



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.01.2024 Patentblatt 2024/02**

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

(21) Anmeldenummer: **23179264.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H04R 25/407; H04R 25/405; H04R 2225/43**

(22) Anmeldetag: **14.06.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **ROSENKRANZ, Tobias Daniel**  
**91058 Erlangen (DE)**  
• **BÜRGER, Michael**  
**91058 Erlangen (DE)**  
• **KECANOVIC, Sandro**  
**91058 Erlangen (DE)**

(30) Priorität: **06.07.2022 DE 102022206916**

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

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

(54) **VERFAHREN ZUR DIREKTIONALEN SIGNALVERARBEITUNG FÜR EIN HÖRINSTRUMENT**

(57) Die Erfindung nennt ein Verfahren zur Richtungs-Signalverarbeitung für ein Hörinstrument (1), wobei durch einen ersten Eingangswandler (M1) und einen zweiten Eingangswandler (M2) des Hörinstrumentes (1) aus einem Schallsignal (4) der Umgebung ein erstes Eingangssignal (E1) bzw. ein zweites Eingangssignal (E2) erzeugt wird, wobei anhand des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) jeweils ein erstes vorderes Zwischensignal (Z1v) sowie ein erstes hinteres Zwischensignal (Z1h) gebildet werden, und wobei, insbesondere frequenzbandweise, eine erste Überlagerung (U1) des ersten vorderen Zwischensignals (Z1v) und des ersten hinteren Zwischensignals (Z1h) mittels eines komplexwertigen ersten Überlagerungsparameters ( $a_1$ ) gebildet wird, und anhand des ersten Überlagerungsparameters ( $a_1$ ) adaptiert wird. Hierbei ist vorgesehen, dass ein aus besagter Adaption der ersten Überlagerung (U1) resultierender komplexer Wert ( $a_{1.0}$ )

des ersten Überlagerungsparameters ( $a_1$ ) umgerechnet wird in einen ersten alternativen Parameter ( $ap_1$ ) und einen zweiten alternativen Parameter ( $ap_2$ ), wobei wenigstens der zweite alternative Parameter ( $ap_2$ ) eine wenigstens halbkreis-weise monotone Beziehung zu einem Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit der ersten Überlagerung (U1) aufweist, wobei der Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit auf einen vorgegebenen Winkelbereich ( $\Delta\theta$ ) begrenzt wird über eine entsprechende Begrenzung des zweiten alternativen Parameters ( $ap_2$ ), und dabei ein begrenzter zweiter alternativer Parameter ( $ap_2'$ ) gebildet wird, und wobei anhand des ersten alternativen Parameters ( $ap_1$ ) und des begrenzten zweiten alternativen Parameters ( $ap_2'$ ) sowie anhand einer Überlagerung des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) ein Ausgangssignal (out) erzeugt wird.

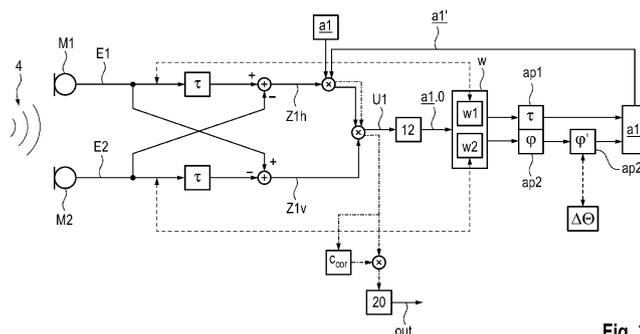


Fig. 3

## Beschreibung

5 [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörinstrument, wobei durch einen ersten bzw. zweiten Eingangswandler des Hörinstrumentes aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes bzw. zweites Eingangssignal erzeugt werden, wobei anhand des ersten und des zweiten Eingangssignals jeweils ein  
10 erstes vorderes Zwischensignal sowie ein erstes hinteres Zwischensignal gebildet werden, wobei, insbesondere frequenzbandweise, eine erste Überlagerung des ersten vorderen Zwischensignals und des ersten hinteren Zwischensignals mittels eines ersten Überlagerungsparameters gebildet wird, und anhand des ersten Überlagerungsparameters adaptiert wird, und wobei anhand eines Wertes des ersten Überlagerungsparameters sowie anhand einer insbesondere zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals ein Ausgangssignal erzeugt wird.

