

1. Schall-erzeug-erelement
(1. Kopfhörer-kammer oder In-Ear-Element)

2. Schall-erzeug-erelement
(2. Kopfhörer-kammer oder In-Ear-Element)

Verbindungssteg für Kopfhörer

Eingangsschnittstelle oder Signalprozessor (integriert oder separat, z. B. Mobiltelefon)

drahtgebunden oder drahtlos (z. B. Bluetooth oder WLAN)

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektroakustik und insbesondere auf Konzepte zum Wiedergeben von akustischen Signalen.

[0002] Typischerweise werden akustische Szenen unter Verwendung eines Satzes von Mikrofonen aufgenommen. Jedes Mikrofon gibt ein Mikrophonsignal aus. Für eine Audioszene eines Orchesters, beispielsweise, können 25 Mikrophone verwendet werden. Dann führt ein Toningenieur eine Mischung der 25 Mikrophon-Ausgangssignale in, beispielsweise, ein Standardformat durch, wie beispielsweise ein Stereoformat, ein 5.1-, ein 7.1-, ein 7.2-, oder ein anderes entsprechendes Format. Bei einem Stereoformat werden beispielsweise durch den Toningenieur oder einen automatischen Mischprozess zwei Stereokanäle erzeugt. Bei einem 5.1-Format resultiert das Mischen in fünf Kanälen und einem Subwoofer-Kanal. Analog hierzu wird beispielsweise in einem 7.2-Format eine Mischung in sieben Kanäle und zwei Subwoofer-Kanäle vorgenommen. Wenn die Audioszene in einer Wiedergabeumgebung „gerendert“ bzw. aufbereitet werden soll, wird ein Mischergebnis an elektrodynamische Lautsprecher angelegt. In einem Stereo-Wiedergabeszenario existieren zwei Lautsprecher, wobei der erste Lautsprecher den ersten Stereokanal empfängt, und der zweite Lautsprecher den zweiten Stereokanal empfängt. In einem 7.2-Wiedergabeformat existieren beispielsweise sieben Lautsprecher an vorbestimmten Positionen und darüber hinaus zwei Subwoofer, die relativ beliebig platziert werden können. Die sieben Kanäle werden an die entsprechenden Lautsprecher angelegt, und die zwei Subwoofer-Kanäle werden an die entsprechenden Subwoofer angelegt.

[0003] Die Verwendung einer einzigen Mikrophonanordnung bei der Erfassung von Audiosignalen und die Verwendung einer einzigen Lautsprecheranordnung bei der Wiedergabe der Audiosignale vernachlässigen typischerweise die wahre Natur der Schallquellen. Das europäische Patent EP 2692154 B1 beschreibt ein Set zum Erfassen und Wiedergeben einer Audioszene, bei dem nicht nur die Translation aufgenommen und wiedergegeben wird, sondern auch die Rotation und darüber hinaus auch die Vibration. Daher wird eine Tonszene nicht nur durch ein einziges Erfassungssignal oder ein einziges gemischtes Signal wiedergegeben, sondern durch zwei Erfassungssignale oder zwei gemischte Signale, die einerseits simultan aufgezeichnet werden, und die andererseits simultan wiedergegeben werden. Damit wird erreicht, dass unterschiedliche Emissionscharakteristika von der Audioszene im Vergleich zu einer Standard-Aufnahme aufgezeichnet werden und in einer Wiedergabeumgebung wiedergegeben werden.

[0004] Hierzu wird, wie es in dem europäischen Patent dargestellt ist, ein Satz von Mikrofonen zwischen der akustischen Szene und einem (gedachten) Zuhörerraum platziert, um das „konventionelle“ oder Translations-Signal zu erfassen, das sich durch eine hohe Gerichtetheit bzw. hohe Güte auszeichnet.

[0005] Darüber hinaus wird ein zweiter Satz von Mikrofonen oberhalb oder seitlich von der akustischen Szene platziert, um ein Signal mit niedriger Güte bzw. niedriger Gerichtetheit aufzuzeichnen, das die Rotation der Schallwellen im Gegensatz zur Translation abbilden soll.

[0006] Auf der Wiedergabeseite werden an den typischen Standardpositionen entsprechende Lautsprecher platziert, von denen jeder eine omnidirektionale Anordnung hat, um das Rotationssignal wiederzugeben, und eine direktionale Anordnung hat, um das „konventionelle“ translatorische Schallsignal wiederzugeben. Ferner existiert noch ein Subwoofer entweder an jeder der Standard-Positionen oder nur ein einziger Subwoofer an irgendeiner Stelle.

[0007] Das europäische Patent EP 2692144 B1 offenbart einen Lautsprecher zum Wiedergeben von, einerseits, dem translatorischen Audiosignal und, andererseits, dem rotatorischen Audiosignal. Der Lautsprecher hat also eine omnidirektional emittierende Anordnung einerseits und eine direktional emittierende Anordnung andererseits.

[0008] Das europäische Patent EP 2692151 B1 offenbart ein Elektretmikrophon, das zum Aufzeichnen des omnidirektionalen oder des direktionalen Signals eingesetzt werden kann.

[0009] Das europäische Patent EP 3061262 B1 offenbart einen Ohrhörer und ein Verfahren zum Herstellen eines Ohrhörers, der sowohl ein translatorisches Schallfeld als auch ein rotatorisches Schallfeld erzeugt.

[0010] Die zur Erteilung vorgesehene europäische Patentanmeldung EP 3061266 A1 offenbart einen Kopfhörer und ein Verfahren zum Erzeugen eines Kopfhörers, der ausgebildet ist, um unter Verwendung eines ersten Wandlers das „konventionelle“ translatorische Schallsignal zu erzeugen, und unter Verwendung eines zweiten senkrecht zum ersten Wandler angeordneten Wandlers das rotatorische Schallfeld zu erzeugen.

[0011] Die Aufzeichnung und Wiedergabe des rotatorischen Schallfelds zusätzlich zum translatorischen Schallfeld führt zu einer signifikant verbesserten und damit hochqualitativen Audiosignalwahrnehmung, die nahezu den Eindruck eines Live-Konzertes vermittelt, obgleich das Audiosignal durch Lautsprecher oder Kopf- bzw. Ohrhörer wiedergegeben wird.

[0012] Damit wird ein Schallerlebnis erreicht, das nahezu nicht unterscheidbar von der ursprünglichen Tonszene ist, bei der der Schall nicht durch Lautsprecher, sondern durch Musikinstrumente oder menschliche Stimmen emittiert wird. Dies wird dadurch erreicht, dass berücksichtigt wird, dass der Schall nicht nur translatorisch, sondern auch rotatorisch und gegebenenfalls auch vibratorisch emittiert wird und daher entsprechend aufgezeichnet und auch wiedergegeben werden soll.

[0013] Nachteilig an dem beschriebenen Konzept ist, dass die Aufzeichnung des zusätzlichen Signals, das die Rotation des Schallfelds wiedergibt, einen weiteren Aufwand darstellt. Darüber hinaus existieren viele Musikstücke, seien es Klassik-Stücke oder Pop-Stücke, bei denen nur das konventionelle translatorische Schallfeld aufgezeichnet worden ist. Diese Stücke sind typischerweise noch in ihrer Datenrate stark komprimiert, wie beispielsweise gemäß dem MP3-Standard oder dem MP4-Standard, was zu einer zusätzlichen Qualitätsverschlechterung beiträgt, die jedoch normalerweise nur für geübte Hörer hörbar ist. Andererseits existieren fast keine Audiostücke mehr, die nicht wenigstens im Stereo-Format aufgezeichnet sind, also mit einem linken Kanal und einem rechten Kanal. Die Entwicklung geht sogar eher in die Richtung, dass mehr Kanäle als ein linker und ein rechter Kanal erzeugt werden, dass also Surround-Aufzeichnungen mit zum Beispiel fünf Kanälen oder sogar Aufzeichnungen mit höheren Formaten erzeugt werden, was unter dem Stichwort MPEG-Surround oder Dolby Digital in der Technik bekannt ist.

[0014] Damit existieren sehr viele verschiedene Stücke, die wenigstens im Stereo-Format, also mit einem ersten Kanal für die linke Seite und einem zweiten Kanal für die rechte Seite aufgezeichnet sind. Es existieren sogar immer mehr Stücke, bei denen eine Aufzeichnung mit mehr als zwei Kanälen erfolgt ist, beispielsweise für ein Format mit mehreren Kanälen auf der linken Seite und mehreren Kanälen auf der rechten Seite und einem Kanal in der Mitte. Noch höher aufgestellte Formate verwenden mehr als fünf Kanäle in der Ebene und darüber hinaus noch Kanäle von oben oder Kanäle von schräg oben und gegebenenfalls auch, wenn möglich, Kanäle von unten.

[0015] Nachteilig an dem beschriebenen Kopfhörer im europäischen Patent EP 2692144 B1 ist, dass der zweite Wandler senkrecht zum ersten Wandler angeordnet werden muss. Dies bringt eine relativ hohe Bauhöhe mit sich, so dass sich ein solches Konzept in einer eher tieferen Kopfhörerkapsel auswirkt, die im getragenen Zustand vom Kopf relativ weit vorsteht, wobei dennoch, aufgrund des rechtwinklig angeordneten Wandlers in der Kopfhörerkapsel, der

Abstand zumindest des omnidirektional emittierenden Wandlers vom Ohr gering ist.

[0016] Die DE 10 2006 059 197 A1 offenbart einen Ohrhörer, der ein Gehäuse, eine Gehäuseverlängerung, eine Platte, eine Abdeckung, einen ersten Lautsprecher und einen zweiten Lautsprecher umfasst. Der erste Lautsprecher ist auf einem Trageabschnitt einer Platte angeordnet, wobei der Lautsprecher auf einer ersten Ebene angebracht ist, die von einer zweiten Ebene verschieden ist. Der zweite Lautsprecher ist dabei in der zweiten Ebene angeordnet. Ein Abstand existiert in der Position des ersten Lautsprechers und des zweiten Lautsprechers und zwar in Bezug auf die Richtung des Schallfeldes vom Ohrhörer zum Benutzer, der den Ohrhörer trägt.

[0017] Die DE 10 2006 059 197 A1 offenbart eine Verstärkereinheit für einen Schallwandler, insbesondere einen MEMS-Schallwandler, der als Mikrofon und als Lautsprecher betreibbar ist, mit zumindest einem Audioverstärker zur Schallwiedergabe und/oder Schallaufnahme. Die Verstärkereinheit ist derart ausgebildet, dass der dafür vorgesehene Schallwandler simultan als Lautsprecher und als Mikrofon betreibbar ist. Ferner sind eine Schallerzeugungseinheit mit einem Schallwandler, insbesondere einem MEMS-Schallwandler, der als Mikrofon und als Lautsprecher betreibbar ist, und eine mit dem Schallwandler gekoppelte Verstärkereinheit zur Schallwiedergabe und/oder Schallaufnahme vorgesehen.

[0018] Die WO 2010/ 105 280 A1 offenbart einen Kopfhörer, der auf den Ohren für die Wiedergabe eines Stereosignals aufliegen. Das Stereosignal umfasst ein Signal eines rechten Kanals und ein Signal eines linken Kanals. Der Kopfhörer umfasst Ohrpads für beide Ohren, die jeweils einen elektroakustischen Hauptwandler umfassen, dem das Signal des rechten Kanals oder das Signal des linken Kanals in ihrer ursprünglichen Form oder in bearbeiteter Form zugeführt wird. Die Ohrpads umfassen ferner dem Kopf des Benutzers zugewandte Erweiterungen, in denen zumindest teilweise jeweils ein Hilfswandler angeordnet ist, dem ein Signal zugeführt wird, das ein Differenzsignal zwischen den Signalen des rechten und linken Kanals enthält.

