



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H04R 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22178700.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H04R 25/405; H04R 25/407; H04R 2430/20

(22) Anmeldetag: **13.06.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **PUDER, Henning**
91058 Erlangen (DE)
• **FISCHER, Eghart**
91126 Schwabach (DE)
• **ROSENKRANZ, Tobias Daniel**
91088 Bubenreuth (DE)

(30) Priorität: **25.06.2021 DE 102021206590**

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

(71) Anmelder: **Sivantos Pte. Ltd.**
Singapore 539775 (SG)

(54) **VERFAHREN ZUR DIREKTIONALEN SIGNALVERARBEITUNG VON SIGNALEN EINER MIKROFONANORDNUNG**

(57) Die Erfindung nennt ein Verfahren zur Richtungs-Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung (2), welche wenigstens ein erstes Mikrofon (4) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (8) aus einem Umgebungsschall (7) und ein zweites Mikrofon (6) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (10) aus dem Umgebungsschall (7) umfasst, wobei anhand des ersten Eingangssignals (8) ein Referenzsignal (46) gebildet wird, wobei das Referenzsignal (46) in die Frequenzdomäne transformiert wird, und hierdurch ein Frequenzraum-Referenzsignal (48) erzeugt wird, wobei das erste Eingangssignal (8) und das zweite Eingangssignal (10) jeweils in die Frequenzdomäne transformiert werden, und anhand des so transformierten ersten Ein-

gangssignals (14) und des so transformierten zweiten Eingangssignals (16) in der Frequenzdomäne ein erstes Frequenzraum-Richtsignal (20) gebildet wird, wobei anhand eines frequenz aufgelösten Vergleiches des Frequenzraum-Referenzsignals (48) mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal (20) oder einem vom ersten Frequenzraum-Richtsignal (20) in der Frequenzdomäne abgeleiteten Signal frequenzabhängige erste Verstärkungsfaktoren (g1j) erzeugt werden, wobei anhand der ersten Verstärkungsfaktoren (g1j) ein Zeit-Filter (44) in der Zeitdomäne erzeugt wird, und wobei das Referenzsignal (46) mittels des Zeit-Filters (44) gefiltert wird, und anhand des mittels des Zeit-Filters (44) gefilterten Referenzsignals (46) ein Ausgangssignal (30) erzeugt wird.

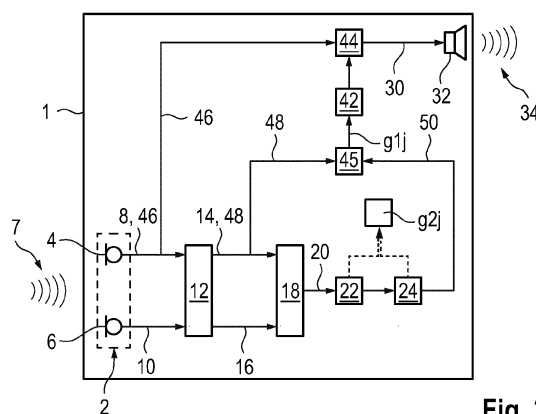


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung, welche wenigstens ein erstes Mikrofon zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Umgebungsschall und ein zweites Mikrofon zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Umgebungsschall umfasst, wobei das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal jeweils in die Frequenzdomäne transformiert werden, und anhand des so transformierten ersten Eingangssignals und des so transformierten zweiten Eingangssignals in der Frequenzdomäne ein erstes Frequenzraum-Richtsignal gebildet wird, wobei in der Frequenzdomäne abgeleiteten Signal frequenzabhängige erste Verstärkungsfaktoren erzeugt werden, wobei anhand der ersten Verstärkungsfaktoren und anhand des Frequenzraum-Richtsignals ein Ausgangssignal erzeugt wird.

[0002] Eine frequenz aufgelöste Signalverarbeitung für eine Mikrofonanordnung mit einem oder mehreren Mikrofonen wird üblicherweise in der Frequenzdomäne durchgeführt, indem eines oder mehrere Mikrofon signale der Mikrofonanordnung in einzelne Frequenzbänder zerlegt wird bzw. werden, wobei Signalanteile der einzelnen Frequenzbänder getrennt voneinander verarbeitet werden, und dabei insbesondere unterschiedlich verstärkt und/oder komprimiert und ggf. zu Richtsignalen kombiniert werden. Anschließend werden die einzelnen Signalanteile in den Frequenzbändern zu einem einzelnen Ausgangssignal in der Zeitdomäne "synthetisiert".

[0003] Die Zerlegung in einzelne Frequenzbänder (in Kombination mit der abschließenden Synthese) führt zu einer Latenz der Signalverarbeitung, welche abhängig ist von der gewünschten Frequenzauflösung in der Frequenzdomäne, und beträgt üblicherweise ca. 5-8 ms.

[0004] In Echtzeitanwendungen wie Hörinstrumenten, also insbesondere in Hörgeräten, führt eine derartige Latenz oftmals zu einer Überlagerung des durch die Latenz verzögerten Ausgangssignals, welches vom Hörinstrument wiedergegeben wird, mit dem Direktschall der Umgebung, wodurch Kammfiltereffekte entstehen können. Diese sind meist umso deutlicher ausgeprägt, je ähnlicher der Direktschall der Umgebung dem vom Hörinstrument verarbeiteten und wiedergegebenen Ausgangssignal ist.

[0005] Kammfiltereffekte werden oftmals als unangenehm wahrgenommen, weswegen sie bevorzugt zu vermeiden sind. Eine Möglichkeit hierzu ist, die Latenz bei der Signalverarbeitung merklich zu reduzieren oder möglichst gänzlich zu vermeiden. Dies schränkt jedoch die Möglichkeiten bei der frequenz aufgelösten Signalverarbeitung wesentlich ein, da hierzu oftmals ein Nebensignalfad ("Analysepfad") zu verwenden ist, in welchem die Signalverarbeitung ermittelt werden soll, wie sie auf die Signalverarbeitung der Signalanteile des Hauptsignalfades anzuwenden ist. Insbesondere lässt sich eine richtungsabhängige Signalverarbeitung der einzelnen

Eingangssignale, welche von mehreren Mikrofonen der Mikrofonanordnung erzeugt werden, nur schwerlich in besagtem Szenario durchführen.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung anzugeben, welches eine möglichst geringe Latenz eines erzeugten Ausgangssignals gegenüber den zu verarbeitenden Eingangssignalen der Mikrofonanordnung aufweisen soll.

[0007] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung, welche wenigstens ein erstes Mikrofon zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Umgebungsschall und ein zweites Mikrofon zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Umgebungsschall umfasst, wobei anhand des ersten Eingangssignals ein Referenzsignal gebildet wird, wobei das Referenzsignal in die Frequenzdomäne transformiert wird, und hierdurch ein Frequenzraum-Referenzsignal erzeugt wird, wobei das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal jeweils in die Frequenzdomäne transformiert werden, und anhand des so transformierten ersten Eingangssignals und des so transformierten zweiten Eingangssignals in der Frequenzdomäne ein erstes Frequenzraum-Richtsignal gebildet wird.

[0008] Hierbei ist vorgesehen, dass anhand eines frequenz aufgelösten Vergleiches des Frequenzraum-Referenzsignals mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal oder mit einem vom ersten Frequenzraum-Richtsignal in der Frequenzdomäne abgeleiteten Signal frequenzabhängige erste Verstärkungsfaktoren erzeugt werden, dass anhand der ersten Verstärkungsfaktoren ein Zeit-Filter in der Zeitdomäne erzeugt wird, und dass das Referenzsignal mittels des Zeit-Filters gefiltert wird, und anhand des mittels des Zeit-Filters gefilterten Referenzsignals ein Ausgangssignal erzeugt wird. Vorteilhafte und für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0009] Unter einem Mikrofon soll hierbei und im Folgenden jedweder elektroakustische Eingangswandler umfasst sein, welcher dazu eingerichtet ist, aus dem Umgebungsschall ein entsprechendes Eingangssignal zu erzeugen, wobei Schalldruck-Schwankungen des Umgebungsschalls durch den Eingangswandler in entsprechende Spannungs- bzw. Strom-Schwankungen übersetzt werden. Eine Mikrofonanordnung ist entsprechend zu verstehen als jedwede räumliche Anordnung von wenigstens zwei solchen Eingangswandlern, wobei der räumliche Abstand der Eingangswandler zueinander eine richtungsabhängige Signalverarbeitung ermöglicht.