15 [0002] In Hörinstrumenten wie z.B. Hörgeräten zur Versorgung einer Schwerhörigkeit eines Trägers wird aus einem Umgebungsschall durch eine Anzahl an Eingangswandlern wie z.B. Mikrofonen eine entsprechende Anzahl an Eingangssignalen erzeugt, welche die Luftdruckschwankungen des Umgebungsschalls am jeweiligen Eingangswandler repräsentieren. Anhand des bzw. der Eingangssignale wird durch eine Signalverarbeitung ein Ausgangssignal erzeugt, welches durch einen Ausgangswandler des Hörinstrumentes (z.B. einen Lautsprecher) in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt wird. Die Signalverarbeitung kann dabei bevorzugt auf die audiologischen Anforderungen des Trägers (also etwa eine Hörschwäche) abgestimmt sein, und dabei insbesondere eine frequenzbandweise Verstärkung und/oder Kompression beinhalten.

20 [0003] Im Falle von zwei (oder mehr) Eingangswandlern in einem Hörinstrument kann zudem eine direktionale Verarbeitung der so erzeugten Eingangssignale erfolgen. Hierdurch kann, etwa als ein Zwischensignal bei der Erzeugung des Ausgangssignals, ein Richtsignal generiert werden, welches auf eine angenommene Nutzsignalquelle (meist einen Gesprächspartner o.ä.) ausgerichtet ist, und/oder welches Störquellen durch ein räumliches "Ausblenden" unterdrückt.

25 [0004] Ein derartiges Ausblenden kann mittels einer zeitverzögerten Überlagerung der beiden Eingangssignale erfolgen, oder auch mittels zweier verschiedener derartiger Überlagerungen, etwa mittels eines sog. Cardioid- und eines Anticardioid-Signals, welche ihrerseits adaptiv überlagert werden. Ein potentielles Problem hierbei ist jedoch, dass das möglichst vollständige Ausblenden einer Störquelle dabei einen möglichst identischen Signalpegel in den beiden (oder mehreren) Eingangswandlern des Hörinstrumentes erfordert. Infolge von Abschattungseffekten sowohl durch den Kopf (oder auch Teile des Außenohres) des Trägers, als auch durch das Gehäuse des Hörinstrumentes ist dies oftmals nicht gegeben, weshalb ein Eingangssignal für ein vollständiges Ausblenden einer gerichteten Störquelle entsprechend durch  
30 einen dann winkelabhängigen Verstärkungsfaktor anzupassen ist. Ein solcher Verstärkungsfaktor ist jedoch oftmals schwer zu ermitteln. Überdies kann ein derartiger Verstärkungsfaktor zu starken Schwankungen auch eines Nutzsignals führen, was unerwünscht ist. Eine weitere Herausforderung stellt zudem noch die zusätzliche Anforderung dar, dass das besagte Ausblenden der Störquelle oftmals auf einen bestimmten Winkelbereich bzgl. des Sichtfeldes des Trägers zu begrenzen ist (etwa auf den hinteren Halbraum).

35 [0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörinstrument anzugeben, welches möglichst robust ist gegen unterschiedliche Signalpegel der einzelnen beteiligten Eingangssignale, und welches eine effiziente Einschränkung eines Winkels der minimalen Empfindlichkeit eines resultierenden Richtsignals erlaubt.

40 [0006] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur direktionalen Signalverarbeitung für ein Hörinstrument, wobei durch einen ersten Eingangswandler des Hörinstrumentes aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei durch einen zweiten Eingangswandler des Hörinstrumentes aus dem Schallsignal der Umgebung ein zweites Eingangssignal erzeugt wird, und wobei anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals jeweils, und bevorzugt durch eine insbesondere zeitverzögerte Überlagerung,  
45 ein erstes vorderes Zwischensignal sowie ein erstes hinteres Zwischensignal gebildet werden.

