

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2634/88

(51) Int.Cl.⁵ : **H04S 5/00**

(22) Anmeldetag: 24.10.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 3.1990

(45) Ausgabetag: 25. 9.1990

(56) Entgegenhaltungen:

GB-PS1578854 GB-PS1591717 GB-OS2177576

(73) Patentinhaber:

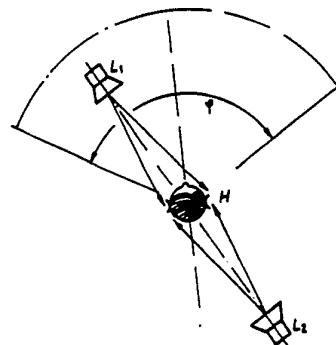
AKG AKUSTISCHE U. KINO-GERÄTE GESELLSCHAFT M.B.H.
A-1150 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

FIDI WERNER DIPL.ING.
BADEN, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) ELEKTROAKUSTISCHE ANORDNUNG ZUR DARBIETUNG VON AUDIOSIGNALEN FÜR DAS RICHTUNGSORIENTIERTE RÄUMLICHE HÖREN BEI BINAURALER WIEDERGABE

(57) Eine elektroakustische Anordnung zur Darbietung von Audiosignalen für das richtungsorientierte räumliche Hören bei binauraler Wiedergabe, wobei die Richtung des auf den Hörenden gerichteten Schallereignisses deutlich erkennbar ist und wobei die das Schallereignis hervorruufende Schallquelle in Strahlungsrichtung mit dem Hörplatz und einer weiteren entgegengesetzt strahlenden Schallquelle auf einer gedachten Geraden liegen, ist dadurch gekennzeichnet, daß diese zweite Schallquelle (L_2) denselben Schall wie die erstgenannte Schallquelle (L_1), jedoch mit einer Zeitverzögerung, die größer ist, als es die Summenlokalisierung verlangt, die aber kleiner bleibt, als es das Hören des ersten Echos erfordert, am Hörplatz erzeugt.



Die Erfindung betrifft eine elektroakustische Anordnung zur Darbietung von Audiosignalen für das richtungsorientierte räumliche Hören bei binauraler Wiedergabe, wobei die Richtung des auf den Hörenden gerichteten Schallereignisses deutlich erkennbar ist und wobei die das Schallereignis hervorrufende Schallquelle in Strahlungsrichtung mit dem Hörplatz und einer weiteren entgegengesetzt strahlenden Schallquelle auf einer gedachten Geraden liegen.

Bei den heute üblichen zwei- und mehrkanaligen Wiedergabeverfahren ist das präzise Richtungshören nicht eindeutig möglich; Verwechslungen in der Richtung werden vom Hörenden immer wieder vorgenommen.

Aus der AT-PS 345 363 ist eine Anordnung bekannt, die eine gleichmäßige und gleichzeitige richtungs- und entfernungsgetreue elektroakustische Schallübertragung in einem großen Raum oder einer Freifläche erlaubt, wobei eine großräumige Bühne und ein großes Auditorium, das über einen größeren Raumwinkel um die Bühne verteilt ist, mit mehreren Lautsprechern, die sich wenigstens teilweise in unterschiedlichen Entfernungen von der Schallquelle und den Zuhörern befinden, beschallt werden. Dazu sind zwecks Versorgung aller Zuhörer ohne Verfälschung von Richtung und Entfernung bei erhöhter Raumwirkung ein oder mehrere Mikrophone und/oder andere Signalquellen jeweils räumlich begrenzten Quellbereichen der Bühne zugeordnet und über ein oder mehrere Verzögerungsglieder und zwei oder mehr rückwirkungsfreie Summierschaltungen mit zwei oder mehr Lautsprechern bzw. Lautsprechergruppen und/oder mit weiteren im Raum verteilten Lautsprechern in solcher Zeiturdnung verbunden, daß bezogen auf alle Zuhörerplätze der Schall bei gleichen Amplitudenanteilen von derjenigen Lautsprechergruppe bzw. dem Lautsprecher, der der Verbindungslinie zwischen dem Zuhörerplatz und dem der Schallquelle zugeordneten Quellbereich am nächsten liegt, früher eintrifft, als der Schall von den anderen Lautsprechergruppen bzw. Lautsprechern, aber später als der Originalschall. Der dabei erreichte Effekt beruht im wesentlichen auf dem Gesetz der ersten Wellenfront, nach dem die Richtung aus dem früher am Ort des Hörens eintreffenden Schallereignis wahrgenommen wird.