[0010] Die Bildung des Referenzsignals anhand des ersten Eingangssignals umfasst insbesondere die beiden Fälle, dass einerseits das Referenzsignal lediglich anhand der Signalanteile des ersten Eingangssignals gebildet wird, jedoch andere Signalanteile, insbesondere solche des zweiten Eingangssignals, nicht in das Referenzsignal einfließen.

renzsignal eingehen, oder dass andererseits das Referenzsignal anhand der Signalanteile von beiden Eingangssignalen gebildet werden kann, insbesondere mittels einer zeitverzögerten Überlagerung der beiden Eingangssignale. Das Referenzsignal ist hierbei ein Signal in der Zeitdomäne.

[0011] Die genannten Transformationen eines Signals in die Frequenzdomäne, also vorliegend des Referenzsignals sowie des ersten und des zweiten Eingangssignals, kann hierbei insbesondere mittels einer entsprechend eingerichteten Filterbank erfolgen. Im Folgenden ist hierbei unter der Frequenzdomäne insbesondere auch die Zeit-diskrete Zeit-Frequenzdomäne umfasst, in welcher die spektralen Anteile der einzelnen transformierten Signale gemäß einer Zeitvariablen aktualisiert werden.

[0012] Das erste Frequenzraum-Richtsignal kann anhand des transformierten ersten Eingangssignals und des transformierten zweiten Eingangssignals insbesondere derart erzeugt werden, dass die resultierende Richtcharakteristik für das erste Frequenzraum-Richtsignal über die einzelnen Frequenzbänder hinweg variiert (und dass bspw. eine Linearkombination der beiden transformierten Eingangssignale oder eine Linearkombination von jeweils aus beiden Eingangssignalen abgeleiteten Zwischensignalen wie z.B. Cardioid-/Anticardioid-Signalen über die Frequenzbänder unterschiedliche Linearfaktoren aufweist).

[0013] Das Frequenzraum-Referenzsignal wird frequenz aufgelöst, also bevorzugt frequenzbandweise mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal oder einem hiervon abgeleiteten Signal in der Frequenzdomäne verglichen, sodass als quantitatives Resultat dieses Vergleichs die frequenzabhängigen ersten Verstärkungsfaktoren erzeugt werden. Dieser Vergleich kann beispielsweise durch eine spektrale Division erfolgen (die ersten Verstärkungsfaktoren können dann frequenzbandweise direkt ermittelt werden als die jeweiligen Quotienten, welche bei der Division des Frequenzraum-Referenzsignal durch das erste Frequenzraum-Richtsignal gebildet werden). Andere Vergleiche, zum Beispiel in Form einer relativen Abweichung und/oder in Form einer nichtlinearen, bevorzugt monotonen Funktion der frequenzbandweisen Abweichung der beiden genannten Signale voneinander sind ebenso denkbar. Für einen Vergleich des Frequenzraum-Referenzsignals mit einem in der Frequenzdomäne vom ersten Frequenzraum-Richtsignal abgeleiteten Signal wird dabei bevorzugt ein zweites Frequenzraum-Richtsignal verwendet, dessen Signalanteile direkt vom ersten Frequenzraum-Richtsignal und bevorzugt ohne Hinzunahme weiterer Signalanteile abgeleitet werden können, also beispielsweise über eine frequenzbandweise Verstärkung des ersten Frequenzraum-Richtsignals.

[0014] Die ersten Verstärkungsfaktoren, welche also ein Maß für die Abweichung des ersten Frequenzraum-Richtsignals vom Frequenzraum-Referenzsignal im jeweiligen Frequenzband darstellen (gegebenenfalls imp-

lizit im Fall eines abgeleiteten Signals) werden nun dazu verwendet, in der Zeitdomäne ein Zeit-Filter zu erzeugen. Das Zeit-Filter ist hierbei bevorzugt ein Filter mit einer endlichen Impuls Antwort (Finite Impulse Response, FIR). Insbesondere kann das Zeit-Filter hierbei durch eine Transformation einer Transferfunktion von der Frequenzdomäne in die Zeitdomäne erzeugt werden, welche die frequenzbandweise Anwendung der ersten Verstärkungsfaktoren in der Frequenzdomäne repräsentiert. Besonders bevorzugt wird das Zeit-Filter hierbei als ein minimalphasiges Filter erzeugt, welches also zu einem gegebenen Betragsfrequenzgang eine minimal mögliche Latenz aufweist.

[0015] Mittels des so erzeugten Zeit-Filters wird das Referenzsignal - in der Zeitdomäne - gefiltert und ein Ausgangssignal erzeugt. Das Ausgangssignal kann nun insbesondere an einen Empfänger übermittelt, aufgezeichnet oder weiterverwendet werden. Wird die Mikrofonanordnung in einem Hörinstrument verwendet, so wird das Ausgangssignal bevorzugt durch einen Lautsprecher (im weitesten Sinne einen elektroakustischen Ausgangswandler des Hörinstruments) in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt. Vor besagter Umwandlung kann das Ausgangssignal noch einer weiteren Signalverarbeitung unterzogen werden, beispielsweise zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung, welche zwischen dem Lautsprecher und der Mikrofonanordnung auftreten kann.

[0016] Die Verwendung eines Zeit-Filters, welches in der Zeitdomäne auf das Referenzsignal angewandt wird, hat dabei eine deutliche Verringerung einer Latenz der Signalverarbeitung gegenüber der Signalverarbeitung in der Frequenzdomäne zur Folge. Aufgrund der Abbildung der ersten Verstärkungsfaktoren, welche anhand des ersten Frequenzraum-Richtsignals gewonnen werden, auf das Zeit-Filter lässt sich dabei in das Zeit-Filter die Information hinsichtlich des richtungsabhängigen Klangbildes in den einzelnen Frequenzbändern implementieren, wie sie sich durch die Erzeugung des ersten Frequenzraum-Richtsignals ergibt. Hierbei werden jedoch die Unterschiede berücksichtigt, welche die direktionale Signalverarbeitung auf das erste Frequenzraum-Richtsignal gegenüber dem - in die Frequenzdomäne transformierten - Referenzsignal hat.

[0017] Es wird also anhand des Vergleiches des Frequenzraum-Referenzsignals mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal oder mit einem hiervon bevorzugt unmittelbar abgeleiteten Signal ermittelt, welche frequenzbandweisen Verstärkungsfaktoren auf das Frequenzraum-Referenzsignal (welches ja tatsächlich nur das in die Frequenzdomäne transformierte Referenzsignal darstellt) anzuwenden sind, um die frequenzbandweisen Klangeigenschaften, insbesondere hinsichtlich Signallautstärken und -pegeln etc., möglichst gut zu approximieren, welche für das erste Frequenzraum-Richtsignal vorliegen. Dabei entspricht eine Anwendung des Zeit-Filters, insbesondere eines FIR-Filters, in der Zeitdomäne einer Anwendung von frequenz- und zeitabhängigen

Dämpfungs- oder Verstärkungsfaktoren in jedem Frequenzband mit einer anschließenden Signalsynthese. Hierdurch wird die im ersten Frequenzraum-Richtsignal codierte, frequenzbandweise Richtungsabhängigkeit in die ersten Verstärkungsfaktoren für das Frequenzraum-Referenzsignal "codiert". Durch die Abbildung dieser ersten Verstärkungsfaktoren (und somit der beschriebenen codierten Information zur Auswirkung der Richtwirkung) auf das Zeit-Filter kann diese direktionale Information also dem Referenzsignal mit einer sehr niedrigen Latenz zur Verfügung gestellt werden.