[0007] Hierbei ist vorgesehen, dass, insbesondere frequenzbandweise, eine erste Überlagerung des ersten vorderen Zwischensignals und des ersten hinteren Zwischensignals mittels eines komplexwertigen ersten Überlagerungsparameters gebildet wird, und anhand des ersten Überlagerungsparameters adaptiert wird, wobei ein aus besagter Adaption der ersten Überlagerung resultierender komplexer Wert des ersten Überlagerungsparameters umgerechnet wird in ein  
50 entsprechendes Paar an reellwertigen alternativen Parametern, bestehend aus einem ersten alternativen Parameter und einem zweiten alternativen Parameter, wobei wenigstens der zweite alternative Parameter eine wenigstens halbkreis-weise monotone Beziehung zu einem Winkel minimaler Empfindlichkeit der ersten Überlagerung aufweist, wobei der Winkel minimaler Empfindlichkeit modifiziert wird über eine entsprechende Modifizierung des zweiten alternativen Parameters, und dabei ein modifizierter zweiter alternativer Parameter gebildet wird, und wobei anhand des ersten alternativen Parameters und des modifizierten zweiten alternativen Parameters sowie anhand einer Überlagerung des  
55 ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals ein Ausgangssignal erzeugt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

**[0008]** Als ein Hörinstrument ist hierbei generell jedwede Vorrichtung umfasst, welche dazu eingerichtet ist, mittels mindestens zweier Eingangswandler mindestens zwei entsprechende Eingangssignale zu erzeugen, und anhand dieser durch eine entsprechende Verarbeitung ein Ausgangssignal zu generieren, welches durch einen Ausgangswandler in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt und einem Gehör eines Trägers dieser Vorrichtung zugeführt wird. Insbesondere kann hierbei als Hörinstrument ein mit den entsprechenden Eingangswandlern ausgestatteter Kopfhörer (z.B. als "Ear-plug"), ein Headset, eine Datenbrille mit Lautsprecher, etc. umfasst sein. Als ein Hörinstrument ist aber auch ein Hörgerät im engeren Sinne umfasst, also ein Gerät zur Versorgung einer Hörschwäche des Trägers, in welchem die mittels der Eingangswandler aus einem Umgebungsschall erzeugten Eingangssignale in Abhängigkeit der audiologischen Anforderungen des Trägers zu besagtem Ausgangssignal verarbeitet und dabei insbesondere frequenzbandabhängig verstärkt und/oder komprimiert werden, sodass das Ausgangsschallsignal dazu geeignet ist, insbesondere benutzerspezifisch die Hörschwäche des Trägers zumindest teilweise zu kompensieren.

**[0009]** Als ein (insbesondere elektroakustischer) Eingangswandler ist hierbei jedwede Vorrichtung umfasst, welche dazu vorgesehen und eingerichtet ist, aus dem Schallsignal der Umgebung ein entsprechendes elektrisches Signal zu erzeugen (das zugehörige Eingangssignal), dessen Spannungs- bzw. Stromschwankungen bevorzugt die Schwankungen des Luftdrucks des Schallsignals repräsentieren und im Rahmen der jeweiligen Auflösung wiedergeben. Insbesondere ist hierbei als ein Eingangswandler ein Mikrofon umfasst.

**[0010]** Insbesondere wird dabei der Winkel minimaler Empfindlichkeit als Modifikation auf einen vorgegebenen Winkelbereich begrenzt über eine entsprechende Begrenzung des zweiten alternativen Parameters, und dabei als modifizierter weiterer alternativer Parameter ein begrenzter zweiter alternativer Parameter gebildet, wobei anhand des ersten alternativen Parameters und des begrenzten zweiten alternativen Parameters sowie anhand einer Überlagerung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals ein Ausgangssignal erzeugt wird.

**[0011]** Anhand einer Modifikation, insbesondere einer Begrenzung, des ersten alternativen Parameters kann in vorteilhafter Weise eine minimale Empfindlichkeit (also insbesondere eine Tiefe eines sog. "Notches") beim entsprechenden Winkel modifiziert werden.

