

(11) **EP 3 772 861 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

10.02.2021 Patentblatt 2021/06

(51) Int Cl.:

H04R 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 20185489.0

(22) Anmeldetag: 13.07.2020

(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

(30) Priorität: 08.08.2019 DE 102019211943

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

(72) Erfinder:

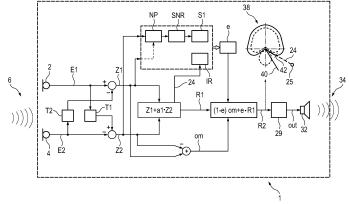
- FISCHER, Eghart 91126 Schwabach (DE)
- KAMKAR-PARSI, Homayoun 91058 Erlangen (DE)
- HAIN, Jens 91077 Kleinsendelbach (DE)
- (74) Vertreter: FDST Patentanwälte Nordostpark 16

90411 Nürnberg (DE)

(54) VERFAHREN ZUR DIREKTIONALEN SIGNALVERARBEITUNG FÜR EIN HÖRGERÄT

(57)Die Erfindung nennt ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörgerät (1), wobei durch einen ersten Eingangswandler (2) des Hörgerätes (1) aus einem Schallsignal (6) der Umgebung ein erstes Eingangssignal (E1) erzeugt wird, wobei durch einen zweiten Eingangswandler (4) des Hörgerätes (1) aus dem Schallsignal (6) der Umgebung ein zweites Eingangssignal (E2) erzeugt wird, wobei jeweils aus dem ersten Eingangssignal (E1) und dem zweiten Eingangssignal (E2) ein Vorwärtssignal (Z1) und ein Rückwärtssignal (Z2) erzeugt werden, wobei ein erster Richtparameter (a1) als ein Linearfaktor einer Linearkombination des Vorwärtssignals (Z1) und des Rückwärtssignals (Z2) derart bestimmt wird, dass ein aus dieser Linearkombination resultierendes erstes Richtsignal (R1) in einer ersten Richtung (24) eine maximale Abschwächung aufweist, wobei ein Korrekturparameter (e) derart ermittelt wird, dass ein zweites Richtsignal (R2) als eine aus dem ersten Richtsignal (R1) und einem omnidirektionalen Signal (om) mit dem Korrekturparameter (e) gebildete Linearkombination in der ersten Richtung (24) eine definierte relative Abschwächung aufweist, wobei das zweite Richtsignal (R2) aus dem Vorwärtssignal (Z1) und dem Rückwärtssignal (Z2) anhand des ersten Richtparameters und des Korrekturparameters (e) oder aus dem ersten Richtsignal (R1) und dem omnidirektionalen Signal (om) anhand des Korrekturparameters (e) erzeugt wird, und wobei anhand des zweiten Richtsignals (R2) ein Ausgangssignal (out) des Hörgerätes (1) erzeugt wird.





EP 3 772 861 A

Beschreibung

10

20

30

35

45

50

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörgerät, wobei durch einen ersten Eingangswandler des Hörgerätes aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei durch einen zweiten Eingangswandler des Hörgerätes aus dem Schallsignal der Umgebung ein zweites Eingangssignal erzeugt wird, wobei anhand des ersten Eingangssignals und anhand des zweiten Eingangssignals ein erstes Richtsignal erzeugt wird, welches in einer ersten Richtung eine maximale Abschwächung aufweist, und wobei anhand des ersten Richtsignals ein Ausgangssignal des Hörgerätes erzeugt wird.

[0002] In einem Hörgerät wird ein Umgebungsschall mittels wenigstens eines Eingangswandlers in wenigstens ein Eingangssignal umgewandelt, welches in Abhängigkeit einer zu korrigierenden Hörschwäche des Trägers frequenzbandspezifisch und hierbei insbesondere individuell auf den Träger abgestimmt verarbeitet und dabei auch verstärkt wird. Das verarbeitete Signal wird über einen Ausgangswandler des Hörgerätes in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt, welches zum Gehör des Trägers geleitet wird.

[0003] Eine vorteilhafte Weiterbildung stellen hierbei Hörgeräte mit zwei oder mehr Eingangswandlern dar, in welchen aus dem Umgebungsschall zwei oder mehr entsprechende Eingangssignale für eine Weiterverarbeitung erzeugt werden. Diese Weiterverarbeitung der Eingangssignale umfasst dabei im Allgemeinen eine direktionale Signalverarbeitung, d.h. die Bildung von Richtsignalen aus den Eingangssignalen, wobei die unterschiedliche Richtwirkung meist dazu verwendet wird, eine Nutzsignalquelle - meist einen Sprecher in der Umgebung des Hörgeräteträges - hervorzuheben, und/oder Störgeräusche zu unterdrücken.

[0004] Eine besondere Bedeutung kommt dabei der sog. adaptiven Richtmikrofonie zu, in welcher ein Richtsignal derart erzeugt wird, dass es in Richtung einer angenommenen, lokalisierbaren Störsignalquelle eine maximale Abschwächung aufweist. Die hierfür verwendete Annahme ist meist, dass aus dem Bereich hinter dem Träger des Hörgerätes, also in seinem hinteren Halbraum, auftretende Geräusche grundsätzlich als Störgeräusche zu behandeln sind. Basierend auf dieser Annahme minimieren konventionelle Richtmikrofonie-Algorithmen üblicherweise die Signalenergie aus dem hinteren Halbraum, um das Richtsignal mit den gewünschten Abschwächungseigenschaften zu erzeugen. In der Richtung der maximalen Abschwächung weist das Richtsignal insbesondere einen sog. "Notch" auf, d.h. eine totale ("unendliche") Abschwächung. Der Schall der lokalisierten Störgeräuschquelle wird somit im Idealfall vollständig aus dem Richtsignal ausgeblendet.

[0005] In manchen Fällen ist jedoch die Annahme, dass ein aus dem hinteren Halbraum auftreffendes Geräusch ausschließlich als Störgeräusch zu sehen ist, nicht zutreffend, z.B., wenn der sitzende Träger des Hörgerätes von der Seite oder von hinten durch eine andere Person angesprochen wird. Auch bestimmte Alltagsgeräusche wie z.B. ein Martinshorn eines Rettungsfahrzeuges müssen infolge ihrer Warnwirkung für den Hörgeräteträger auch dann wahrnehmbar sein, wenn sie aus dem für ihn hinteren Halbraum kommen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein Hörgerät ein Verfahren zur Signalverarbeitung anzugeben, mittels dessen bei einer Anwendung von Richtmikrofonie keine vollständige Auslöschung von potentiell relevanten Schallsignalen aus nicht-frontaler Richtung und insbesondere aus dem hinteren Halbraum erfolgt.

[0007] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörgerät, wobei durch einen ersten Eingangswandler des Hörgerätes aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei durch einen zweiten Eingangswandler des Hörgerätes aus dem Schallsignal der Umgebung ein zweites Eingangssignal erzeugt wird, wobei jeweils aus dem ersten Eingangssignal und dem zweiten Eingangssignal ein Vorwärtssignal und ein Rückwärtssignal erzeugt werden, und wobei ein erster Richtparameter als ein Linearfaktor einer Linearkombination des Vorwärtssignals und des Rückwärtssignals derart bestimmt wird, dass ein aus dieser Linearkombination resultierendes erstes Richtsignal in einer ersten Richtung eine maximale Abschwächung aufweist. Hierbei ist vorgesehen, dass ein Korrekturparameter derart ermittelt wird, dass ein zweites Richtsignal als eine aus dem ersten Richtsignal und einem omnidirektionalen Signal mit dem Korrekturparameter als Linearfaktor gebildete Linearkombination in der ersten Richtung eine definierte Abschwächung aufweist, wobei das zweite Richtsignal aus dem Vorwärtssignal und dem Rückwärtssignal anhand des ersten Richtparameters und des Korrekturparameters oder aus dem ersten Richtsignals ein Ausgangssignal des Hörgerätes erzeugt wird, welches bevorzugt durch einen Ausgangswandler des Hörgerätes in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] Unter einem Eingangswandler ist hierbei insbesondere ein elektroakustischer Wandler umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, aus einem Schallsignal ein entsprechendes elektrisches Signal zu erzeugen. Vorzugsweise erfolgt bei der Erzeugung des ersten bzw. zweiten Eingangssignals durch den jeweiligen Eingangswandler auch eine Vorverarbeitung, z.B. in Form einer linearen Vorverstärkung und/oder einer A/D-Konvertierung.

[0009] Die Erzeugung des Vorwärtssignals bzw. des Rückwärtssignals aus dem ersten und dem zweiten Eingangssignal umfasst bevorzugt, dass die Signalanteile des ersten und des zweiten Eingangssignals in das Vorwärtssignal bzw. in das Rückwärtssignal eingehen, und somit insbesondere das erste und das zweite Eingangssignal nicht beide

gleichzeitig lediglich für eine Erzeugung von Steuerparametern o.ä. verwendet werden, welche auf Signalanteile anderer Signale angewandt werden. Bevorzugt gehen dabei wenigstens die Signalanteile des ersten Eingangssignals, und besonders bevorzugt auch die Signalanteile des zweiten Eingangssignals, linear in das Vorwärtssignal bzw. in das Rückwärtssignal ein. Vergleichbares gilt für eine Erzeugung des zweiten Richtsignals anhand des Vorwärtssignals und des Rückwärtssignals, sowie ggf. für weitere Signale und deren entsprechende Erzeugung.

