKALISATIONSVERSUCHE MIT MODULIERTEN SIGNALEN

Es wurde versucht, die von verschiedenen Autoren beschriebenen Lokalisationsversuche nachzubilden, wie z. B. die Phasenlokalisierung. Der einen Ohrmuschel eines Doppelkopfhörers wurde ein konstanter Ton zugeführt, und der anderen der selbe Ton in gleicher Amplitude, aber langsam frequenzmoduliert. Die Schallwirkung entspricht etwa der einer querschwingenden Schallquelle in der Symmetrie-Ebene des Kopfes. Meine persönlichen Eindrücke waren sehr deutlich zwischen 150 und 500 Hz, dann schnell abnehmend, um bei 1000 Hz praktisch zu verschwinden. Die Intensitätsmodulation gab umgekehrt nur *über* 1000 Hz Anlaß zu Richtungsempfindungen. Experimentell ist es sehr vorteilhaft mit modulatorisch hervorgebrachten Lokalisationsschwingungen zu arbeiten; diese Wirkungen sind viel deutlicher als die statischen (ich glaube mehrere interessante Wirkungen mit modulierten Signalen hervorrufen zu können und hoffe, daß hierbei vielleicht Reduktionen der für die Stereowirkung notwendigen Informationen möglich werden können).

Gewisse Versuche zeigen, daß eine Amplitudenhüllkurve, hervorgebracht durch Stoßbildung zwischen zwei *nicht* phasenlokalisierbaren hohen Tönen, bezüglich der Richtungsempfindung äquivalent ist mit einem realen tiefen Ton; d. h.: daß Phasen- und Zeitverschiebung in der Hüllkurve („Enveloppenton“) zu Phasenlokalisierung führen kann. Webster und Licklider (31, 32) haben als den Frequenz-Schwellwert auf diese Art hervorgerufener Lokalisationsschwingungen 300 Hz angegeben und W. B. Snow (33.) berichtet von neuen Versuchen, bei denen Zeitverschiebungen von 3—4 ms einen besonders großen Einfluß auf asymmetrische Lokalisationsverzerrungen ausgeübt haben, sowie daß sie — in Übereinstimmung mit der Haas-Meyer-Schodder'schen Kurve — mit den Intensitätsveränderungen vergleichbar sind (30 a + b).

DER ELEVATIONSEFFEKT

Es gibt einen merkwürdigen Effekt, welchen schon de Boer (1, 5) genauer untersucht hat. Der stereofonische Mitteneindruck von zwei gleichphasigen Lautsprechern liegt nämlich nicht genau auf der Verbindungslinie zwischen den Lautsprechern, sondern ein wenig höher. Dieser „Elevationseffekt“ ist klein bei großen Abständen, aber schon bei Winkeln zu den Lautsprechern von $\pm 45^\circ$ geht er etwa 40° nach oben, um auf etwa 90° hoch zu gehen beim Abhören auf der Verbindungslinie selbst. Er ähnelt dann einer Beschallung von oben. Der Eindruck bewegt sich beim Neigen des Kopfes mit. De Boer hat versucht den Effekt auf Grundlage der sogenannten Kopfdrehungstheorie zu erklären; doch erhellt daraus nicht, warum er auch im Stillesitzen auftritt. Zweifellos liegt seine Ursache in der unterschiedlichen Diffraktionswirkung einer wirklichen Schallquelle auf beide Kopfseiten und — ebenso — einer aus zwei wirklichen zusammengesetzten fiktiven. Ich glaube außerdem, daß, infolge der Nervenaktivität auftretende statische Schwankungen für die Empfindlichkeit der beiden Ohren, dieselbe Bedeutung haben, wie sie de Boer dem Kopfschütteln zuschreibt. Der Elevationseffekt gibt auch eine ausreichende Erklärung für die Tatsache, daß stereofonische Schallbilder bei Kopfhörerbetrieb immer im Bogen über den Kopf gehört werden, denn hier kann die Diffraktionswirkung der Ohren außer Betracht gelassen werden. Sowohl bei Kopfhörergebrauch als bei 90° seitlich abgehörten Lautsprechern fehlt eine vorderseitige Geschwindigkeitskomponente des Schalles.

Wir haben versucht, einen elektrostatischen Lautsprecher herzustellen von so großer Membran, daß er eine ebene Wellenfront in korrekter Richtung abstrahlen vermag. Es zeigte sich, daß die Ohrmuschel vollkommen frei sein muß, damit ein richtiger Vordereindruck entstehen kann. Später wurde die verhältnismäßige Bedeutung der Ohrmuschel außen und des Kopfes selbst festgestellt. Mit zwei elektrostatischen Lautsprechern, die für jedes Ohr eine genau senkrechte Wellenfront sicherstellten, ergab schon „Nasenabstand“ einen beachtlichen Elevationseffekt, der bis auf $60\text{--}70^\circ$ anstieg, wenn die Lautsprecher beiden Ohren genähert wurden.

Indes beeinflusst schon die bloße Anwesenheit der Lautsprecher die Diffraktionswirkung des Kopfes selbst. Die Membranen sollten deshalb noch kleiner werden. Bei gewöhnlichen Abhörabständen spielt der Elevationseffekt keine große Rolle, zumal Richtungsirrtümer — wie sie im Kino oft durch die anwesenden visuellen Objekte auftreten — hier kaum vorkommen. Wir konnten den Elevationseffekt mit unzweifelhafter Illusionssteigerung einsetzen, um bei den Wandspiegelbildern eines Quergradientlautsprechers eine vertikale Diffusierung zu erzielen.

VERWENDUNG STEREOFONISCHER METHODEN
BEI RAUMAKUSTISCHEN UNTERSUCHUNGEN.

Wie viele andere Autoren habe auch ich versucht, stereofonische Methoden bei raumakustischen Untersuchungen anzuwenden.

Zu Beginn solcher Untersuchungen stellt man gewöhnlich ein Mikrofon und eine Schallquelle auf, um Nachhallzeiten, Reflexionsverzögerungen, Frequenzirregularitäten usw. zu messen und so zu einem möglichst großen statistischen Material zu gelangen, dem dann die als charakteristisch anzusehenden Daten entnommen werden können. Der Informationswert dieses Materials ist unzweifelhaft dadurch verringert, daß die Richtungsinformation dabei fast verloren geht, oder, was noch schlechter ist, daß sie als „Singularitäten“ oder statistisches Geräusch in der Gesamtinformation untergeht. Vielleicht wäre es nützlich, schon zu Beginn solcher Untersuchungen mehrere Daten in großen Zügen überschauen zu können, wie z. B. über die Reflexionserscheinungen, Amplituden, Richtungen und Verzögerungen. Prof. E. Meyer's raumakustische Kriterien, besonders das der Richtungsdiffusität (8, 34), erfordern mühsame Messungen und Berechnungen. Hier könnte eine selbst grobe Übersicht sehr nützlich sein, um z. B. schneller die anormalen Raum-Punkte ausfindig machen zu können.