**[0012]** Unter der Bildung bzw. Erzeugung eines resultierenden Signals anhand eines oder mehrerer eingehender Signale ist insbesondere zu verstehen, dass die jeweiligen Signalanteile der eingehenden Signale, insbesondere frequenzbandweise, gemäß einer Abbildungsvorschrift in das betreffende, resultierende Signal eingehen, sodass bevorzugt eine monotone, besonders bevorzugt lineare Relation zwischen den Amplituden und/oder Einhüllenden und/oder Signalpegeln der eingehenden Signale und der jeweils entsprechenden Größe des resultierenden Signals besteht.

**[0013]** Das erste vordere Zwischensignal und das erste hintere Zwischensignal werden hierbei bevorzugt jeweils anhand zueinander symmetrischer Abbildungsvorschriften, insbesondere als zeitverzögerte Überlagerungen, aus dem ersten und dem zweiten Eingangssignal erzeugt, sodass die Richtcharakteristiken der beiden ersten Zwischensignale, bezogen auf den freien Raum, symmetrisch zueinander sind. Das erste vordere Zwischensignal und das erste hintere Zwischensignal können jedoch auch anhand von zueinander unterschiedlichen (insbesondere nicht symmetrischen) Abbildungsvorschriften erzeugt werden, wobei bevorzugt die beiden genannten Zwischensignale linear unabhängig voneinander sind. Insbesondere ist denkbar, dass eines der Zwischensignale eine omnidirektionale Richtcharakteristik aufweist.

**[0014]** Die erste Überlagerung  $U_1$  wird dabei insbesondere gebildet in der Form

$$(i) \quad U_1(\omega, t) = Z_{1v}(\omega, t) + \underline{a_1}(\omega, t) \cdot Z_{1h}(\omega, t),$$

wobei  $Z_{1v}$  und  $Z_{1h}$  jeweils das erste vordere bzw. hintere Zwischensignal bezeichnet,  $\underline{a_1} \in \mathbb{C}$  den ersten Überlagerungsparameter, sowie  $\omega$  und  $t$  ein Frequenz- bzw. ein diskreter Zeitindex sind.

**[0015]** Die Adaption der ersten Überlagerung anhand des ersten Überlagerungsparameters umfasst insbesondere, dass die erste Überlagerung (die eigentliche Überlagerung, bspw. nach Gleichung (i), wird hierbei synonym zum aus der besagten Überlagerung resultierenden Signal verwendet) bezüglich einer Kenngröße wie etwa der Gesamtenergie, des Gesamtpegels oder einer Abweichung von einem Referenzsignal o.ä. über den ersten Überlagerungsparameter optimiert wird, wobei die Optimierung numerisch auch in mehreren Schritten erfolgen kann, sodass der erste Überlagerungsparameter (selbst für einen gegebenen Zeitindex) über die Adaption hin zu einem Wert konvergiert (welcher etwa anhand eines Grenzwertes für eine Schrittweite zwischen zwei Adaptionsschritten bestimmt werden kann).

**[0016]** Der Wert des ersten Überlagerungsparameters, welcher also allgemein einen Real- und Imaginärteil aufweist, wird nun umgerechnet in ein Paar an reellwertigen, alternativen Parametern, also einen ersten alternativen Parameter und einen zweiten alternativen Parameter, wobei letztgenannter eine monotone Beziehung zu einem Winkel minimaler Empfindlichkeit der ersten Überlagerung aufweist.

**[0017]** Dies kann insbesondere anhand folgender Überlegung motiviert werden: Für ein bevorzugt stationäres Schall-

signal, welches auf das Hörinstrument bezüglich dessen Frontalrichtung (definiert insbesondere anhand der Richtung vom zweiten zum ersten Eingangswandler) in einem Winkel von  $\theta$  auftrifft, beträgt die relative Transferfunktion vom ersten zum zweiten Eingangswandler (also der Amplituden- und Phasenunterschied infolge der Propagation des Schallsignals von der Schallquelle beim Winkel  $\theta$  zum zweiten statt zum ersten Eingangswandler)  $A_\theta \cdot e^{-i\omega\tau \cos \theta}$ , wobei  $A_\theta$  ein winkelabhängiger Amplitudenfaktor ist (der u.a. Abschattungseffekte durch den Kopf des Trägers oder durch das Gehäuse des Hörinstrumentes berücksichtigt). Es kann nun bei geeigneter Wahl der beiden alternativen Parameter, insbesondere durch eine Relation zwischen dem Wert des ersten Überlagerungsparameters und der besagten relativen Transferfunktion, eine wenigstens halbkreis-weise monotone Beziehung zwischen dem zweiten alternativen Parameter und dem Winkel minimaler Empfindlichkeit der ersten Überlagerung gebildet werden.