[0010] Die Erzeugung eines Signals, wie z.B. des zweiten Richtsignals, kann hierbei auch derart aus den erzeugenden Signalen, wie z.B. dem Vorwärtssignal und dem Rückwärtssignal erfolgen, dass aus den besagten erzeugenden Signalen im Rahmen der Signalverarbeitung zunächst eines oder mehrere Zwischensignale gebildet werden, aus welchen dann das erzeugte Signal (also z.B. das zweite Richtsignal) gebildet wird. Die Signalanteile der erzeugenden Signale, im vorliegenden Beispiel also des Vorwärts- und des Rückwärtssignals, gehen dann zunächst in das jeweilige Zwischensignal ein, und die Signalanteile des jeweiligen Zwischensignals gehen anschließend in das erzeugte Signal, also vorliegend in das zweite Richtsignal ein, sodass die Signalanteile der erzeugenden Signale (also z.B. des Vorwärts- und des Rückwärtssignals) über das jeweilige Zwischensignal zum erzeugten Signal (also z.B. dem zweiten Richtsignal) "durchgereicht werden", und dabei ggf. frequenzbandweise verstärkt werden, teilweise gegeneinander verzöger werden oder unterschiedlich zueinander gewichtet werden etc.

10

30

35

50

[0011] Unter einem Vorwärtssignal ist hierbei insbesondere ein Richtsignal mit einer nicht-trivialen Richtcharakteristik umfasst, welches in einem vorderen Halbraum des Hörgerätes im Mittel eine höhere Empfindlichkeit gegenüber einem normierten Testschall vorgegebenen Pegels aufweist, als in einem hinteren Halbraum. Bevorzugt liegt dabei die Richtung maximaler Empfindlichkeit des Vorwärtssignals ebenfalls im vorderen Halbraum, insbesondere in Vorwärtsrichtung (also bei 0° bezüglich einer Vorzugsrichtung des Hörgerätes), während eine Richtung minimaler Empfindlichkeit des Vorwärtssignals im hinteren Halbraum, insbesondere in Rückwärtsrichtung liegt (also bei 180° bezüglich einer Vorzugsrichtung des Hörgerätes). Vorzugsweise gilt für das Rückwärtssignal Entsprechendes, unter Vertauschung des vorderen und des hinteren Halbraumes bzw. der Vorwärts- und der Rückwärtsrichtung. Der vordere und der hintere Halbraum sowie die Vorwärts- und die Rückwärtsrichtung des Hörgerätes werden dabei bevorzugt durch eine Vorzugsrichtung des Hörgerätes definiert, welche bei einem bestimmungsgemäßen Tragen des Hörgerätes durch den Träger vorzugsweise mit dessen Frontalrichtung zusammenfällt. Abweichungen hiervon wegen eines ungenauen Justierens beim Tragen sollen dabei unberührt bleiben.

[0012] Insbesondere sind das Vorwärts- und das Rückwärtssignal zueinander symmetrisch bzgl. einer Symmetrieebene senkrecht zu besagter Vorzugsrichtung. Das Richtcharakteristik des Vorwärtssignals ist beispielswese in einer vorteilhafte Ausgestaltung durch ein Kardioid gegeben, während in dieser Ausgestaltung die Richtcharakteristik des Rückwärtssignals durch ein Anti-Kardioid gegeben ist.

[0013] Zur Bestimmung des ersten Richtparameters ist es hierbei nicht zwingend erforderlich, dass das erste Richtsignal tatsächlich für eine weitere Signalverarbeitung seiner Signalanteile erzeugt wird. Vielmehr kann, beispielsweise mittels einer Minimierung der Signalenergie der Linearkombination Z1 + a1 · Z2 (mit Z1 als Vorwärtssignal und Z2 als Rückwärtssignal) oder durch sonstige Methoden der Optimierung oder der adaptiven Richtmikrofonie, der erste Richtparameter a1 ermittelt werden, ohne dass das aus der Linearkombination resultierende Signal, welches dem ersten Richtsignal entspricht, im Verlauf des weiteren Verfahrens eine Weiterverwendung erfahren würde. In diesem Fall wird das zweite Richtsignal direkt aus dem Vorwärtssignal und dem Rückwärtssignal erzeugt. Der erste Richtparameter wird dabei durch die besagte Minimierung der Signalenergie oder durch sonstige Methoden der Optimierung derart eingestellt, dass das resultierende erste Richtsignal, selbst wenn es keine weitere Verwendung erfährt, in der ersten Richtung wie gefordert die maximale Abschwächung aufweist, insbesondere wenn diese durch die Richtung einer dominierenden Schallquelle gegeben ist.

[0014] Unter einer maximalen Abschwächung des ersten Richtsignals ist dabei insbesondere zu verstehen, dass die betreffende Richtcharakteristik in der jeweiligen Richtung eine Empfindlichkeit aufweist, welche ein lokales, bevorzugt ein globales Minimum aufweist. Mit anderen Worten weist somit das erste Richtsignal eine nicht-triviale Richtcharakteristik und somit eine über den Raum hinweg variable Empfindlichkeit gegenüber einem normierten Testschall vorgegebenen Pegels auf. Bevorzugt weist das erste Richtsignal dabei in der ersten Richtung einen "Notch" mit einer totalen oder quasi-totalen Abschwächung, also um mindestens 15 dB, bevorzugt um mindestens 20 dB auf. Bevorzugt weist jedoch das omnidirektionale Signal im Gegensatz dazu eine winkelunabhängige Empfindlichkeit gegenüber einem normierten Testschall auf.

[0015] Ebenso ist es zum Ermitteln des Korrekturparameters nicht zwingend erforderlich, dass das zweite Richtsignal tatsächlich als eine Linearkombination, insbesondere eine konvexe Überlagerung aus dem ersten Richtsignal und dem omnidirektionalen Signal mit dem Korrekturparameter als Linearfaktor bzw. Konvexitätsparameter gebildet wird. Vielmehr wird der Korrekturparameter derart gewählt, dass ein wie gefordert erzeugtes zweites Richtsignal in der ersten Richtung die geforderte definierte relative Abschwächung aufweist.

[0016] Die tatsächliche Erzeugung des zweiten Richtsignals, dessen Signalanteile in das Ausgangssignal eingehen, erfolgt dabei insbesondere durch die beschriebene Linearkombination bzw. konvexe Überlagerung des omnidirektionalen Signals mit dem ersten Richtsignal anhand des Korrekturparameters, oder alternativ dazu durch eine Linearkombi-

nation des Vorwärtssignals und der Rückwärtssignals.

5

10

15

30

35

40

45

50

55

[0017] Eine konvexe Überlagerung für das zweite Richtsignal R2 ist hierbei insbesondere zu verstehen als eine Überlagerung der Form

(i)
$$R2 = (1 - e) \cdot om + e \cdot R1$$
,

mit dem Korrekturparameter e als Konvexitätsparameter, om als omnidirektinoalem Signal und dem ersten Richtsignal R1. Die Abhängigkeit des zweiten Richtsignals vom ersten Richtparameter erfolgt in diesem Fall implizit über das erste Richtsignal.

[0018] Die alternative Erzeugung des zweiten Richtsignals R2 aus dem Vorwärtssignal Z1 und dem Rückwärtssignal Z2 anhand des Korrekturparameters e und des ersten Richtparameters weist hierbei insbesondere die Form

auf, wobei a2 ein zweiter Richtparameter ist, welcher vom ersten Richtparameter a1 und vom Korrekturparameter e abhängt.

[0019] Bei einer geeigneten Wahl des Vorwärtssignals Z1 und des Rückwärtssignals Z2, beispielsweise als Kardioid-und Anti-Kardioid-Signal, lassen sich auch das omnidirektionale Signal om und das erste Richtsignal R1 aus Gleichung (i) anhand des Vorwärts- und des Rückwärtssignals darstellen (for das omnidirektionale Signal om) bzw. mittels adaptiver Richtmikrofonie erzeugen (für das erste Richtsignal R1 = Z1 + a1 · Z2). In diesem Fall existieren für die Erzeugung des zweiten Richtsignals R2 zwei zueinander äquivalente Möglichkeiten bzw. Darstellungen, welche durch Gleichung (i) und Gleichung (ii) gegeben sind.

[0020] Unter der definierten relativen Abschwächung, welche das zweite Richtsignal in der ersten Richtung aufweist (das erste Richtsignal weist in dieser Richtung genau die maximale Abschwächung auf), ist hierbei insbesondere zu verstehen, dass das zweite Richtsignal in der ersten Richtung eine Empfindlichkeit aufweist, welche um einen insbesondere durch den Korrekturparameter festgelegten Faktor geringer ist, als die maximale Empfindlichkeit. Die definierte relative Abschwächung bedeutet also insbesondere eine Abschwächung um einen Faktor oder in dB, welche bei Kenntnis des Korrekturparameters bevorzugt unmittelbar angegeben werden kann.

[0021] Liegt beispielsweise die erste Richtung im hinteren Halbraum bei 120° (Null Grad in Frontalrichtung), und wird das zweite Richtsignal zu gleichen Teilen aus dem omnidirektionalen Signal und dem ersten Richtsignal gemischt, so ist hierdurch auch der Wert der relativen Abschwächung des zweiten Richtsignals bei 120° - also der ersten Richtung - gegenüber einer maximalen Empfindlichkeit der Signale festgelegt.

[0022] Im Fall, dass z.B. das zweite Richtsignal gemäß Gleichung (i) aus dem omnidirektionalen Signal und dem ersten Richtsignal erzeugt wird, oder zu einer tatsächlichen Erzeugung, welche nach Gleichung (ii) aus dem Vorwärtsund dem Rückwärtssignal erfolgt, wenigstens eine dazu äquivalente Darstellung gemäß Gleichung (i) existiert, gibt der Korrekturparameter e unmittelbar den rechnerischen Anteil des ersten Richtsignals am zweiten Richtsignal an. Da dessen Abschwächung in der ersten Richtung im Idealfall total, also unendlich ist, wird die Empfindlichkeit des zweiten Richtsignals in der ersten Richtung im Idealfall vollständig durch en Anteil (1 - e) des omnidirektionalen Signals om festgelegt. Möchte man beispielsweise eine Unterdrückung in der ersten Richtung um lediglich 6 dB, so wird man infolge der vollständigen Unterdrückung in der ersten Richtung durch das erste Richtsignal in einem nach Gleichung (i) gebildeten (oder einem hierzu äquivalenten) zweiten Richtsignal den Anteil des omnidirektionalen Signals zu 50%, also e = 0.5 wählen. Ist die Abschwächung des ersten Richtsignal in der ersten Richtung endlich, also z.B. 15 dB oder 20 dB, lässt sich bei Kenntnis des Wertes der Abschwächung in der ersten Richtung eine entsprechende Anpassung der Berechnung vornehmen.