In Analogie zu Rob. Watson-Watt's 1926 erfundenem Funkortungsprinzip (einem Goniometer, basiert auf zwei gekreuzten Rahmenantennen) habe ich, wie schon erwähnt, Versuche mit zwei (als Achter eingestellten) M 49-Mikrofonen gemacht, deren unmittelbar übereinander angebrachte Kapseln um 90° verdreht waren (die neueren KM 56-Mikrofone sind für diese Versuche besonders geeignet). (Fig. 1). Die abgegebenen Spannungen wurden den x- und y-Platten eines Oszillografen zugeleitet; die Ausschlagempfindlichkeit beider Koordinaten blieb die selbe. Eine rund um das Mikrofon geleitete Schallquelle gibt auf den Schirm einen Strich konstanter Länge. Die Richtung dieses Striches entspricht — mit einer Unbestimmtheit von 180° — der Richtung der Schallquelle relativ zur Mikrofonkombination. Wie in der Radiogoniometrie kann diese Unbestimmtheit durch Abändern der einen Charakteristik zu einer Niere, oder durch Lichtstrahlmodulation aufgehoben werden. Sind beide Kanäle nicht genau phasengleich, so erscheint das Lissajousbild nicht als Strich, sondern als mehr oder weniger flache Ellipse, deren große Achse jedoch die betreffende Richtung angibt. Reflexionen verwischen das Bild entsprechend dem Verhältnis von direktem zu indirektem Schall. Schaltet man eines der Mikrofone auf Kugelcharakteristik, so ist die Winkelabbildung nicht mehr linear, während die korrekte Folge der Richtungen erhalten bleibt.

Nachdem wir früher *nur leihweise von der Betriebsabteilung* zwei aufeinandergesetzte M 49 zur Verfügung bekamen, stellten wir im Juni 1955

selbst ein solches, vorzugsweise als Achtermikrofon betriebenes Doppelmikrofon aus zwei M 49 her. Es wurden zu jeder Membrane eine Verstärkerröhreneinheit geschaltet und die Anodenkreise der 4 Verstärker drei Gegentakttransformatoren zugeführt. Dadurch gelang es, eine der senkrechten Geschwindigkeitskomponente proportionale Spannung zu erhalten. Da diese Spannung frequenzproportional ist, muß man sie integrieren. Es ist jedoch gelungen, sie in ausreichend phasentreue Zusammenarbeit mit den anderen zwei, den Geschwindigkeitskomponenten im horizontalen Plan proportionalen Spannungen zu bringen, wenigstens für das im allgemeinen ausreichende Gebiet von 200—5000 Hz. Durch Anzeige auf einem Doppelstrahloszillograf kann man sichtbar machen, in welchen räumlichen Winkeln die Richtung zu einem Sprecher, oder zu einer Wandreflexion verläuft.

Mit gutem Erfolg haben wir noch eine andere Anzeigenmethode mit einem einfachen Oszillografen erprobt. Die Vertikalkomponente wurde zu Licht-Intensitätsmodulation gebraucht. Durch stärkeres oder schwächeres Aufleuchten der radialen Richtvektoren des horizontalen Planes konnten wir sehen, ob noch eine Vertikalkomponente übrig blieb, d. h. ob die Beschallung von oben oder von unten erfolgte. Hieraus ergab sich eine gute Hilfe für das Auffinden von Wandreflexionen. Wir haben diesen Apparat, der unabhängig vom Frequenzspektrum die Richtung der Schallquelle anzeigt, „akustisches Goniometer“ genannt. Bei Vorführungen empfiehlt sich, es in der 0°-Richtung des Hörers aufzustellen. Dieser kann dann den Dingen folgen, ohne daß der Vortragende störende Kommentare zu machen braucht. Eine analoge Anzeigemethode ist mittels zwei räumlich getrennter Mikrofone nach dem AB-System nicht möglich. Daraus folgt indirekt, daß bei seitlich weit distanzierten Mikrofonen wertvolle stereofonische Informationen verloren gehen. Diese Vermutung stützt sich auch auf das mehrfach beobachtete Phänomen, daß — bei Aufnahmen nach dem MS- und bei Wiedergabe mit dem AB-System — die Richtungsabbildung im Frequenzbereich bis ca. 1 kHz sich auch auf den Winkelraum zwischen den Lautsprechern erstreckt. Jedenfalls wandert die Mittel- und Tieftonlage eines sich bewegenden Sprechers weit über die Lautsprecher hinaus. Dieser Effekt ist analog zu den bei den Raumklangversuchen erwähnten hinterseitig empfundenen Schallreflexionen, trotz nur vorn aufgestellter Lautsprecher. Beide Phänomene beruhen offenbar auf einem Zeitlokalisationsvermögen (35, 36).

X.

MUSIKÄSTHETISCHE GESICHTSPUNKTE

Ich glaube, daß eine echte stereofonische Übertragung den eigentümlichen Charakter musikalisch verschiedener Stilperioden wie (Barock, Romantik,

Neuzeit) bei der Wiedergabe günstig zu unterstreichen vermag. Stets ist das „stereofonische Moment“ in unterschiedlich differenzierten Ausmaßen in die Kompositionstechnik einbezogen worden. (37.) In der Barockmusik und insbesondere in den Orgelkompositionen dieser Zeit existieren stereofonische Effekte, die bei monauraler Wiedergabe zum größten Teil entfallen. Statt sie zu realisieren, muß man sich dann entweder auf eine bloße Klangfarben- oder Lautstärkenbasis beschränken. Bei romantischer Musik wird die zeitweilig verschwommen diffuse Mehrstimmigkeitswirkung eines großen Orchesters bewußt in Rechnung gestellt. Moderne Komponisten andererseits (wie Strawinsky, Bartok, Hindemith) und einige neuzeitliche Dänen (wie Hombøe und Niels Viggo Bentzon) haben neben vor-klassischen Ausdrucksmitteln auch präromantische Stereofonie-Tendenzen wieder zu Leben erweckt.

XI.

ZUSAMMENFASSUNG

Die monaurale Aufnahme ergibt Schallbilder, bei welchen eine einzige „Raum- und Richtungsinformation“ als mehr oder weniger aleatorische Spektralmodulation (Amplituden- und Phasenmodulation) übrig bleibt, die am Mikrofonort selbst auftritt. Viele, bei direktem Anhören oder (pseudo-) stereofonischer Wiedergabe auftretende gehörspsychologische Effekte geben wegen der Spektralmodulation auch bei nur monauraler Übertragung nachweisbar — wenn auch praktisch musikalisch oft wenig befriedigend — gewisse richtungsinformative Wirkungen, die wegen ihrer Beschränkung auf nur eine Zeit-Frequenzebene erheblich der Deutlichkeit ermangeln. Mehrere der hier beschriebenen Anordnungen gestatten eine wiedergabeseitige Umwandlung monauraler Spektralmodulation in praktisch weitgehend aleatorische Richtungs- und Abstandmodulation. Dadurch entsteht eine beachtliche Qualitätssteigerung, ohne daß zugleich ein Verlust an Deutlichkeit — wie bei monauraler Verhallung — in Kauf genommen werden muß. Die Verwendung des MS-Quergradientenprinzips zur Erzeugung von Richtungsmodulation, erlaubt eine weitgehende Verschmelzung der Methoden der Stereofonie mit denen der richtungsdiffusen Wiedergabe (Stereooverhallung). Das Prinzip ist dabei keineswegs auf Übertragung in passiv naturalistischem Sinne beschränkt, sondern läßt sich mit interessanten Ergebnissen auch für die musikalische Elektronik benutzen (z. B. für die teilweise Beseitigung des *begrenzten* chorischen Effektes und wenig befriedigender Ausgleichvorgänge elektronischer Musikinstrumente). Ohne Zweifel spielen auch schon bei den herkömmlichen Musikinstrumenten mit räumlich ausgedehnten Schallkörpern (wie Orgel, Klavier, Cembalo) die aleatorischen Richtungsmodulationen der Schallabstrahlung eine bedeutende Rolle für den klanglichen Eindruck.

Die genaue Überprüfung dieser Gesichtspunkte liegt ebenso wie die Schaffung genügender statistischer Grundlagen für die dahin gehörenden psychologischen Untersuchungen außerhalb des Arbeitsgebietes eines Rundfunklaboratoriums. Es sei deshalb ein besonderer Dank an Prof. Hermann Scherchen gerichtet für sein förderndes Interesse an den vorgängig beschriebenen Versuchen und für die Veröffentlichung dieser Abhandlung in den „Gravesaner Blättern“, die beiden auch eine Verbreitung unter musikalisch-gehörpsychologisch Interessierten ermöglicht.