[0019] Die US 2011 / 0 301 729 A1 offenbart ein Schallsystem, wobei das Schallsystem einen Signalprozessor aufweist, der dafür ausgelegt ist, um ein erstes Schallsignal und ein zweites Schallsignal zu erzeugen, und um das erste Schallsignal einem Lautsprecher bereitzustellen, und um das zweite Schallsignal einem Knochenleitungslautsprecher bereitzustellen. Das Schallsystem umfasst ferner den Knochenleitungslautsprecher, der dafür ausgelegt ist, um das zweite Signal in ein Knochenleitungsschallsignal zu bringen, das in einem Knochen eines Benutzers getragen wird.

[0020] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Konzept für einen am Kopf tragbaren Schallerzeuger zu liefern.

[0021] Diese Aufgabe wird durch einen am Kopf tragbaren Schallerzeuger gemäß Patentanspruch 1, oder ein Verfahren zum Betreiben eines Schallerzeugers nach Patentanspruch 8 gelöst.

[0022] Die vorliegende Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass ein effizienteres Schallerzeuger-konzept dadurch erreicht werden kann, dass ein erstes Schallerzeugerelement auf einer ersten Kopfseite und ein zweites Schallerzeugerelement auf einer zweiten Kopfseite mit jeweils zwei Schallwandlern versehen sind, die jeweils in ihrem Schallerzeugerelement derart angeordnet sind, dass Schallmissionsrichtungen der jeweiligen wenigstens zwei Schallwandler, die in einem Schallerzeugerelement angeordnet sind, parallel zueinander sind oder weniger als 30° voneinander abweichen.

[0023] Damit wird es ermöglicht, dass die einzelnen Schallwandler in den entsprechenden Kopfhörerkapseln relativ wenig „auftragen“, so dass Kopfhörerkapseln erreicht werden, die relativ flach ausgebildet sein können. Dieses Konzept ermöglicht ferner eine Implementierung innerhalb eines In-Ear-Kopfhörerelements, also innerhalb eines Kopfhörers, der nicht als Kopfhörerkapsel außen am Ohr getragen wird, sondern in den äußeren Gehörgang eingeführt werden kann. Da die beiden Lautsprecher beziehungsweise Schallwandler in einer Kopfhörerkapsel beziehungsweise in einem In-Ear-Element für ein Ohr beide in der gleichen Richtung oder in nur einer wenig divergierenden Richtung emittieren, wird es ermöglicht, dass diese beiden Schallwandler in derselben Ebene, also typischerweise nebeneinander angeordnet werden können. Im Vergleich zum früheren Kopfhörer wird damit eine größere Breite einer Kopfhörerkapsel erreicht, da nunmehr zwei Wandler nebeneinander angeordnet werden. Dies ist jedoch gegenüber der Alternative mit einem Wandler vor dem anderen Wandler konstruktiv wesentlich einfacher und im Hinblick auf den höheren Platzverbrauch unkritisch, weil die Maße für die einzelnen Schallwandler ohnehin unkritisch sind, im Vergleich zu Maßen von Kopfhörerkapseln, die das gesamte Ohr umschließen. Bei In-Ear-Ausführungen ist die Implementierung ohnehin unkritisch, weil zwei Miniatur-Wandler, die nebeneinander angeordnet sind, über zwei nebeneinander angeordnete Öffnungen jeweils in das Ohr hinein emittieren können. Damit wird eine platzsparende Bauweise bei guter Audioqualität erreicht.

[0024] Je nach Implementierung, also ob der Kopfhörer mit einem Signalprozessor versehen ist oder ob der Kopfhörer bereits mit den einzelnen Signalen für die Wandler gespeist wird, und je nach Implementierung

der Signalerzeugung für die einzelnen Kopfhörer wird zur Trennung der beiden Schallwandler, die auf einer Seite in einem Schallerzeugerelement angeordnet sind, eine Trennleiste beziehungsweise ein Trennsteg zwischen den beiden Kopfhörern vorgesehen, um die beiden nebeneinander angeordneten Schallwandler gewissermaßen mechanisch voneinander zu entkoppeln. Auf diese mechanische Entkopplung kann dann verzichtet werden, wenn eine elektronische Entkopplung durchgeführt wird, wie sie beispielsweise mittels eines Signalprozessors erreicht wird, der in den Signalpfaden für die unterschiedlichen Schallwandler in einem Schallerzeugerelement vorzugsweise zueinander orthogonale Filterbänke aufweist. Der erste Schallwandler erhält ein Signal, das durch eine erste Mehrzahl von Bandpassfiltern gefiltert worden ist, und der zweite Schallwandler erhält ein Ansteuersignal, das durch eine zweite Mehrzahl von Bandpassfiltern gefiltert worden ist, wobei die Filter für die einzelnen Schallwandler nicht gleich sind, sondern im Hinblick auf die Mittenfrequenzen der unterschiedlichen Bandpassfilter verschachtelt beziehungsweise „interdigital“ angeordnet sind.

[0025] Je nach Implementierung mit Trennsteg und einem Signalprozessor ohne orthogonale Bandpassfilteranordnungen oder einer Implementierung mit orthogonalen Bandpassfilteranordnungen in den verschiedenen Signalpfaden und keinem Trennsteg zwischen den Schallwandlern im Schallerzeugerelement oder einer Implementierung mit Trennsteg und orthogonalen Bandpassfilteranordnungen in den unterschiedlichen Signalpfaden wird eine optimale Ansteuerung der Signale durch die nebeneinanderliegenden Schallerzeuger erreicht, die mit jeweils unterschiedlichen Signalen beaufschlagt werden, die bei Beispielen phasenverschoben zueinander sind. Bei anderen Beispielen sind die Signale, die an die Schallwandler in ein und demselben Schallerzeugerelement angeordnet sind, zueinander phasenverschoben und haben ferner dieselbe Bandbreite, abgesehen von gegebenenfalls unterschiedlichen Filterbänken in den Signalpfaden für die Schallwandler. Dennoch handelt es sich bei der Implementierung mit unterschiedlichen Filterbänken, die typischerweise orthogonal beziehungsweise interdigital oder verschachtelt zueinander in den unterschiedlichen Signalpfaden angeordnet sind, nicht um eine Aufteilung eines Signals in einen Hochtonbereich, einen Mitteltonbereich und einen Tieftonbereich. Stattdessen wird das gesamte Spektrum, gegebenenfalls abgesehen von fehlenden Bändern aufgrund der Mehrzahl von Bandpassfiltern, über jeden Signalwandler abgegeben.

[0026] Bei bevorzugten Beispielen wird eine Anreicherung der Signale für die einzelnen Schallwandler zur Emulation einer Rotation unter Verwendung eines Seite-Signal-Erzeugers erreicht, der ein Seite-

Signal aus einem linken Kanal und einem rechten Kanal berechnet, wobei das Seite-Signal typischerweise das Differenzsignal zwischen links und rechts ist. Dieses Beispiel ist dann vorteilhaft, wenn es kein eigenes Rotationssignal gibt. Falls es jedoch ein eigenes Rotationssignal gibt, wird dieses Signal anstatt des Seite-Signals in die Signalpfade eingespeist.

[0027] Das Seite-Signal oder das Rotationssignal wird vorzugsweise beiden Signalpfaden zugeführt, so dass das Seite-Signal oder das Rotationssignal durch beide Signalerzeuger zusätzlich zum entsprechenden linken beziehungsweise rechten Kanal ausgegeben wird. Bei der vorliegenden Erfindung fungiert also ein Schallerzeuger in einem Schallerzeugerelement nicht mehr, wie im Stand der Technik, zur Wiedergabe des translatorischen Signals, während der andere Schallerzeuger zur Wiedergabe des rotatorischen Signals wirkt. Stattdessen wirken beide Schallerzeuger zur Wiedergabe einer Kombination von beiden Signalen, also dem rotatorischen Anteil, der aus dem Seite-Signal ermittelt wird oder direkt zugeführt wird, und dem translatorischen Anteil, der durch den Eingang für das entsprechende linke Kanalsignal beziehungsweise rechte Kanalsignal dargestellt wird.

[0028] Bei alternativen Beispielen, wo ein Seite-Signal-Erzeuger nicht vorhanden ist, wird das Ansteuersignal für die Schallwandler in einem Schallerzeugerelement dadurch erzeugt, dass zusätzlich zu dem linken Kanal beispielsweise ein hochpassgefilterter linker Kanal mit entsprechender Verarbeitung und für beide Signalpfade unterschiedliche Phasenverschiebung hinzuaddiert wird. Das Kombinationssignal besteht dann aus dem, für die linke Seite vorhandenen, linken Signal und einem zusätzlichen hochpassgefilterten und gegebenenfalls verstärkten oder gedämpften Ursprungssignal, das je nach Signalpfad mit unterschiedlichen Phasenverschiebungen beaufschlagt wird.

[0029] Bei Beispielen ist der Signalprozessor in dem am Kopf tragbaren Schallerzeuger enthalten. Dann erhält der am Kopf tragbare Schallerzeuger, wie beispielsweise ein Kopfhörer oder ein Ohrhörer, lediglich den linken und den rechten Kanal, und die Signale für die wenigstens vier Schallwandler, die erfindungsgemäß vorgesehen sind, werden dann aus dem empfangenen linken und rechten Kanal, das beispielsweise von einem Mobiltelefon per Bluetooth zu dem am Kopf tragbaren Schallerzeuger übermittelt wird, berechnet bzw. erzeugt. In diesem Fall existiert in dem am Kopf tragbaren Schallerzeuger eine autonome Stromversorgung, wie zum Beispiel eine Stromversorgung über eine Batterie beziehungsweise einen Akkumulator, der aufladbar ist.

[0030] Bei anderen Beispielen werden entweder der linke und der rechte Kanal oder bereits die vier Ansteuersignale für die unterschiedlichen Schallwandler per drahtgebundener oder per drahtloser Kommunikation an die Schallerzeugerelemente übermittelt. Im Falle einer drahtgebundenen Übermittlung wird es bevorzugt, dass ferner eine Spannungsversorgung für die Schallerzeugerelemente ebenfalls über die drahtgebundene Kommunikation erreicht wird. Im Falle von drahtlosen Übertragungen muss, wie dargestellt, eine Leistungsversorgung, wie beispielsweise ein aufladbarer Akkumulator, in dem am Kopf tragbaren Schallerzeuger vorhanden sein. Je nach Implementierung wird die Erzeugung der Ansteuersignale für die Schallerzeuger in dem am Kopf tragbaren Schallerzeuger direkt vorgenommen oder aber separat, beispielsweise innerhalb eines Mobiltelefons, das dann die einzelnen Ansteuersignale für jeden einzelnen Schallwandler per Drahtloskommunikation, beispielsweise per Bluetooth oder WLAN, an die Schallwandler sendet. Ein Beispiel besteht somit auch in der Implementierung eines Signalprozessors zur Erzeugung der Ansteuersignale für die Schallwandler in einem Kopf- oder Ohrhörer, wobei der Signalprozessor getrennt von den Schallwandlern ausgebildet ist, also beispielsweise als Anordnung innerhalb eines Mobiltelefons oder eines anderen mobilen Geräts.