**[0018]** Unter einer wenigstens halbkreis-weise monotonen Beziehung ist insbesondere umfasst, dass die Beziehung zwischen dem zweiten alternativen Parameter und dem Winkel minimaler Empfindlichkeit wenigstens für einen Winkel-

bereich des besagten Winkels gilt, welcher wenigstens einen Halbkreis überdeckt, d.h., dass ein  $\Psi \in \mathbb{R}$  existiert, sodass die besagte monotone Beziehung wenigstens für einen Winkelbereich von  $[\psi, \psi + \pi]$  gilt.

**[0019]** Anhand des zweiten alternativen Parameters kann nun über die besagte monotone Beziehung (und ggf. über ein Vorzeichen des Winkels und/oder eine Transformation des Winkels minimaler Empfindlichkeit um  $\pi$ ) dieser Winkel auf einen gewünschten, vorgegebenen Winkelbereich, also z.B. auf den hinteren Halbraum ( $\theta \in [90^\circ, 270^\circ]$ ), oder einen engeren "Keil" im hinteren Halbraum (z.B.  $\theta \in [120^\circ, 240^\circ]$ ), begrenzt werden, indem der Wertebereich des alternativen zweiten Parameters auf ein entsprechendes Intervall beschränkt wird (und dabei ggf. ein Vorzeichen des besagten Winkels  $\theta$  bezüglich der Frontal- bzw. der  $180^\circ$ -Richtung berücksichtigt wird).

**[0020]** Durch die besagte Beschränkung des Winkels minimaler Empfindlichkeit auf den vorgegebenen Winkelbereich erfolgt somit eine Anpassung des alternativen zweiten Parameters auf das der besagten Winkelbeschränkung entsprechende Intervall des Wertebereichs dieses zweiten alternativen Parameters, wodurch insbesondere eine Erzeugung des begrenzten zweiten alternativen Parameters erfolgt. Dieser begrenzte zweite alternative Parameter kann dabei bevorzugt identisch zum zweiten alternativen Parameter sein, wenn der zugehörige Winkel  $\theta$  der minimalen Empfindlichkeit bereits innerhalb des vorgegebenen Winkelbereichs liegt, oder andernfalls durch einen Grenzwert eines solchen Intervalls gegeben sein.

**[0021]** Anhand dieses begrenzten zweiten alternativen Parameters und einer Überlagerung des ersten und des zweiten Eingangssignals wird nun ein Ausgangssignal erzeugt. Dies kann insbesondere durch eine Umkehr der Berechnung der beiden alternativen Parameter aus dem ersten Überlagerungsparameter dahingehend erfolgen, dass anhand des ersten alternativen Parameters und des begrenzten zweiten alternativen Parameters ein angepasster erster Überlagerungsparameter gebildet wird, und entsprechend die Überlagerung der beiden Eingangssignale zur Erzeugung des Ausgangssignals gegeben ist durch die erste Überlagerung (welche infolge ihrer Erzeugung aus dem ersten vorderen und ersten hinteren Zwischensignal ja ebenfalls eine Überlagerung der beiden Eingangssignale darstellt), jedoch nun mit dem ersten angepassten Überlagerungsparameter.