[0023] Die Ermittlung des Korrekturparameters erfolgt dabei insbesondere in Abhängigkeit von akustischen Kenngrößen, welche anhand der beiden Eingangssignale oder anhand von aus den Eingangssignalen abgeleiteten Signalen, wie z.B. dem Vorwärts- und dem Rückwärtssignal, und allgemein anhand von einem das Schallsignal der Umgebung charakterisierenden Signals überwacht werden können, und welche eine insbesondere auch quantifizierbare Aussagekraft über den Störgeräusch-Charakter eines nicht-frontalen Schallsignals aufweisen, also insbesondere auch für ein Schallsignal aus dem hinteren Halbraum.

[0024] Eine derartige Aussagekraft kann beispielsweise gegeben sein durch einen Grundrauschpegel, durch ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR), oder durch eine Stationarität des zu untersuchenden Geräusches, wobei bei eine Untersuchung einer Stationarität bevorzugt auch mit einer Untersuchung nach dem Halbraumes einhergeht, in welchem eine dominierende, nicht-frontalen Schallquelle liegt.

[0025] Wird das erste Richtsignal nun mittels adaptiver Richtmikrofonie aus dem Vorwärtssignal und dem Rückwärts-

signal so gebildet, dass die erste Richtung - also die Richtung maximaler Abschwächung des ersten Richtsignals - in Richtung einer dominanten, lokalisierten Schallquelle im hinteren Halbraum liegt, so kann durch das Verfahren eine Mischung mit dem omnidirektionalen Signal derart erfolgen, dass hierdurch das resultierende zweite Richtsignal in der ersten Richtung um einen definierten Faktor abgeschwächt wird, und somit der Schall der Schallquelle nicht mehr maximal oder vollständig unterdrückt wird, sondern für den Träger des Hörgerätes hörbar bleibt.

[0026] Wird beispielsweise anhand des Rückwärtssignals festgestellt, dass dort ein in erheblichem Maß nicht-stationäres Signal vorliegt, welches überdies einen nennenswerten Schallpegel aufweist, und deutlich über dem ermittelten Grundrauschen ("noise floor") liegt, also zudem ein hohes SNR vorliegt, so kann dies als ein Indiz dafür gewertet werden, dass die dominante Schallquelle durch einen Sprecher gegeben ist. In diesem Fall kann die Mischung des omnidirektionalen Signals mit dem ersten Richtsignal derart ausgestaltet werden, dass ein besonders hoher Anteil an ersterem in das zweite Richtsignal eingeht, um die Signalbeiträge dieses hinter dem Träger sprechenden Sprechers nicht durch das erste Richtsignal zu unterdrücken. Dies gilt insbesondere, wenn das erste Richtsignal für eine dynamische bzw. adaptive Anpassung der ersten Richtung an die Richtung einer solchen dominanten Schallquelle ausgelegt ist.

[0027] Ist andererseits das SNR eher gering, so kann es jedoch dennoch von Vorteil sein, keinen zu hohen Anteil eines derartigen Signals in das zweite Richtsignal eingehen zu lassen, da dies sonst das SNR des zweiten Richtsignals in unerwünschter Weise verschlechtern könnte. Liegt hingegen im hinteren Halbraum ein erheblich stationäres Signal mit einem hohen SNR und einem vergleichsweise hohen Pegel vor, so kann etwa davon ausgegangen werden, dass es sich um ein lokalisiertes Störgeräusch handelt. Entsprechend kann auch hier der Anteil des omnidirektionalen Signals am zweiten Richtsignal zugunsten einer besseren Unterdrückung des Störgeräusches, wie sie im ersten Richtsignal erfolgt, reduziert werden.

[0028] Im Grenzfall kann hierbei das zweite Richtsignal auch gänzlich ohne eine zusätzliche Beigabe von Signalanteilen des ersten Richtsignals erzeugt werden, um eine Auslöschung einer stark gerichteten Schallquelle im hinteren Halbraum zu verhindern. Umgekehrt kann das zweite Richtsignal auch vollständig aus dem ersten Richtsignal hervorgehen, also gänzlich ohne eine zusätzliche Beigabe von Signalanteilen des omnidirektionalen Signals, wenn entschieden wird, ein gerichtetes Schallsignal aus dem hinteren Halbraum möglichst zu unterdrücken. Diese Grenzfälle werden insbesondere gebildet durch die Endpunkte des Wertebereiches des Korrekturparameters. Mit anderen Worten kann also das zweite Richtsignal insbesondere durch eine Mischung des omnidirektionalen Signals mit dem ersten Richtsignal repräsentiert werden (auch wenn die konkrete signaltechnische Erzeugung ggf. auf eine andere, jedoch äquivalente Weise ablaufen mag), wobei die Mischung auch die Grenzfälle umfasst, dass die Signalanteile eines der beiden erzeugenden Signale völlig ausgeblendet werden.

[0029] Günstigerweise wird das zweite Richtsignal durch eine Linearkombination des Vorwärtssignals und des Rückwärtssignals mit einem zweiten Richtparameter als Linearfaktor erzeugt wird, wobei der zweite Richtparameter durch einen vorgegebenen funktionalen Zusammenhang aus dem ersten Richtparameter und dem Korrekturparameter derart ermittelt wird, dass das zweite Richtsignal in der ersten Richtung die definierte relative Abschwächung aufweist. Wird beispielsweise das erste Richtsignal R1 aus dem Vorwärtssignal und dem Rückwärtssignal Z1 bzw. Z2 durch eine adaptive Richtmikrofonie ermittelt, also in der Form

(iii)
$$R1 = Z1 + a1 \cdot Z2$$

mit a1 als erstem Richtparameter, so kann das zweite Richtsignal R2 erzeugt werden als

R2 = Z1 + a2 · Z2 mit a2 =
$$f(a1, e)$$

als zweitem Richtparameter (vgl. Gleichung ii).

10

30

35

40

50

55

[0030] Bevorzugt werden hierbei das Vorwärtssignal Z1 und das Rückwärtssignal Z2 symmetrisch zu einer Vorzugsebene des Hörgerätes (insbesondere der Frontalebene des Trägers) erzeugt, wobei durch diese Signale besonders bevorzugt auch das omnidirektionale Signal om reproduzierbar ist, z.B. als om = Z1 - Z2. Insbesondere ist hierbei Z1 gegeben durch ein Kardioid, und Z2 durch ein Anti-Kardioid. Durch diese Art, das zweite Richtsignal zu erzeugen, kann die Erzeugung auf der Ebene des Vorwärts- und des Rückwärtssignals ablaufen, während das erste Richtsignal R1 lediglich für die Bestimmung des ersten Richtparameters a1 (von welchem der zweite Richtparameter a2 des zweiten Richtsignals funktional als a2 = f(a1, e) mit einer definierten Funktion f abhängt) benötigt wird.

[0031] Zweckmäßigerweise geht dabei der zweite Richtparameter aus dem ersten Richtparameter durch eine Skalierung um den Korrekturparameter und durch einen vorgegebenen Offset hervor. Dies bedeutet, dass

(iv)
$$a2 = f(a1, e) = e \cdot a1 + d$$
,

mit e < 1 als Korrekturparameter, wobei die Werte für den Korrekturparameter e und den Offset d beispielswese als tabellierte Werte im Hörgerät hinterlegt sein können, um in Abhängigkeit vom der ersten Richtung dort durch eine gewünschte relative Abschwächung durch eine entsprechende Parameterwahl für e und d erreichen zu können. Durch die dargestellte funktionale Abhängigkeit des zweiten Richtparameters vom ersten Richtparameter lässt sich eine relative und dabei in definiertem Ausmaß begrenzte Abschwächung in der ersten Richtung besonders einfach erreichen. Vorzugsweise ist hierbei für den Fall, dass das Vorwärts- und das Rückwärtssignal durch ein Kardioid- bzw. Anti-Kardioid-Signal gegeben sind, der Offset d zu e - 1 gewählt.

[0032] Als vorteilhaft erweist es sich auch, wenn das zweite Richtsignal durch eine konvexe Überlagerung des ersten Richtsignals und des omnidirektionalen Signals mit dem Korrekturparameter als Konvexitätsparameter erzeugt wird. Das zweite Richtsignal R2 lautet dann in Abhängigkeit vom omnidirektionalen Signal om und vom ersten Richtsignal R1:

$$R2 = (1 - e)$$
 om + e R1 (vgl. Gleichung i),

mit dem Korrekturparameter e als Konvexitätsparameter. Dieser wird bevorzugt in Abhängigkeit eines Grundrauschpegels und/oder eines SNR und/oder einer Stationarität des Schallsignals der Umgebung ermittelt.