[0031] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines an einem Kopf tragbaren Schallerzeugers gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Trennwand zwischen den zwei Schallerzeugern in einem Schallerzeugerelement;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Anordnung der Schallwandler bezüglich des Kopfes einer Anwenderin beziehungsweise eines Anwenders mit horizontaler Anordnung der Schallwandler zueinander;

Fig. 4 eine schematische Darstellung von verschiedenen Anordnungen der einzelnen Schallwandler zueinander;

Fig. 5 eine schematische Implementierung eines Signalprozessors zum Erzeugen der Ansteuersignale für die vier Schallwandler;

Fig. 6 eine bevorzugte Implementierung mit verschiedenen Optionen für ein Verzweigungselement von **Fig. 5**;

Fig. 7a eine bevorzugte Implementierung eines Signalpfads von **Fig. 5**;

Fig. 7b eine schematische Darstellung der Frequenzgänge der ersten Mehrzahl von Bandpassfiltern und der zweiten Mehrzahl von Bandpassfiltern von **Fig. 7a**;

Fig. 8a eine schematische Darstellung eines Kopfhörers gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8b eine schematische Darstellung der ersten und zweiten Mehrzahl von Bandpässen in den unterschiedlichen Signalpfaden;

Fig. 8c eine schematische Anordnung der integrierten Implementierung der Signalerzeugung in einem Kopfhörer mit Seite-Signal-Erzeuger und orthogonalen Bandpässen in den verschiedenen Signalpfaden; und

Fig. 9 ein alternatives Beispiel ohne Seite-Signal-Erzeuger und ohne orthogonale Anordnung von Bandpässen in den Signalpfaden.

[0032] **Fig. 1** zeigt einen am Kopf tragbaren Schallerzeuger gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der am Kopf tragbare Schallerzeuger umfasst ein erstes Schallerzeugerelement 100 auf einer ersten Seite und ein zweites Schallerzeugerelement 200 auf einer zweiten Seite. Die erste Seite kann beispielsweise die linke Seite sein und die zweite Seite kann dann die rechte Seite sein. Ferner umfasst das erste Schallerzeugerelement 100 wenigstens einen ersten Schallwandler 110 und einen zweiten Schallwandler 120, die so angeordnet sind, dass Schallemissionsrichtungen des ersten Schallwandlers 110 und des zweiten Schallwandlers 120 parallel zueinander ausgerichtet sind oder um weniger als 30° voneinander abweichen. Ferner ist die Anordnung in dem Schallerzeugerelement 200 für die andere beziehungsweise rechte Seite im Hinblick auf den dritten Schallwandler 210 und den vierten Schallwandler 220 derart, dass Schallemissionsrichtungen des dritten Schallwandlers 210 und des vierten Schallwandlers 220 parallel zueinander sind oder um weniger als 30° voneinander abweichen.

[0033] Die beiden Schallerzeugerelemente sind dann, wenn der am Kopf tragbare Schallerzeuger ein Kopfhörer ist, über einen Verbindungssteg 600 miteinander verbunden. Ferner sind bei bestimmten Ausführungsbeispielen in den Schallerzeugerelementen zwischen den einzelnen Schallwandlern Trennstege 130 beziehungsweise 230 angeordnet, die die vorzugsweise horizontal zueinander angeordneten Schallwandler 110 und 120 beziehungsweise 210 und 220 trennen. Dies bedeutet, dass sich dann, wenn die vorliegende Erfindung als Kopfhörer ausgebildet ist, die Trennstege 130 beziehungsweise 230 vertikal, also von unten nach oben beziehungsweise von oben nach unten erstrecken, wenn der Kopfhörer an einem Kopf getragen ist, wie es noch

Bezug nehmend auf **Fig. 3** dargestellt wird. Darüber hinaus ist der am Kopf tragbare Schallerzeuger entweder mit einer Eingangsschnittstelle oder einem Signalprozessor versehen, wobei der Signalprozessor integriert in den Kopfhörer ausgeführt ist oder separat ausgeführt ist, wie beispielsweise innerhalb eines Mobiltelefons oder eines anderen mobilen Geräts, wie es beim Element 300 dargestellt ist. Der Ausgang des Elements 300 stellt somit unabhängig davon, ob das Element 300 als Eingangsschnittstelle ausgebildet ist oder als kompletter Signalprozessor 300 ausgebildet ist, die Ansteuersignale 301 für den ersten Schallwandler, 302 für den zweiten Schallwandler, 303 für den dritten Schallwandler und 304 für den vierten Schallwandler bereit. Damit erhalten die unterschiedlichen Schallwandler in einem Schallerzeugerelement 100 beziehungsweise 200 voneinander unterschiedliche Signale, welche bei einer bevorzugten Implementierung zueinander phasenverschoben sind und Spektralanteile in einem Frequenzbereich vorzugsweise zwischen 500 und 15.000 Hz aufweisen, gegebenenfalls mit verschiedenen, aufgrund orthogonaler Bandpassfilterstrukturen in den unterschiedlichen Signalpfaden gedämpften, verschachtelten Bändern. Vorzugsweise sind beide Signale dagegen im Hinblick auf ihre Leistung beziehungsweise Lautstärke in einem Schallerzeugerelement gleich. Dies stellt auch einen Vorteil der vorliegenden Erfindung dar, indem die Schallwandler, da sie nicht mehr nach Schallwandlern für translatorische Signale und Schallwandlern für rotatorische Signale getrennt sind, identisch ausgeführt werden können, was die effiziente Herstellung einerseits und die effiziente Anwendung andererseits sowohl im Hinblick auf den Tragekomfort als auch die Implementierung des Signalprozessors vereinfacht beziehungsweise verbessert.

[0034] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Implementierung in **Fig. 1** als Ohrhörer ausgebildet, wobei zumindest einer und vorzugsweise alle vier Schallwandler als Balanced-Armature-Wandler, als MEMS-Wandler oder als dynamischer Wandler ausgebildet ist bzw. sind, wobei jeder Wandler ferner einen getrennten Schallausgang aufweist, um den Schall gemäß seiner Schallemissionsrichtung ins Ohr zu richten, wobei die Schallemissionsrichtung von jedem Schallwandler gleich ist, beziehungsweise um höchstens 30° unterschiedlich ist bzw. um höchstens.

[0035] Bei der Implementierung als Kopfhörer ist jedes Schallerzeugerelement als Kopfhörerkammer ausgebildet, die entweder eine komplett geschlossene oder eine offene Kopfhörerkammer sein kann, welche durch den Verbindungssteg 600 miteinander mechanisch verbunden sind, damit der Kopfhörer gut und bequem an dem Kopf eines Individuums getragen werden kann.

[0036] Vorzugsweise ist zumindest einer und jedoch bei besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen jeder Schallwandler in jedem Schallerzeugerelement als Kopfhörerkapsel ausgebildet, wobei jede Kopfhörerkapsel dieselbe Größe aufweist, wobei ein Durchmesser einer Kopfhörerkapsel kleiner als 4 cm ist.

[0037] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung der Draufsicht auf einen Kopf 400 eines Individuums, von dem in der Draufsicht vorne schematisch eine Nase 410 gezeichnet ist. Fig. 3 zeigt ferner die vorzugsweise horizontale Anordnung der Schallwandler nebeneinander in einem Schallerzeugerelement beziehungsweise einer Kopfhörerkapsel 100 beziehungsweise 200, wobei je nach Implementierung zwischen den beiden Schallwandlern eine sich von oben nach unten erstreckende Trennwand 130 vorgesehen ist. Diese Trennwand ist in Fig. 2 in perspektivischer Ansicht dargestellt und hat vorzugsweise eine Höhe, die weniger als 3 cm und vorzugsweise lediglich 2 cm bezüglich des ersten Schallwandlers 110 und des zweiten Schallwandlers 210 vorsteht. Vorzugsweise ist die Trennwand nicht einfach eine zum Beispiel rechteckige Trennwand, sondern halbkreisförmig, ellipsenförmig oder parabelförmig, wobei bei der kürzesten Entfernung zwischen den beiden Mittelpunkten beziehungsweise Mittelpunkten des ersten und des zweiten Schallwandlers der Trennsteg beziehungsweise die Zwischenwand am höchsten vorsteht, wie es schematisch in Fig. 2 ersichtlich ist, bei der die Trennwand an der direkten Verbindung der beiden Mittelpunkten 110a, 120a die höchste Stelle 130a aufweist.

[0038] Obgleich ein halbkreisförmiger Trennsteg 130 bereits eine Verbesserung im Vergleich zu einem rechteckigen Trennsteg liefert, wird es bevorzugt, einen ellipsenförmigen oder parabelförmigen Trennsteg zu machen, damit der Trennsteg eine möglichst geringe Frequenzabhängigkeit erreicht, beziehungsweise damit alle Frequenzen, die von den Schallwandlern emittiert werden, von dem Trennsteg möglichst gleich beeinflusst werden.

[0039] Fig. 4 zeigt bevorzugte Anordnungen der beiden Schallwandler, die typischerweise als flache Kopfhörerkapseln ausgebildet sind, in einer Kopfhörerkammer. Das erste Teilbild zeigt eine parallele Emission zum Ohr hin. Diese am meisten bevorzugte Anordnung ist dadurch günstig, dass die beiden Schallwandler nebeneinander angeordnet werden können und beide zum Ohr hin emittieren. Das zweite Teilbild zeigt eine verwinkelte Emission mit divergierenden Richtungen. Diese Implementierung kann dann günstig sein, wenn aufgrund einer besonderen Formgebung der Kopfhörerkammer eine andere Anordnung nicht möglich ist. Eher bevorzugt wird jedoch die konvergierende Emission, bei der die Richtung der Schallwandler so ausgewählt werden kann, dass der Schall gewissermaßen in den Gehör-

gang hinein „gezielt“ wird. Im untersten Teilbild ist eine parallele beziehungsweise schräge Emission zum Ohr hin dargestellt, die sich ebenfalls aufgrund von äußeren Gegebenheiten anbieten kann. In allen Implementierungen hat sich herausgestellt, dass der erfindungsgemäße hochqualitative Klang erreicht wird, wenn die Emissionsrichtungen um weniger als 30° divergieren, dahingehend, dass jeder Schallerzeuger mit seiner Emission zu einer parallelen Emission höchstens um 30° abweicht, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Am meisten bevorzugt wird der Fall, dass beide Schallwandler in einem Schallerzeugerelement ausgebildet und angeordnet sind, dass zwischen den beiden Hauptemissionsrichtungen der beiden Schallwandler höchstens ein Winkel von 30° ist oder beide Wandler parallel emittieren.

[0040] Fig. 5 zeigt eine bevorzugte Implementierung des Signalprozessors 300, der schematisch in Fig. 1 gezeigt ist. Der Signalprozessor enthält eingangsseitig ein linkes Kopfhörersignal 306 und ein rechtes Kopfhörersignal 308 über die entsprechenden Eingänge L und R. Ferner ist bei einem Beispiel für jede Seite ein eigenes Verzweigungselement, d.h. ein erstes Verzweigungselement 326 (für den linken Zweig) und ein zweites Verzweigungselement 346 (für den rechten Zweig) vorgesehen. Jedes Verzweigungselement verzweigt den eingangsseitigen einzelnen Signalpfad, also das linke Signal beispielsweise in einen ersten ausgangsseitigen Signalpfad 321, der das Ansteuersignal für den ersten Schallwandler liefert, und in einen ausgangsseitigen zweiten Signalpfad, der das Ansteuersignal 302 für den zweiten Signalwandler liefert. Ferner ist der Signalprozessor 300 ausgebildet, um für die Erzeugung der Ansteuersignale 303 und 304 für den dritten Schallwandler 210 von Fig. 1 beziehungsweise den vierten Schallwandler 220 von Fig. 1 wieder mit einem Verzweigungselement 346 aufzuweisen, das ausgangsseitig in einen dritten Signalpfad 351 und einen vierten Signalpfad 361 mündet.