Ein Verfahren, das für einen Zuhörer lediglich nur den vor ihm liegenden Schallereignisort wahrnehmen läßt, hat J. Blauert in den DE-OS 17 62 727 und 19 65 632 vorgeschlagen, bei dem zur Erzeugung von Hörempfindungen in gewünschten Richtungen, Anteile des für den Hörenden bestimmten Signals in bestimmten Frequenzbereichen, den sogenannten richtungsbestimmenden Bändern, stärker als die anderen dargeboten werden, wobei die Wirkung dadurch verstärkt oder vermindert werden kann, indem zusätzlich zu oder an Stelle der verstärkt dargebotenen Frequenzbereiche eine zeitliche Verschiebung dieser Signalanteile gegenüber anderen Signalanteilen durchgeführt wird. Die für das Vorne-Hören maßgeblichen Frequenzbereiche sind die von 150 Hz bis 600 Hz, von 2 kHz bis 6,5 kHz und von 16 kHz bis 20 kHz. Dieses Verfahren gewährt tatsächlich eine gewisse Sicherheit im Vorne-Hören, ist aber mit dem Nachteil behaftet, daß Feinstrukturen des menschlichen Gehörs unberücksichtigt bleiben, was in manchen Fällen auch zu Klangverfärbungen beiträgt. Die Ursache dafür sind die individuellen Gegebenheiten von Ohrmuschel und Kopf, die dann nicht an die richtungsbestimmenden Bänder angepaßt sind.

Auch ist ein Verfahren samt Vorrichtung zu seiner Durchführung zur räumlichen Wiedergabe von Schallsignalen mittels Lautsprecher aus der DE-OS 20 23 377 bekannt. Dieses Verfahren gewährleistet die über einen Kunstkopf hörrichtig aufgenommenen Schallsignale in einem Wiedergaberaum über Lautsprecher so abzustrahlen, daß der Eindruck allseitigen Schalleinfalls und die korrekte Richtungsordnung in einem gewissen Bereich des Abhörortes wie in einer bestimmten Umgebung des Aufnahmerraumes ist. Dazu bedarf es der Aufstellung von mindestens zwei Lautsprecherpaaren, deren einzelne Lautsprecher an den Basissecken zweier gleichschenkeliger Dreiecke, deren Spitzen sich berühren, liegen, wobei deren Basislinien zueinander parallel verlaufen. Die Mikrophonsignale der Kunstköpfe werden dieser Lautsprecheranordnung dermaßen zugeführt, daß jeweils ein Übertragungskanal von zwei zueinander diagonal gegenüberliegenden Lautsprechern abgestrahlt wird, wobei eingefügte Übertragungsglieder eine Phasendifferenz von mindestens 180 ° zwischen den abgestrahlten Signalen hervorrufen und auch je nach gegenseitiger Winkellage der diagonalen Lautsprecher eine gemäß der jeweiligen Schallabschattung des Kopfes entsprechende von der Frequenz abhängige Pegellage berücksichtigen. Die am Berührungspunkt der Dreiecke, also am Hörort, eintreffenden diagonalen Signale sind um ein Zeitintervall Δt gegeneinander verzögert, wobei die für eine bestimmte Lautsprecheraufstellung zu wählende Verzögerung nach folgender Formel zu berechnen ist:

$$\Delta t = 0,22 \left\{ \frac{1}{2} \vartheta_1 + \sin \frac{1}{2} \vartheta_2 \right\} [\text{ms}].$$

Für den praktischen Fall werden die Winkel, unter denen die Achsen von je zwei Lautsprechern einander treffen, für $\vartheta_1 = 66^\circ$ und für $\vartheta_2 = 104^\circ$ betragen, woraus eine Verzögerungszeit von $\Delta t = 0,3$ ms entsteht.