[0018] Bevorzugt erfolgt der frequenz aufgelöste Vergleich des Frequenzraum-Referenzsignals mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal oder dem vom ersten Frequenzraum-Richtsignal in der Frequenzdomäne abgeleiteten Signal anhand einer spektralen Division, anhand derer jeweils die frequenzabhängigen ersten Verstärkungsfaktoren erzeugt werden. Der Vergleich mittels einer spektralen Division lässt sich einerseits besonders effizient umsetzen, und trägt andererseits dem Umstand Rechnung, dass so die ersten Verstärkungsfaktoren eine Transferfunktion zwischen den beiden genannten Signalen in der Frequenzdomäne darstellen. Die frequenzabhängigen ersten Verstärkungsfaktoren können dabei insbesondere anhand einer Division der Beträge des Frequenzraum-Referenzsignals und des ersten Frequenzraum-Richtsignal oder des vom ersten Frequenzraum-Richtsignal in der Frequenzdomäne abgeleiteten Signals erzeugt werden.

[0019] Günstigerweise wird als ein vom ersten Frequenzraum-Richtsignal in der Frequenzdomäne abgeleitetes Signal für den frequenz aufgelösten Vergleich mit dem Frequenzraum-Referenzsignal ein zweites Frequenzraum-Richtsignal erzeugt, welches anhand durch eine Anwendung von frequenzabhängigen zweiten Verstärkungsfaktoren auf das erste Frequenzraum-Richtsignal erzeugt wird. Das erste Frequenzraum-Richtsignal kann zusätzlich z.B. einer Rauschunterdrückung, etwa mittels eines Wiener-Filters, und ggf. einer Dynamikkompression unterzogen werden, sodass das Frequenzraum-Referenzsignal für die ersten Verstärkungsfaktoren mit dem resultierenden zweiten Frequenzraum-Richtsignal verglichen wird.

[0020] Zweckmäßigerweise wird dabei das Zeit-Filter anhand einer Abbildung der frequenzabhängigen ersten Verstärkungsfaktoren in die Zeitdomäne gebildet. Der Begriff der Abbildung kann dabei insbesondere bedeuten, dass eine den ersten Verstärkungsfaktoren entsprechende Transferfunktion oder eine Transferfunktion, welche einem Produkt der ersten Verstärkungsfaktoren mit weiteren frequenzbandweisen Verstärkungsfaktoren entspricht, von der Frequenzdomäne in die Zeitdomäne transformiert wird. Auf diese Weise lässt sich effizient sicherstellen, dass auf das Referenzsignal in der Zeitdomäne ein Filter mit den korrekten Eigenschaften angewandt wird, d.h., mit den Eigenschaften, welche in der Frequenzdomäne durch die ersten Verstärkungsfaktoren gegeben sind. Das Zeit-Filter wird dabei insbeson-

dere als ein FIR-Filter erzeugt.

[0021] Vorteilhafterweise werden frequenzabhängige zweite Verstärkungsfaktoren für das erste Frequenzraum-Richtsignal ermittelt, wobei das Zeit-Filter gebildet wird anhand einer gemeinsamen Abbildung der ersten Verstärkungsfaktoren und der zweiten Verstärkungsfaktoren in die Zeitdomäne. Insbesondere werden dabei die frequenzabhängigen zweiten Verstärkungsfaktoren für das erste Frequenzraum-Richtsignal anhand einer Rauschunterdrückung und/oder einer Dynamik-Kompression und/oder einer zu korrigierenden Hörschwäche eines Empfängers des Ausgangssignals ermittelt. Der Empfänger des Ausgangssignals ist hierbei insbesondere ein Benutzer eines Hörinstruments, welches die Mikrofonanordnung umfasst.

[0022] Dies bedeutet mit anderen Worten: Eine Rauschunterdrückung und/oder eine Dynamik-Kompression, welche frequenzbandabhängig auf das erste Frequenzraum-Richtsignal anzuwenden sind/ist, ermittelt entsprechend der jeweiligen Vorgaben für ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis ("Signal-to-noise-ratio", SNR) bzw. der Vorgaben für maximale Signalpegel in den Frequenzbändern (welche auch individuell auf eine Hörschwäche des Benutzers des Hörinstruments, das die Mikrofonanordnung umfasst, abgestimmt sein können) instantane zweite Verstärkungsfaktoren für das erste Frequenzraum-Richtsignal. Diese werden nun jedoch nicht auf das erste Frequenzraum-Richtsignal angewandt. Stattdessen erfolgt eine gemeinsame Abbildung der ersten Verstärkungsfaktoren, welche aus dem Vergleich des ersten Frequenzraum-Richtsignals mit dem transformierten Referenzsignal resultieren, zusammen mit den zweiten Verstärkungsfaktoren, in die Zeitdomäne zur Bildung des Zeit-Filters. Die Eigenschaften der Rauschunterdrückung bzw. der Dynamik-Kompression gehen somit in das Zeit-Filter nicht über den Vergleich des transformierten Referenzsignals mit einem zweiten Frequenzraum-Richtsignal ein, welches durch die Anwendung der Rauschunterdrückung bzw. der Dynamik-Kompression auf das erste Frequenzraum-Richtsignal resultiert, sondern direkt über eine Abbildung der für die Rauschunterdrückung bzw. die Dynamik-Kompression ermittelten zweiten Verstärkungsfaktoren in die Zeitdomäne.

[0023] Als vorteilhaft erweist es sich, wenn das Referenzsignal nur aus Signalanteilen des ersten Eingangssignals gebildet wird. Dies bedeutet insbesondere, dass über die Signalanteile des ersten Eingangssignals hinaus keine Signalanteile weiterer Signale in das Referenzsignal eingehen, und dass bevorzugt das erste Eingangssignal entweder direkt oder nach einer einkanali- gen Signalverarbeitung als Referenzsignal verwendet wird. Die Wirkung der Richtmikrofonie resultiert somit darin, in der Frequenzdomäne das erste Frequenzraum-Richtsignal (welches ja das Frequenzraum-Referenzsignal, also das transformierte erste Eingangssignal in der Frequenzdomäne beinhaltet) zu bilden, welches mit dem transformierten Referenzsignal zu vergleichen ist. Die

daraus resultierenden ersten Verstärkungsfaktoren tragen dann die volle spektrale Information, wie sich die Richtmikrofonie auf das transformierte Referenzsignal auswirkt. Ein Zeit-Filter, welches erzeugt wird, indem diese ersten Verstärkungsfaktoren in die Zeitdomäne abgebildet werden, überträgt diese spektrale Information dann auf das Referenzsignal.

[0024] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das Referenzsignal anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals mittels Richtmikrofonie in der Zeitdomäne gebildet als ein Zeit-Richtsignal. Die Richtmikrofonie in der Zeitdomäne kann hierbei insbesondere implementiert sein als eine zeitverzögerte und ggf. unterschiedlich gewichtete Überlagerung der beiden Eingangssignale (wobei die Zeitverzögerung in der Zeitdomäne implementiert wird und insbesondere gleich für alle spektralen Anteile der beiden Eingangssignale ist). Durch die Verwendung eines solchen Zeit-Richtsignals als Referenzsignal lässt sich die Richtwirkung insgesamt noch verstärken, wobei im Zeit-Richtsignal z.B. breitbandige und/oder dominante Störgeräusche, welche stark lokalisiert sind, entfernt werden können. Eine frequenzbandweise Feinabstimmung der Richtmikrofonie erfolgt dann anhand eines Vergleiches des transformierten Zeit-Richtsignals (also des Frequenzraum-Referenzsignals) mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignals über das hieraus resultierende Zeit-Filter.