[0041] Darüber hinaus umfasst der Signalprozessor bei Beispielen einen Seite-Signal-Erzeuger 370, der sowohl das Eingangssignal des ersten Kanals 306 als auch das Eingangssignal des zweiten Kanals 308 empfängt und ausgangsseitig ein Seite-Signal liefert und in das jeweilige Verzweigungselement 326 beziehungsweise 346 einspeist oder alternativ oder zusätzlich in die jeweiligen Signalpfade einspeist. Das Seite-Signal für den linken Kanal kann um 180° verschoben sein bezüglich des Seite-Signals für den rechten Kanal. Ferner ist jeder Signalpfad ausgebildet, um zusätzlich zum Ausgangssignal des Verzweigungselements auch das ursprüngliche Eingangssignal über Umwegeleitungen 323a, 323b für den linken Kanal beziehungsweise Umwegeleitungen 343a und 343b für den rechten Kanal zu erhalten. Jeder Signalwandler erhält somit ein Ansteuersignal, das aus dem ursprünglichen linken

beziehungsweise rechten Kanal besteht und zusätzlich noch ein Signal aufweist, das vom Verzweigungselement stammt. Ferner kann je nach Implementierung das Signal im Signalpfad, also das „kombinierte“ Signal noch weiter verarbeitet werden, und zwar für die beiden Signalpfade unterschiedlich, wie beispielsweise durch verschiedene zueinander orthogonale Filterbänke, also dass das Signal für einen Schallwandler in einer Kopfhörerkammer und das Signal für den anderen Schallwandler in der Kopfhörerkammer voneinander unterschiedliche Frequenzbereiche haben, die jedoch zusammen aufgrund der vorherigen Signalverarbeitung einen hervorragenden Klang ergeben.

[0042] Fig. 6 zeigt eine bevorzugte Implementierung des Verzweigungselements 326 oder des Verzweigungselements 346 von Fig. 5. Jedes Verzweigungselement kann eingangsseitig einen variablen Verstärker 326a aufweisen. Ferner ist ein Addierer 326b vorgesehen, über den ein Seite-Signal hinzuaddiert werden kann, oder alternativ ein anderes dekorreliertes Signal oder, falls vorhanden, das eigens aufgenommene und verarbeitete Rotations-signal, wobei dann über den linken Eingang und den rechten Eingang die Translationssignale eingespeist werden.

[0043] Bei einem alternativen Beispiel ist der Addierer 326b nicht vorhanden, sondern wird durch einen Filter 326d ersetzt. Die Alternative mit Filter ist in Fig. 9 dargestellt, während die Alternative mit Seite-Signal in Fig. 8c dargestellt ist. Ausgangsseitig kann je nach Implementierung wieder ein variabler Verstärker 326c vorgesehen sein, der ebenso wie der variable Verstärker 326a auch eine negative Verstärkung, also eine Dämpfung erreichen kann. Dann folgt im Verzweigungselement vorzugsweise ein Verzweigungspunkt 326g, von dem die zwei Ausgangs-Signalpfade abzweigen, wobei jedoch vor jedem Signalpfad ein Phasenschieber 326e, 326f geschaltet ist. Bei Beispielen enthält das Verzweigungselement für jeden Signalpfad einen eigenen Phasenschieber, wobei die Phasenschieber für die beiden Signalpfade den gleichen Betrag, wie beispielsweise zwischen 80 und 100° und vorzugsweise 90° haben, jedoch unterschiedliche Vorzeichen aufweisen. Alternativ kann jedoch auch nur in einem Pfad ein Phasenschieber vorhanden sein, wie beispielsweise im oberen oder im unteren Pfad, so dass dennoch erreicht wird, dass die Signale in den beiden Pfaden unterschiedlich voneinander beziehungsweise phasenverschoben sind. Eine symmetrische Ausführung, wie sie in Fig. 6 dargestellt ist, wird jedoch bevorzugt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass die variablen Verstärker 326a, 326b nicht unbedingt vorhanden sein müssen. Stattdessen kann auch nur ein einziger Verstärker oder kein Verstärker vorgesehen sein, oder es können die Verstärker sogar ausgangs-seitig nach oder vor dem Phasenschieber, also nach

dem Verzweigungspunkt 326g vorhanden sein, um denselben Effekt zu erhalten, jedoch mittels des doppelten Aufwands, im Vergleich zu der Implementierung des variablen Verstärkers 326c vor dem Verzweigungspunkt 326g.

[0044] Fig. 7a zeigt eine bevorzugte Implementierung des ersten Signalpfads 321 und im Vergleich dazu des zweiten Signalpfads 341, wobei im ersten Signalpfad 321 eine erste Mehrzahl von Bandpassfiltern 320 vorgesehen ist, und ein nachgeschalteter Addierer 322 zur Addition des unveränderten ursprünglichen linken Signals, wie es durch die Leitung 323a symbolisiert wird. Entsprechend umfasst der zweite Signalpfad 341 ebenfalls eine zweite Mehrzahl von Bandpassfiltern 340, einen nachgeschalteten Addierer 342 und, ebenso wie der erste Signalpfad 321, ein ausgangsseitiges Element 324 beziehungsweise 344, das als Verstärker in Fig. 7a dargestellt ist, das jedoch auch einen Digital/Analog-Wandler und weitere Signalkonditionierungselemente umfassen kann. Wenn die gesamte Verarbeitung jedoch in der analogen Domäne vorgenommen wird, so ist kein Digital/Analog-Wandler nötig.

[0045] Die beiden Bandpassfilterimplementierungen 320, 340 unterscheiden sich voneinander, wie es schematisch in Fig. 7b dargestellt ist. Der Bandpassfilter mit der Mittenfrequenz f_1 , der bei 320a in Fig. 7b im Hinblick auf seine Übertragungsfunktion $H(f)$ dargestellt ist, sowie der Bandpassfilter 320b mit der Mittenfrequenz f_3 , der mit 320b dargestellt ist, als auch der Bandpassfilter 320c mit der Mittenfrequenz f_5 , gehören zu der ersten Mehrzahl von Bandpassfiltern 320 und sind daher im ersten Signalpfad 321 angeordnet, während die Bandpassfilter 340a, 340b mit den Mittenfrequenzen f_2 und f_4 in dem unteren Signalpfad 341 angeordnet sind, also zu der zweiten Mehrzahl von Bandpassfiltern gehören. Die Bandpassfilterimplementierungen 320, 340 sind somit orthogonal zueinander beziehungsweise interdigital oder verschachtelt ausgebildet, so dass die beiden Signalwandler in einem Schallerzeugerelement, beispielsweise dem Schallerzeugerelement 100 von Fig. 1 zwar Signale mit derselben gesamten Bandbreite emittieren, jedoch dahingehend unterschiedlich, dass in jedem Signal jedes zweite Band gedämpft ist. Damit wird erreicht, dass auf den Trennsteg verzichtet werden kann, da die mechanische Trennung durch eine „elektrische“ Trennung ersetzt worden ist. Die Bandbreiten der einzelnen Bandpassfilter in Fig. 7b sind lediglich schematisch gezeichnet. Vorzugsweise nehmen die Bandbreiten von unten nach oben zu, und zwar in Form einer vorzugsweise angenäherten Bark-Skala. Darüber hinaus wird es bevorzugt, dass der gesamte Frequenzbereich in wenigstens 20 Bänder eingeteilt wird, so dass die erste Mehrzahl von Bandpassfiltern 10 Bänder umfasst und die zweite Mehrzahl von Bandpassfiltern ebenfalls 10 Bänder umfasst, wel-

che dann durch Überlagerung aufgrund der Emission der Schallwandler wiederum das gesamte Audiosignal wiedergeben.

[0046] Andere Einteilungen beziehungsweise Implementierungen der Bandpassfilter auf digitale Art und Weise, beispielsweise mittels einer Filterbank, einer kritisch abgetasteten Filterbank, einer QMF-Filterbank oder einer, wie auch immer gearteten, Fourier-Transformation oder einer MDCT-Implementierung mit anschließender Zusammenfassung beziehungsweise unterschiedlicher Verarbeitung der Bänder können ebenfalls verwendet werden. Genauso können die unterschiedlichen Bänder auch eine konstante Bandbreite von dem unteren Ende bis zum oberen Ende des Frequenzbereichs haben, beispielsweise von 500 bis 15000 Hertz/Hz oder darüber. Ferner kann die Anzahl der Bänder auch wesentlich größer als 20 sein, wie beispielsweise 40 oder 60 Bänder, so dass jede Mehrzahl von Bandpassfiltern die Hälfte der gesamten Anzahl von Bändern wiedergibt, wie beispielsweise 30 Bänder, im Falle von 60 gesamten Bändern.

[0047] Eine Darstellung der Implementierung von **Fig. 7a** zusammen mit einem Seite-Signal-Erzeuger ist in **Fig. 8c** gezeigt. **Fig. 8b** zeigt eine schematische Darstellung dahingehend, dass $2n$ geradzahlige Bandpässe in der Erzeugung für das Ansteuersignal 302, 303 eingesetzt werden, während $2n-1$ (ungeradzahlige Bandpässe) für die Erzeugung des Ansteuersignals 301 und 304 eingesetzt werden. Ferner ist die Anordnung der Schallwandler in einem Kopfhörer in **Fig. 8a** schematisch dargestellt, wobei der Trennsteg gestrichelt dargestellt ist, da er dann, wenn eine elektronische Entkopplung durch die zueinander orthogonalen Bandpässe erreicht wird, auch weggelassen werden kann. Selbstverständlich kann jedoch zusätzlich zur elektrischen Entkopplung auch eine mechanische Entkopplung mit dem Trennsteg erfolgen.

[0048] **Fig. 8c** zeigt ferner eine Implementierung des Verzweigungselements von **Fig. 6** mit Addierer 326b und Phasenverschiebungen von $\pm 90^\circ$ in den Phasenschieberelementen 326e, 326f. Darüber hinaus ist der Seite-Signal-Erzeuger 370 so ausgebildet, dass er für den linken Bereich, also die beiden Signalpfade 321, 341 das Seite-Signal als (L-R) berechnet, was durch den 180° -Phasenschieber 372 und den Addierer 371 in **Fig. 8c** dargestellt ist. Ferner wird für die beiden Signalpfade 351, 361 für den rechten Signalverarbeitungsblock ein weiteres Seite-Signal erzeugt, nämlich das Signal (R-L), was wiederum durch die beiden Blöcke 374 (180° -Phasenverschiebung) und 373 (Addierer) erreicht wird. Darüber hinaus ist in **Fig. 8c** eingezeichnet, dass das entsprechende Seite-Signal noch variabel verstärkt/gedämpft werden kann, wie es durch die variablen Verstärkungsglieder 375, 376 dargestellt

ist. Je nach Implementierung wird das entsprechende Seite-Signal in das Verzweigungselement 326 über den Addierer 326b hinzuaddiert, der vor dem Verzweigungspunkt 326g angeordnet ist. Alternativ könnten jedoch auch zwei Addierer 326b nach dem Verzweigungspunkt 326g im oberen Zweig und im unteren Zweig vorgesehen sein. Darüber hinaus zeigt **Fig. 8c** auch die zusätzliche Einkopplung des unveränderten linken Kanals über die Addierer 322, 342 im linken Signalverarbeitungsblock und die entsprechenden Addierer im rechten Signalverarbeitungsblock unten in **Fig. 8c**.

[0049] **Fig. 9** zeigt eine alternative Implementierung ohne Seite-Signal-Erzeuger 370 und mit einer Ausführung des Verzweigungselements 326 mit dem Filter 326d von **Fig. 6**. Dieses Filter ist vorzugsweise als Hochpass-Filter (HP) ausgebildet. Bei der in **Fig. 9** gezeigten Implementierung ist ferner die Einkopplung des ursprünglichen linken beziehungsweise rechten Signals in die beiden Signalpfade unter Verwendung der Blöcke 323a, 323b enthalten.

