

Gerhart Boré

**Grundlagen und Probleme
der stereophonen Aufnahmetechnik**

GEORG NEUMANN

Laboratorium für Elektroakustik G.m.b.H.

Berlin SW 68, Segitzdamm 2 · Telefon 61 48 92

In dem Bemühen der Elektroakustiker um immer vollkommeneren Schall-Wiedergabeverfahren sind — nach Ausschöpfen aller Möglichkeiten, die die Einkanalübertragung bietet — entscheidende Verbesserungen nur durch den Übergang auf die mehrkanalige stereophone Übertragung möglich.

Einige Gesetzmäßigkeiten, die bei dieser Art der Schallübertragung eine Rolle spielen, sind schon seit etwa 30 Jahren bekannt. Ein Teil davon kann allerdings erst auf Grund neuerer hörphysiologischer Erkenntnisse richtig gedeutet und genauer formuliert werden, und eine Anzahl von Fragen bedarf noch der Klärung. Bezüglich der praktischen Durchführung stereophoner Schallübertragungen hat die Entwicklung vorerst nicht zu einer eindeutig besten, sondern zu mehreren anscheinend etwa gleichwertigen Lösungen geführt.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, nach einer Zusammenfassung der wichtigsten Grundlagen einen Überblick über bereits bewährte Aufnahmeverfahren und einige Hinweise zu ihrer Durchführung zu geben.

I. Grundlagen

Räumliches Hören

Unser Gehörorgan befähigt uns, Schallereignisse nicht nur nach ihrer Intensität und ihrem zeitlichen Ablauf auszuwerten, sondern auch ihre Herkunft nach Richtung und Entfernung recht genau festzustellen. Zur Bestimmung der Richtung wird der Eintreffzeit-Unterschied der jeweils ersten Schallanteile eines Lautes bei beiden Ohren ausgenutzt, daneben in gewissem Umfange auch der Intensitäts- und Klangfarbenunterschied zwischen rechtem und linkem Ohr. Die Entfernungsbestimmung gelingt auch mit nur einem Ohr und beruht darauf, daß unser Gehör die Krümmung der Wellenfront, die ja für punktförmig gedachte Schallquellen mit der Entfernung immer geringer wird, festzustellen vermag. Als Maßstab dient ihm hierzu der Phasenunterschied zwischen Schalldruck und Schallschnelle vornehmlich der tiefsten Frequenzanteile und der tieffrequenten Ausgleichsvorgänge, der am Orte der Schallerzeugung 90° und in der ebenen Welle 0° beträgt. Im diffusen Schallfeld geschlossener Räume kommt hierzu noch die Möglichkeit, den Abstand der Schallquelle auf Grund des Intensitätsunterschiedes zwischen dem Direktschall und den etwas später von den Begrenzungsflächen des Raumes eintreffenden Schallrückwürfen abzuschätzen.

Möglichkeiten der Einkanal-Übertragung

Bei der bisher üblichen Schallübertragungstechnik mit nur einem Übertragungskanal kann von den räumlichen Komponenten nur die zuletzt genannte Art der Entfernungsbestimmung mit übertragen werden. Die Kunst der Toningenieure besteht heute größtenteils darin, gerade diese ihnen verbleibende Möglichkeit, eine Raumwirkung mitzuübertragen, weitgehend auszunutzen. Durch den Einsatz und das wahlweise Einblenden von sog. Solistenmikrofonen kann der Direktschallanteil (und bei Bedarf auch die Lautstärke) einzelner Instrumentengruppen, Solisten oder Sprecher vergrößert und das Objekt so innerhalb des gesamten Klangkörpers näher an den Hörer „herangebracht“ werden. Die gleiche Wirkung läßt sich mit Richt-Mikrofonen erzielen, wobei sich der Vorteil ergibt, daß man mit dem Mikrofon nicht so nahe an die Schallquelle herangehen muß. Zwei besondere Ausführungen von Kondensatormikrofonen (die Typen M 49 und SM 2) gestatten es sogar, vom Regieraum aus die Richtcharakteristik und damit den Direktschallanteil kontinuierlich zu verändern.