[0033] Bevorzugt werden hierbei das Vorwärtssignal und das Rückwärtssignal symmetrisch zu einer Vorzugsebene des Hörgerätes (insbesondere der Frontalebene des Trägers) erzeugt, durch welche besonders bevorzugt auch das omnidirektionale Signal om reproduzierbar ist, z.B. als om = Z1 - Z2. In diesem Fall ist in der obigen Gleichung (i) eine Darstellung des omnidirektionalen Signals om und der ersten Richtsignals R1 mittels des Vorwärts- und des Rückwärtssignals Z1, Z2 möglich zu

(v)
$$R2 = Z1 + (e + e \cdot a1 - 1) \cdot Z2$$
,

und somit

10

15

25

30

35

40

50

55

(vi)
$$a2 = (e + e \cdot a1 - 1)$$

[0034] Aus Gleichung (vi) wird dabei ersichtlich, dass der erste Richtparameter a1 um den Faktor e < 1 skaliert wird, und um einen Offset von e - 1 verschoben wird. Bevorzugt ist hierbei das Vorwärtssignal Z1 gegeben durch ein Kardioid-Signal, und das Rückwärtssignal Z2 durch ein Anti-Kardioid-Signal.

[0035] Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn durch ein Verschwenken der ersten Richtung um einen in Abhängigkeit vom Korrekturparameter tabellierten Winkel eine zweite Richtung erzeugt wird, wobei das zweite Richtsignal durch eine Linearkombination des Vorwärtssignals und des Rückwärtssignals mit einem zweiten Richtparameter als Linearfaktor erzeugt wird, und wobei der zweiter Richtparameter derart ermittelt wird, dass das zweite Richtsignal in der zweiten Richtung eine maximale Abschwächung aufweist. Dies bedeutet: Zunächst wird die erste Richtung ermittelt, in welcher das erste Richtsignal, aus dem Vorwärts- und dem Rückwärtssignal vorzugsweise mittels adaptiver Richtmikrofonie gebildet, eine maximale Abschwächung aufweist. Dann wird der Korrekturparameter ermittelt, z.B. in Abhängigkeit eines Grundrauschpegels, eines SNR oder einer Stationarität des Schallsignals der Umgebung.

[0036] Die erste Richtung wird dann in Abhhängigkeit des Korrekturparameters und ggf. der ersten Richtung selbst um einen tabellierten Winkel derart verschoben, dass das zweite Richtsignal, welches analog zum ersten Richtsignal erzeugt wird, bei der aus der Verschiebung der ersten Richtung um den besagten Winkel resultierenden zweiten Richtung die maximale Abschwächung aufweist, und in der ersten Richtung die definierte relative Abschwächung. Das zweite Richtsignal wird dabei mittels eines vorzugsweise tabellierten zweiten Richtparameters erzeugt, welcher bei der Linearkombination des Vorwärts- und des Rückwärtssignals genau die geforderten Abschwächungseigenschaften für das zweite Richtsignal zur Konsequenz hat.

[0037] Günstigerweise wird der erste Richtparameter mittels adaptiver Richtmikrofonie der Linearkombination des Vorwärtssignals und des Rückwärtssignals, insbesondere durch eine Minimierung der Signalenergie erzeugt. Auf diese Weise kann besonders einfach sichergestellt werden, dass die erste Richtung in Richtung einer dominanten Schallquelle liegt. Ein derartig erzeugtes erstes Richtsignal findet in vielen Verfahren zur direktionalen Rauschunterdrückung in Hörgeräten Verwendung, sodass das hier beschriebene Verfahren besonders dazu geeignet ist, eine übermäßige oder gar vollständige Auslöschung von nicht-stationären Schallquellen insbesondere im hinteren Halbraum des Trägers des

Hörgerätes zu unterbinden.

10

20

25

30

35

50

55

[0038] Vorteilhafterweise wird der Korrekturparameter in Abhängigkeit wenigstens einer der das Schallsignal charakterisierenden folgenden Größen ermittelt: Ein Grundrauschpegel und/oder ein SNR und/oder ein Stationaritätsparameter und/oder eine Richtungsinformation. Bevorzugt wird dabei der Korrekturparameter derart ermittelt, dass für einen vergleichsweise hohen Grundrauschpegel oder ein vergleichsweise geringes SNR das zweite Richtsignal aus einer vergleichsweise geringen Korrektur des ersten Richtsignals resultiert, und für einen vergleichsweise geringen Grundrauschpegel oder ein vergleichsweise hohes SNR das zweite Richtsignal eine vergleichsweise geringe Richtwirkung aufweist. Insbesondere kann hierbei auch eine stufenweise Anwendung der genannten Kriterien erfolgen, sodass z.B. für ein hohes SNR selbst bei einem hohen Grundrauschpegel das zweite Richtsignal noch einen erheblichen Unterschied zum ersten Richtsignal aufweist. Der Grundrauschpegel, das SNR und der Stationaritätsparameter können dabei insbesondere anhand wenigstens eines der beiden Eingangssignale oder anhand des Vorwärtssignals und/oder des Rückwärtssignals ermittelt werden.

[0039] Günstigerweise wird dabei der Korrekturparameter durch eine monotone Funktion des das Schallsignal charakterisierenden Grundrauschpegels gebildet, wobei die monotone Funktion oberhalb eines oberen Grenzwertes den Grundrauschpegel auf einen ersten Endpunkt des Wertebereiches des Korrekturparameters abbildet, für welchen das zweite Richtsignal in das erste Richtsignal übergeht. Die Funktion des Grundrauschpegels NP kann hierbei für den Korrekturparameter $e \in [0, 1]$ beispielsweise von der Form

mit dem oberen Grenzwert Th_{Hi} für den Grundrauschpegel NP (in dB) sein. Eine andere funktionale Abhängigkeit als die in der zweiten Zeile von Gleichung (vii) gezeigt lineare Relation zwischen e und NP ist ebenso möglich, sofern der Anstieg dabei monoton verläuft. Insbesondere kann auch ein unterer Grenzwert Th_{Lo} für den Grundrauschpegel angegeben werden, unterhalb dessen e = 0 gesetzt wird, also für $NP \le Th_{Lo}$. In diesem Fall ist für $Th_{Lo} < NP < Th_{Hi}$ $e = (NP - Th_{Lo})/(Th_{Hi} - Th_{Lo})$ zu setzen.

[0040] Bevorzugt wird dabei die monotone Funktion des das Schallsignal charakterisierenden Grundrauschpegels in Abhängigkeit des SNR und/oder in Abhängigkeit des Stationaritätsparameters in Verbindung mit der Richtungsinformation korrigiert. Beispielsweise besteht eine Möglichkeit einer derartigen Korrektur darin, dass eine gemäß Gleichung (vii) definierte Funktion - ggf. mit einer anderen funktionalen, monotonen Abhängigkeit für den Bereich NP < Th_{Hi} als der dort angegebenen linearen - bei einem hinreichend hohen SNR, also z.B. für SNR $\geq Th_{SNR}$ mit einem entsprechend definierten Grenzwert Th_{SNR} für das SNR, in ihrem Wertebereich für e verringert wird, also z.B. (viii) für

$SNR \ge Th_{SNR}$: $e \le e_{max}$

mit e_{max} z.B. 0.7 oder 0.5, wenn der eigentliche Wertebereich von e für SNR < Th_{SNR} von 0 bis 1 geht. Dies bedeutet: Für SNR < Th_{SNR} wird e nach der normalen funktionalen Abhängigkeit von NP bestimmt, z.B. nach Gleichung (vii). Für SNR ≥ Th_{SNR} wird der Wertebereich von e bei e_{max} begrenzt, sodass insbesondere auch das zweite Richtsignal in diesem Fall immer noch einen erheblichen Unterschied zum ersten Richtsignal aufweist, wenn das zweite Richtsignal gemäß Gleichung (i) erzeugt wird.

[0041] Ein Stationaritätsparameter findet insbesondere im Rahmen einer Unterdrückung von stationären Störgeräuschen Verwendung, und kann somit einer solchen entnommen werden, und kann alternativ auch über eine Autokorrelationsfunktion ermittelt werden. Ein derartiger Parameter weist meist einen Wertebereich zwischen Null (völlig nichtstationär) und eins (völlig stationär) auf. Liegt nun ein derartiger Stationaritätsparameter S1 unterhalb eines entsprechenden Grenzwertes, also S1 \le Th_S, und kann anhand der Richtungsinformation identifiziert werden, dass das entsprechende Geräusch vorrangig aus dem hinteren Halbraum kommt, so kann in eine Korrektur der monotonen Funktion, welche den Grundrauschpegel auf den Korrekturparameter abbildet, in einem mittleren Bereich für letzteren, also z.B. für $0.4 \le e \le 0.6$, bevorzugt auch für $0.25 \le e \le 0.27$, die Steigung der monotonen Funktion flacher gewählt werden. Insbesondere lässt sich eine derartige Korrektur mit einer Korrektur nach Gleichung (viii) kombinieren, möglichst stetig in e.

[0042] Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn in einer definierten Umgebung eines zweiten Endpunktes des Wertebereiches des Korrekturparameters das zweite Richtsignal mit einem dritten Richtsignal überlagert wird, welches darauf ausgelegt ist, eine natürliche Richtwirkung eines menschlichen Ohres zu simulieren, und wobei die Überlagerung

in das dritte Richtsignal übergeht, wenn der Korrekturparameter den zweiten Endpunkt seines Wertebereiches einnimmt. Dies bedeutet, dass beispielsweise für $e \le M$, mit M = 0.1 (ein anderer Wert, z.B. 0.05, ist möglich), ein Ausgangssignal out wie folgt gebildet wird:

(xi) out = $(e/M) \cdot R2 + [(M - e)/M] \cdot R3$.

5

10

20

30

35

40

45

50

55

[0043] An einem zweiten Ende des Wertebereiches des Korrekturparameters, welcher bevorzugt dem Bereich entspricht, für welchen das zweite Richtsignal einen möglichst geringen Anteil am ersten Richtsignal aufweist, bzw. eine möglichst geringe Richtwirkung aufweist, wird somit das zweite Richtsignal zunehmend mit dem dritten Richtsignal überlagert, und geht am zweiten Endpunkt für den Korrekturparameter bevorzugt vollständig in das dritte Richtsignal über. Hierdurch hat der Träger des Hörgerätes den natürlichen räumlichen Höreindruck, welchen eine Pinna bei einem normal Hörenden hervorruft. Dies kann insbesondere erfolgen, da in diesem Bereich für den Korrekturparameter angenommen wird, dass der Grundrauschpegel hinreichend niedrig ist und/oder das SNR hinreichend hoch.