[0050] Da bei **Fig. 9** keine elektrische Entkopplung mittels orthogonaler Bandpassfilter auftritt, wird es bevorzugt, bei dem in **Fig. 9** gezeigten Ausführungsbeispiel den Trennsteg zu verwenden. Dagegen kann der Trennsteg bei der Ausführung in **Fig. 8c** auch entfallen, da eine elektrische Entkopplung durch die zueinander orthogonalen Bandpassfilter eingesetzt wird.

[0051] Bei einer weiteren Ausführung kann in **Fig. 9** ferner eine elektronische Entkopplung durch die Filterbänke 320, 340, wie in **Fig. 8c** oder **Fig. 7a** erreicht werden, ohne dass auch eine Seite-Signal-Erzeugung eingesetzt wird. Auch dann kann aufgrund der vorhandenen elektronischen Entkopplung der beiden nebeneinander angeordneten Schallwandler auf den Trennsteg verzichtet werden. Es können jedoch auch beide Maßnahmen getroffen werden, nämlich sowohl der Trennsteg als auch die elektronische Entkopplung.

[0052] Nachfolgend wird auf bestimmte Einstellungszustände der Ausführungsform von **Fig. 8c** eingegangen. Je nach Einstellung des Verstärkers 326a und des Verstärkers 375, beziehungsweise 376, kann der Anteil des Seite-Signals, das durch die orthogonalen Filterbänke gefiltert wird, groß oder klein gemacht werden. Wird der Verstärker 326a auf starke Dämpfung gestellt und der Verstärker 375 auf Verstärkung, so befindet sich am Ausgang des Addierers 326b hauptsächlich das Seite-Signal, das durch die Phasenschieber 326b, 326f und die Filterbänke 320, 340 bearbeitet wird und dann dem ursprünglichen linken Signal beispielsweise durch die Addierer 322, 342 aufgeprägt wird. Dann sind die beiden Signale, die durch die beiden nebeneinander angeordneten Schallwandler 110, 120 ausgege-

ben werden, relativ stark unterschiedlich. Sie haben zwar den gemeinsamen Teil, der über die Zweige 323a, 323b geliefert wird, unterscheiden sich jedoch in dem Seite-Signal, das im Vergleich zum linken Kanal beispielsweise verstärkt ist. Wird dagegen der Verstärker 326a auf relativ hohe Verstärkung und der Verstärker 375 auf relativ niedrige Verstärkung eingestellt, so wird der Anteil des orthogonal gefilterten Seite-Signals im Ansteuersignal 301, 302 relativ gering sein, so dass durch die beiden Schallwandler 110, 120 nahezu dasselbe Signal ausgegeben wird. Je nach Anwendungsform und entsprechender Situation und entsprechendem Kopfhörer beziehungsweise Ohrhörer kann damit durch die entsprechenden Elemente aufgrund der hohen Flexibilität eine optimale Einstellung gefunden werden, die beispielsweise empirisch durch Hörtests für bestimmtes Tonmaterial gefunden werden kann und je nach Anwendungsform automatisch oder manuell einprogrammiert beziehungsweise umprogrammiert werden kann.

[0053] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0054] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Am Kopf tragbarer Schallerzeuger, mit folgenden Merkmalen:

einem ersten Schallerzeugerelement (100) auf einer ersten Seite; und
einem zweiten Schallerzeugerelement (200) auf einer zweiten Seite,
wobei in dem ersten Schallerzeugerelement (100) wenigstens ein erster Schallwandler (110) und ein zweiter Schallwandler (120) so angeordnet sind, dass Schallemissionsrichtungen des ersten Schallwandlers und des zweiten Schallwandlers parallel sind oder um weniger als 30° von einer parallelen Emissionsrichtung abweichen, und wobei in dem zweiten Schallerzeugerelement (200) ein dritter Schallwandler (210) und ein vierter Schallwandler (220) so angeordnet sind, dass Schallemissionsrichtungen des dritten Schallwandlers (210) und des vierten Schallwandlers (220) parallel zueinander sind oder weniger als 30° von einer parallelen Emissionsrichtung abweichen,
wobei zwischen dem ersten Schallwandler (110) und dem zweiten Schallwandler (120) eine erste Zwischenwand (130) angeordnet ist, die weniger als 3 cm bezüglich des ersten Schallwandlers (110) und des zweiten Schallwandlers (120) vorsteht, oder wobei zwischen dem dritten Schallwandler (210) und dem vierten Schallwandler (220) eine zweite Zwischenwand (230) angeordnet ist, die weniger als 3 cm bezüglich des dritten Schallwandlers (210) und des vierten Schallwandlers (220) vorsteht, oder
wobei die erste Zwischenwand (130) oder die zweite Zwischenwand (230) um wenigstens 1 cm bezüglich eines jeweiligen Paares aus erstem und zweitem Schallwandler oder drittem und viertem Schallwandler vorsteht.

2. Schallerzeuger nach Anspruch 1, der als Ohrhörer ausgebildet ist, und bei dem zumindest ein Schallwandler der ersten bis vierten Schallwandler als Balanced-Armature-Wandler, als MEMS-Wandler oder als dynamischer Wandler ausgebildet ist, und wobei jeder Wandler einen eigenen Schallausgang aufweist, um Schall in der Emissionsrichtung zu emittieren.

3. Schallerzeuger nach Anspruch 1, der als Kopfhörer ausgebildet ist, wobei das erste Schallerzeugerelement eine erste Kopfhörerkammer aufweist, wobei das zweite Schallerzeugerelement eine zweite Kopfhörerkammer aufweist, und wobei ein Verbindungssteg (600) angeordnet ist, der die erste Kopfhörerkammer und die zweite Kopfhörerkammer miteinander verbindet, und wobei der erste Schallwandler (110) und der zweite Schallwandler (120) in der ersten Kopfhörerkammer angeordnet sind, und wobei der dritte Schallwandler (210) und der vierte Schallwandler (220) in der zweiten Kopfhörerkammer angeordnet sind.

4. Schallerzeuger nach einem vorhergehenden Anspruch, bei dem zumindest ein Schallwandler

der ersten bis vierten Schallwandler als Kopfhörerkapsel ausgebildet ist, wobei jede Kopfhörerkapsel dieselbe Größe aufweist, oder wobei jede Kopfhörerkapsel einen Durchmesser aufweist, der kleiner als 4 cm ist.

5. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Schallwandler (110) und der zweite Schallwandler (120) horizontal nebeneinander angeordnet sind, wenn der Schallerzeuger an dem Kopf getragen wird, oder bei dem der dritte Schallwandler (210) und der vierte Schallwandler (220) horizontal nebeneinander angeordnet sind, wenn der Schallerzeuger an dem Kopf getragen wird.

6. Schallerzeuger nach Anspruch 1, bei dem die erste Zwischenwand (130) oder die zweite Zwischenwand (230) halbkreisförmig, ellipsenförmig oder parabelförmig ist, wobei bei einer kürzesten Entfernung zwischen Mittelpunkten (110a, 120a) von dem ersten und dem zweiten Schallwandler oder dem dritten und dem vierten Schallwandler die Zwischenwand (130, 230) am höchsten vorsteht.

7. Schallerzeuger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der folgende Merkmale aufweist: eine Eingangs-Schnittstelle zum Empfangen eines ersten Ansteuersignals (301) für den ersten Schallwandler (110), eines zweiten Ansteuersignals (302) für den zweiten Schallwandler (120), eines dritten Ansteuersignals (303) für den dritten Schallwandler (210) und eines vierten Ansteuersignals (304) für den vierten Schallwandler (220), wobei das erste Ansteuersignal und das zweite Ansteuersignal zueinander phasenverschoben sind, oder wobei das dritte Ansteuersignal und das vierte Ansteuersignal zueinander phasenverschoben sind, oder wobei die ersten bis vierten Ansteuersignale einen Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 1500 Hz umfassen.

8. Verfahren zum Betreiben eines Schallerzeugers mit einem ersten Schallerzeugerelement (100) auf einer ersten Seite und einem zweiten Schallerzeugerelement (200) auf einer zweiten Seite, mit folgenden Schritten:

Emittieren von Schall durch einen ersten Schallwandler (110) und einen zweiten Schallwandler (120) in dem ersten Schallerzeugerelement (100) so, dass Schallemissionsrichtungen des ersten Schallwandlers und des zweiten Schallwandlers parallel sind oder um weniger als 30° von einer parallelen Emissionsrichtung abweichen, und Emittieren von Schall durch einen dritten Schallwandler (210) und einen vierten Schallwandler (220) in dem zweiten Schallerzeugerelement (200) so, dass Schallemissionsrichtungen des dritten Schallwandlers (210) und des vierten Schallwandlers (220) parallel zueinander sind oder weniger als 30° von einer parallelen Emissionsrichtung abwei-

chen, wobei zwischen dem ersten Schallwandler (110) und dem zweiten Schallwandler (120) eine erste Zwischenwand (130) angeordnet ist, die weniger als 3 cm bezüglich des ersten Schallwandlers (110) und des zweiten Schallwandlers (120) vorsteht, oder wobei zwischen dem dritten Schallwandler (210) und dem vierten Schallwandler (220) eine zweite Zwischenwand (230) angeordnet ist, die weniger als 3 cm bezüglich des dritten Schallwandlers (210) und des vierten Schallwandlers (220) vorsteht, oder wobei die erste Zwischenwand (130) oder die zweite Zwischenwand (230) um wenigstens 1 cm bezüglich eines jeweiligen Paares aus erstem und zweitem Schallwandler oder drittem und viertem Schallwandler vorsteht.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