[0025] Bevorzugt umfasst die Mikrofonanordnung zur Durchführung des Verfahrens weiter ein drittes Mikrofon zur Erzeugung eines dritten Eingangssignals aus dem Umgebungsschall, wobei das dritte Eingangssignal in die Frequenzdomäne transformiert wird, und das erste Frequenzraum-Richtsignal auch anhand des so transformierten dritten Eingangssignals in der Frequenzdomäne gebildet wird. Insbesondere kann die Mikrofonanordnung entsprechend noch ein viertes oder noch weitere Mikrofone umfassen. Das beschriebene Verfahren lässt sich dabei ohne weiteres auf eine solche Mikrofonanordnung mit drei oder mehr Mikrofonen übertragen.

[0026] Die Erfindung nennt weiter ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung in einem Hörinstrument, wobei das Hörinstrument eine Mikrofonanordnung mit wenigstens einem ersten Mikrofon zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Umgebungsschall und ein zweites Mikrofon zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Umgebungsschall sowie weiter eine Steuereinheit umfasst, und wobei anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals gemäß dem vorbeschriebenen Verfahren ein zur Wiedergabe vorgesehenes Ausgangssignal des Hörinstruments erzeugt wird. Die Vorteile, welche für das Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung und für seine Weiterbildungen angegeben sind, können dabei sinngemäß auf das Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung in einem Hörinstrument übertragen werden. Das Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung wird also insbesondere auf die Eingangs-

gnale einer Mikrofonanordnung angewandt, welche Teil eines Hörinstruments ist.

[0027] Die Erfindung nennt zudem ein Hörinstrument mit einer Mikrofonanordnung, welche wenigstens ein erstes Mikrofon zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Umgebungsschall und ein zweites Mikrofon zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Umgebungsschall umfasst, und weiter mit einer Steuereinheit, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, anhand des ersten und des zweiten Eingangssignals das eben genannte Verfahren durchzuführen. Das Hörinstrument teilt die Vorzüge des Verfahrens zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung. Die Vorteile, welche für besagtes Verfahren und für seine Weiterbildungen angegeben sind, können dabei sinngemäß auf das Hörinstrument übertragen werden. Insbesondere kann das Hörinstrument als ein Hörgerät ausgestaltet sein, welches zur Versorgung einer Hörschwäche vorgesehen und eingerichtet ist.

[0028] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Hörinstrument mit einer Mikrofonanordnung und einer direktionalen Signalverarbeitung nach Stand der Technik,

Fig. 2 in einem Blockschaltbild eine alternative Ausgestaltung der Signalverarbeitung des Hörinstruments nach Figur 1, gemäß Stand der Technik,

Fig. 3 in einem Blockschaltbild eine Ausgestaltung der direktionalen Signalverarbeitung des Hörinstruments nach Figur 1 mit verringerter Latenz, und

Fig. 4 in einem Blockschaltbild eine zur Figur 3 alternative Ausgestaltung der direktionalen Signalverarbeitung mit verringerter Latenz.

[0029] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0030] In Figur 1 ist schematisch in einem Blockschaltbild ein Hörinstrument 1 dargestellt, welches eine Mikrofonanordnung 2 mit einem ersten Mikrofon 4 und einem zweiten Mikrofon 6 umfasst. Die nachfolgend beschriebene Signalverarbeitung des in Figur 1 dargestellten Hörinstruments 1 ist hierbei gemäß dem Stand der Technik ausgestaltet. Das erste Mikrofon 4 ist dazu eingerichtet, aus einem Umgebungsschall 7, welcher auf der Mikrofonanordnung 2 auftrifft, ein erstes Eingangssignal 8 zu erzeugen. Entsprechend ist das zweite Mikrofon 6 dazu eingerichtet, aus dem Umgebungsschall 7 ein zweites Eingangssignal 10 zu erzeugen. Eine mögliche Vorverstärkung und/oder Digitalisierung des ersten bzw. zwei-

ten Eingangssignals 8, 10 sei hierbei bereits in das entsprechende erste bzw. zweite Mikrofon 4, 6 aufgenommen. Das erste und das zweite Eingangssignal 8, 10 werden jeweils einer ersten Filterbank 12 zugeführt, und dort jeweils in die Frequenzdomäne transformiert, sodass ein transformiertes erstes Eingangssignal 14 bzw. ein transformiertes zweites Eingangssignal 16 erzeugt werden.

[0031] In einem Richtmikrofonie-Modul 18 wird aus dem transformierten ersten Eingangssignal 14 und dem transformierten zweiten Eingangssignal 16 in der Frequenzdomäne ein erstes Frequenzraum-Richtsignal 20 gebildet. Zur Bildung des ersten Frequenzraum-Richtsignals 20 kann dabei im Richtmikrofonie-Modul 18 jedweder zur Bildung eines frequenzbandweisen Richtsignals geeignete Algorithmus eingesetzt werden, also insbesondere Delay-and-Sum-Beamforming, Delay-and-Subtract-Beamforming, adaptive differentielle Richtmikrofonie o.ä. Das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 wird einer Rauschunterdrückung 22 unterzogen, in welcher insbesondere für die einzelnen Frequenzbänder jeweils ein Nutzsignalanteil und ein Störsignalanteil abgeschätzt werden, und in Abhängigkeit der besagten Nutzsignal- bzw. Störsignalanteile ein Verstärkungsfaktor für jedes Frequenzband ermittelt wird, sodass Frequenzbänder mit einem hohen Nutzsignalanteil relativ angehoben und Frequenzbänder mit einem hohen Störsignalanteil relativ abgesenkt werden.

[0032] Nach der Rauschunterdrückung 22 wird das resultierende Signal einem Verstärkungsmodul 24 zugeführt, welches insbesondere eine AGC zur Dynamik-Kompression der frequenzbandweisen Signalanteile umfassen kann, sowie über eine entsprechende Anpassung frequenzbandweiser Verstärkungsfaktoren eine individuelle Hörschwäche eines Benutzers des Hörinstruments 1 kompensieren kann.

[0033] Aus dem Verstärkungsmodul 24 resultiert ein verarbeitetes zweites Frequenzraum-Richtsignal 26. Dieses zweite Frequenzraum-Richtsignal 26 wird einer Synthese-Filterbank 28 zugeführt, welche die frequenzbandweisen Signalanteile des zweiten Frequenzraum-Richtsignals 26 zusammenführt und in die Zeitdomäne transformiert. Das aus besagter Transformation resultierende Ausgangssignal 30 wird von einem Lautsprecher 32 des Hörinstruments 1 in ein Ausgangsschallsignal 34 umgewandelt. Die hier beschriebene Signalverarbeitung von der ersten Filterbank 12 bis zur Synthese-Filterbank 28 erfolgt dabei bevorzugt auf einem entsprechend eingerichteten Signalprozessor oder einer einen solchen Signalprozessor umfassenden Prozessoreinheit. Eine solche Prozessoreinheit ist in Figur 1 schematisch als eine Steuereinheit 35 eingezeichnet.

[0034] Durch die erste Filterbank 12 und die Synthese-Filterbank 28 erfährt das Ausgangssignal 30 gegenüber den beiden Eingangssignalen 8, 10, und somit gegenüber dem Umgebungsschall 7 unweigerlich eine Latenz, welche umso größer ist, je höher die Frequenzauflösung der ersten Filterbank 12 ist. Üblicherweise beträgt diese Latenz ca. 4 bis 7 ms. Eine signifikante Verringerung der

Latenz kann zwar durch eine Verringerung der Frequenzauflösung erreicht werden, jedoch geht dies eben auch zulasten der Möglichkeiten des Beamformings sowie Störsignalanteile in den beiden Eingangssignalen 8, 10 mittels der Rauschunterdrückung 22 zu unterdrücken, und gegebenenfalls die Verstärkung im Verstärkungsmodul 24 individuell an den Benutzer des Hörinstruments 1 anzupassen.