[0044] Bevorzugt wird das Vorwärtssignal anhand einer mittels eines ersten Verzögerungsparameters implementierten zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals mit dem zweiten Eingangssignal erzeugt wird, und/oder wobei das Rückwärtssignal anhand einer mittels eines zweiten Verzögerungsparameters implementierten zeitverzögerten Überlagerung des zweiten Eingangssignals mit dem ersten Eingangssignal erzeugt wird. Insbesondere können dabei der erste und der zweite Verzögerungsparameter identisch zueinander gewählt werden, und insbesondere kann das Vorwärtssignal bzgl. einer Vorzugsebene des Hörgerätes symmetrisch zum Rückwärtssignal erzeugt werden, wobei die Vorzugsebene der Frontalebene des Trägers bevorzugt beim Tragen des Hörgerätes zugeordnet ist. Eine Ausrichtung des ersten Richtsignals an der Frontalrichtung des Trägers erleichtert die Signalverarbeitung, da hierdurch die natürliche Blickrichtung des Trägers berücksichtigt wird.

[0045] Als vorteilhaft erweist es sich dabei, wenn das Vorwärtssignal als ein vorwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal erzeugt wird, und das Rückwärtssignal als ein rückwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal (Anti-Kardioid) erzeugt wird. Ein Kardioid-Richtsignal lässt sich bilden, indem die beiden Eingangssignale zueinander mit der dem Abstand der Eingangswandler entsprechenden akustischen Laufzeitverzögerung überlagert werden. Hierdurch liegt - je nach Vorzeichen dieser Laufzeitverzögerung bei der Überlagerung - die Richtung der maximalen Abschwächung in Frontalrichtung (rückwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal) oder in der Gegenrichtung dazu (vorwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal). [0046] Die Richtung maximaler Empfindlichkeit ist der Richtung der maximalen Abschwächung entgegengesetzt. Dies erleichtert die weitere Signalverarbeitung, da sich ein derartiges Zwischensignal infolge der maximalen Abschwächung in bzw. entgegen der Frontalrichtung besonders für adaptive Richtmikrofonie eignet. Überdies lässt sich durch eine Differenz aus dem vorwärtsgerichteten Kardioid-Richtsignal und dem rückwärtsgerichteten Kardioid-Richtsignal das omnidirektionale Signal darstellen bzw. reproduzieren, sodass das Verfahren auf der Ebene der Kardoid- und Anti-Kardioid-Signale ablaufen kann, und das erste Richtsignal lediglich für die Bestimmung des entsprechenden adaptiven Richtparameters erzeugt wird.

[0047] Zweckmäßigerweise wird das erste Richtsignal mittels adaptiver Richtmikrofonie erzeugt. Hierdurch kann auf besonders einfache Weise erreicht werden, dass die erste Richtung, in welcher das erste Richtsignal die maximale Abschwächung aufweist, mit einer Richtung einer dominanten, im hinteren Halbraum lokalisierten Schallquelle, zusammenfällt

[0048] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird bei der Erzeugung des ersten Richtsignals ein erster Richtparameter ermittelt, welcher eine Überlagerung des ersten Zwischensignals mit dem zweiten Zwischensignal zur Erzeugung des ersten Richtsignals charakterisiert, wobei das zweite Richtsignal durch eine Überlagerung des ersten Zwischensignals mit dem zweiten Zwischensignal erzeugt wird, welche durch einen zweiten Richtparameter charakterisiert ist, und wobei der zweite Richtparameter anhand des ersten Richtparameters derart ermittelt wird, dass das zweite Richtsignal in der ersten Richtung eine gegenüber der maximalen Empfindlichkeit definierte relative Abschwächung aufweist.

[0049] Die Erfindung nennt weiter ein Hörsystem mit einem Hörgerät, welches einen ersten Eingangswandler zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Schallsignal der Umgebung sowie einen zweiten Eingangswandler zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Schallsignal der Umgebung aufweist, und einer Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen. Insbesondere kann die Steuereinheit im Hörgerät integriert sein. In diesem Fall ist das Hörsystem direkt durch das Hörgerät gegeben. Das Hörsystem teilt die Vorzüge des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die für das Verfahren und für seine Weiterbildungen genannten Vorteile können dabei sinngemäß auf das Hörsystem übertragen werden.

[0050] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Hörgerät nach Stand der Technik, in welchem mittels adaptiver Richtmikrofonie

ein Richtsignal mit einer maximalen Abschwächung in einer ersten Richtung erzeugt wird,

- Fig. 2 in einem Blockschaltbild eine erfindungsgemäße Abwandlung des Hörgerätes nach Fig. 1, wobei in der ersten Richtung die Abschwächung in definierter Weise verringert wird,
- Fig. 3 in einem Funktionsdiagramm einen Korrekturparameter für die Verringerung der Abschwächung gemäß Fig. 2 in Abhängigkeit eines Grundrauschpegels,
- Fig. 4 in einem Blockschaltbild eine alternative Ausgestaltung des Hörgerätes nach Fig. 2, und

5

10

15

20

30

35

40

50

55

Fig. 5 in einem Diagramm die Richtung maximaler Abschwächung für ein erstes Richtsignal und ein gemäß Fig. 2 oder Fig. 4 abgewandeltes Richtsignal in Abhängigkeit des Richtparameters.

[0051] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen. [0052] In Fig. 1 ist schematisch in einem Blockschaltbild ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung in einem Hörgerät 1 nach Stand der Technik dargestellt. Das Hörgerät 1 weist eine ersten Eingangswandler 2 und einen zweiten Eingangswandler 4 auf, welche aus einem Schallsignal 6 der Umgebung ein erstes Eingangssignal E1 bzw. ein zweites Eingangssignal E2 erzeugen, und beispielsweise jeweils durch ein Mikrofon gegeben sein können. Der erste Eingangswandler 2 ist hierbei bezüglich einer Frontalrichtung 7 des Hörgerätes 1 (welche durch das bestimmungsgemäße Tragen im Betrieb definiert ist) gegenüber dem zweiten Eingangswandler 4 weiter vorne angeordnet.

[0053] Das zweite Eingangssignal E2 wird nun um einen ersten Verzögerungsparameter T1 verzögert, und das so verzögerte, zweite Eingangssignal vom ersten Eingangssignal E1 subtrahiert, um ein Vorwärtssignal Z1 zu erzeugen. In ähnlicher Weise wird das erste Eingangssignal E1 um eine zweiten Verzögerungsparameter T2 verzögert, und das zweite Eingangssignal E2 vom so verzögerten, ersten Eingangssignal subtrahiert, um ein Rückwärtssignal Z2 zu erzeugen. Der erste Verzögerungsparameter T1 und der zweite Verzögerungsparameter T2 sind hierbei bis auf mögliche Quantifizierungsfehler bei der Digitalisierung durch die Laufzeit T gegeben, welche genau dem räumlichen Schallweg d zwischen dem ersten Eingangswandler 2 und dem zweiten Eingangswandler 4 entspricht. Somit ist das Vorwärtssignal Z1 gegeben durch ein vorwärtsgerichtetes Kardioid-Signal 16, und das Rückwärtssignal Z2 durch ein rückwärtsgerichtetes Kardioid-Signal 18 (also ein Anti-Kardioid).

[0054] Mittels einer adaptiven Richtmikrofonie 20 wird nun aus dem Vorwärtssignal Z1 und dem Rückwärtssignal Z2 ein erstes Richtsignal R1 durch eine Minimierung der Signalenergie des Signals Z1 + a1 · Z2 über einen ersten Richtparameter a1 erreicht. Das erste Richtsignal R1 weist hierbei eine Richtcharakteristik 22 mit einer maximalen Abschwächung in einer ersten Richtung 24 auf. Die erste Richtung 24 fällt infolge Wahl des ersten Richtparameters a1 mittels der adaptiven Richtmikrofonie 20 auf die Richtung einer dominanten, lokalisierten Schallquelle 25 im hinteren Halbraum 26. In dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel ist die erste Richtung um ca. 120° gegen die Frontalrichtung 7 verdreht, welche bei einem bestimmungsgemäßen Tragen des Hörgerätes 1 mit einer Frontalrichtung des Trägers des Hörgerätes 1 (nicht dargestellt) zusammenfällt. Eine maximale Abschwächung bedeutet hierbei, dass der aus der ersten Richtung 24 kommende Schall im Idealfall vollständig ausgelöscht wird (d.h. "unendlich" abgeschwächt) wird. Das erste Richtsignal 1 weist mit anderen Worten in der ersten Richtung 24 einen sog. "Notch" auf.

[0055] Aus den Signalbeiträgen des ersten Richtsignals R1 wird nun, gegebenenfalls noch durch weitere, nicht-direktionale Signalverarbeitung 29 ein Ausgangssignal out erzeugt, welches durch einen Ausgangswandler 32, des Hörgerätes 1 in ein Ausgangsschallsignal 34 umgewandelt wird. Der Ausgangswandler 32 kann dabei vorliegend durch einen Lautsprecher oder auch durch einen Knochenleitungshörerhörer gegeben sein.

[0056] Ist nun die dominante Schallquelle 25 im hinteren Halbraum 26 beispielsweise durch einen Sprecher gegeben, so mag die vorliegend erfolgende, maximale Abschwächung seiner Sprachbeiträge für den Träger des Hörgerätes 1 oftmals nicht erwünscht sein. Es wäre in diesem Fall vorteilhaft, ein Ausgangssignal out mit einer Richtcharakteristik zu verwenden, welche in der ersten Richtung 24 keine maximale Abschwächung aufweist.