Es könnte der Eindruck entstehen, daß das in der GB-PS 1 578 854 geoffenbarte stereophonische Schallwiedergabesystem, insbesondere die in Fig. 9 dargestellte Lautsprecheranordnung auf die vorliegende Erfindung zuträfe. Die beschriebene Anordnung besteht aus mehreren einzelnen Schaltungseinheiten, deren Aufgabe darin besteht, aus einem monauralen Signal zunächst ein solches binaurales Signal zu erzeugen, das die Schallaufnahme mittels eines Kunstkopfes simuliert, damit in der weiteren Signalverarbeitung dieses binaurale Signal auch zum quadrophonischen Hören verwendet werden kann, wobei die beim beidohrigen Hören

auf tretenden Kreuzverkopplungen zwischen linkem und rechtem Ohr unterdrückt werden. Mit Hilfe einer Regeleinheit läßt sich vom Zuhörer ein von ihm gewünschter Richtungseffekt für das Hörereignis vorherbestimmen. Ein solches Schallwiedergabesystem ist nicht im Stande, die tatsächliche Richtung, aus der das aufgenommene Schallereignis herrührt, wiederzugeben.

Ein in der GB-OS 2 177 576 beschriebenes Vielkanal-Wiedergabesystem bedient sich zwar der Schallwiedergabe mit einander gegenüberliegenden Lautsprechern und einer Signalverzögerung für die hinteren Lautsprecher, nimmt aber diese Signalverzögerung frequenzabhängig vor. Für höher werdende Töne, also für zunehmende Frequenzen nimmt die Lautzeit stark für das Signal ab. Damit wird dem Zuhörer ein räumlicher Eindruck, beispielsweise der eines Konzertsalles, vermittelt.

Die genannten Verfahren bzw. Schallwiedergabesysteme sind entweder aufwendig oder zumindest auf nur eine bestimmte Anwendung eingeschränkt. Sie sind vor allem dann in ihrer praktischen Anwendung noch unvollkommen, wenn eindeutig und präzise die Richtung, in der tatsächlichen der Schallereignisort liegt, vom Zuhörer erfaßt werden soll. Damit diese Unsicherheit im Richtungshören bei der Schallwiedergabe und Schallübertragung für den Hörenden nicht mehr eintritt, hat sich demzufolge die vorliegende Erfindung zur Aufgabe gestellt, ein elektroakustisches Verfahren zur Darbietung von Audiosignalen für das richtungsorientierte räumliche Hören nach dem binauralen Wiedergabeverfahren zu schaffen, das mit einfachsten Mitteln ein deutliches Richtungshören ohne jegliche Klangverfärbung ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einer elektroakustischen Anordnung zur Darbietung von Audiosignalen für das richtungsorientierte räumliche Hören bei binauraler Wiedergabe, wobei die Richtung des auf den Hörenden gerichteten Schallereignisses deutlich erkennbar ist und wobei die das Schallereignis hervorrufoende Schallquelle in Strahlungsrichtung mit dem Hörplatz und einer weiteren entgegengesetzt strahlenden Schallquelle auf einer gedachten Geraden liegen, dadurch gelöst, daß diese zweite Schallquelle denselben Schall wie die erstgenannte Schallquelle jedoch mit einer Zeitverzögerung, die größer ist, als es die Summenlokalisation verlangt, die aber kleiner bleibt, als es das Hören des ersten Echos erfordert, am Hörplatz erzeugt.