[0035] In Figur 2 ist schematisch in einem Blockschaltbild eine Abwandlung des Hörinstruments 1 nach Figur 1 dargestellt, welche die beschriebenen Probleme der Latenz zu lösen versucht, die infolge der ersten Filterbank 12 und der Synthese-Filterbank 28 auftreten. Auch die in Figur 2 dargestellte Signalverarbeitung ist dabei nach dem Stand der Technik ausgestaltet. Im Hörinstrument 1 nach Figur 2 wird aus dem ersten Eingangssignal 8 und dem zweiten Eingangssignal 10 mittels eines Zeitdomänen-Richtmikrofonie-Moduls 36 ein Zeit-Richtsignal 38 gebildet. Das Zeit-Richtsignal 38 wird durch die erste Filterbank 12 in die Frequenzdomäne transformiert, und ein daraus resultierendes transformiertes Zeit-Richtsignal 40 der Rauschunterdrückung 22 und anschließend dem Verstärkungsmodul 24 zugeführt. Hierbei werden frequenzbandweise Verstärkungsfaktoren g_j ermittelt, welche mittels einer Abbildung 42, welche insbesondere eine Fourier-Transformation umfassen kann, auf ein Zeit-Filter 44 in die Zeitdomäne abgebildet werden. Die Steuereinheit 35 nach Figur 1 ist in Figur 3 nicht dargestellt.

[0036] Das Zeit-Filter 44 beinhaltet also implizit die Eigenschaften der frequenzbandweisen Verstärkungsfaktoren g_j und deren Auswirkungen auf das transformierte Zeit-Richtsignal 40, jedoch nun eben in der Zeitdomäne. Entsprechend wird das Zeit-Filter 44 auf das (ursprüngliche) Zeit-Richtsignal 38 in der Zeitdomäne angewandt, um hieraus das Ausgangssignal 30 zu erzeugen. Insbesondere wird das Zeit-Filter 44 als ein minimalphasiges Filter bestimmt.

[0037] Während durch die anhand von Figur 2 beschriebene Verarbeitung der Eingangssignale 8, 10 die Latenz gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 zwar verringert werden kann, stehen jedoch hier infolge der notwendigerweise breitbandigen Richtmikrofonie in der Zeitdomäne, welche im entsprechenden Modul 38 auf die Eingangssignale 8, 10 angewandt wird, keine Möglichkeiten zur Verfügung, bereits bei der Richtmikrofonie ein frequenzselektive Signalverarbeitung (z.B. zur Rauschunterdrückung) durchzuführen.

[0038] In Figur 3 ist schematisch in einem Blockschaltbild ein Hörinstrument 1 dargestellt, in welchem für eine möglichst frequenzselektive, richtungsabhängige Signalverarbeitung die Latenz möglichst gering gehalten werden soll. Hierbei wird das erste Eingangssignal 8 verwendet als ein Referenzsignal 46. Die Auswirkungen von frequenzselektiver Richtmikrofonie und Rauschunterdrückung auf die einzelnen Frequenzbänder werden hierbei in noch zu beschreibender Weise anhand des Referenzsignals 46 ermittelt, und so das auf das Referenz-

renzsignal 46 anzuwendende Zeit-Filter 44 bestimmt.

[0039] Das erste Eingangssignal 8 als das Referenzsignal 46 und das zweite Eingangssignal 10 werden, ähnlich dem anhand von Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel, von der ersten Filterbank 12 in die Frequenzdomäne transformiert, und hierdurch das transformierte erste Eingangssignal 14 als ein Frequenzraum-Referenzsignal 48 bzw. das transformierte zweite Eingangssignal 16 erzeugt. Auch im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird anschließend durch das Richtmikrofonie-Modul 18 aus dem transformierten ersten Eingangssignal 14 - also dem Frequenzraum-Referenzsignal 48 - und aus dem transformierten zweiten Eingangssignal das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 erzeugt.

[0040] Zur Bestimmung des Zeit-Filters 44, welches bevorzugt als ein minimalphasiges Filter zu bestimmen ist, werden hierbei frequenzbandweise erste Verstärkungsfaktoren g_{1j} gewonnen, welche durch eine spektrale Division 45 des Frequenzraum-Referenzsignals 48 und eines vom ersten Frequenzraum-Richtsignal 20 abgeleiteten zweiten Frequenzraum-Richtsignals 50 ermittelt werden. Insbesondere können auch die Beträge des Frequenzraum-Referenzsignals 48 und des davon abgeleiteten zweiten Frequenzraum-Richtsignals 50, oder auch von den Beträgen abgeleitete Größen, frequenzbandweise dividiert werden, um die ersten Verstärkungsfaktoren g_{1j} zu erzeugen.

[0041] Besagtes zweites Frequenzraum-Richtsignal 50 wird erzeugt, indem das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 der Rauschunterdrückung 22 und dem Verstärkungsmodul 24 zugeführt wird, wo das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 frequenzbandweise verstärkt oder abgesenkt wird, indem frequenzbandweise zweite g_{2j} auf das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 angewandt werden. Die zweiten Verstärkungsfaktoren g_{2j} können beispielsweise in jedem Frequenzband aus der sukzessiven Anwendung der einzelnen Faktoren gebildet werden, welche jeweils in der Rauschunterdrückung 22 und im Verstärkungsmodul 24 für das jeweilige Frequenzband ermittelt wurden.

[0042] Durch die spektrale Division 45 wird de facto ermittelt, in welcher Weise die auf das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 angewandte Signalverarbeitung, welche in der Rauschunterdrückung 22 und im Verstärkungsmodul 24 erfolgt, zu modifizieren oder kompensieren ist, wenn die Eingangsgröße eben nicht besagtes erstes Frequenzraum-Richtsignal 20 ist, sondern stattdessen das Frequenzraum-Referenzsignal 48. Würden auf das Frequenzraum-Referenzsignal 48 die aus der spektralen Division 45 resultierenden ersten Verstärkungsfaktoren g_{1j} angewandt, so würde das resultierende Signal im Betrag mit dem zweiten Frequenzraum-Richtsignal 50 übereinstimmen, welches aus der Anwendung der Rauschunterdrückung 22 und des Verstärkungsmoduls 24 (bzw. aus den dort ermittelten zweiten Verstärkungsfaktoren g_{2j}) auf das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 resultiert.

[0043] Die aus der spektralen Division 45 resultieren-

den ersten Verstärkungsfaktoren g_{1j} werden nun mittels der Abbildung 42 aus der Frequenzdomäne auf das Zeit-Filter 44 in der Zeitdomäne abgebildet, welches bevorzugt durch ein FIR-Filter gegeben ist. Das Zeit-Filter 44 ist somit die Entsprechung in der Zeitdomäne zur eben beschriebenen "Modifikation" bzw. "Kompensation" der Signalverarbeitung des ersten Frequenzraum-Richtsignals 20, welche man auf das Frequenzraum-Referenzsignal 46 anzuwenden hat. Insofern geht über die spektrale Division 45 auch der Einfluss des transformierten Eingangssignals 16 auf das zweite Frequenzraum-Richtsignal 50 in das Zeit-Filter 44 ein. Entsprechend wird das Ausgangssignal aus einer Anwendung des Zeit-Filters 44 auf das Frequenzraum-Richtsignal 48 erzeugt.