[0057] Ein entsprechendes Verfahren, welches dieses Ziel erreichen kann, ist, anhand von Fig. 2 gezeigt. In einem Blockschaltbild ist ein Hörgerät 1 dargestellt, welches bis hin zur Erzeugung des ersten Richtsignals R1 dem Hörgerät nach Fig. 1 gleich ist. Anhand des Vorwärtssignals Z1 und des Rückwärtssignals Z2 wird nun im Beispiel gemäß Fig. 2 ein omnidirektionales Signal om gebildet, welches gemäß einer noch zu beschreibender Vorschrift dem ersten Richtsignal R1 überlagert wird. Diese Überlagerung erfolgt nach Maßgabe eines Korrekturparameters e, welcher in Abhängigkeit des Grundrauschpegels NP sowie des SNR des Schallsignals 6 ermittelt werden kann, überdies jedoch auch anhand eines Stationaritätsparameters S1 und einer Richtungsinformation IR für das Schallsignal 6 ermittelt werden kann. Die besagten Größen lassen sich dabei entweder aus den Eingangssignalen E1 und E2 oder aus dem Vorwärtsund dem Rückwärtssignal Z1, Z2 ermitteln.

[0058] Aus der besagten Überlagerung resultiert ein zweites Richtsignal R2 gemäß

$$R2 = (1 - e)$$
 om + e R1 (vgl. Gleichung i)

[0059] Anhand des zweiten Richtsignals R2 wird, gegebenenfalls durch weitere, nicht-direktionale Signalverarbeitung 29, welche unter anderem eine frequenzbandabhängige Verstärkung und/oder Kompression umfassen kann, analog zum in Fig. 1 dargestellten Vorgehen das Ausgangssignal out erzeugt, welches vom Ausgangswandler 32 in das Ausgangsschallsignal 34 umgewandelt wird. Die Richtcharakteristik 38 des zweiten Richtsignals R2 weist ihre maximale Abschwächung nun in einer zweiten Richtung 40 auf, während in der ersten Richtung 24, eine relative Abschwächung 42 vorliegt.

10

20

30

35

40

45

55

[0060] In Fig. 3 ist eine Funktion f dargestellt, welche den Grundrauschpegel NP auf den Korrekturparameter e des anhand von Fig. 2 dargestellten Verfahrens abbildet (durchgezogene Linie). Oberhalb eines oberen Grenzwertes Th_{Hi} , welcher im Beispiel gemäß Fig. 3 als Th_{Hi} = 80 dB gewählt ist, wird jedweder Grundrauschpegel auf e = 1 abgebildet. Dies bedeutet: Im in Fig. 2 dargestellten Verfahren wird für einen Grundrauschpegel NP von 80 dB und mehr immer das erste Richtsignal R1 vollständig in das zweite Richtsignal R2 überführt. Unterhalb eines unteren Grenzwertes Th_{Lo} welcher im Beispiel gemäß Fig. 3 als Th_{Lo} = 40 dB gewählt ist, wird jedweder Grundrauschpegel auf e = 0 abgebildet. Dies bedeutet: Im in Fig. 2 dargestellten Verfahren wird für einen Grundrauschpegel NP von 40 dB und weniger immer das omnidirektinoale Signal om vollständig in das zweite Richtsignal R2 überführt. Im Bereich Th_{Lo} < Th_{Hi} weist die Funktion f eine lineare Steigung auf, welche durch

$$e = f(NP) = (NP - Th_{Lo})/(Th_{Hi} - Th_{Lo})$$

beschrieben werden kann. Eine andere Kennlinie als die hier dargestellte lineare Relation ist ebenso denkbar, solange der monotone Anstieg für f(NP) zwischen $Th_{I,O}$ und Th_{Hi} gewahrt bleibt.

[0061] Liegt nun das SNR oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes Th_{SNR} , also $SNR \ge Th_{SNR}$, so wird die durch die Funktion f(NP) gegebene Kennlinie gekappt, woraus eine neue Funktion f(P) gestrichelte Linie) resultiert. Dies bedeutet in diesem Fall: Liegt das SNR oberhalb von Th_{SNR} , so ist für vergleichsweise niedrige Werte des Grundrauschpegels NP das Verhalten zur ursprünglichen Funktion f(P) den Umstand Rechnung, dass bei einem hohen SNR selbst bei einem hohen Grundrauschpegel NP die direktionale Rauschunterdrückung nicht vollständig implementiert werden muss, und aus Gründen des besseren räumlichen Hörempfindens ein höherer Anteil an omnidirektionalem Signal om beigemischt bleiben kann

[0062] Wird überdies festgestellt, dass das Schallsignal 6 einerseits hinreichend nicht-stationär ist - z.B. anhand des Unterschreitens einer Obergrenze Th_S durch den Statinaritätsparameter S1 - und überdies zu einem erheblichen Anteil aus dem hinteren Halbraum kommt (was anhand der Richtungsinformation IR erkannt wird, welche z.B. den Halbraum der ersten Richtung 24 angibt, die sich aus der adaptiven Richtmikrofonie 20 ergibt), so wird in einem Bereich oberhalb von 55 dB für den Grundrauschpegel NP die Steigung der Funktion f verringert (gepunktete Linie), wodurch e = 1 erst für einen Grundrauschpegel NP oberhalb des Grenzwertes Th_{Hi} erreicht wird (unter der Annahme SNR < Th_{SNR}, da sonst unmittelbar die Funktion f angewandt wird).

[0063] Eine zum anhand von Fig. 2 geschilderten Verfahren analoge Vorgehensweise ist in Fig. 4 dargestellt. Diese zeigt in einem Blockschaltbild ein Hörgerät 1, welches dem in Fig. 2 dargestellten Hörgerät 1 nachempfunden ist. Hier wird jedoch das zweite Richtsignal R2 nicht als eine Überlagerung des ersten Richtsignals R1 mit dem omnidirektionalen Signal om gemäß dem Korrekturparameter e als Konvexitätsparameter gebildet. Vielmehr wird der erste Richtparameter a1, welcher sich bei der Erzeugung des ersten Richtsignals R1 durch die adaptiven Richtmikrofonie 20 ergibt, gemäß der Vorschrift

$$a2 = e + e \cdot a1 - 1$$
 (vgl. Gleichung vi)

auf einen zweiten Richtparameter a2 abgebildet, welcher durch eine Skalierung des ersten Richtparameters a1 um den Faktor e (den Konvexitätsparameter gemäß Fig. 2) sowie eine Verschiebung um den Offset e - 1 gebildet wird. Das zweite Richtsignal R2 wird dann, analog zum ersten Richtsignal R1, aus dem Vorwärtssignal Z1 und dem Rückwärtssignal Z2 gebildet zu

[0064] Die Richtcharakteristik 38 ist, da das in Fig. 4 dargestellte Vorgehen zum in Fig. 2 dargestellten Vorgehen bei gleichen Bedingungen abgesehen von einer nachfolgend beschriebenen Erweiterung für e ≤ 0.1 analog ist, entsprechend gleich zur Richtcharakteristik des zweiten Richtsignals R2 nach Fig. 2. Die maximale Abschwächung erfolgt nun in einer zweiten Richtung 40, während in der ersten Richtung 24, eine definierte relative Abschwächung 42 vorliegt.

[0065] Für den Fall, dass aus der Berechnung des Korrekturparameters e gemäß Fig. 3 ein Wert in der Nähe von Null, also e kleiner als ein vorgegebener Grenzwert e_{Lo} = M mit z.B. M = 0.1 hervorgeht, wird das Ausgangssignal out erzeugt, indem dem zweiten Richtsignal R2 ein drittes Richtsignal R3 beigemischt wird, z.B. gemäß der folgenden Formel:

out = (e/M) · R2 + [(M - e)/M] · R3 (vgl. Gleichung xi).

[0066] Das dritte Richtsignal R3 wird hierbei mit einer festen Richtcharakteristik aus dem Vorwärtssignal Z1 und dem Rückwärtssignal Z2 erzeugt. Alternative Übergänge zwischen R2 und R3, welche nicht den obigen linearen Zusammenhang in e aufweisen, sind ebenso denkbar.

[0067] In Fig. 5 ist in einem Diagramm schematisch der Zusammenhang zwischen dem ersten Richtparameter a1, welche das erste Richtsignal R1 charakterisiert, und dem zweiten Richtparameter a2 des zweiten Richtsignals R2 nach Fig. 4 dargestellt. Der funktionale Zusammenhang lautet hierbei a2 = 0,7 · a1 - 0,3. Die unteren Symbole werden in dem in Fig. 5 dargestellten Beispiel gebildet durch die jeweilige erste Richtung 24 zum Parameterwert des ersten Richtparameters a1, während die oberen Symbole gegeben sind durch die zweite Richtung zum gegebenen Parameterwert für a1, also durch den Winkel, bei welchen sich im zweiten Richtsignal R2 die zweite Richtung 40, also die Richtung maximaler Abschwächung nach Anwenden der Abbildung des ersten Richtparameters R1 auf den zweiten Richtparameter a2 einstellt. Zu einem gegebenen Wert von a1 kann festgestellt werden, dass besagter Winkel zunimmt, wobei infolge der Achsensymmetrie der Richtcharakteristiken bezüglich der Frontalrichtung in der Winkelrichtung von 180°, welche der Frontalrichtung entgegengesetzt ist, ein Clipping erfolgt. Durch das gezeigte Verschwenken der Richtung maximaler Abschwächung beim Übergang vom ersten auf das zweite Richtsignal stellt sich in der ersten Richtung, in welche im ersten Richtsignal noch die maximale Abschwächung erfolgte, nun eine gegenüber der maximalen Empfindlichkeit definierte relative Abschwächung ein, welche durch den Korrekturparameter e kontrolliert wird.