Die Erfindung beruht auf der Beobachtung, daß beim Hören eines Schallereignisses, dessen Richtung dann spontan und fehlerfrei angegeben wird, wenn ein Rückwurf aus der auf der Verbindungslinie vom Schallereignisort und dem Hörenden gegenüber gelegenen Richtung erfolgt, wobei dieser Rückwurf innerhalb der oben genannten Zeitverzögerung am Hörort eintreffen muß. Dabei ist es notwendig, daß der Rückwurf eindeutig außerhalb der für die Summenlokalisation erforderlichen Zeit liegt. Gemäß der Kenntnisse über räumliches Hören, die beispielsweise dem Taschenbuch Akustik Teil 1, 1. Auflage 1984, VEB Verlag Technik Berlin, auf den Seiten 249 und 250 zu entnehmen sind, ist die besondere Bedeutung der Summenlokalisation darin gegeben, daß der Hörende einen Hörereignisort wahrnimmt, der vom Ort zweier Schallquellen und deren abgestrahlten Signalen abhängt. Sind Pegel- und Zeitdifferenz der am Hörort eintreffenden Signale gering, so interpretiert das Gehör die resultierenden Ohrsignale so, als käme das Schallereignis von einer einzigen, im Bereich zwischen den beiden Schallquellen liegenden sogenannten Phantomschallquelle. Beispielsweise darf die Zeitverzögerung für die beiden Stereosignale 1 ms nicht überschreiten. Wird nun ein solches Primärsignal verzögert als Rückwurf dargeboten, so gewinnt das Hörereignis je nach Verzögerung an räumlicher Ausdehnung. Wählt man die Verzögerung jedoch so groß, daß deutlich ein zweites Hörereignis entsteht, was im allgemeinen für Verzögerungszeiten größer als 65 ms eindeutig eintritt, dann kommt es zur Wahrnehmung des Echos, wie beispielsweise dem Taschenbuch Akustik Teil 1, 1. Auflage 1984, VEB Verlag Technik Berlin, auf den Seiten 249 und 250 zu entnehmen ist. Damit nun der Rückwurf zur präzisen Richtungsbestimmung beiträgt, muß dessen Verzögerung unbedingt innerhalb der angegebenen Zeitgrenzen erfolgen und seine Richtung, aus der er dargeboten wird, gegenüber der Verbindungslinie von Primärschallquelle und dem Hörenden liegen. Dabei haben für das von Hörenden wahrgenommene Hörereignis die den jeweiligen Schalleinfallrichtungen entsprechenden Außenohrübertragungsfunktionen eine besondere Bedeutung. Das Erkennen der tatsächlichen Richtung gelingt nur dann, wenn die beiden Ohren den auf den Hörenden hin gerichteten Schall zum einen direkt mit den der Schalleinfallrichtung entsprechenden Außenohrübertragungsfunktionen wahrnehmen, zum anderen ein erstes Echo mit jenen Außenohrübertragungsfunktionen, die der auf der Verbindungslinie von Schallquelle und dem Hörenden gegenüber gelegenen Richtung entsprechen. Rückwürfe und Echos, die aus anderen als der genannten Richtung am Ohr eintreffen, werden durch Außenohrübertragungsfunktionen bewertet, die diesen Richtungen entsprechen und führen zur Wahrnehmung zunehmender Räumlichkeit. Ein einziger Rückwurf aus gegenüberliegender Richtung würde zwar das richtungsgetreue Hören garantieren, hätte aber starke Klangverfärbungen des Hörereignisses zur Folge. Es sind deshalb weitere, vor allem aus seitlicher Richtung zur Hörenden und stärker als der erste Rückwurf verzögerte Schallsignale notwendig, um die räumliche Wahrnehmung zu erhalten und Klangverfärbung zu vermeiden. Es wird daher in geschlossenen, mit reflektierenden Wänden versehenen Räumen das gewohnte natürliche Hören erhalten bleiben; in reflexionsarmen Räumen wird nach der erfindungsgemäßen Anordnung die eindeutige Wahrnehmbarkeit der Richtung, aus der das Schallereignis beim Hörenden eintrifft, sicher gestellt sein, der Klang des Hörereignisses jedoch gegenüber der natürlichen Wahrnehmung verfälscht beobachtet. Die erfindungsgemäße Anordnung bildet daher auch eine sehr wesentliche Komponente beim Simulieren von Schalleinfallrichtungen bzw. eines Schallquellenortes, weil durch die richtige Paarung einander entsprechender Außenohrübertragungsfunktionen dem Hörenden das Erkennen vorgegebener bestimmter Richtungen möglich ist.

Für die Stützung der richtungsgetreuen Wahrnehmung von Schallquellen in großen Räumen, vor allen ortsveränderlicher Schallquellen auf Bühnen oder vor einem Auditorium, wird man zweckmäßiger Weise hinter dem Auditorium mehrere Schallquellen anordnen, die über eine Steuereinrichtung das Audiosignal so zugeleitet erhalten, daß möglichst für jeden Zuhörerplatz die zum Hören des ersten Rückwurfs erforderliche Bedingung erfüllt ist, nämlich die, daß das zum Primärsignal verzögerte Signal von einer auf der Verbindungslinie von Primärschallquelle und dem Zuhörer gegenüberliegenden Richtung mit entsprechender Zeitverzögerung am Zuhörerplatz eintrifft.