[0044] Durch das Zeit-Filter 46 in der Zeitdomäne kann die Latenz sehr gering gehalten werden, da sich Latenzen, welche z.B. durch die erste Filterbank 12 entstehen, nicht auf die Propagation des Referenzsignals 46 durch den Signalfluss auswirken, sondern lediglich dazu führen, dass das Zeit-Filter 44, welches auf das Referenzsignal 46 angewandt wird, eben um den Betrag der Latenz nicht mehr "aktuell" ist, was jedoch als Trade-Off gegenüber der deutlich verringerten Latenz des Ausgangssignals 30 gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 in Kauf genommen werden kann.

[0045] In Figur 4 ist schematisch in einem Blockdiagramm eine alternative Ausgestaltung der anhand von Figur 3 beschriebenen Signalverarbeitung dargestellt, welche des Weiteren auch Elemente des Ausführungsbeispiels nach Figur 2 beinhaltet, indem nämlich das Zeit-Filter 44 in noch darzustellender Weise auf ein Richtsignal in der Zeitdomäne angewandt wird.

[0046] Aus dem ersten Eingangssignal 8 und dem zweiten Eingangssignal 10 wird zunächst mittels des Zeitdomänen-Richtmikrofonie-Moduls 36 ein Zeit-Richtsignal 38 erzeugt. Dies kann beispielsweise erfolgen durch eine Verzögerung eines der beiden Eingangssignale 8, 10 gegenüber dem anderen, welche zwar über die Zeit variieren kann, jedoch auf alle Signalanteile immer gleich wirkt (und daher also insbesondere frequenzunabhängig wirkt). Insbesondere kann das Zeit-Richtsignal 38 auch dadurch erzeugt werden, dass im Zeitdomänen-Richtmikrofonie-Modul 36 auf eines der beiden Eingangssignale 8, 10 ein Allpass-Filter mit einer frequenzabhängigen Verzögerung anzuwenden, sodass das Zeit-Richtsignal 38 bereits selbst eine gewisse Frequenzabhängigkeit hinsichtlich der Richtwirkung aufweisen kann.

[0047] Das erste und das zweite Eingangssignal 8, 10 werden zudem mittels der ersten Filterbank 12 in die Frequenzdomäne transformiert, und aus dem so erzeugten transformierten ersten und zweiten Eingangssignal 14, 16 mittels des Richtmikrofonie-Moduls 18 in der Frequenzdomäne das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 erzeugt.

[0048] Das wie oben beschrieben erzeugte Zeit-Richtsignal 36 dient im vorliegenden Ausführungsbeispiel als das Referenzsignal 46, welches mittels einer zweiten Fil-

terbank 52 in die Frequenzdomäne transformiert wird, wodurch das transformierte Zeit-Richtsignal 40 als Frequenzraum-Referenzsignal 48 erzeugt wird. Dieses und das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 werden für einen Vergleich miteinander der spektralen Division 45 unterzogen, wodurch die ersten Verstärkungsfaktoren g1j für die jeweiligen Frequenzbänder ermittelt werden.

[0049] Für das wie oben beschrieben erzeugte erste Frequenzraum-Richtsignal 20 werden durch die Rauschunterdrückung 22 und durch das Verstärkermodul 24 zweite Verstärkungsfaktoren g2j ermittelt, welche auf das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 entsprechend anzuwenden wären, um die Rauschunterdrückungswirkung der Rauschunterdrückung 22 bzw. die Verstärkungswirkung des Verstärkungsmoduls 24 für das erste Frequenzraum-Richtsignal 20 zu erzielen.

[0050] Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Figur 3 werden diese Rauschunterdrückungswirkung bzw. Verstärkungswirkung jedoch nicht direkt beim ersten Frequenzraum-Richtsignal 20 erzielt. Vielmehr werden die den besagten Wirkungen entsprechenden zweiten Verstärkungsfaktoren g2j, welche in der Rauschunterdrückung 22 und im Verstärkermodul 24 ermittelt wurden, nun zusammen mit den ersten Verstärkungsfaktoren g1j, welche aus der spektralen Division 45 des Frequenzraum-Referenzsignals 48 und des ersten Frequenzraum-Richtsignals 20 gewonnen wurden, durch die Abbildung 42 in die Zeitdomäne auf das Zeit-Filter 44 abgebildet. Das so ermittelte Zeit-Filter 44, welches auch hier bevorzugt als ein FIR-Filter ausgestaltet ist, wird anschließend auf das Referenzsignal 46 in der Zeitdomäne - also auf das Zeit-Richtsignal 38 - angewandt, und hierdurch das Ausgangssignal 30 erzeugt. Abschließend wird das Ausgangssignal 30 durch den Lautsprecher 32 in das Ausgangsschallsignal 34 umgewandelt.

[0051] Durch die spektrale Division 45 wird im Ausführungsbeispiel nach Figur 4 ermittelt, in welchem Umfang sich das frequenzselektive Beamforming des Richtmikrofonie-Moduls 18 (Frequenzdomäne) vom breitbandigen Beamforming des Zeitdomänen-Richtmikrofonie-Moduls 36 unterscheidet, sodass die hierdurch erzeugten ersten Verstärkungsfaktoren g1j de facto den Betrag im instantanen Gain darstellen, um welchen das transformierte Zeit-Richtsignal 40 frequenzbandweise zu kompensieren ist, um das intrinsische, richtungssensible Klangverhalten zu erhalten, welches dem ersten Frequenzraum-Richtsignal 20 innewohnt. Dieses durch die ersten Verstärkungsfaktoren g1j charakterisierte richtungssensible Klangverhalten wird also zusammen mit der durch die zweiten Verstärkungsfaktoren g2j charakterisierten Rauschunterdrückungs- und Verstärkungswirkung der Rauschunterdrückung 22 und des Verstärkungsmoduls 24 in der Zeitdomäne auf das Zeit-Filter 44 abgebildet, sodass das besagte Klangverhalten und die besagten Wirkungen durch eine Anwendung des Zeit-Filters 44 auf die Entsprechung des transformierten Zeit-Richtsignals 40 in der Zeitdomäne, also genau auf das Zeit-Richtsignal 38 erzielt werden können.

[0052] Durch die so beschriebene Anwendung des Zeit-Filters 44 kann auch in diesem Ausführungsbeispiel die Latenz des Ausgangssignals 30 gegenüber den beiden Eingangssignalen 8, 10 und somit gegenüber dem Umgebungsschall 7 im Vergleich zum Ausführungsbeispiel nach Figur 1 sehr gering gehalten werden.

[0053] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0054]

1	Hörinstrument
2	Mikrofonanordnung
4	erstes Mikrofon
6	zweites Mikrofon
7	Umgebungsschall
8	erstes Eingangssignal
10	zweites Eingangssignal
12	erste Filterbank
14	transformiertes erstes Eingangssignal
16	transformiertes zweites Eingangssignal
18	Richtmikrofonie-Modul
20	erstes Frequenzraum-Richtsignal
22	Rauschunterdrückung
24	Verstärkungsmodul
26	zweites Frequenzraum-Richtsignal
28	Synthese-Filterbank
30	Ausgangssignal
32	Lautsprecher
34	Ausgangsschallsignal
35	Steuereinheit
36	Zeitdomänen-Richtmikrofonie-Modul
38	Zeit-Richtsignal
40	transformiertes Zeit-Richtsignal
42	Abbildung
44	Zeit-Filter
45	spektrale Division
46	Referenzsignal
48	transformiertes Referenzsignal
50	zweites Frequenzraum-Richtsignal
52	zweite Filterbank
g1j	erste Verstärkungsfaktoren
g2j	zweite Verstärkungsfaktoren
gj	frequenzbandweise Verstärkungsfaktoren