[0068] 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 Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0069]

35

10

15

20

25

30

- 1 Hörgerät
- 2 erster Eingangswandler
- 4 zweiter Eingangswandler
- 6 Schallsignal der Umgebung
- 40 7 Frontalrichtung
 - 16 vorwärtsgerichtetes Kardioid(-Signal)
 - 18 rückwärtsgerichtetes Kardioid(-Signal)
 - 20 adaptive Richtmikrofonie
 - 22 Richtcharakteristik
- 45 24 erste Richtung
 - 25 dominante Schallquelle
 - 26 hinterer Halbraum
 - 29 nicht-direktionale Signalverarbeitung
 - 32 Ausgangswandler
- 50 34 Ausgangsschallsignal
 - 38 Richtcharakteristik
 - 40 zweite Richtung
 - 42 relative Abschwächung
- 55 a1 erster Richtparameter
 - a2 zweiter Richtparameter
 - e Korrekturparameter

E1 erstes Eingangssignal E2 zweites Eingangssignal IR Richtungsinformation omnidirektionales Signal om 5 out Ausgangssignal NΡ Grundrauschpegel R1 erstes Richtsignal R2 zweites Richtsignal R3 drittes Richtsignal 10 S1 Stationaritätsparameter SNR Signal-zu-Rausch-Verhältnis unterer Grenzwert (für den Grundrauschpegel NP) Thin Th_{Hi} oberer Grenzwert (für den Grundrauschpegel NP) Th_S oberer Grenzwert (für das SNR) 15 Z1 Vorwärtssignal

Patentansprüche

Rückwärtssignal

20

25

30

35

40

Z2

1. Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörgerät (1),

wobei durch einen ersten Eingangswandler (2) des Hörgerätes (1) aus einem Schallsignal (6) der Umgebung ein erstes Eingangssignal (E1) erzeugt wird,

wobei durch einen zweiten Eingangswandler (4) des Hörgerätes (1) aus dem Schallsignal (6) der Umgebung ein zweites Eingangssignal (E2) erzeugt wird,

wobei jeweils aus dem ersten Eingangssignal (E1) und dem zweiten Eingangssignal (E2) ein Vorwärtssignal (Z1) und ein Rückwärtssignal (Z2) erzeugt werden,

wobei ein erster Richtparameter (a1) als ein Linearfaktor einer Linearkombination des Vorwärtssignals (Z1) und des Rückwärtssignals (Z2) derart bestimmt wird, dass ein aus dieser Linearkombination resultierendes erstes Richtsignal (R1) in einer ersten Richtung (24) eine maximale Abschwächung aufweist,

wobei ein Korrekturparameter (e) derart ermittelt wird, dass ein zweites Richtsignal (R2) als eine aus dem ersten Richtsignal (R1) und einem omnidirektionalen Signal (om) mit dem Korrekturparameter (e) gebildete Linearkombination in der ersten Richtung (24) eine definierte relative Abschwächung aufweist,

wobei das zweite Richtsignal (R2) aus dem Vorwärtssignal (Z1) und dem Rückwärtssignal (Z2) anhand des ersten Richtparameters und des Korrekturparameters (e) oder aus dem ersten Richtsignal (R1) und dem omnidirektionalen Signal (om) anhand des Korrekturparameters (e) erzeugt wird, und

wobei anhand des zweiten Richtsignals (R2) ein Ausgangssignal (out) des Hörgerätes (1) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei das zweite Richtsignal (R2) durch eine Linearkombination des Vorwärtssignals (Z1) und des Rückwärtssignals (Z2) mit einem zweiten Richtparameter (a2) als Linearfaktor erzeugt wird, und wobei der zweite Richtparameter (a2) durch einen vorgegebenen funktionalen Zusammenhang aus dem ersten Richtparameter (a1) und dem Korrekturparameter (e) derart ermittelt wird, dass das zweite Richtsignal (R2) in der

ersten Richtung (24) die definierte relative Abschwächung (42) aufweist.

45

55

3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei der zweite Richtparameter (a2) aus dem ersten Richtparameter (a1) durch eine Skalierung um den Korrekturparameter (e) und durch einen vorgegebenen Offset hervorgeht.

50 **4.** Verfahren Anspruch 1,

wobei das zweite Richtsignal (R2) durch eine konvexe Überlagerung des ersten Richtsignals (R1) und des omnidirektionalen Signals (om) mit dem Korrekturparameter (e) als Konvexitätsparameter erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei durch ein Verschwenken der ersten Richtung (24) um einen in Abhängigkeit vom Korrekturparameter (e) tabellierten Winkel eine zweite Richtung (40) erzeugt wird,

wobei das zweite Richtsignal (R2) durch eine Linearkombination des Vorwärtssignals (Z1) und des Rückwärtssignals (Z2) mit einem zweiten Richtparameter (a2) als Linearfaktor erzeugt wird, und

wobei der zweite Richtparameter (a2) derart ermittelt wird, dass das zweite Richtsignal (R2) in der zweiten Richtung (40) eine maximale Abschwächung aufweist.

- **6.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der erste Richtparameter (a1) mittels adaptiver Richtmikrofonie der Linearkombination des Vorwärtssignals (Z1) und des Rückwärtssignals (Z2), insbesondere durch eine Minimierung der Signalenergie erzeugt wird.
- 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Korrekturparameter (e) in Abhängigkeit wenigstens einer der das Schallsignal (6) charakterisierenden folgenden Größen ermittelt wird: Ein Grundrauschpegel (NP) und/oder Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) und/oder ein Starionaritätsparameter (S1) und/oder eine Richtungsinformation (IR).
 - 8. Verfahren nach Anspruch 7,

5

- wobei der Korrekturparameter (e) durch eine monotone Funktion des das Schallsignal (6) charakterisierenden Grundrauschpegels (NP) gebildet wird, wobei die monotone Funktion oberhalb eines oberen Grenzwertes (Th_{Hi}) den Grundrauschpegel (36) auf einen ersten Endpunkt des Wertebereiches des Korrekturparameters (e) abbildet, für welchen das zweite Richtsignal (R2) in das erste Richtsignal (R1) übergeht.
 - 9. Verfahren nach Anspruch 8,
- wobei die monotone Funktion des das Schallsignal (6) charakterisierenden Grundrauschpegels (36) in Abhängigkeit des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses (SNR) und/oder in Abhängigkeit des Stationaritätsparameters (S1) in Verbindung mit der Richtungsinformation (IR) korrigiert wird.
 - 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei in einer definierten Umgebung eines zweiten Endpunktes des Wertebereiches des Korrekturparameters (e) das zweite Richtsignal (R2) mit einem dritten Richtsignal (R3) überlagert wird, welches darauf ausgelegt ist, eine natürliche Richtwirkung eines menschlichen Ohres zu simulieren, und wobei die Überlagerung in das dritte Richtsignal (R3) übergeht, wenn der Korrekturparameter (e) den zweiten Endpunkt seines Wertebereiches einnimmt.
- 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei das Vorwärtssignal (Z1) anhand einer mittels eines ersten Verzögerungsparameters (T1) implementierten zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals (E1) mit dem zweiten Eingangssignal (E2) erzeugt wird, und/oder
 - wobei das Rückwärtssignal (Z2) anhand einer mittels eines zweiten Verzögerungsparameters (T2) implementierten zeitverzögerten Überlagerung des zweiten Eingangssignals (E2) mit dem ersten Eingangssignal (E1) erzeugt wird.
 - 12. Verfahren nach Anspruch 11,
 - wobei das Vorwärtssignal (Z1) als ein vorwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal (16) erzeugt wird, und wobei das Rückwärtssignal (Z2) als ein rückwärtsgerichtetes Kardioid-Richtsignal (18) erzeugt wird.
 - 13. Hörsystem mit
 - einem Hörgerät (1), welches einen ersten Eingangswandler (2) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (E1) aus einem Schallsignal (6) der Umgebung sowie einen zweiten Eingangswandler (4) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (E2) aus dem Schallsignal (6) der Umgebung aufweist, und
 - einer Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