Einen weiteren Dank habe ich dem Chef des technischen Departements der dänischen Staatsradiofonie, Herrn Civilingenieur F. Heegaard zu entrichten für die Erlaubnis, dieses Material veröffentlichen zu dürfen.

SCHRIFTTUM

- 1) *K. de Boer*: Stereophonische Geluidsweergave. Dissertation Delft 1940.
— — Plastische Klangwiedergabe. Philips techn. Rundschau 5. 108. 1940.
— — und
A. Th. van Urk: Einige Einzelheiten beim Richtungshören. Philips techn. Rundschau 6. Dez. 1941.
K. de Boer: The Formation of Stereophonic Images. Philips techn. Review 8. Febr. 46.
- 2) *H. Fletcher, J. C. Steinberg & W. B. Snow*: Symposium on Reproduction in Auditory Perspective. Bell Syst. Techn. Journ. Apr. 34; repr. in Journ. of the SMPTE Sept. 53.
- 3) *W. B. Snow*: Basic Principles of Stereophonic Sound. Journal of the SMPTE 61. Nov. 53 (Viele wertvolle Hinweise!).
- 4) *Jewett, Snow & Hamilton*: Perfect Transmission and Reproduction of Symphonic Music in Auditory Perspective. Bell Telephone Quarterly July 1933. 12, 3.
- 5) *K. de Boer*: A Remarkable Phenomenon with Stereophonic Sound Reproduction. Philips techn. Review 9. 1947.
- 6) *H. Warndke*: Die Grundlagen der raumbezüglichen stereophonischen Übertragungen im Tonfilm. Akustische Zeitschrift 3, 1941.
- 7) *J. J. Geluk*: Erfahrungen mit stereophonischen Rundfunkübertragungen. Ref. in „Funk und Ton“ 12, 1954.
- 8a) *H. J. v. Braunnmühl*: Neuere raumakustische Erkenntnisse und Gestaltungen. „Musik, Raumgestaltung und Elektroakustik“. Ars viva Verlag (Hermann Scherchen) Mainz. 1955.
- 8b) *R. Thiele*: Richtungsverteilung und Zeitfolge der Schallrückwürfe in Räumen. Akustische Beihefte 1953. S. 291.
- 9) *H. Kietz*: Das räumliche Hören. Acustica 3, 1953.

- 10) *R. Vermeulen*: Stereo Reverberation. Philips techn. Review 17. March 56.
- 11) — — Stereophonie und Stereonachhall. „Musik, Raumgestaltung und Elektroakustik“. Ars viva Verlag (Hermann Scherchen) Mainz 1955.
- 12) *D. Kleis*: Demonstrations at the first ICA Congress. Acustica 4, 301, 1954.
- 13) Forschungsergebnisse der Elektroakustik, NTG Tagung Sept. 55. (Ref. F. Winkel). Elektronische Rundschau Heft 11, 1955.
- 14) Tagung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft, Fachgruppe Elektroakustik, in Karlsruhe am 8. und 9. Sept. 55. Ref. Kösters & Harz, NWDR Hausmittlgn. 9/10, 1955.
- 15) *W. Kuhl*: Eine neue Methode zur Erzeugung künstlichen Nachhalls. Radio Mentor 2/1955.
- 16) *G. v. Békésy*: Über das Entstehen der Entfernungsempfindung beim Hören. Akustische Zeitschrift 3. Jan. 1938. S. 21—31.
- 17) *D. Kleis*: Experimente zur Verbesserung der Raumwirkung von Schall. Elektronische Rundschau 2, 1955.
- 18a) *H. Kösters & Harz*: Ein neuer Gesichtspunkt für die Entwicklung von Lautsprechern? NWDR Hausmittlgn. Dez. 51.
- 18b) *H. Kösters*: Qualitätsfragen der Rundfunkübertragungen. NWDR Hausmittlgn. Juli/Aug. 52.
- 19) *W. Kuhl und Zisel*: Neuere Untersuchungen zur Stereophonie mit zwei Kanälen. Ref. NTG Tagung in Radio Mentor 2, 1956.
- 20) *V. L. Jordan*: A System for Stereophonic Reproduction. Acustica 4, 1954, S. 36.
- 21a) *H. Lauridsen*: Nogle forsog med forskellige former for rumakustisk gengivelse. Ingeniøren 47, Nov. 1954. (Mit englischen Resumé).
- 21b) — — Nogle forsog med et stereofonisk system. Ingeniøren 49, Dec. 1954. (Mit englischen Resumé).
- 22) *F. Winkel u. a.*: Klangstruktur der Musik. Berlin-Charlottenburg 1955.
- 23) *E. Skudrzyk*: Grundlagen der Akustik. Springer Verlag, Wien 1954.
- 24) *W. Lottermoser*: Vergleichende Untersuchungen an Orgeln. Acustica 3. (Ak. Beihefte) 1953.
Klangstruktur der Musik. (Verlag für Radio-, Foto-, Kinotechnik GmbH, Berlin 1955).
- 25) — — Nachhallzeiten in Barockkirchen. Acustica 2, 1952. S. 109.
- 26) *H. F. Olson*: Elements of Acoustical Engineering. P. Van Nostrand Comp. New York 1947. S. 28.
- 27) *Munson & Wiener*: In Search of the Missing 6 db. J. A. S. A. Sept. 1952.
- 28) *F. Aigner & M. J. O. Strutt*: Über eine physiologische Wirkung mehrerer Schallquellen auf das Ohr und ihre Anwendung auf die Raumakustik. Zschr. für techn. Physik. 15. 1934.
- 29) *Lübcke*: Über die Zunahme der Lautstärke bei mehreren Schallquellen. Zschr. für techn. Physik 16. 1935.

- 30a) *H. Haas*: Über den Einfluß eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache. *Acustica* 1. 1951. S. 49.
- 30b) *E. Meyer & G. R. Schodder*: Über den Einfluß von Schallrückwürfen auf Richtungslokalisation und Lautstärke bei Sprache. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen* IIa. 1952.
- 31) *Webster & Licklider*: The Discriminability of Interaural Phase Relations in Two Component Tones. *J. A. S. A.* 22, March 1950.
- 32) *Hirsh, Webster & Licklider*: Mehrere Abhandlungen in *J. A. S. A.* 20, 21, 22 und 23.
- 33) *W. B. Snow*: Effect of Arival Time on Stereophonic Localization. *J. A. S. A.* 26, Nov. 1954.
- 34) *E. Meyer*: Definition and Diffusion in Rooms. *J. A. S. A.* 26, 5. 1954.
- 35) *Sandel, Teas, Feddersen, Jeffress*: Localization of Sound from Single and Paired Sources. *J. A. S. A.* 27. 5. Sept. 1955.
- 36) *Sandel, Teas, Feddersen, Jeffress*: Measurements of Interaural Time and Intensity Differences. *J. A. S. A.* 27. 5. Sept. 1955.
- 37) *J. W. Garrett*: Evolution des Methodes de Restitution de l'Espace Auditif. *L'onde électrique*. Mars 1954.

Schrifttum ohne besonderen Hinweis im Text

- H. Knowles*: Some Applications of Time Delayed Signals in Acoustical Environment Control. *J. A. S. A.* 26. Sept. 1954 und *Acustica* 4, 1. 1954.
- Muncey, Nickson & Dubout*: The Acceptability of Speech and Music with a Single Artificial Echo. *Acustica* 3, 1953. S. 168.
- W. E. Kock*: Binaural Localization and Masking. *Bell Telephone System Monograph* 1797. 1950.
- R. Vermeulen*: Duplication of Concerts. *Philips techn. Review*, Dec. 1948.