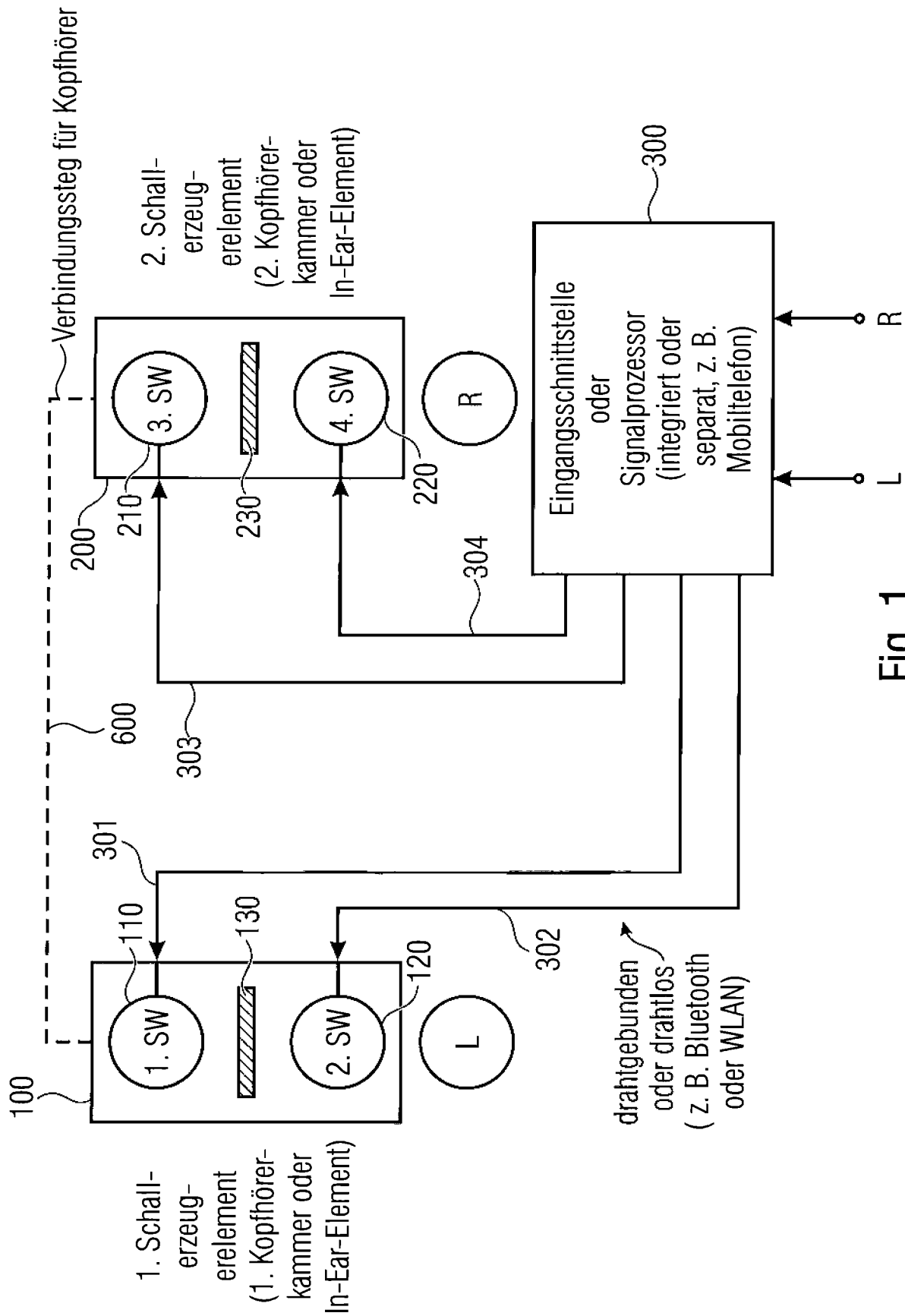


Fig. 1

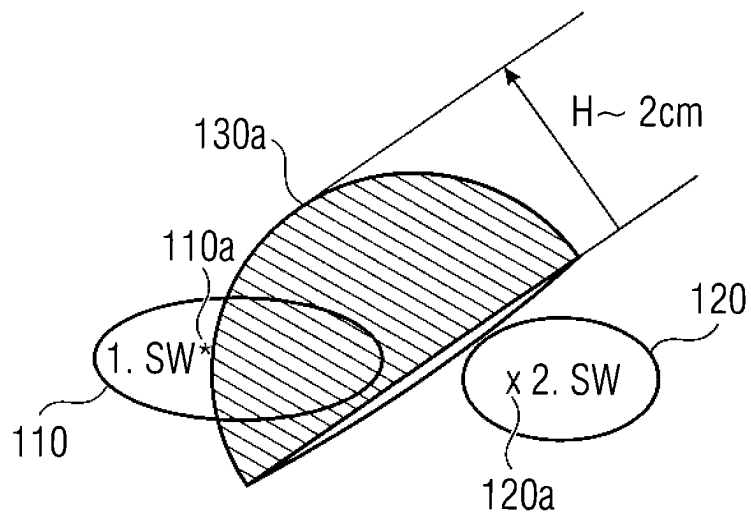


Fig. 2

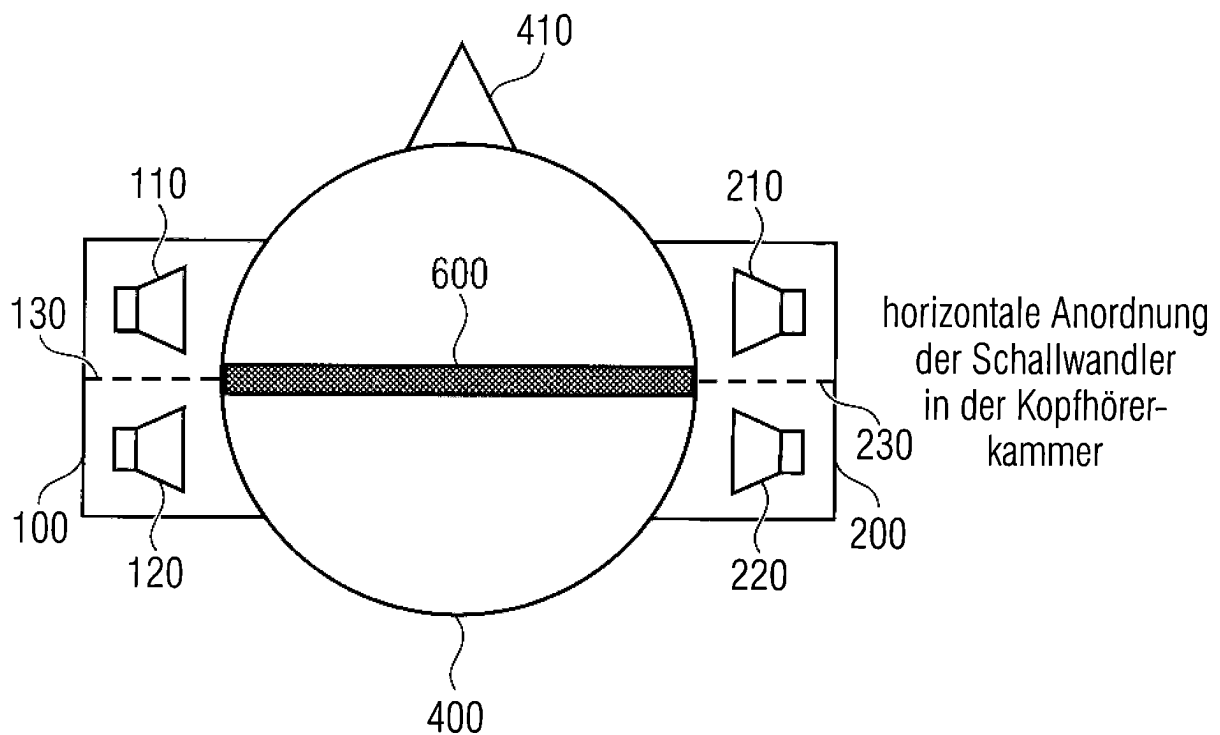


Fig. 3
(Draufsicht auf einen Kopf)

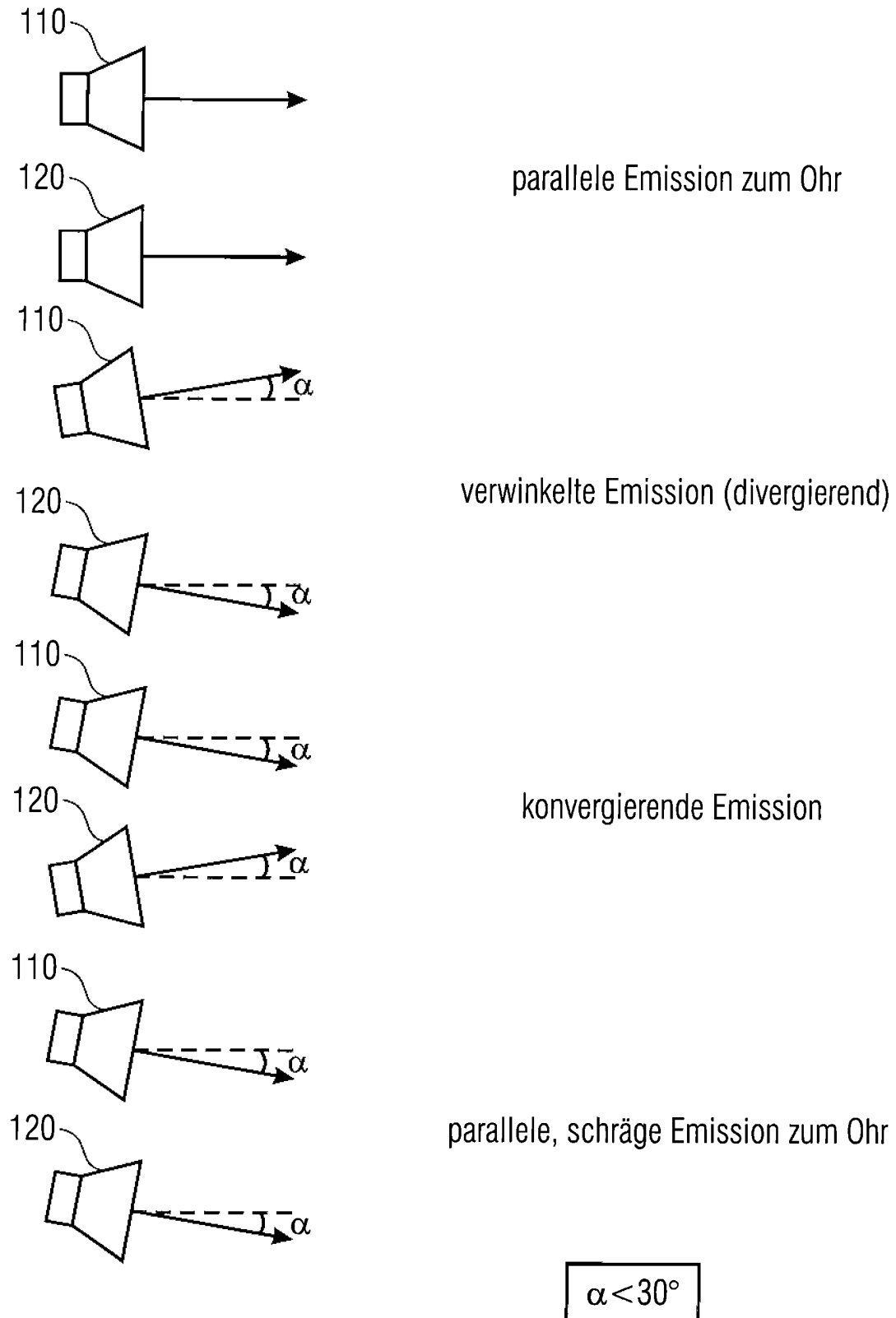
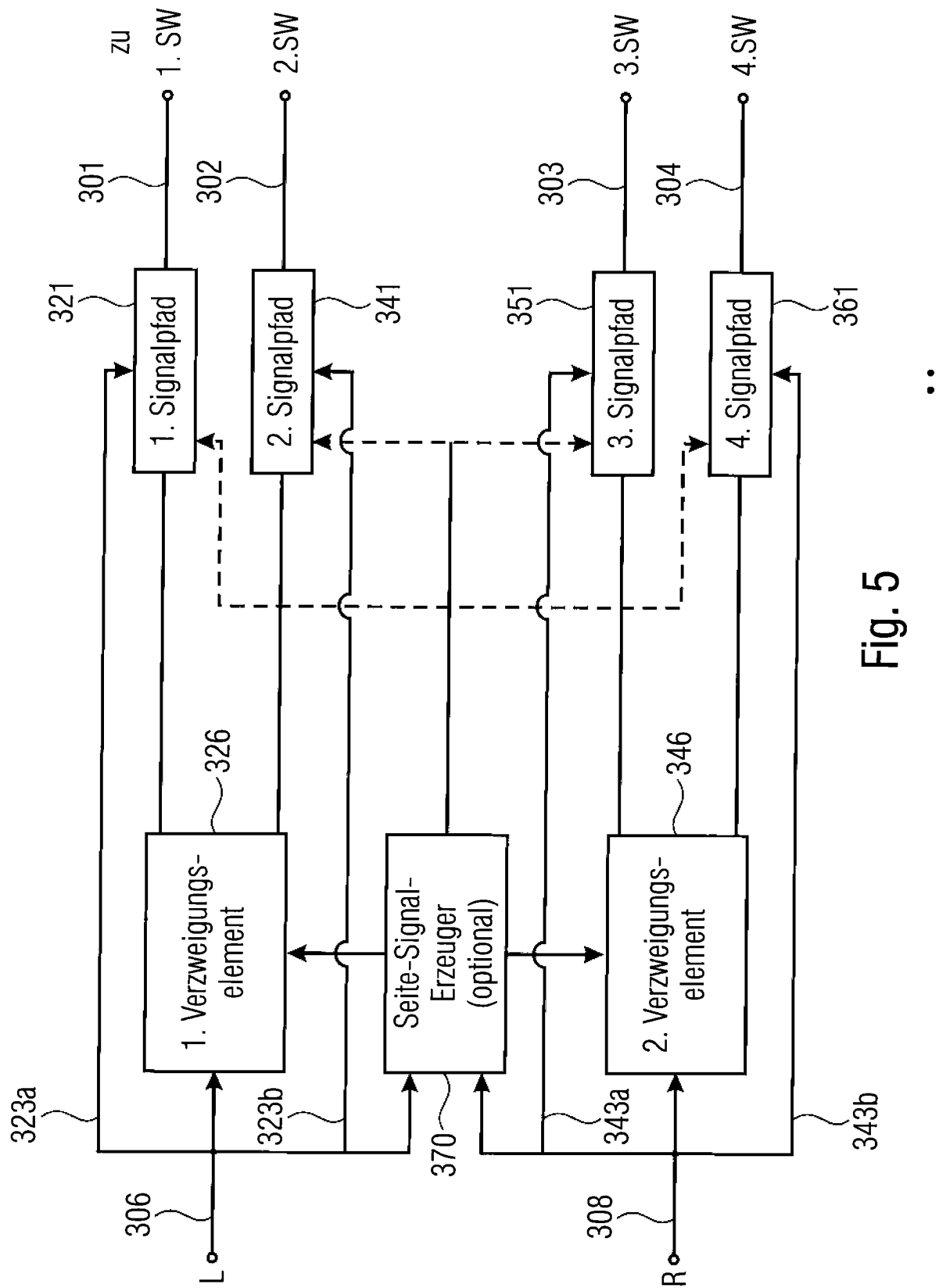
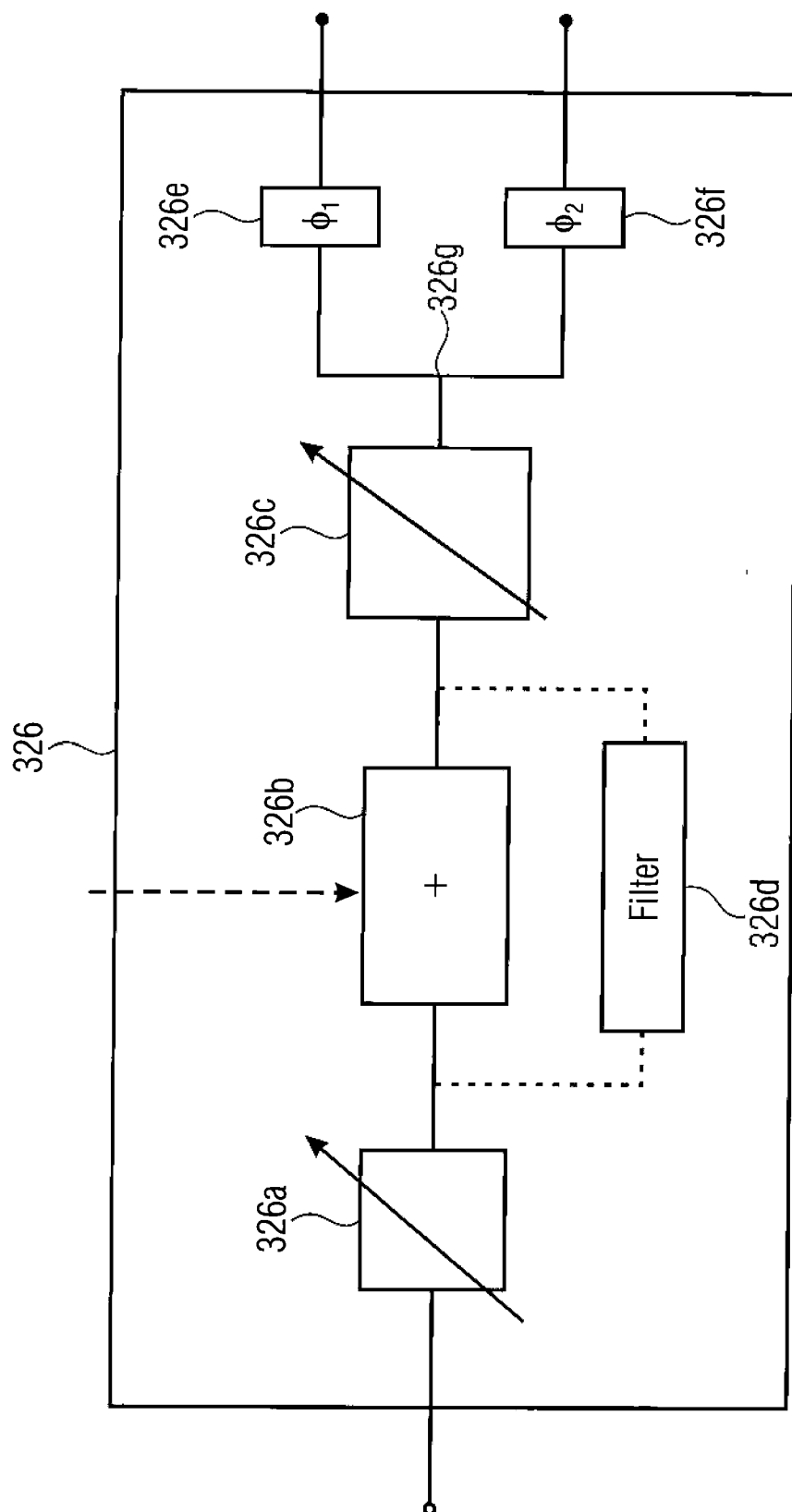