Eine Übertragung des Richtungseindrucks ist bei einer Einkanal-Übertragung nicht möglich. Es ist, als hörte man die Darbietung durch ein Loch oder eine Röhre. Die

Verwendung mehrerer Lautsprecher oder eines Kugelstrahlers vermag zwar die Öffnung dieses Rohres zu erweitern, nicht aber seinen Durchmesser zu vergrößern. (Auch Milch und Kaffee lassen sich, einmal zusammengebracht, nicht dadurch wieder trennen, daß man die Kaffeekanne mit mehreren Gießöffnungen versieht). Lediglich für räumlich begrenzte Klangkörper oder für Solisten läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen auf diese Weise ein Anwesenheitseindruck der Schallquelle im Wiedergaberaum hervorrufen. Hierauf beruht der Vorteil der unter dem Namen „3-D-Technik“ bekanntgewordenen Anordnungen.

Kopfbezügliche Stereophonie

Entschließt man sich, für die Wiedergabe Kopfhörer zu verwenden, so gelingt eine Übertragung der Richtungskomponente recht gut, wenn man beide Kopfhörermuscheln mit je einem Mikrofon verbindet und die Mikrophone an einem „künstlichen Kopf“, etwa aus Holz, an der Stelle der Ohren anbringt. Man muß nur seinen eigenen Kopf stillhalten, da sich bei Drehbewegungen sonst der ganze Aufnahmerraum mitzudrehen scheint.

Raumbezügliche Stereophonie und „Haas-Effekt“

Benutzt man zur Wiedergabe Lautsprecher, deren jeder über einen eigenen Kanal mit einem zugehörigen Mikrofon verbunden ist, so stellt es sich heraus, daß man nicht unbedingt eine Vielzahl von Übertragungskanälen benötigt, sondern daß bereits der Übergang von einem auf zwei Kanäle ganz erhebliche subjektive Verbesserungen zur Folge hat. Die Hinzunahme eines dritten und weiterer Kanäle dürfte nur dann sinnvoll sein, wenn es sich um bewegliche Objekte handelt und wenn Wert auf eine gute Übereinstimmung mit einem gleichzeitig dargebotenen optischen Eindruck gelegt wird (Tonfilm). Im folgenden soll stets eine Zweikanalübertragung zugrunde gelegt werden.

Allgemein entstehen bei der Verwendung von Lautsprechern Schwierigkeiten dadurch, daß nicht mehr jedem Ohr sein eigener Übertragungsweg zugeordnet werden kann. Jedes Ohr hört jetzt jeden Lautsprecher. Zum besseren Verständnis empfiehlt sich ein Vergleich mit den Vorgängen beim Anhören einer Schallquelle in einem geschlossenen Raume. Trotz der hier sehr großen Zahl von Schallrückwürfen gelingt uns die Lokalisation der Schallquelle im allgemeinen gut, weil wir es gelernt haben, von allen Lauten immer nur den ersten, direkt von der Schallquelle zum Hörer gelangenden Schallanteil für die Richtungsbestimmung auszunutzen. Alle nachfolgenden aus anderen Richtungen reflektierten Anteile des betreffenden Schallelements können diese Richtungsfestlegung dann nicht mehr beeinflussen.

Tritt an die Stelle eines Rückwurfschalles der Schall aus einem zweiten Lautsprecher, so wird ebenso auch von diesem Lautsprecher kein Richtungseindruck mehr zu empfangen sein, wenn sein Schall etwas verspätet gegenüber dem Schall vom ersten Lautsprecher eintrifft (sog. „Haas-Effekt“). Man wird nur noch den ersten Lautsprecher lokalisieren, also auch keine Stereophoniewirkung erzielen können.

Zum Glück setzt dieser „Sperrvorgang“ für die Richtungsbestimmung nicht ohne Übergang ein. Er ist jeweils erst nach etwa 3 ms beendet. Nur bis zu dieser Zeitgrenze können zwei aus verschiedenen Richtungen einfallende Schallanteile zu einem einzigen Richtungseindruck zusammengesetzt werden, der dann zwischen beiden Richtungen liegt. Der Zusammenhang zwischen Eintreffzeit-Differenz und Ortungswinkel ist allerdings nicht linear; es findet ein Zusammendrängen des Schallgeschehens zu den Lautsprechern hin statt, was gewöhnlich aber nicht stört. Bei der klassischen Zweikanal-Übertragung mit Lautsprechern muß daher beachtet werden:

Ein Laufzeitvorsprung von mehr als 3 ms oder ein Laufweg-Unterschied von mehr als 1 m für einen der beiden Kanäle hat zur Folge, daß die Schallquelle nur noch aus einem der beiden Lautsprecher zu ertönen scheint.