**[0022]** Das Ausgangssignal kann direkt durch einen Ausgangswandler des Hörinstrumentes (etwa einen Lautsprecher) in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt werden, welches dem Gehör des Trägers des Hörinstrumentes zugeführt wird. Alternativ dazu kann das Ausgangssignal des Verfahrens noch weitere Signalverarbeitungsschritte durchlaufen (etwa weitere Rauschunterdrückung und/oder frequenzbandweise Verstärkung bzw. Kompression), bevor daraus das Ausgangsschallsignal erzeugt wird. Insbesondere kann dabei dem Ausgangssignal noch ein weiteres Signal vor der Umwandlung in das Ausgangsschallsignal beigemischt werden. Ein solches Paar alternativer Parameter kann insbesondere dadurch gebildet werden, dass die erste Überlagerung  $U_1$  nach Gleichung (i) durch eine entsprechende Umrechnung in der Basis der beiden Eingangssignale dargestellt wird als

$$(ii) \quad U_1 = E_1 \cdot w_1 + E_2 \cdot w_2 = \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{w}$$

mit dem Vektor der Eingangssignale  $\mathbf{E}^T = (E_1, E_2)$  und dem Koeffizientenvektor  $\mathbf{w} = (w_1, w_2)^T$ , wobei die Koeffizienten  $w_1$  und  $w_2$  von der konkreten Form der Erzeugung des ersten vorderen und hinteren Zwischensignals  $Z_{1v}$ ,  $Z_{1h}$  in Gleichung (i) abhängen.

**[0023]** Um ein besseres Verständnis für den Koeffizientenvektor  $\mathbf{w}$  zu gewinnen, wird die zugrunde liegende Adaption der ersten Überlagerung  $U_1$  einem Finite-Impulse-Response-Filter (FIR-Filter) 1- Ordnung zugeordnet, welches dann eine Art "spatial sampling" des Schallsignals durchführt. Das zugehörige Filterpolynom lautet

$$(iii) \quad P(z) = w_1 + w_2 \cdot z^{-1}.$$

**[0024]** Die Nullstellen des Polynoms in Gleichung (iii) lauten  $z_0 = -w_2/w_1$ , und sind bis auf einen komplexen Vorfaktor  $\underline{c} \in \mathbb{C}$  eindeutig bestimmt. Entsprechend weisen Signale, welche sich von der ersten Überlagerung  $U_1$  um einen

5 solchen skalaren Vorfaktor  $\underline{c} \in \mathbb{C}$  unterscheiden, hinsichtlich ihrer Richtwirkung dieselben Eigenschaften auf wie diese.

**[0025]** Angesichts der besagten Uneindeutigkeit der Nullstelle des FIR-Filters nach Gleichung (iii), welches der Adaption der ersten Überlagerung zugeordnet ist, wird nun der Koeffizientenvektor gesetzt zu  $\mathbf{w}_0 = \underline{c} \cdot [1, -r \cdot e^{i\varphi}]$ , wobei die relative Phase  $\varphi$  und der Quotient  $r$  der Beträge der beiden Koeffizienten  $w_2/w_1$ , wie bereits erwähnt, abhängen von der konkreten Ausgestaltung des ersten vorderen und hinteren Zwischensignals  $Z_{1v}, Z_{1h}$ . Der erste alternative Parameter lässt sich nun bilden anhand des besagten Quotienten  $r$  (welcher also das Verhältnis der Beträge der Koeffizienten angibt), und insbesondere als diesen, der zweite alternative Parameter anhand der relativen Phase  $\varphi$  der Koeffizienten zueinander, und insbesondere als diese.

15 **[0026]** Dies lässt sich erkennen, wenn man, wie oben erwähnt, ein stationäres Schallsignal aus einem Winkel  $\theta$  ansetzt, welches möglichst vollständig abzuschwächen ist. Mit der oben bereits erwähnten relativen Transferfunktion zwischen den beiden Eingangswandlern ergibt sich der Vektor  $\mathbf{E}$  der beiden Eingangssignale als  $\mathbf{E} = E_1 \cdot \mathbf{h}$  mit  $\mathbf{h} = [1, A_\theta \cdot e^{-i\omega\tau \cos \theta}]^T$ . Eine Auslöschung des Schallsignals erfordert dann in der vorliegenden Darstellung

20 
$$(iv) \quad \mathbf{h}^T \cdot \mathbf{w}_0 = 0,$$

bzw.