Das elektroakustische Institut Hermann Scherchen in Gravesano

Eine Zentrale für experimentelle Forschung und Musik
VON A. MOLES, Paris

(übersetzt und ergänzt von F. TRAUTWEIN, Düsseldorf)

Das Institut Hermann SCHERCHEN wurde im Jahre 1954 gegründet, um dem ständig wachsenden Bedürfnis nach einer zentralen Forschungsstelle für die Grenzgebiete von Musik und Elektroakustik gerecht zu werden. Dieses Bedürfnis ist durch die mächtige Entwicklung der „Mikrophonischen Musik“ entstanden, d. h. durch die Schallaufzeichnung und den Rundfunk, die im Begriffe sind, die ganze Musik umzugestalten. Der Anteil, welchen die unmittelbare Musikdarbietung im Konzertsaal am gesamten Musikleben ausmacht, wird gegenüber Rundfunk und Schallplatte immer kleiner, und wir sind nicht mehr weit davon entfernt, daß diese technische Musikvorbereitung zur Normalform der Musik wird. Heute wird mehr Musik geboten denn in allen Zeiten zuvor. Dirigenten und ausübende Musiker, Instrumentation und Schallaufnahmetechnik wetteifern zur Unterhaltung des Hörers, dienen der Musik. Durch das enge Ineingreifen von Musik und Technik haben sich sehr viele Probleme ergeben, deren man lange Zeit glaubte auf empirischen Wegen Herr zu werden oder denen man scheu aus dem Wege ging. Hier greift Hermann SCHERCHEN ein. Künstler und Forscher vereinigte er, um in dem von ihm begründeten und errichteten Institut diese Probleme ebenso mit wissenschaftlicher Exaktheit wie mit künstlerischem Einfühlungsvermögen zu meistern.

Der Internationale Musikrat der UNESCO hat das Protektorat über das Institut, seine Tätigkeit und Entfaltung, übernommen.

I. Die baulichen Einrichtungen (s. Grundriß Fig. 1).

	Volumen m ³	Nachhalldauer s
Studio 1 (Hauptstudio)	500	0,3 bis 0,5
Studio 2 (Keilraum)	220	veränderbar
Studio 3 (Abhör-, Versuchs-, und Konferenzraum)	180	„
4 Nachhallräume	24+25+50+61	„
2 Regieräume		
1 Diskothek		
1 Halle.		

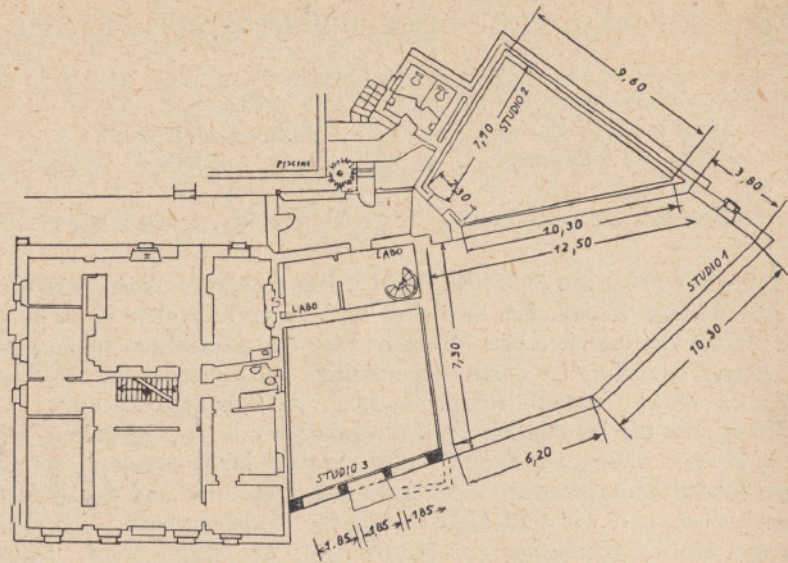


Fig. 1 Grundriß der Studios

Für alle Studios sind parallele Wände vermieden. Die Wände des Studios 1, das seit 1954 im Betrieb ist, sind mit Absorbern bedeckt. Das sind quadratische Kästen (Fig. 2) von 90 cm Seitenlänge, die zum Schlucken

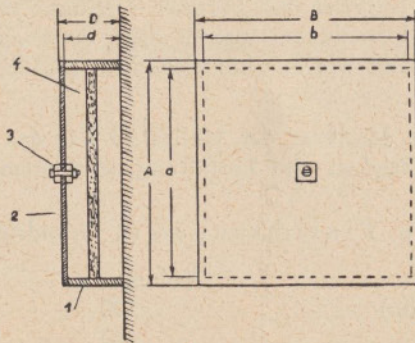


Fig. 2 Absorber (Längs- und Querschnitt)

der tiefen Frequenzen in mehreren Stufen abgestimmt sind. Die Abstimmung der einzelnen Absorber wird durch verschiedene Höhen d und verschiedene Massenbelastungen 1 der schwingenden Weichfaserplatte 2 bewirkt. Die Absorber sind ganz oder teilweise abnehmbar, so daß verschie-

dene Nachhallzeiten hergestellt werden können, vgl. Fig. 3. Zum Schlucken der hohen Frequenzen dienen Teppiche und tiefengegliederte Weichfasergebilde.

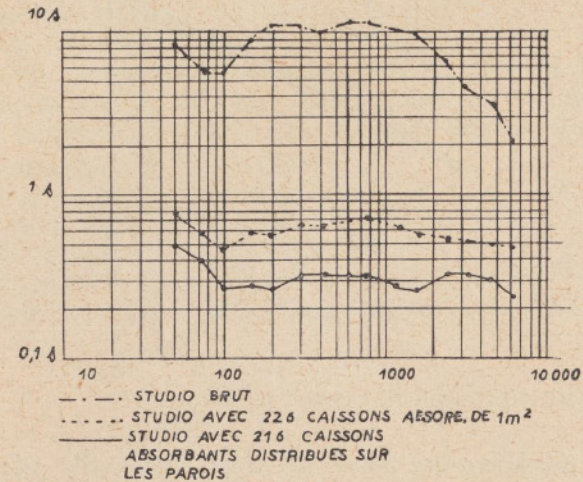


Fig. 3 Frequenzgang des Nachhalls im Studio 1 für verschiedene Wandbekleidungen

Die sehr kurze Nachhallzeit von 0,3 bis 0,5 s für das Hauptstudio wurde aus folgenden Gründen gewählt:

- um den Einfluß der Raumeigenschaften auf den Klang so klein wie möglich zu halten, um unabhängig von den Verschiedenheiten der Klangkörper im Einzelfalle zu werden und um eine große Anzahl von Instrumentalisten (bis zu 30) nach schallaufnahmetechnischen Gesichtspunkten aufstellen zu können,
- um alle Kombinationen von Mikrophonauftellungen zu realisieren, die zur Klanggestaltung mit den Mitteln der Aufnahmetechnik ohne Gebundenheit an spezielle Raumeigenschaften führen,
- um systematisches Studium und Anwendung des künstlichen Nachhalls (durch Nachhallräume oder Nachhallmaschinen) zu ermöglichen und um die Verhallungseffekte nach dem Willen des Musikers zu gestalten.