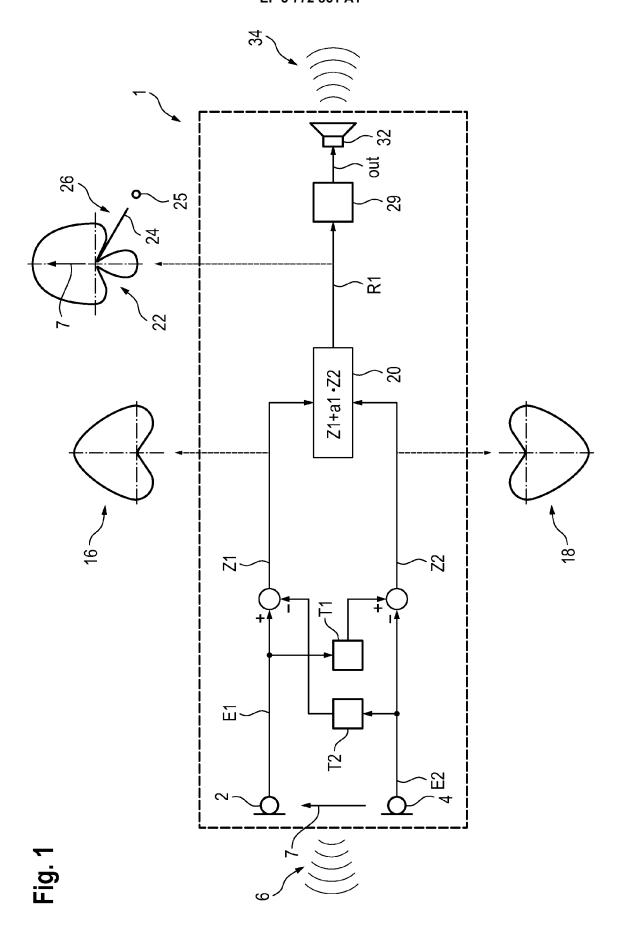
55

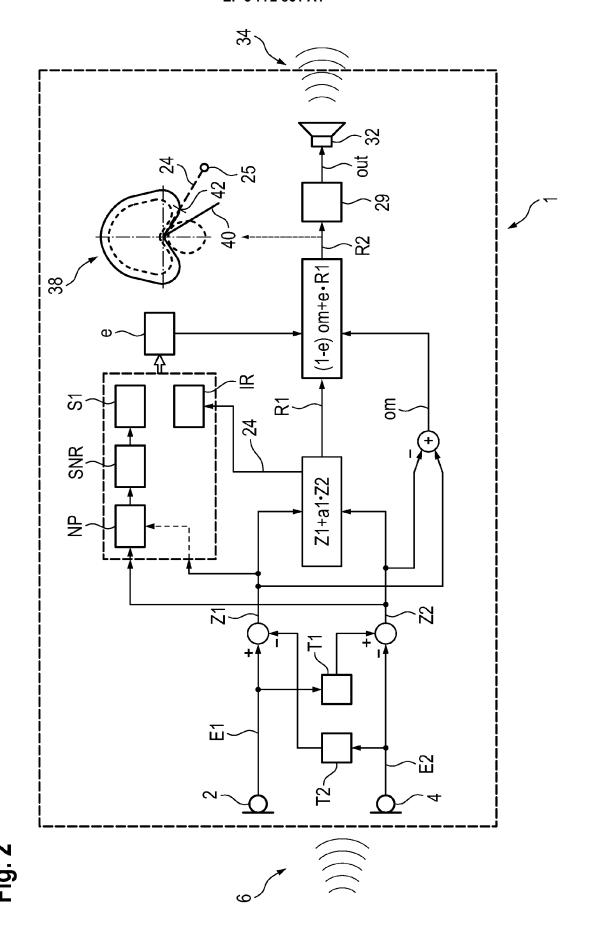
35

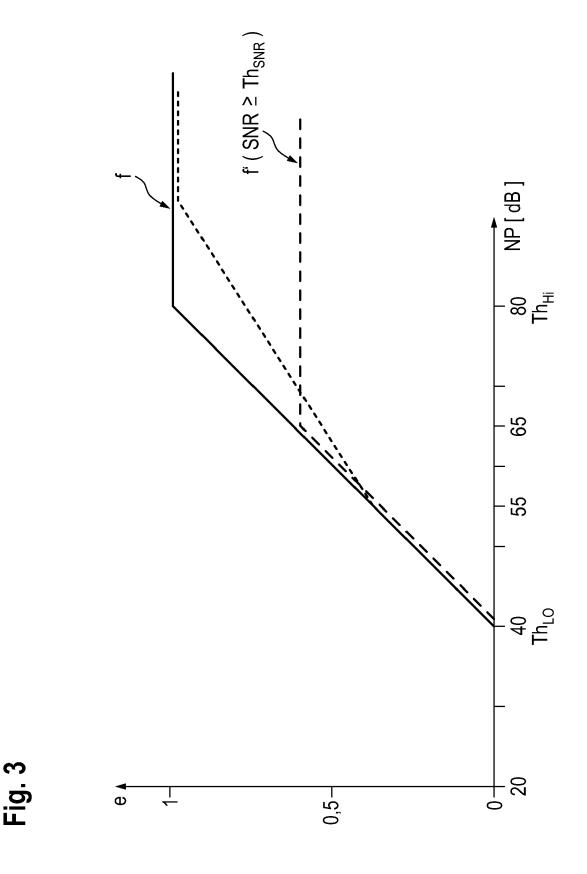
40

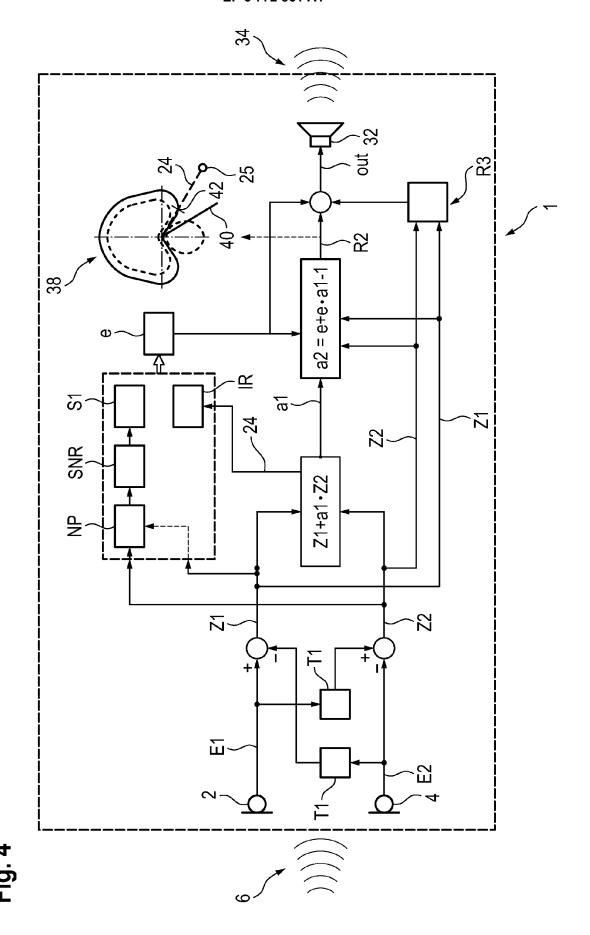
45

50



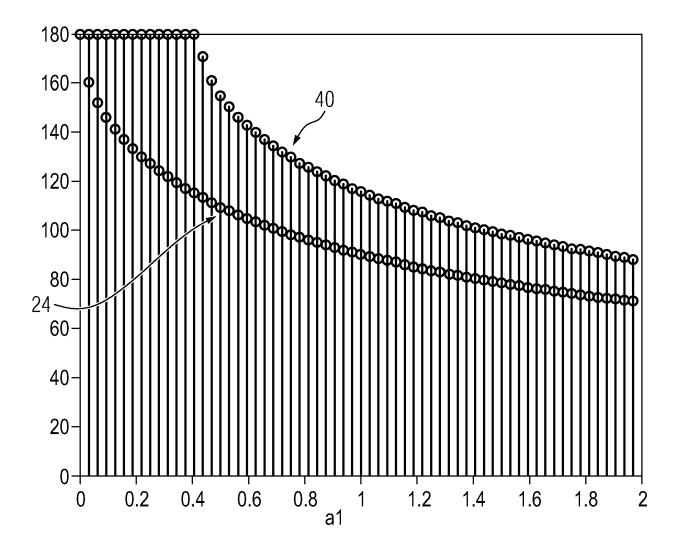






17

Fig. 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung EP 20 18 5489

Kategorie	Kennzeichnung des Dokun der maßgebliche	nents mit Angabe, soweit erforderlich, en Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y A	27. März 2019 (2019	VANTOS PTE LTD [SG]) 1-03-27) bsatz [0031]; Abbildung	1-3,5-7, 11-13 4,8-10	INV. H04R25/00
Υ		? (With Mic Examples) -	1-3,5-7, 11-13	
		t: crophone.com/what-is-a- rdioid-microphone-with-		
А	DE 10 2017 206788 E [SG]) 2. August 201 * das ganze Dokumer		1,13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
А	WO 2004/057914 A1 (RASMUSSEN KARSTEN E 8. Juli 2004 (2004- * Zusammenfassung;	0 [DK]) 07-08)	1,10-13	H04R
Α	EP 2 262 285 A1 (07 15. Dezember 2010 (* Zusammenfassung;	1,10,13		
Α	US 8 666 090 B1 (TC 4. März 2014 (2014- * Zusammenfassung;	1,10,13		
Der vo	rliegende Recherchenbericht wu	rde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	<u> </u>	Prüfer
	Den Haag	4. November 2020	Str	eckfuss, Martin
X : von Y : von ande A : tech O : nich	ATEGORIE DER GENANNTEN DOKI besonderer Bedeutung allein betrach besonderer Bedeutung in Verbindung ren Veröffentlichung derselben Kateg nologischer Hintergrund tschriftliche Offenbarung ichenliteratur	E: älteres Patentdok nach dem Anmelc mit einer D: in der Anmeldung oorie L: aus anderen Grür	ument, das jedoo ledatum veröffen g angeführtes Dol nden angeführtes	tlicht worden ist kument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 20 18 5489

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Patentdokumente 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.

04-11-2020

	m Recherchenbericht eführtes Patentdokument	:	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
E	P 3461147	A1	27-03-2019	AU CN DE EP US	2018204636 109474876 102017215823 3461147 2019075405	A B3 A1	21-03-2019 15-03-2019 20-09-2018 27-03-2019 07-03-2019
	DE 102017206788	В3	02-08-2018	CN DE DK EP JP JP US	108737931 102017206788 3393143 3393143 6567724 2018186500 2018310105	B3 T3 A1 B2 A	02-11-2018 02-08-2018 02-12-2019 24-10-2018 28-08-2019 22-11-2018 25-10-2018
h	<i>(</i> 0 2004057914	A1	08-07-2004	AT AU DE DK EP US WO	373940 2003287873 60316474 1579728 1579728 2006115097 2004057914	A1 T2 T3 A1 A1	15-10-2007 14-07-2004 26-06-2008 11-02-2008 28-09-2005 01-06-2006 08-07-2004
E	EP 2262285	A1	15-12-2010	AU CN DK EP US	2010202218 101924979 2262285 2262285 2010303267	A T3 A1	16-12-2010 22-12-2010 27-02-2017 15-12-2010 02-12-2010
- U	IS 8666090	B1	04-03-2014	KE]	[NE		
EPO FORM P0461							

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