25 
$$(iv') \quad [1, A_\theta \cdot e^{-i\omega\tau \cos \theta}] \cdot [1, -r \cdot e^{i\varphi}]^T = 0.$$

**[0027]** Eine Lösung, welche sich aus Gleichung (iv') ergibt, ist  $r = 1/A_\theta$ ,  $\varphi = \omega\tau \cdot \cos \theta$ . Hieraus wird deutlich, dass für  $\theta \in [0, \pi]$  ein monotoner Zusammenhang besteht zwischen der relativen Phase  $\varphi$  der beiden Koeffizienten  $w_1, w_2$  der ersten Überlagerung (in der Darstellung der Eingangssignale) und dem Winkel der minimalen Empfindlichkeit. Eine Begrenzung dieses Winkels kann nun über die relative Phase  $\varphi$  als zweiten alternativen Parameter erfolgen.

30 **[0028]** Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn der Wert des ersten Überlagerungsparameters umgerechnet wird in einen entsprechenden reellwertigen zweiten Überlagerungsparameter und einen zugehörigen Wert eines reellwertigen Verstärkungsfaktors, wobei der reellwertige Verstärkungsfaktor einer entsprechenden Verstärkung des zweiten Eingangssignals bei der Bildung des ersten vorderen bzw. hinteren Zwischensignals zugeordnet ist, und der zweite Überlagerungsparameter derart angepasst wird, dass für eine zweite Überlagerung, welche gebildet wird anhand des zweiten Überlagerungsparameters aus dem ersten vorderen Zwischensignal und dem ersten und hinteren Zwischensignal unter Verstärkung des zweiten Eingangssignals mit dem besagten Verstärkungsfaktor, der Winkel minimaler Empfindlichkeit auf den vorgegebenen Winkelbereich begrenzt wird, und hierdurch ein angepasster zweiter Überlagerungsparameter erzeugt wird, und dass anhand des angepassten zweiten Überlagerungsparameters und des Verstärkungsfaktors sowie

40 anhand einer insbesondere zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals erzeugt werden, das Ausgangssignal erzeugt wird.

**[0029]** Der besagte reelle Verstärkungsfaktor  $m \in \mathbb{R}$  entspricht dabei einer Verstärkung des zweiten Eingangssignals bei der Bildung des ersten vorderen bzw. ersten hinteren Zwischensignals. Mit anderen Worten werden anhand

45 des ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1} \in \mathbb{C}$  (für die erste Überlagerung des ersten vorderen und des ersten hinteren

Zwischensignals) also der Verstärkungsfaktor  $m$  und der zweite Überlagerungsparameters  $\underline{a2} \in \mathbb{R}$  derart ermittelt, dass die erste Überlagerung dabei übergeht in eine zweite Überlagerung des ersten vorderen und des ersten hinteren Zwischensignals, wobei bei besagten ersten Zwischensignalen jeweils das zweite Eingangssignal zuvor mit dem Verstärkungsfaktor  $m$  verstärkt, also skaliert wurde, und wobei die zweite Überlagerung dieser Zwischensignale gebildet

wird anhand des zweiten Überlagerungsparameters  $\underline{a2} \in \mathbb{R}$ . Im Allgemeinen ist diese Umrechnung von Real- und

55 Imaginärteil von  $\underline{a1} \in \mathbb{C}$  nach  $(\underline{a2}, m) \in \mathbb{R}^2$  wohldefiniert.

**[0030]** Es ist hierbei nicht zwingend erforderlich, dass besagte zweite Überlagerung (also das resultierende Signal) tatsächlich gebildet wird (etwa analog zur Gleichung (i)); es ist dabei vielmehr ausreichend, lediglich die Umrechnung  $\underline{a1} \rightarrow (\underline{a2}, m)$  gemäß der sich insbesondere aus den Zwischensignalen ergebenden Restriktionen (etwa für den Ver-

stärkungsfaktor) durchzuführen.