Bei der Planung des Instituts wurde H. SCHERCHEN von dem Grundgedanken geleitet, daß es für die Schallaufzeichnung nicht auf eine Klangentfaltung in einem akustisch mehr oder minder guten Konzertsaal ankommt, sondern auf die Eigengesetzlichkeiten der aufgezeichneten Musik. Die moderne Langspiel-Schallplatte in Verbindung mit einem erstklassigen Wiedergabegerät übertrifft in der Tat an Exaktheit die Klangrealisierung jeden Konzertsaal. Das ganze Gefüge der orchestralen Klangmischungen ist ein anderes.

Das Studio 2 dient mit seinem dreieckigen Grundriß zur Gestaltung besonderer Halleffekte. Anhand der Fig. 1a läßt sich zeigen, daß in die Keil-

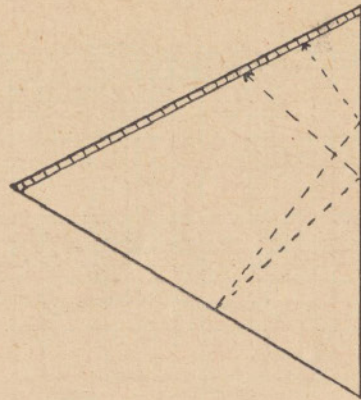


Fig. 1a Schallreflektionen in einem Keilraum

spitze kein reflektierender Schall aus einer Schallquelle gelangen kann, welche sich vor der ihr gegenüberliegenden Wand befindet. Alle Schallstrahlen werden auf diese Wand zurückreflektiert. Wenn diese Wand schallschluckend ist, ist die Hörsamkeit in der Keilspitze nachhallarm, ähnlich der im Freien. Zieht man ein Mikrophon aus der Keilspitze allmählich in den Raum hinein, so nimmt es in zunehmendem Maße Nachhall auf. Im Keilraum können also durch Veränderung der Mikrophonstellung Aufnahmen mit verschiedenen Nachhalleffekten durchgeführt werden.

Das Studio 3 dient zum Abhören und zu Erprobungen von Schallaufzeichnungen, zu Konferenzen, Hör-Testen, als Arbeits- und Ausweichraum zur Ergänzung der übrigen Räume. Es verfügt über eine Galerie und eine Nische für besonders akustische Effekte.

Es ist Gestühl und eine Kopfhöreranlage für bis zu 100 Teilnehmer vorhanden, zur mehrsprachigen Durchführung von Konferenzen ohne Zeitverluste. Projektoren für stehende und bewegte Bilder und Tafeln ergänzen die Konferenzeinrichtung.

Vielseitigkeit und geschmeidige Anpassungsfähigkeit des Instituts an alle Bedürfnisse des musikalisch-technischen Grenzgebietes waren für die Planung maßgebend und finden ihre Bewährung.

II. Die technischen Einrichtungen.

a) Aufnahmegeräte:

Die Aufnahmetechnik steht unter dem Gesichtspunkt, mehrere Mikrophone anzuwenden, um eine große Anpassungsfähigkeit an die musikalischen

Gegebenheiten des Einzelfalles, Durchsichtigkeit und klare Erfassbarkeit der Instrumente zu gewährleisten.

Jedes Studio verfügt über 8 Mikrophonleitungen, die zum Mischpult in einem Regieraum führen.

Der Bestand an Aufnahmegeräten umfaßt:

- 10 Kondensatormikrophone der Type NEUMANN M 49 (mit vom Mischpult aus veränderbarer Richtcharakteristik — Kugel-, Achter- oder Nierencharakteristik — und Zwischenstellungen),
- die dazugehörigen 10 Vorverstärker,
- 8 Tauschspulenmikrophone (BEYER),
- 2 Kristallmikrophone (PEIKER),
- 10 Studioverstärker (TELEFUNKEN),
- 3 Studio-Magnetophone, Type M 5 von TELEFUNKEN für 4 Bandgeschwindigkeiten (76, 38, 19 oder 9,5 cm/s), 65 db Nenndynamik,

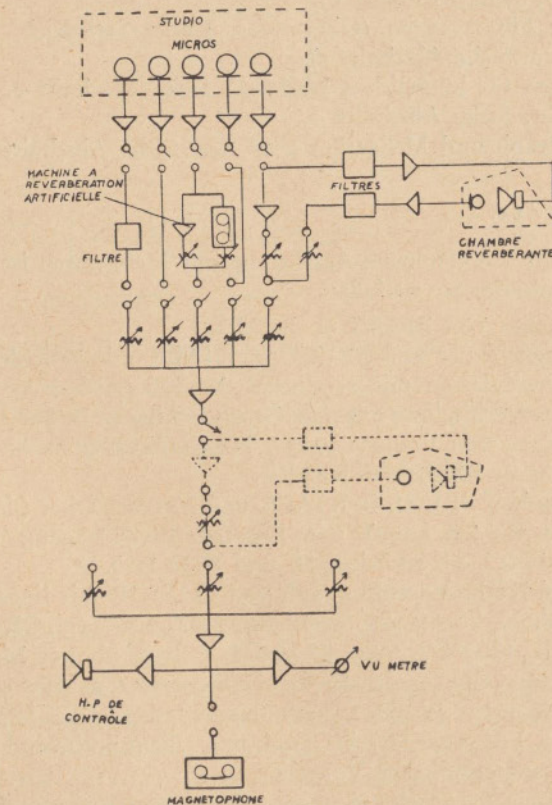


Fig. 4 Schema der elektrischen Installationen

- 1 stereophonisches Magnetophon von AMPEX, mit 3 Spuren, Nenn-dynamik je 50 db, Übersprechen zwischen den Spuren unter -55 db,
- 1 zentrales Regiepult, in welchem die Aufnahme-, Abhör-, Verständigungs- und Signalleitungen der Studios zusammenlaufen.

Fig. 4 zeigt einen grundsätzlichen Schaltplan der Leitungsanlage, die als mustergültig zu bezeichnen ist. Sie umfaßt:

A. Eine Anzahl direkter Verbindungen (8 je Studio) mit Mikrofonen, Kabeln, Vorverstärkern, Dynamikreglern, Mischpulten, Magnetophonen hoher Güte, die allen klanglichen Anforderungen gewachsen sind, wie einem größeren Orchester, elektronischer Orgel u. a. m.

B. Eine Anzahl frei schaltbarer Verbindungen zu Schaltkombinationen zwischen allen am Aufnahme-prozeß beteiligten Elementen, nämlich:

- 3 Nachhallräumen (davon einer aus 2 gekoppelten Räumen bestehend). Siehe Abschnitt c).
- Mehrere Filtersysteme (Oktavsiebe, Terzen-Seriensieb, Hoch-, Tiefpässe u. a. Siehe Abschnitt e).
- Maschinen für künstlichen Nachhall. Siehe Abschnitt c).
- Zeitregler. Siehe Abschnitt d).
- Oszillograph und Meßgeräte aller Art. Siehe Abschnitt b).

b) Meßgeräte.

Auch die sehr vollkommene Ausrüstung mit Meßgeräten ist mustergültig für jedes Tonstudio. Sie umfaßt:

- 1 Pegelschreiber von BRUEL u. KJAER.
 - 1 Schwebungssummer von BRUEL u. KJAER mit Wobbler für lineare Frequenzmodulation mit regelbaren Modulationshub und -geschwindigkeit zur Verbindung mit dem Pegelschreiber z. B. zur automatischen Aufzeichnung von Frequenzgang-, Nachhallkurven u. ä.
 - 1 Meßverstärker BRUEL u. KJAER.
 - 1 Eichmikrofon BRUEL u. KJAER und Vorverstärker (der auch allein verwendet werden kann) mit linearem Frequenzgang (Abweichung weniger als 0,2 db zwischen 50 und 8000 Hz).
 - 1 Zweistrahl-Kathodenszillograph von COSSOR mit linearer — und in den Bereichen — konstanter Strahlgeschwindigkeit (vgl. GRAVESANER BLÄTTER, Heft 2/3, Seite 82 und 96), Zeitskala zur Messung kleinster Zeitintervalle (unterhalb der Größenordnung Mikrosekunde).
 - 1 Registrierkamera (Vorsatz zum Kathodenstrahloszillographen) mit regelbarem Filmtransport bis zu 1 m/s, dient insbesondere zur Aufzeichnung unperiodischer Vorgänge,
- Meßgeräte aller Art (Volt-, Ampere-, Ohmmeter, Röhrenvoltmeter usw.) für alle in einem akustischen Laboratorium vorkommenden Bedürfnisse.