Patentansprüche

1. Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung von Signalen einer Mikrofonanordnung (2), welche wenigstens ein erstes Mikrofon (4) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (8) aus einem Umgebungs-

schall (7) und ein zweites Mikrofon (6) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (10) aus dem Umgebungsschall (7) umfasst,

wobei anhand des ersten Eingangssignals (8) 5
ein Referenzsignal (46) gebildet wird,
wobei das Referenzsignal (46) in die Frequenz-
domäne transformiert wird, und hierdurch ein
Frequenzraum-Referenzsignal (48) erzeugt 10
wird,
wobei das erste Eingangssignal (8) und das
zweite Eingangssignal (10) jeweils in die Fre-
quenzdomäne transformiert werden, und an-
hand des so transformierten ersten Eingangssi-
gnals (14) und des so transformierten zweiten 15
Eingangssignals (16) in der Frequenzdomäne
ein erstes Frequenzraum-Richtsignal (20) gebil-
det wird,
wobei anhand eines frequenz aufgelösten Ver-
gleiches des Frequenzraum-Referenzsignals 20
(48) mit dem ersten Frequenzraum-Richtsignal
(20) oder einem vom ersten Frequenzraum-
Richtsignal (20) in der Frequenzdomäne abge-
leiteten Signal frequenzabhängige erste Ver-
stärkungsfaktoren (g1j) erzeugt werden, wobei 25
anhand der ersten Verstärkungsfaktoren (g1j)
ein Zeit-Filter (44) in der Zeitdomäne erzeugt
wird, und
wobei das Referenzsignal (46) mittels des Zeit-
Filters (44) gefiltert wird, und anhand des mittels 30
des Zeit-Filters (44) gefilterten Referenzsignals
(46) ein Ausgangssignal (30) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei der frequenz aufgelöste Vergleich des Fre- 35
quenzraum-Referenzsignals (48) mit dem ersten
Frequenzraum-Richtsignal (20) oder dem vom ers-
ten Frequenzraum-Richtsignal (20) in der Frequenz-
domäne abgeleiteten Signal anhand einer spektra-
len Division (45) erfolgt, anhand derer jeweils die 40
frequenzabhängigen ersten Verstärkungsfaktoren
(g2j) erzeugt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,
wobei als ein vom ersten Frequenzraum-Richtsignal 45
(20) in der Frequenzdomäne abgeleitetes Signal für
den frequenz aufgelösten Vergleich mit dem Fre-
quenzraum-Referenzsignal (48) ein zweites Fre-
quenzraum-Richtsignal (50) erzeugt wird, welches
anhand durch eine Anwendung von frequenzabhän- 50
gigen zweiten Verstärkungsfaktoren (g2j) auf das
erste Frequenzraum-Richtsignal (20) erzeugt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
wobei das Zeit-Filter (44) anhand einer Abbildung 55
(42) der frequenzabhängigen ersten Verstärkungs-
faktoren (g1j) in die Zeitdomäne gebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,

wobei frequenzabhängige zweite Verstärkungs-
faktoren (g2j) für das erste Frequenzraum-
Richtsignal (20) ermittelt werden, und
wobei das Zeit-Filter (44) gebildet wird anhand
einer gemeinsamen Abbildung (42) der ersten
Verstärkungsfaktoren (g1j) und der zweiten Ver-
stärkungsfaktoren (g2j) in die Zeitdomäne.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
wobei die frequenzabhängigen zweiten Verstär-
kungsfaktoren (g2j) für das erste Frequenzraum-
Richtsignal (20) anhand einer Rauschunterdrü-
ckung (22) und/oder einer Dynamik-Kompression
und/oder einer zu korrigierenden Hörschwäche ei-
nes Empfängers des Ausgangssignals (30) ermittelt
werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder
Anspruch 6,
wobei das Referenzsignal (46) nur aus Signalantei-
len des ersten Eingangssignals (8) gebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 5 oder 6,
wobei das Referenzsignal (46) anhand des ersten
Eingangssignals (8) und des zweiten Eingangssi-
gnals (10) mittels Richtmikrofonie in der Zeitdomäne
gebildet wird als ein Zeit-Richtsignal (38).

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che,

wobei die Mikrofonanordnung (2) zur Durchfüh-
rung des Verfahrens weiter ein drittes Mikrofon
zur Erzeugung eines dritten Eingangssignals
aus dem Umgebungsschall (7) umfasst,
wobei das dritte Eingangssignal in die Fre-
quenzdomäne transformiert wird, und das erste
Frequenzraum-Richtsignal (20) auch anhand
des so transformierten dritten Eingangssignals
in der Frequenzdomäne gebildet wird.

10. Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung in ei-
nem Hörinstrument (1),

wobei das Hörinstrument (2) eine Mikrofonan-
ordnung (2) mit wenigstens einem ersten Mikro-
fon (4) zur Erzeugung eines ersten Eingangssi-
gnals (8) aus einem Umgebungsschall (7) und
ein zweites Mikrofon (6) zur Erzeugung eines
zweiten Eingangssignals (10) aus dem Umge-
bungsschall (7) sowie weiter eine Steuereinheit
(35) umfasst, und
wobei anhand des ersten Eingangssignals (8)
und des zweiten Eingangssignals (10) gemäß
dem Verfahren nach einem der vorhergehenden
Ansprüche ein zur Wiedergabe vorgesehenes

Ausgangssignal (30) des Hörinstruments (1) erzeugt wird.

11. Hörinstrument (1) mit

5

- einer Mikrofonanordnung (2), welche wenigstens ein erstes Mikrofon (4) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (8) aus einem Umgebungsschall (7) und ein zweites Mikrofon (6) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (10) aus dem Umgebungsschall (7) umfasst, und
- einer Steuereinheit (35),

10

wobei die Steuereinheit (35) dazu eingerichtet ist, anhand des ersten und des zweiten Eingangssignals (8, 10) das Verfahren nach Anspruch 10 durchzuführen.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