Aufnahmeseitig kann dieser Tatsache meist durch eine geeignete Mikrophonaufstellung Rechnung getragen werden. Auf der Wiedergabeseite sollten alle Hörer so sitzen, daß sie von beiden Lautsprechern gleichen Abstand haben; d. h. sie sollten sich auf der Symmetrieachse befinden. Sonst wirkt sich die unterschiedliche Eintreffzeit von beiden Lautsprechern her nachteilig aus; alle Schallquellen werden scheinbar an den näheren Lautsprecher herangerückt und scheinen für die Seitenplätze schließlich nur noch aus diesem einen Lautsprecher herauszutönen. Ein kleiner Lautsprecherabstand vergrößert den Bereich im Zuhörerraum, für den noch annähernd richtig lokalisiert wird; indessen wird dann auch die Gesamtbreite des wiedergegebenen Klangbildes kleiner. Man muß einen Kompromiß schließen, der auch die Grundrißform des Abhörtraumes zu berücksichtigen hat.

Eine wirksame Methode zur Vergrößerung der nutzbaren Fläche im Wiedergaberaum scheint darin zu liegen, daß die jeweils ersten Anstiegsflanken des Direktschalls etwas abgeflacht werden und damit die Ortungsschärfe ein wenig herabgesetzt wird. Die genauen Zusammenhänge bedürfen noch der Klärung. Man muß offenbar dafür sorgen, daß noch vor dem völligen Einsetzen des oben genannten Sperreffekts, also noch innerhalb von 3 ms von jedem Lautsprecher zusätzlich mehrere Wiederholungen oder Rückwürfe mit nur geringem Umweg beim Hörer eintreffen. Außerdem soll die Abstrahlcharakteristik für alle Frequenzen gleich sein.

Bewährt hat sich für den Mittel- und Hochtonbereich das Anbringen von Halbkugel-Strahlergruppen mit ausgesucht gleichem Frequenz- und Phasengang in je einer Raumecke. Die Aufstellung der Tieftonstrahler ist weniger kritisch, denn Frequenzen unter 300 Hz lassen sich schwer lokalisieren.

Einfluß von Intensitätsunterschieden

Es war naheliegend, zu den Eintreffzeit-Unterschieden zusätzlich noch Intensitätsunterschiede oder auch ausschließlich Intensitätsunterschiede in beiden Kanälen zur Übermittlung des Richtungseindrucks auszunutzen.

Ein Erfolg solcher Maßnahmen ließ sich weniger leicht voraussagen, denn der Fall, daß ein und dasselbe Schallereignis aus zwei Richtungen genau gleichzeitig beim Hörer eintrifft, kommt beim normalen Hören gewöhnlich nicht vor. Im Gegenteil: Das Gehör hat sich daran gewöhnt, bei Sprache auch Rückwürfe, die bis zu 5 dB lauter sind als der Direktschall und diesem binnen 35 ms nachfolgen, für die Richtungsbestimmung ungenutzt zu lassen.

Mit den Hilfsmitteln der Elektroakustik ist es möglich, über zwei räumlich getrennt stehende Lautsprecher genau gleichzeitig dasselbe Signal abzustrahlen und nun lediglich durch Verändern des Intensitätsverhältnisses seitliche Richtungseindrücke hervorzurufen. Es zeigt sich dabei, daß zwischen dem Intensitätsverhältnis und dem Ortungswinkel ein etwa linearer Zusammenhang besteht und daß die Richtungsbestimmung nicht ganz so scharf und eindeutig ist wie bei dem klassischen Verfahren*). Eine gewisse Unschärfe ist erwünscht. Sie muß, wie wir oben gesehen haben, in Kauf genommen werden, damit die ausnutzbare Fläche