Die Meßausrüstung ermöglicht es, die physikalischen Bestimmungsgrößen jedes Schallphänomens in kurzer Zeit mit bestmöglicher Genauigkeit zu ermitteln, insbesondere die Aufnahme von Frequenzkurven der Verstärker, Filter, Räume, Lautsprecher, Mikrophone in Verbindung mit dem praktisch schalltoten Studio 1 und die meßtechnische Überwachung des ganzen Instituts durchzuführen.

c) Spezialeinrichtungen.

Ein wesentliches Problem der experimentellen Musik ist die Umgestaltung vorhandener und Gestaltung neuer Klänge. (Vgl. Fig. 5).

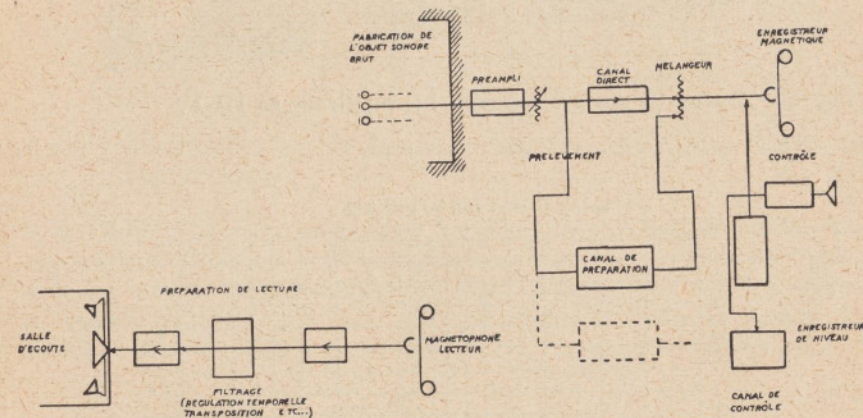


Fig. 5 Plan für die Benutzung der Studios für elektronische Musik

Hierzu dienen u. a. die bereits erwähnten Nachhallräume. Sie haben folgende Eigenschaften:

	Nachhalldauer bei		
	100 Hz	1 000 Hz	4 000 Hz
Nachhallraum III/IV	11 s	10 s	6 s
„ II	ca. 14 s	10 s	4 s
„ I	18 s	9 s	4 s

Der Nachhallraum III/IV besteht aus 2 durch eine Öffnung von ca. $2 \times 2,5$ m miteinander gekoppelten Räumen. (Fig. 6). Er stellt einen Schallspeicher von bemerkenswerten Eigenschaften dar, die man als „akustisches Gedächtnis“ bezeichnen kann. Stellt man wie in Fig. 6a dargestellt, im Raum III Lautsprecher und Mikrofon auf, so erhält man den in Fig. 7 gezeigten Nachhallverlauf. Raum III hat allein eine Nachhalldauer von nur ca. 2,5 s. Wird die Schallquelle abgeschaltet (in Fig. 7 in dem Zeitpunkt 2,8 s), so klingt zuerst der Hall in Raum III in ca. 3 s ab. Der

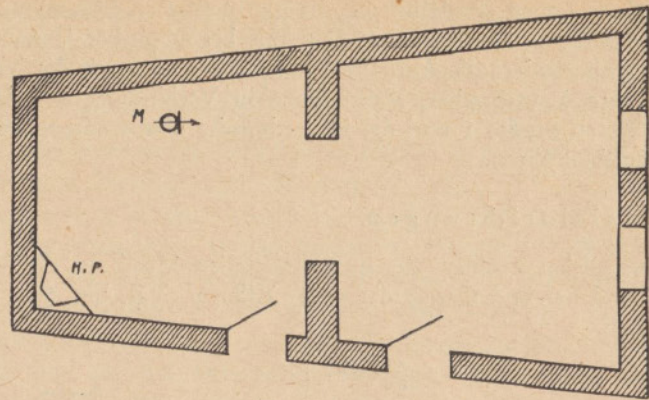


Fig. 6a Grundriß des gekoppelten Nachhallraumes III-IV

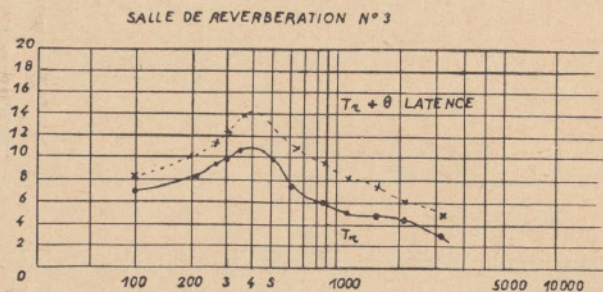


Fig. 6b Frequenzgang des Nachhalls im gekoppelten Nachhallraum

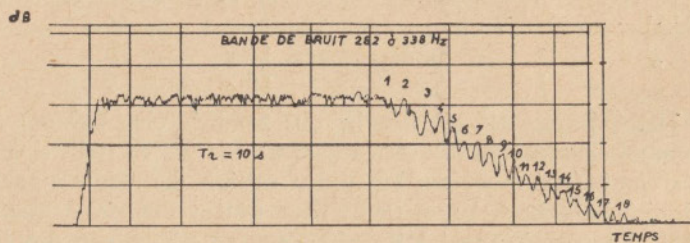


Fig. 6c Beispiel für die Wirkungsweise des „akustischen Gedächtnisses“ und das Entstehen periodischer Schallvorgänge aus einem weißen Rauschen

Raum IV, der für sich eine viel größere Nachhalldauer hat, liefert einen Teil der Schallenergie an den Raum III zurück, so daß die Nachhallkurve, Fig. 7, entsteht. Außer dem wissenschaftlichen Interesse, das einem solchem Raumsystem zukommt, hat es große Bedeutung für die experimentelle Musik und die Sprachübertragung.

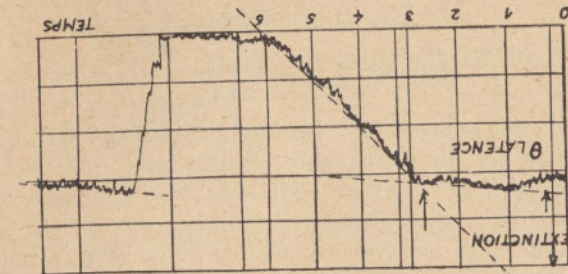


Fig. 7 Nachhallkurve, die das Phänomen des „akustischen Gedächtnisses“ darstellt

A. MOLES hat in einer anderen Veröffentlichung (Annales de Telecommunication) dargelegt, daß der künstliche Nachhall von großem Einfluß auf den semantischen (den Intellekt ansprechenden) und den ästhetischen Informationsgehalt der Sprache oder der Musik ist. Für die Sprache hat er die in Fig. 8 gezeichneten optimalen Formen des Nachhallverlaufes er-

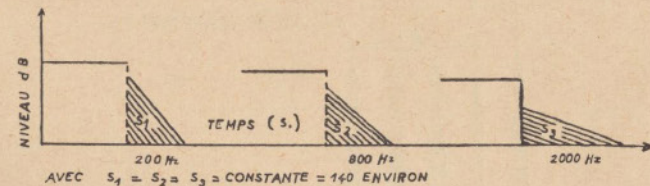


Fig. 8 Beziehungen zwischen Verständlichkeit und Nachhallverlauf

mittelt, unter denen die Verständlichkeit, die wesentlich durch den semantischen Anteil bedingt ist, erhalten bleibt, auch wenn die Nachhalldauer bis zu einem Höchstwert gesteigert ist.