Fig. 4





z. B. $|\phi_1| = |\phi_2|$
 $\phi_1 = -\phi_2$

Fig. 6

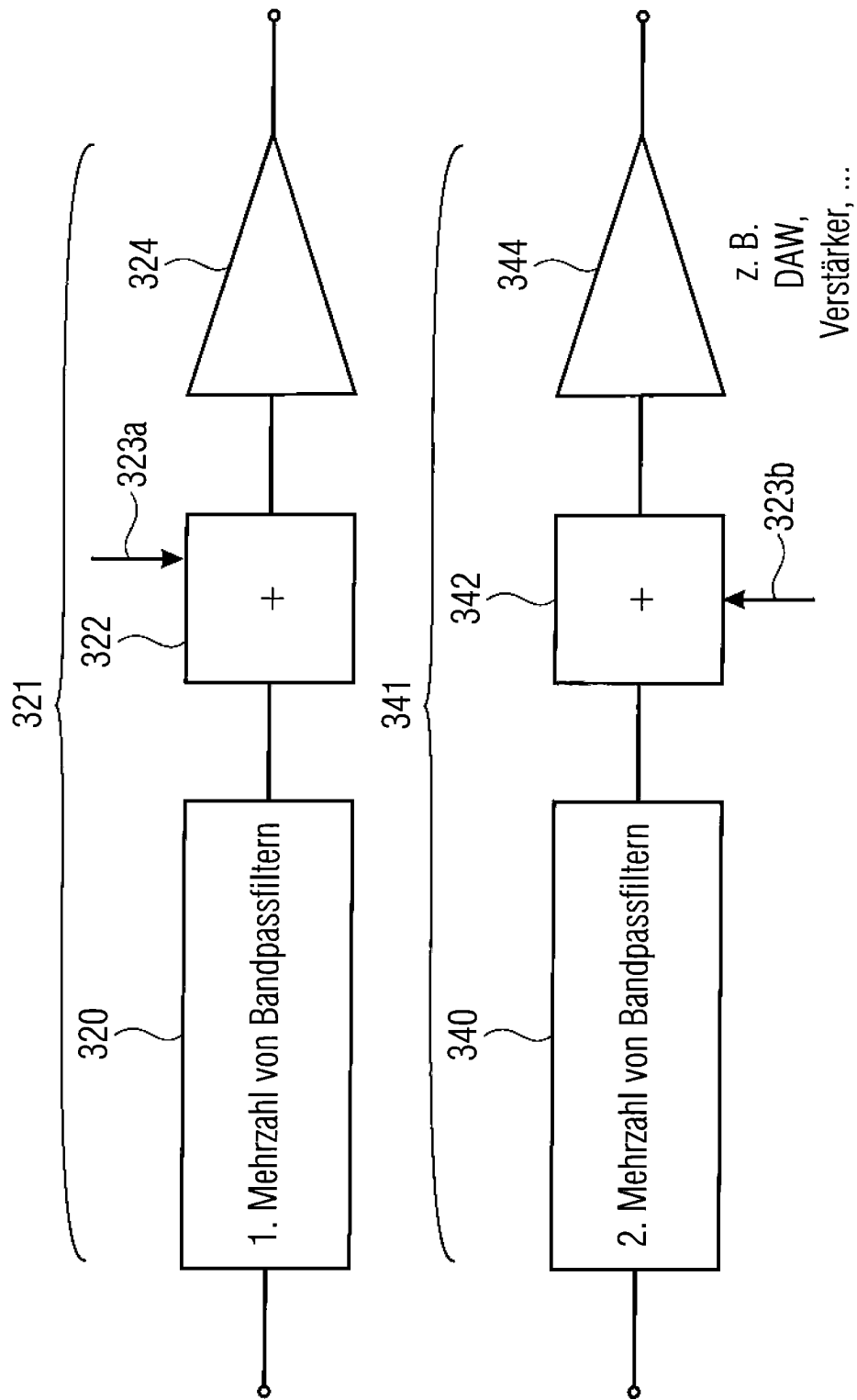
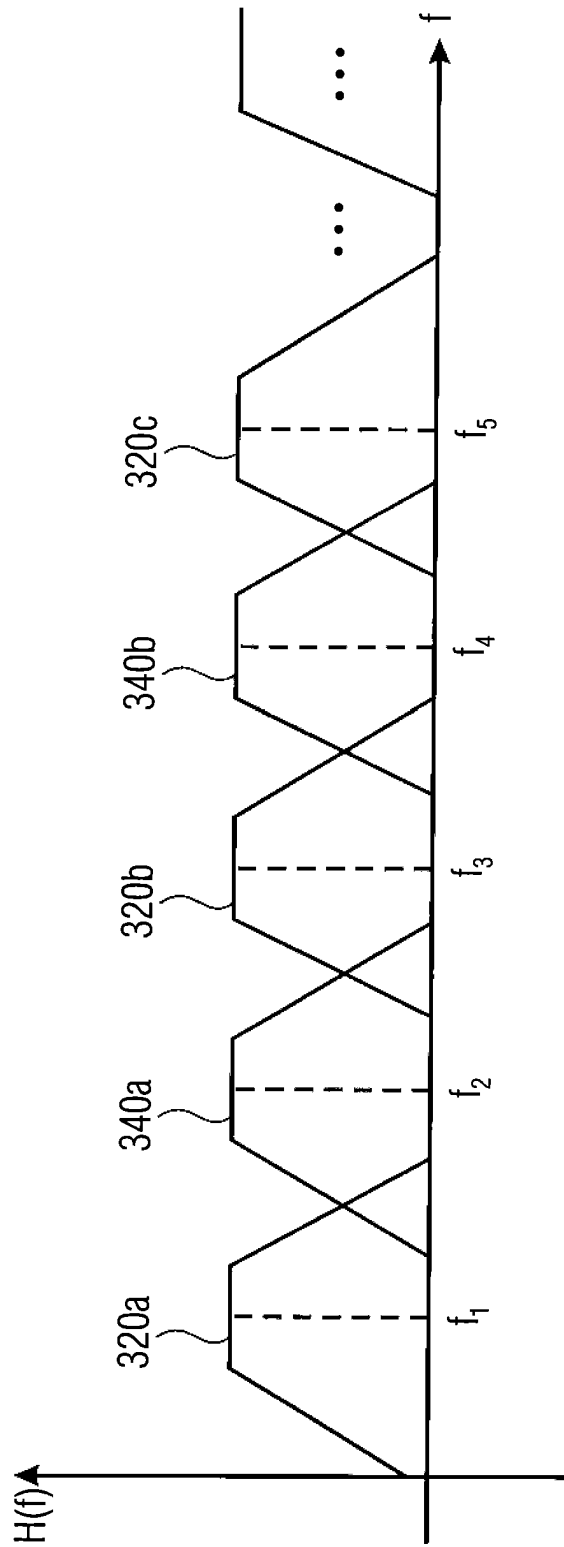


Fig. 7a



BP – Filter mit f_1, f_3, f_5, \dots gehört zum 1. Mz.