*) Nach neueren englischen Untersuchungen besteht für Frequenzen unter 700 Hz ein genau linearer Zusammenhang, für höhere Frequenzen findet dagegen ein leichtes Zusammendrängen der virtuellen Schallquellen zu den Lautsprechern hin statt.

im Wiedergaberaum nicht zu klein wird. Ein Vergleich beider Stereophonie-Verfahren bei gleichen Versuchsbedingungen: Der zuerst beschriebenen „klassischen“ und der soeben dargelegten „Intensitäts-Stereophonie“, mit dem Ziel, eine allgemeingültige Beurteilung beider Verfahren festzulegen, konnte noch nicht ausgeführt werden. Fest steht nur, daß beide Wege zu sehr erheblichen Qualitätssteigerungen gegenüber dem Einkanalverfahren führen können. Der Hörer hat die Möglichkeit, sich innerhalb des Klangbildes auf ganz bestimmte Richtungen zu konzentrieren, und damit gewinnt der Klang beträchtlich an Durchsichtigkeit, etwa noch vorhandene geringe Verzerrungen, Rausch- und Brummstörungen oder ein mitübertragenes Raumgeräusch treten weniger stark in Erscheinung, und selbst eine sehr große Wiedergabelautstärke, bei Einkanalübertragung schon unerträglich, wird nicht als lästig empfunden.

II. Zur Durchführung von stereophonen Schallübertragungen

Die Entwicklung ist noch zu sehr im Fluß, als daß man schon beurteilen könnte, welche der verschiedenen Übertragungsweisen sich durchsetzen wird. Die folgenden Ausführungen vermögen daher nur einen Überblick über einige bereits mit gutem Erfolg beschrittene Wege zu geben.

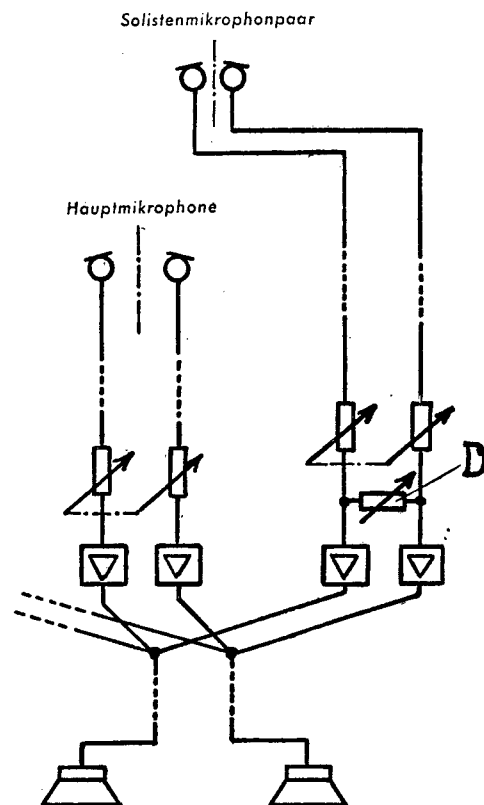


Abb. 1. Blockschema für eine normale Zweikanalübertragung

Normale „klassische“ Zweikanalübertragung

Aufnahmen nach dem „klassischen“ Verfahren werden mit zwei normalen nach Frequenzgang und Richtcharakteristik sehr genau einander sich gleichenden Mikrophonen durchgeführt. Eine ausreichende Gleichmäßigkeit läßt sich praktisch nur für besonders hochwertige, von Teilresonanzen im Übertragungsbereich weitgehend freie Kondensatormikrophone erreichen. Bevorzugt werden Mikrophone mit Nierencharakteristik, die sich besonders auch bei der im Tonfilm gebräuchlichen Mehrkanal-Stereophonie bewährt haben.