Für die Musikübertragung scheinen ähnliche Verhaltungen aber mit verschiedenen Nachhallzeiten günstig zu sein, etwa entsprechend einem Nachhallverlauf von der Form der Fig. 9. Hierzu dienen mehrere gekoppelte Nachhallräume von geeigneten Nachhallzeiten. Untersuchungen über diesen Gegenstand sind im Gange. Sie machen zahlreiche Voruntersuchungen nötig, besonders über die Wichtigkeit des Nachhalls in den hohen Frequenzgebieten und die Schallschluckeigenschaften von Faserstoffen für die Wandbekleidungen. Ausgangspunkt für diese Untersuchungen ist die Aufnahme

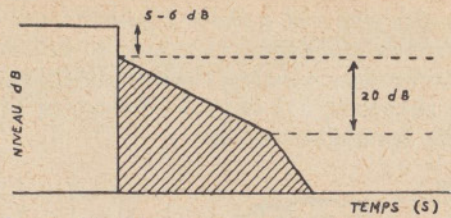


Fig. 9 Optimale Nachhallform für Musik

in einem Studio mit sehr geringer Nachhalldauer (ca. 0,4 s). Sie ergibt die beste Möglichkeit für die nachträgliche Bearbeitung.

Das Institut Scherchen verfügt auch über Nachhallmaschinen verschiedener Systeme, die in der gleichen Zeitschrift schon früher beschrieben worden sind (vgl. auch „Gravesaner Blätter“, Ars Viva Verlag, Hermann Scherchen, Mainz, Seite 5 ff.). Die Nachhallmaschine von HAMMOND beruht auf der Laufzeitverzögerung des Schalls in Longitudinalschwingungen von 5 Spiralfedern die durch ein Hebelsystem wie in Fig. 10 gezeigt, miteinander verbunden sind. Diese Einrichtung, die eine Nachhalldauer

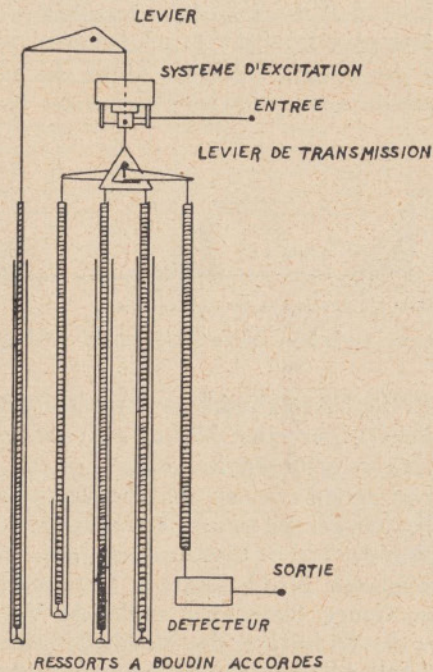


Fig. 10 Schema der Nachhallmaschine HAMMOND

von etwa 1,5 s ergibt, ist leider sehr störungsanfällig infolge von Transversalschwingungen der Federn, die parasitäre Geräusche verursachen. Für Frequenzen unterhalb 500 Hz ist die Dämpfung zu groß. Siehe Fig. 11.

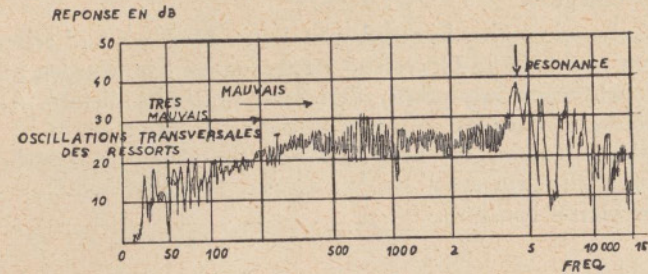


Fig. 11 Frequenzcharakteristik der Nachhallmaschine HAMMOND

Die Nachhallmaschine auf Magnetophonbasis hat hinsichtlich des künstlichen Nachhalls auch nicht die Erwartungen erfüllt, die man anfänglich auf sie setzte. Das Institut verfügt über eine von FURRER konstruierte und von Studer AG, Zürich, gebaute Maschine mit 6 nach dem Schema der Fig. 12 zur Aufnahme und Wiedergabe geschalteten Köpfen und

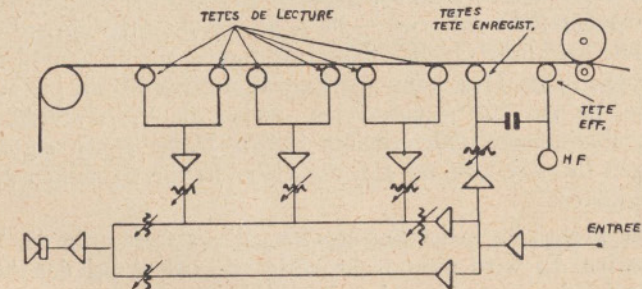


Fig. 12 Schema der magnetophonischen Nachhallmaschine FURRER mit 6 Köpfen

4 wählbaren Geschwindigkeiten (32,4 + 64,8 + 129,6 + 260 cm/s). Die Bandschleife hat eine Länge von 4 m. Die Maschine ist für Zwecke der experimentellen Musik sehr wertvoll, nämlich für

- unendlich lange Echos,
- Herstellung von Klangelementen für die konkrete und elektronische Musik,
- Herstellung und Messung von Verlagerungen und Überschneidungen von Teilen eines musikalischen Vorganges,
- Untersuchungen über Steuerung der Stimme durch das Ohr (vergl. hierzu den Sammelbericht von ENKEL in GRAVESANER BLÄTTER, Heft 2/3, Seite 57 ff).

Die Mängel des Geräts für die künstliche Nachhallerzeugung beruhen auf der diskontinuierlichen Verteilung der Köpfe, während der natürliche Nachhall nach einem oder wenigen anfänglichen Einzelmrückwürfen in ein Kontinuum übergeht.

In dem Colloquium über künstlich gestalteten Nachhall und ersten Rückwurf, das im Mai 1956 in Gravesano stattgefunden hat, wurden künstliche Nachhallrichtungen besprochen, die bessere Ergebnisse liefern. A. KUHL hat eine solche Einrichtung angegeben, die aus einer etwa 1 m² großen Stahlblechplatte besteht, H. LAURIDSEN eine ähnliche, bestehend aus einer Streckmetallplatte etwa gleicher Größe. Hierüber wird an anderer Stelle dieses Heftes berichtet.

d) Zeitregler.

Dieses Gerät, das schon früher in der gleichen Zeitschrift beschrieben worden ist (vergl. GRAVESANER BLTTER, Heft 1, Seite 32 ff.) hat die bemerkenswerte Eigenschaft, die Wiedergabedauer einer magnetophoni-schen Aufzeichnung innerhalb gewisser Grenzen nach Belieben zu verändern, ohne daß dabei die Tonhöhe geändert wird.