In einer praktischen Anwendung der Erfindung wird man die erfindungsgemäße Anordnung so ausbilden, daß das zur deutlichen Wahrnehmung der Richtung erforderliche Primärsignal und das verzögerte Signal über Lautsprecher dem Hörenden dargeboten wird. Die Darbietung über Lautsprecher ist immer dann vorteilhaft anzuwenden, wenn die Beschallung eines Auditoriums ausschließlich oder zur Verbesserung der Übertragungsbedingungen mittels einer Lautsprecheranlage vorgenommen wird. Das trifft für alle Arten von Beschallung zu, sowohl für solche im freien, als auch für solche in geschlossenen Räumen, wie Vortrags- und Veranstaltungssäle, Theater, Filmvorführräume, Konzertsäle u. dgl. Wichtig ist, daß mittels entsprechender elektroakustischer Geräte und Verzögerungseinrichtungen erfindungsgemäß zusätzlich zum Primärsignal ein zweites in der Zeit verzögertes Signal von einer auf der Verbindungslinie von Primärschallquelle und dem Hörenden gegenüberliegenden Schallquelle dargeboten wird. Schließlich ist die erfindungsgemäße Anordnung auch in Wohnräumen für die Stereowiedergabe einsetzbar.

Eine weitere praktische Anwendung der Erfindung ist darin gelegen, wenn das zur deutlichen Wahrnehmung der Richtung erforderliche Primärsignal und das verzögerte Signal über Kopfhörer dem Hörenden dargeboten wird. Beim Abhören von auf Schallträgern gespeicherten Materials, wie beispielsweise Musik, Hörspiele, gesprochene Literatur u. dgl., das vor allem auf Platten und Magnetbändern vorhanden ist, aber auch beim unmittelbaren Hören von Rundfunkübertragungen in Stereo wird das Hören mit Kopfhörern dem mittels Lautsprecher sehr oft vorgezogen. In solchen Fällen bietet sich die erfindungsgemäße Anordnung besonders vorteilhaft an, weil es dem Hörenden eine eindeutige Richtungszuordnung des Gehörten ermöglicht und damit sehr wesentlich zu einem genußvolleren und selektiveren Hören beiträgt.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnung näher beschrieben, u. zw. zeigen Fig. 1 das Prinzip der Erfindung und Fig. 2 die allgemeine Wirkungsweise für einen geschlossenen Raum.

Aus Fig. 1 ist das Prinzip zu ersehen, daß nämlich ein Zuhörer (H) aus der Richtung seitlich links beispielsweise von einem Lautsprecher (L_1) ein Audiosignal dargeboten erhält, das mit beiden Ohren wahrgenommen wird. Damit die eindeutige Wahrnehmung der Richtung erfolgt, muß ein zweites in der Zeit verzögertes Signal zusätzlich zum Primärsignal von einer zur Primärschallquelle gegenüberliegenden Schallquelle, beispielsweise dem Lautsprecher (L_2), zum Zuhörer gelangen, mit der zuvor beschriebenen Zeitverzögerung. Von besonderer Bedeutung wird dabei ein Winkelbereich von etwa $\pm 50^\circ$ beiderseits der Medianebene sein, der in Fig. 1 mit (ϕ) bezeichnet ist.

In der Anwendungspraxis wird beispielsweise, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, eine auf einer Bühne singende oder sprechende Person (P) akustisch dadurch eindeutig zu orten sein, indem aus der auf der Verbindungslinie zwischen Schallerzeugungsort (P) und Zuschauer (Z) gegenüberliegenden Richtung dasselbe Signal zeitverzögert dargeboten wird mit der dazu erforderlichen Zeitverzögerung. Dieses Signal muß jedoch noch vor den zuerst eintreffenden Wandreflexionen (1), (2) und (3) vom Zuhörer (Z) wahrgenommen werden, damit es zu keiner Verwechslung der Richtung kommt.

PATENTANSPRUCH

Elektroakustische Anordnung zur Darbietung von Audiosignalen für das richtungsorientierte räumliche Hören bei binauraler Wiedergabe, wobei die Richtung des auf den Hörenden gerichteten Schallereignisses deutlich erkennbar ist und wobei die das Schallereignis hervorrufende Schallquelle in Strahlungsrichtung mit dem Hörplatz und einer weiteren entgegengesetzt strahlenden Schallquelle auf einer gedachten Geraden liegen, dadurch gekennzeichnet, daß diese zweite Schallquelle (L_2) denselben Schall wie die erstgenannte Schallquelle (L_1), jedoch mit einer Zeitverzögerung, die größer ist, als es die Summenlokalisation verlangt, die aber kleiner bleibt, als es das Hören des ersten Echos erfordert, am Hörplatz erzeugt.

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