Dank ihrer einseitigen Richtwirkung kann sich der für die Richtungsbestimmung so wichtige Direktschallanteil auch bei größerem Mikrofonabstand hinreichend vom übrigen Klangbild abheben. Je nach Raum und Darbietungsart kommen aber auch Mikrophone mit anderen Richtcharakteristiken zur Anwendung. Die Mikrophone werden in einem Abstand von 30...120 cm, je nach Größe des zu erfassenden Winkels, nebeneinander aufgestellt. Sollen, was bei Stereo-Aufnahmen nicht immer erforderlich ist, auch besondere Solistenmikrophone eingesetzt werden, so sollten hierfür enger beisammenstehende Mikrofonpaare eingesetzt werden. Ein im Querweg zwischen beiden Solistenmikrofonen liegendes veränderliches Dämpfungsglied D

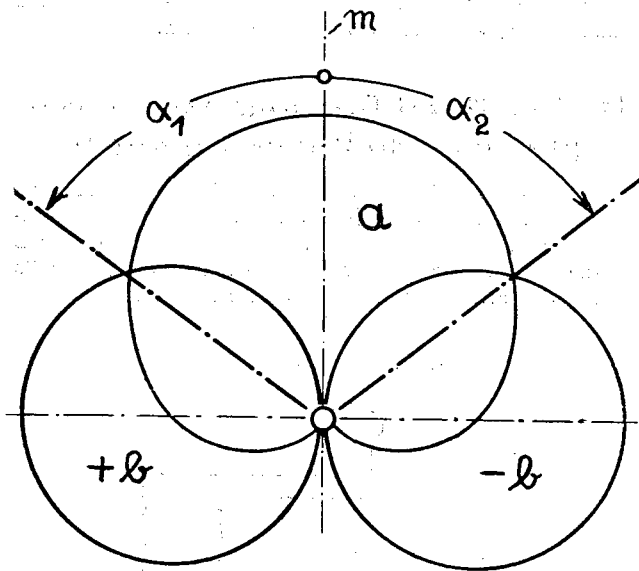


Abb. 2a. Richtdiagramm der Mikrofonkombination bei MS-Stereophonie

gestattet es, die „Basis“, auf der der oder die Solisten sich scheinbar zwischen den Lautsprechern hin und her bewegen können, so weit zu verkleinern, daß kleine Rechts-links-Bewegungen des Solisten nicht gleich zu einem scheinbaren Hin- und Herspringen zwischen beiden Lautsprechern führen können (Abb. 1). Die Benutzung eines Einzelmikrophons, dessen Spannung über Trennverstärker beiden Kanälen von Hand wahlweise beigemischt wird, befriedigt subjektiv wesentlich weniger.

Um den Rechts-links-Eindruck noch zusätzlich durch Intensitäts- und Klangfarbenunterschiede zu ergänzen, wird mit gutem Erfolg zwischen beiden Mikrofonen eine kurze Trennwand angebracht, oder beide Mikrophone werden beiderseits an einer Kugel, einem sog. „künstlichen Kopf“ von 10...30 cm Durchmesser montiert. Damit erfährt für seitlich postierte Schallquellen das Mikrofon auf der entgegengesetzten Seite eine Abschattung, was zu einer gleichmäßigeren akustischen Abbildung des Schallgeschehens auf der Wiedergabeseite führt: Je weiter seitlich eine Schallquelle von der Symmetrieachse steht, um so weniger nimmt die Differenz der Mikrofonabstände von Platz zu Platz noch zu. In diesem Bereich unterstützt nun der Intensitätsunterschied den Effekt, und das oben erwähnte scheinbare Zusammenrücken der Schallquellen zu den Lautsprechern hin wird vermieden. Zusätzlich führt die Beugung der Schallwellen um den künstlichen Kopf oder die Trennwand herum noch zu einer Schwächung der höheren Frequenzen auf der abgewandten Seite.

Intensitäts-Stereophonie

Soll die Lokalisation der Schallquellen lediglich auf Grund der von ihnen zwischen rechtem und linkem Lautsprecher bewirkten Intensitätsunterschiede erfolgen, so müßten sich zur Vermeidung von Laufzeitunterschieden, streng genommen, beide Aufnahmemikrophone am gleichen Ort befinden. Man kann sie indessen ohne Nachteil auch sehr dicht übereinander anordnen. Es müssen Mikrophone mit einer recht ausgeprägten Richtcharakteristik verwendet werden. Sie sind so gegeneinander zu verdrehen, daß jedes Mikrofon eine Hälfte des aufzunehmenden Klangkörpers bevorzugt erfäßt. Diese Art der Intensitäts-Stereophonie hat keine praktische Bedeutung bekommen, denn die durch Lauridsen bekanntgewordene MS-Stereophonie führt bei etwa gleichem Aufwand zu wesentlich eleganteren Lösungen.