Untersuchungen haben ergeben, daß die Zeit-Dehnung durch einen störenden Tremuliereffekt auf etwa -25 % beschränkt ist, während die Zeit-Raffung ohne merkliche Qualitätsbeeinträchtigung auf 35 % und mehr gebracht werden kann. Man kann die Zeitraffung für Musik bis auf 65 %, für Sprache bis auf 200 % ausdehnen, wobei die Verständlichkeit zwar gemindert, aber immer noch erhalten bleibt. Dabei treten eigentümliche Entstellungen (Mecker-Effekte) auf, die vielleicht für Grotesken ausgewertet werden können.

Eine hohe praktische Bedeutung gewinnt dieses Gerät für die Tonfilm-Synchronisation. Es wird nicht mehr nötig sein, schon bei der Aufnahme auf einen peinlich genauen Synchronismus zu achten. Amateuraufnahmen können nachträglich synchronisiert werden und bei den Musikaufnahmen in den Filmateliers braucht der Dirigent nicht mehr die bedauernde Rolle zu spielen, daß er auf das Startzeichen aufpassen muß wie der Überfallene auf die Pistole des Erpressers. Für den Übergang von Film (24 Bilder/s), auf Fernsehen 25 Bilder/s) wird das Gerät mit gutem Erfolg angewendet.

e) Filter.

Die Filter gehören zu den wichtigsten Geräten eines Studios für experimentelle Musik. Es sind vorhanden:

— Ein passives Oktavsieb von SIEMENS, normale Form für Fernsprech-zwecke. Die Filtereigenschaften zeigt Fig. 13,

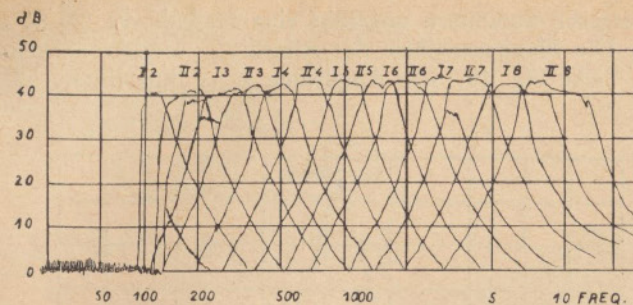


Fig. 13 Frequenzgang des SIEMENS Oktavfilters

— Ein Bandpaß mit Verstärkung von KROHN-HITE, der das Ausieben von Frequenzbändern beliebiger Breite mit einer Flankensteilheit von 35 db/Oktave ermöglicht, siehe Fig. 14,

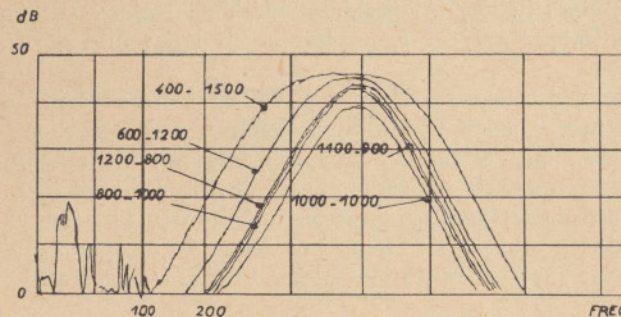


Fig. 14 Frequenzgang eines Bandfilters mit Rückkopplung für verschiedene Reglerstellungen

— Ein Lochsieb KROHN-HITE, nach dem gleichen Prinzip wie das vorstehende gebaut, aber mit inverser Charakteristik zum Unterdrücken eines Frequenzbandes.

Die letzteren beiden Filter beherrschen einen Frequenzbereich von einigen Hz bis ca. 100 kHz, also weit über den Hörbereich hinaus. Mit dem Bandpaß kann man einzelne Instrumente (Pauke, Harfe o. ä.) aus einem orchestralen Komplex herausheben. Das Lochsieb ist von großem Nutzen zum Ausieben ungewollter Frequenzen (z. B. des Nadelgeräusches).

— Das bemerkenswerteste Filter ist das elastische Filter, auch Gummifilter genannt, von den ALBISWERKEN (Zürich), das gleichfalls mit Verstärkung arbeitet. Es teilt den hörbaren Frequenzbereich in 27 Terzen ein (eine Terz mit dem Frequenzverhältnis 4/5. Zwei benachbarte

Terzen ergeben zusammen ungefähr eine Halboktave ($25/11$ ungefähr $= 3/2$). Die Flankensteilheit des Albisfilters erreicht nahezu 60 dB/Oktave. Siehe Fig. 15. Die Amplitude jedes Einzelfilters ist regelbar

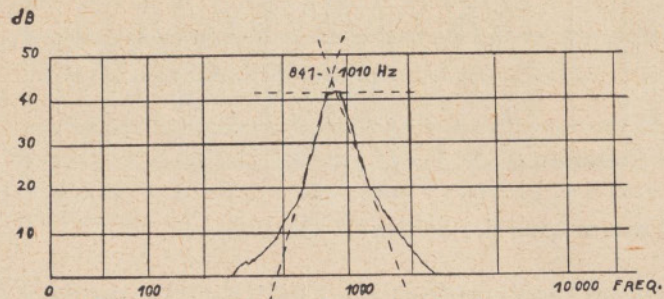


Fig. 15 Frequenzgang einer Terzstufe des ALBIS-Filters.

mittels je eines in Dezibel geeichten Flachbahnreglers. Die Stellungen der Reglerknöpfe auf der Frontplate ergeben das Bild des Frequenzganges.

Die große Bedeutung des elastischen Filters besteht darin, daß man von vorneherein jeden gewünschten Frequenzgang einstellen und ihn nach Belieben im Verlauf eines Experiments verändern kann, so daß man in kürzester Zeit Aufschluß über die Eigenschaften der in einer elektroakustischen Übertragungskette vorhandenen Glieder und deren Modifikationen erhält. Die Herausgabe von Magnetophonbändern und Schallplatten zur Demonstration solcher Effekte ist geplant.

f) Sonstige Einrichtungen.

Das Institut verfügt über zwei Lautsprecherkombinationen, Studioausführungen des deutschen Rundfunks, Fabrikat TELEFUNKEN, eine größere Anzahl von Lautsprechersystemen mit und ohne Schallwänden verschiedener Formen, eine Lautsprecherkombination von PYE (London), eine große Musiktruhe von GRUNDIG, Kristalllautsprecher von PEIKER, piezoelektrische und elektromagnetische Kleinstmikrophone von Prof. Dr. HEIMANN-Wiesbaden (vgl. GRAVESANER BLÄTTER, Heft 2/3, Seite 93) u. a. m.

An Klangquellen sind vorhanden: drei große Konzertflügel (Steinway, Bechstein, Blüttner), ein Streichquartett, eine elektronische Orgel (APPARATEWERK BAYERN), die direkt (ohne akustisches Zwischenglied) zur Schallaufnahme verwendet werden kann, ein Generator für weißes Rauschen, der besonders für elektronische Klangerzeugung dient.

Über die Arbeiten im Elektroakustischen Institut Hermann SCHERCHEN wird in den GRAVESANER BLÄTTERN laufend berichtet.



**ALBISWERK
ZÜRICH A.G.**

ALBIS ELEKTRO-AKUSTIK



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

ALBISWERK ZÜRICH AG. ALBISRIEDERSTRASSE 245 ZÜRICH 47

TELEFUNKEN

Studiotechnik

Jahrzehntelange Erfahrung in
Planung, Anordnung und Gestaltung

Wir liefern:

Einzelstudiogeräte für Rundfunk, Fernsehen, Tonfilm und Schallplattenaufnahme. Komplette Studioanlagen, einschließlich der Signal-, Kommando- und Abhöreinrichtungen.



Auch das Akustische Experimentalstudio GRAVESANO ist mit TELEFUNKEN-GERÄTEN ausgestattet

TELEFUNKEN G.M.B.H. · Fachgebiet Elektroakustik