BP – Filter mit f_2, f_4, f_6, \dots gehört zum 2. Mz.

Fig. 7b

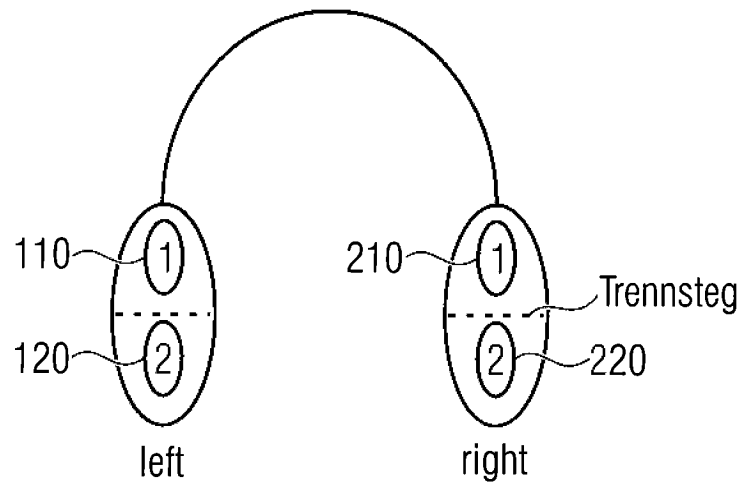


Fig. 8a

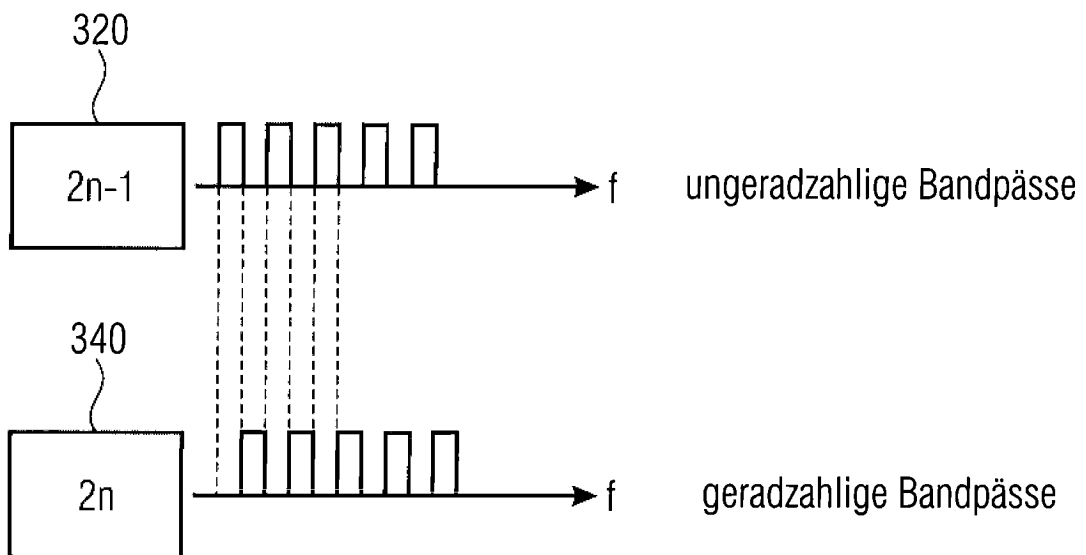


Fig. 8b

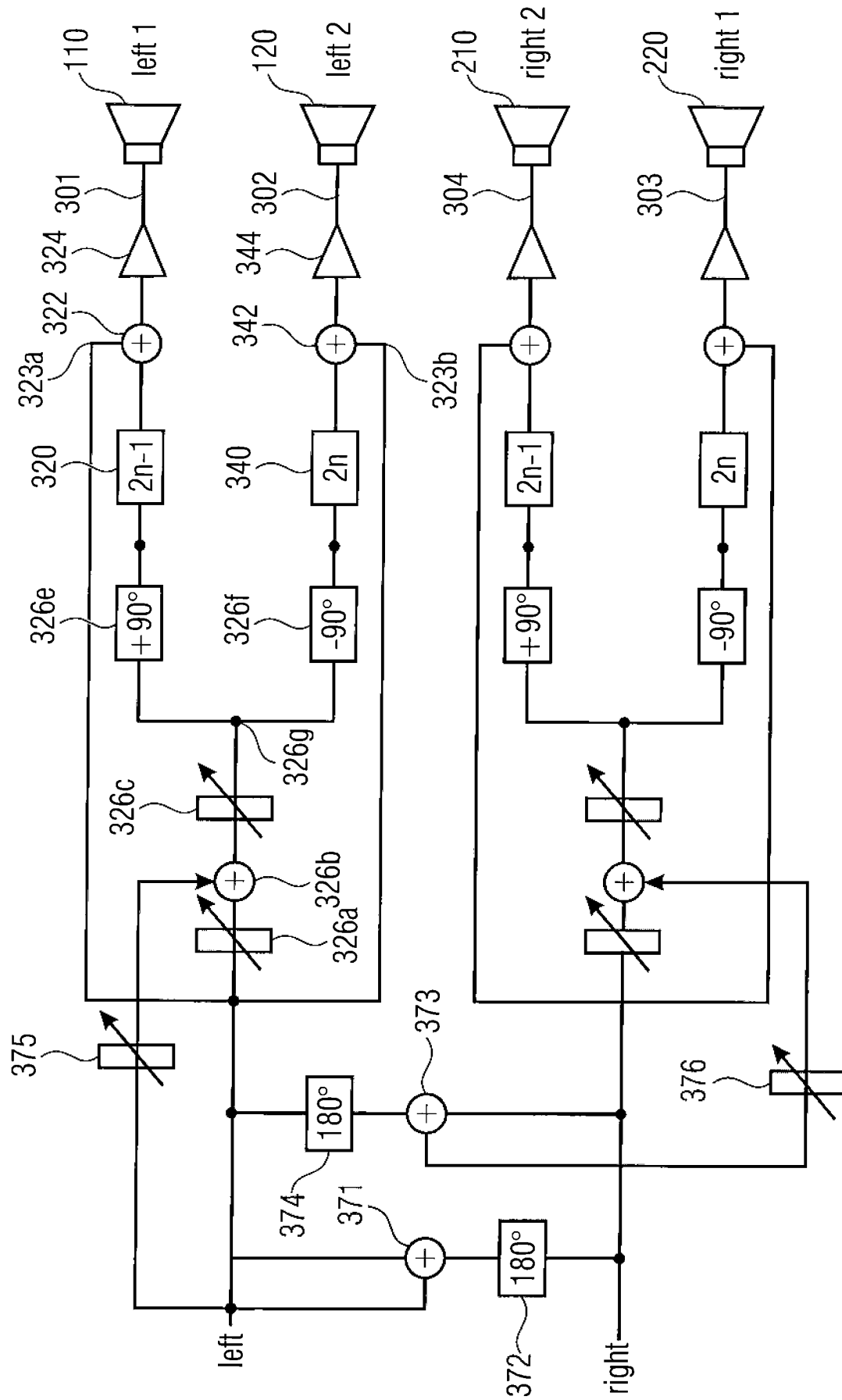


Fig. 8c

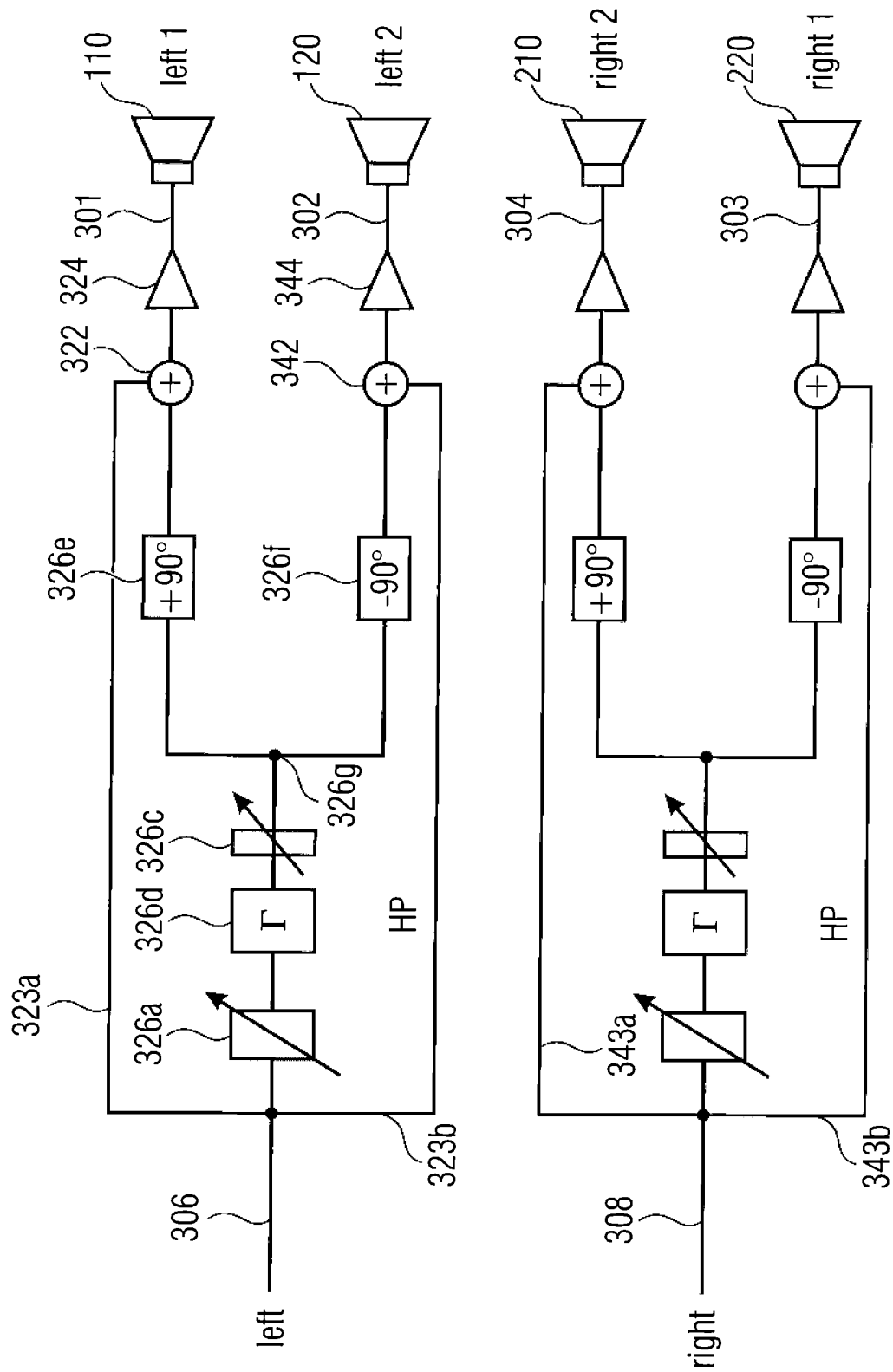


Fig. 9