MS-Stereophonie bedeutet: Mitten-Seiten-Stereophonie. Ein Mikrofon mit nierenförmiger Richtcharakteristik erfäßt das gesamte Klangbild genau wie das Hauptmikrofon bei einer Einkanalaufnahme. Ein zweites Mikrofon mit einer Achtercharakteristik ist dicht über oder unter dem ersten angeordnet und so ausgerichtet, daß seine Null-Ebene mit der Hauptempfangsrichtung des ersten Mikrophons zusammenfällt (Abb. 2a).

Führt man beide Mikrofonspannungen a und b elektrisch so zusammen, daß einmal die Summe $a+b$ und einmal — durch Gegeneinanderschalten — die Differenz beider Spannungen $a-b$ gebildet wird, so erhält man, wie in Abb. 2b schematisch angedeutet, zwei Kanäle, deren jeder eine Hälfte des aufzunehmenden Bereichs bevorzugt erfäßt. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, daß den beiden Hauptempfangsrichtungen eines Druckgradientenmikrophons für ein und dasselbe Schallsignal entgegengesetzt gepolte Mikrofonspannungen entsprechen. Die Mischung kann z. B. in der angegebenen Weise mittels Differentialübertragers erfolgen. Nimmt man an, daß der Augenblickswert eines von links einfallenden Schalls eine positive Spannung b im Achtermikrofon auslöst, so werden Schallquellen auf

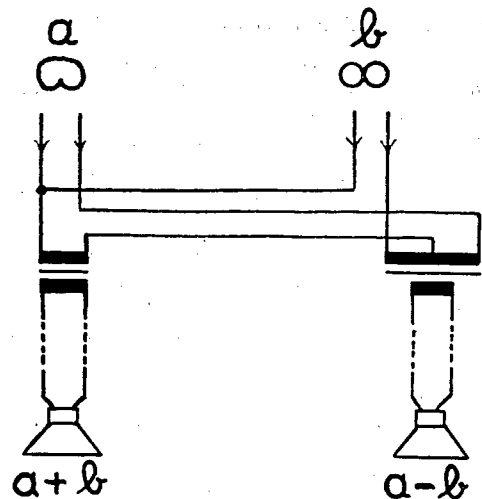


Abb. 2b. Elektrische Summen- und Differenzbildung

der Mittelachse m in beiden Wiedergabekanälen nur die Spannung a des Nierenmikrophons entstehen lassen, also Mitteneindruck hervorrufen. Schallquellen, die mit der Mittelachse den Winkel α_1 einschließen, lassen im linken Lautsprecher die Spannung $a+b$, im rechten Lautsprecher die Spannung $a-b$ entstehen. Bei Spannungsgleichheit von

a und b bedeutet das: Nur noch der linke Lautsprecher bekommt Spannung; die Schallquelle erscheint dem Hörer in der Richtung des linken Lautsprechers. Schallquellen unter dem Winkel α_2 scheinen entsprechend von rechts, d. h. vom rechten Lautsprecher her zu tönen.

Kleineren Winkeln im Aufnahmeraum entsprechen auf der Wiedergabeseite entsprechende Richtungen zwischen den Lautsprechern. Die Größe des Winkels $\alpha_1 + \alpha_2$ kann in gewissen Grenzen durch gegenseitiges Verändern der Verstärkung in beiden Mikrofonkanälen beeinflusst werden.