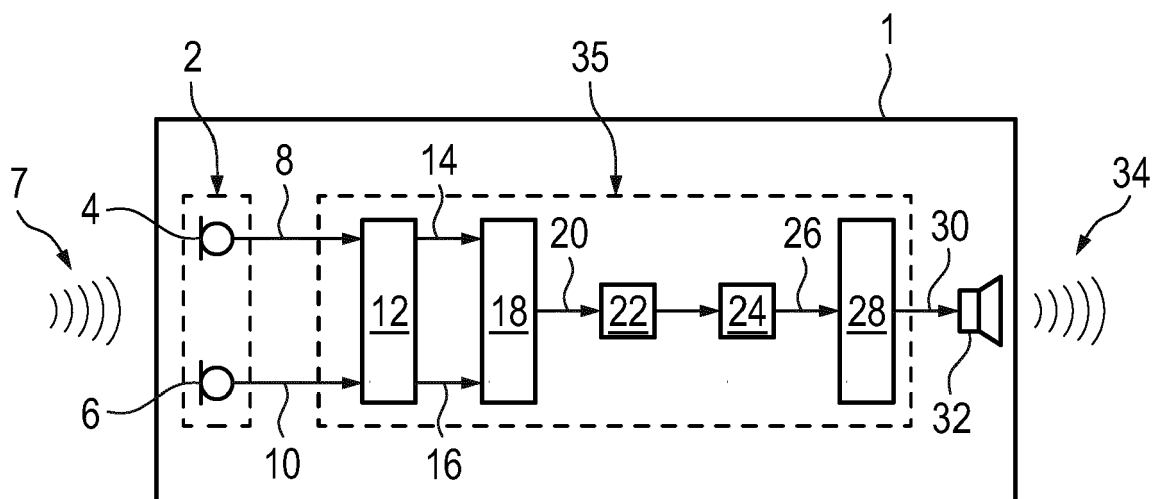


Fig. 1

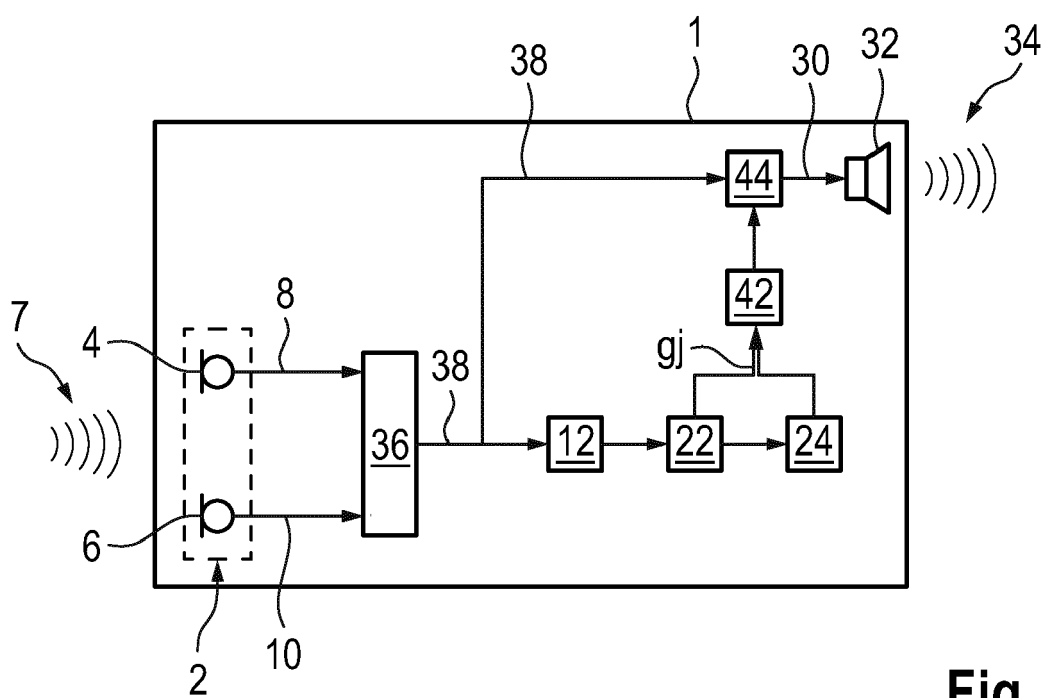


Fig. 2

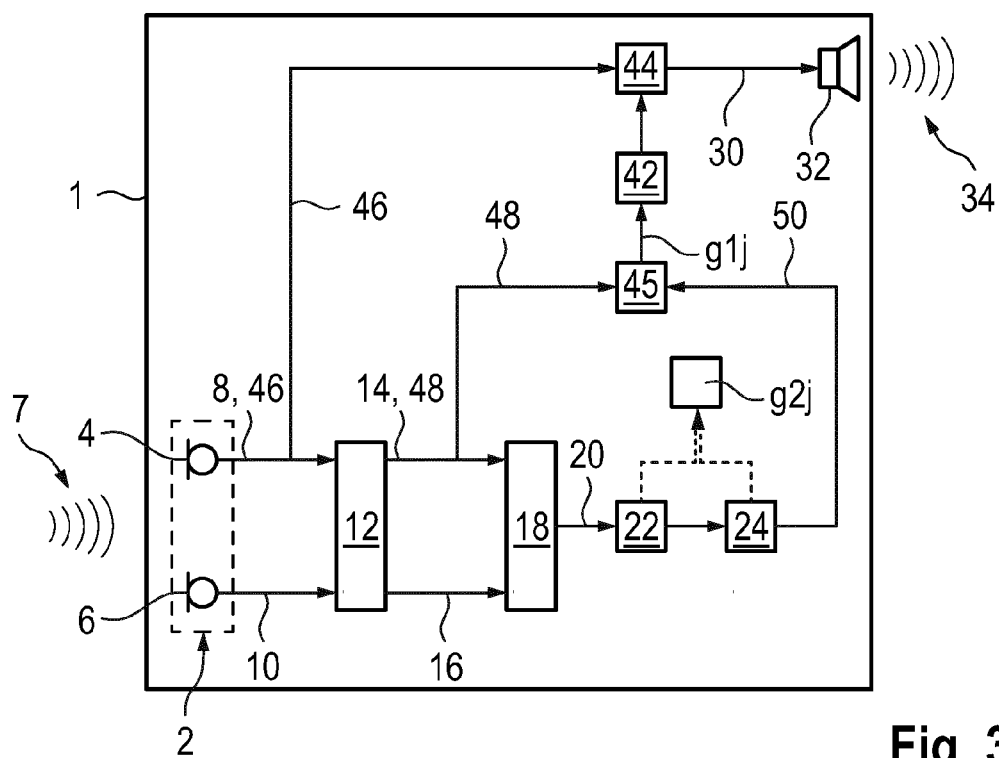


Fig. 3

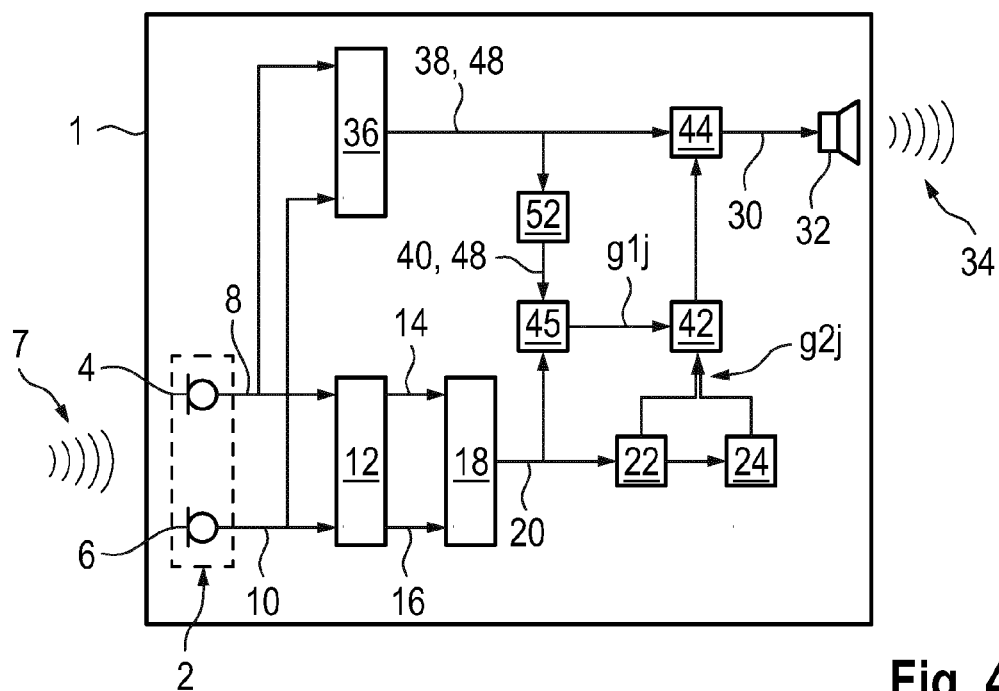


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 17 8700

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2021/110924 A1 (WIDEX AS [DK]) 10. Juni 2021 (2021-06-10) * Seite 1, Zeilen 2-3; Abbildung 1 * * Seite 7, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 10 * -----	1-11	INV. H04R25/00
A	DE 10 2014 204557 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 17. September 2015 (2015-09-17) * das ganze Dokument * -----	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Oktober 2022	Prüfer Kunze, Holger
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 17 8700

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-10-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	WO 2021110924 A1	10-06-2021	EP 4070570 A1	12-10-2022
			WO 2021110924 A1	10-06-2021
15	DE 102014204557 A1	17-09-2015	AU 2015201124 A1	01-10-2015
			DE 102014204557 A1	17-09-2015
			DK 2919485 T3	30-07-2018
			EP 2919485 A1	16-09-2015
			JP 6198765 B2	20-09-2017
20			JP 2015177546 A	05-10-2015
			US 2015264478 A1	17-09-2015
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82