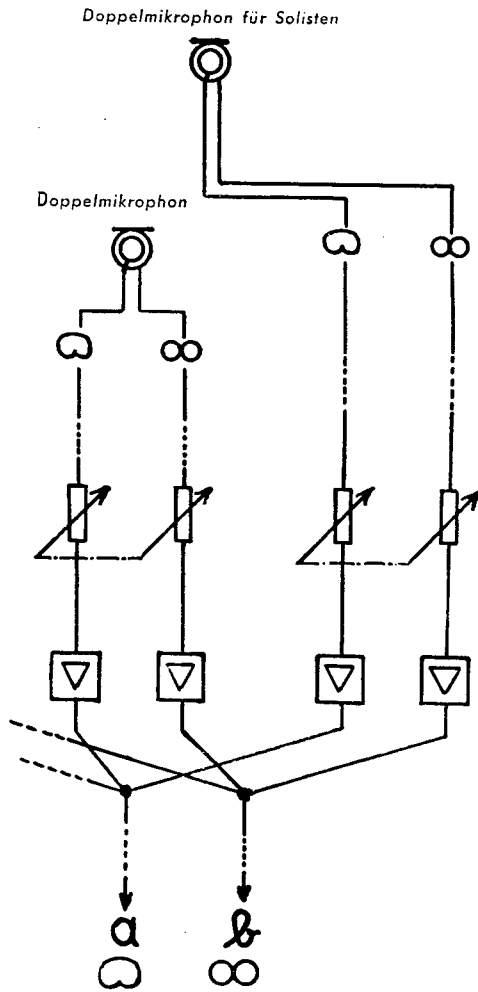


Abb. 2c. Schaltschema für Zumischung weiterer Mikrophone

Schallquellen, die sich außerhalb der Winkelbereiche α_1 und α_2 befinden, werden wieder mehr zur Mitte hin lokalisiert. Hier überwiegt zudem die aus dem Achtermikrophon stammende, beiden Lautsprechern gegenphasig zugeführte Spannung, was für Hörer, die auf der Symmetrieachse beider Lautsprecher sitzen, einen unbestimmten Richtungseindruck zur Folge haben kann. In diesen Bereichen sollten keine Schallquellen aufgestellt werden. Auch hier müssen erfahrungsgemäß, wenn der Klangeindruck befriedigen soll, eventuelle Solistenmikrophone gleichfalls als Doppelmikrophone ausgeführt und entsprechend Abb. 2c zugemischt werden.

Ein bedeutsamer Vorteil der MS-Stereophonie besteht darin, daß ein Kanal, nämlich der Mittenkanal, für sich allein eine vollwertige Einkanal-Aufnahme enthält. Die Entscheidung, ob eine Zweikanal-Aufnahme einkanalig oder

stereophon wiedergegeben werden soll, braucht also erst am Wiedergabeort getroffen zu werden. Diesen Vorteil bietet die normale, oben als „klassisch“ bezeichnete Stereophonie nicht; bei ihr sind stets beide Kanäle zur Erzielung einer guten Wiedergabe erforderlich. Ein Mischen beider Kanäle führt nicht zum Erfolg, denn erstens ergibt die Zusammenschaltung zweier gleichwertiger Mikrophone zu einer „Zweiergruppe“ eine unerwünschte, stark frequenzabhängige Richtcharakteristik, und zweitens werden die Mikrophone gewöhnlich nicht an dem für eine Einkanal-aufnahme günstigsten Platz aufgestellt.

Falls auf die gleichzeitige Brauchbarkeit (compatibility) der Intensitäts-Stereophonie für Einkanalübertragungen kein Wert gelegt wird, können aufnahmeseitig mit gutem Erfolg auch zwei über Kreuz angeordnete Gradientenmikrophone mit besonders exakten Achter-Charakteristiken eingesetzt werden (Abb. 3). Nach zweimaliger elektrischer Addition und Subtraktion (entsprechend Abb. 2b) ergeben sich wiedergabeseitig ähnliche Verhältnisse wie für die MS-Stereophonie. Die abgegebenen Mikrofonspannungen gestatten nur für je einen Winkelbereich von 90° nach vorn und nach hinten eine gute Übertragung des Richtungseindrucks, worauf bei der Aufstellung Rücksicht genommen werden muß. Für außerhalb dieser Winkelbereiche postierte Schallquellen wird die Richtungsbestimmung unsicher, weil dann beide Lautsprecher ganz oder teilweise mit einander gegenphasigen Spannungen beaufschlagt werden.

III. Mikrophone für die stereophone Aufnahmetechnik

Mikrophone, mit denen stereophone Aufnahmen durchgeführt werden sollen, müssen einigen zusätzlichen Anforderungen genügen. Zu den von der Einkanaltechnik her bekannten Forderungen nach geringsten linearen und nicht-linearen Verzerrungen und nach einem weiten Dynamikbereich kommt für die „klassische“ Stereophonie noch die Forderung nach gleichem Frequenz- und Phasengang in den Übertragungskanälen hinzu. Anderenfalls wird der übermittelte Richtungseindruck frequenzabhängig. Besonders störend wirkt es sich aus, wenn für diskrete Frequenzabschnitte in dieser Hinsicht Unsymmetrien bestehen.

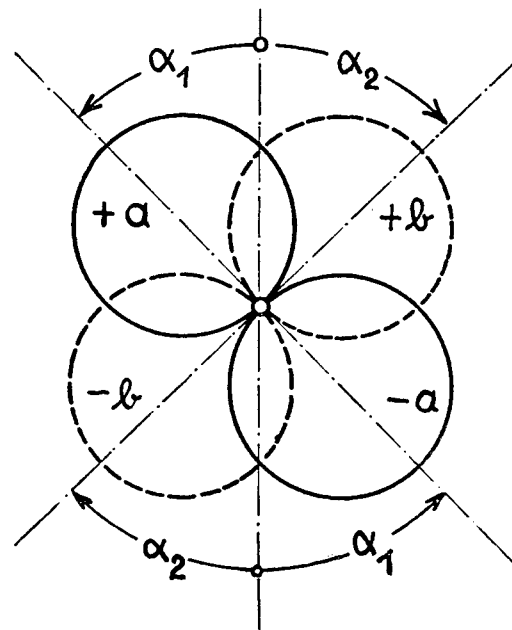


Abb. 3. Richtdiagramm und ausnutzbare Winkelbereiche bei Verwendung einer Kombination aus zwei Mikrophenen mit Achtercharakteristik

Aus Mikrofonserien, deren Frequenzgang dadurch passend gemacht wurde, daß man eine ganze Reihe von Resonanzstellen geschickt über den Übertragungsbereich verteilt, lassen sich weniger leicht gleiche Exemplare aussuchen, selbst, wenn diese Mikrophone im Einkanalbetrieb als hochwertig bezeichnet werden dürfen.

Besonders gut haben sich daher immer wieder Kondensatormikrophone bewährt. (Ihre guten Eigenschaften lassen sich natürlich nur voll ausnutzen, wenn auf der Wiedergabeseite ausgesucht gleiche Lautsprecher eingesetzt werden.)

Für Stereo-Aufnahmen nach dem als klassisch bezeichneten Prinzip stehen vom Hersteller auf gleichen Frequenzgang besonders ausgesuchte NEUMANN-Kondensatormikrophone zur Verfügung. Aufnahmen nach dem Prinzip der Intensitäts-Stereophonie erfordern Mikrofonpaare mit ausgeprägten Richtcharakteristiken. Zusätzlich zu diesen Eigenschaften dürfen sie nur geringe Abmessungen haben, um

trütz ihrer unmittelbaren Nachbarschaft keine allzu große gegenseitige Schallfeldstörung hervorzurufen.

Auch diese strengen Forderungen können praktisch nur von Kondensatormikrophonkapseln als schallaufnehmenden Organen erfüllt werden. Da es kaum möglich ist, zwei Einzelmikrophone ohne Nachteile dicht genug aneinanderzurücken, wurde für diese Zwecke das NEUMANN-Stereo-Mikrofon SM 2 entwickelt.

Dieses Doppelmikrofon enthält zwei gleiche, dicht übereinander angeordnete Mikrofonkapseln, die mit ihren Hauptachsen gegeneinander verdreht sind. Die Kapseln sind Druckgradientenempfänger mit je zwei Membranen. Beide Systeme können — unabhängig voneinander — durch Ändern der Polarisationsspannungen in neun Stufen von der Kugel- über die Nieren- zur Achtercharakteristik fernumgeschaltet werden, so daß sich mit diesem Mikrofon auch mannigfache Sonderaufgaben lösen lassen.

Berlin, im Dezember 1956.