**[0031]** Im Idealfall ist dabei der Verstärkungsfaktor nun derart bestimmt, dass eine Überlagerung der ersten Zwischensignale (unter entsprechender voriger Anwendung des Verstärkungsfaktors auf das zweite Eingangssignal bei der Bildung der Zwischensignale) ein vollständiges Ausblenden einer Störquelle ermöglicht, und somit die Funktion einer Pegelanpassung zwischen den beiden Eingangswandlern des Hörinstrumentes übernimmt. In diesem besagten Fall kann nun allgemein eine monotone Beziehung zwischen dem zweiten Überlagerungsparameter  $a_2$  und demjenigen Winkel hergestellt werden, für welchen die o.g. zweite Überlagerung

$$(i') \quad U_2(\omega, t) = Z_{2v}(\omega, t) + a_2(\omega, t) \cdot Z_{2h}(\omega, t),$$

eine minimale Empfindlichkeit bzw. maximale Abschwächung aufweist. Hierbei bezeichnen in Gleichung (i')  $Z_{2v}$  und  $Z_{2h}$  ein zweites vorderes bzw. zweites hinteres Zwischensignal, welche jeweils aus dem ersten vorderen bzw. ersten hinteren Zwischensignal durch eine vorige Verstärkung des zweiten Eingangssignals mit dem besagten Verstärkungsfaktor hervorgehen.

**[0032]** Zwischen dem Winkel einer maximalen Abschwächung der zweiten Überlagerung  $U_2$  und dem zweiten Überlagerungsparameter  $a_2$  kann nun, wie bereits beschrieben, ein monotoner Zusammenhang hergestellt werden (die Monotonie ist hierbei jedoch nur über Winkelbereiche einer halben Kreisumdrehung definiert, also für Winkel  $\theta \in [\gamma, \gamma + \pi]$  mit  $\gamma \in \mathbb{R}$ ).

**[0033]** Der zweite Überlagerungsparameter kann hierbei den zweiten alternativen Parameter bilden, und der Verstärkungsfaktor den ersten alternativen Parameter. Der erste alternative Parameter kann jedoch auch, wie anhand von Gleichung (iv') beschrieben, gebildet werden anhand des Quotienten  $r$  der Beträge der beiden Koeffizienten  $w_1, w_2$  der ersten Überlagerung bezüglich der beiden Eingangssignale, und der zweite alternative Parameter anhand der relativen Phase  $\varphi$  der beiden Koeffizienten zueinander, wobei die Anpassung des zweiten

**[0034]** Überlagerungsparameters anhand der besagten alternativen Parameter  $r$  und  $\varphi$  erfolgt, und so der angepasster zweite Überlagerungsparameter gebildet wird.

**[0035]** Anhand dieses angepassten zweiten Überlagerungsparameters und einer Überlagerung des ersten und des zweiten Eingangssignals wird nun ein Ausgangssignal erzeugt. Die besagte Überlagerung des ersten und des zweiten Eingangssignals kann dabei insbesondere durch die zweite Überlagerung (des zweiten vorderen und zweiten hinteren Zwischensignals) gemäß Gleichung (i') gegeben sein, wobei der angepasste zweite Überlagerungsparameter  $a_2'$  (anstatt des "ursprünglichen" zweiten Überlagerungsparameters  $a_2$ ) zu verwenden ist. Bei der Erzeugung des Ausgangssignals kann insbesondere noch ein Korrekturfilter für den Frequenzgang hinzugefügt werden, um etwa in Frontalrichtung (definiert bspw. durch die Richtung vom zweiten zum ersten Eingangswandler des Hörinstrumentes) einen flachen Frequenzgang sicherzustellen. Das Korrekturfilter kann dabei im Fall, dass die Zeitverzögerung in den betreffenden Überlagerungen anhand eines Frequenzfaktors implementiert wird, insbesondere auch durch einen frequenzabhängigen Korrekturfaktor gegeben sein.

**[0036]** Insbesondere werden also anhand des ersten Eingangssignals und des mittels des reellwertigen Verstärkungsfaktors skalierten zweiten Eingangssignals jeweils, bevorzugt durch eine insbesondere zeitverzögerte Überlagerung, ein zweites vorderes Zwischensignal sowie ein zweites hinteres Zwischensignal gebildet, wobei das Ausgangssignal anhand der zweiten Überlagerung unter Verwendung des angepassten zweiten Überlagerungsparameters erzeugt wird.

**[0037]** Die besagte Überlagerung der beiden Eingangssignale zur Erzeugung des Ausgangssignals kann jedoch auch gegeben sein durch die erste Überlagerung gemäß Gleichung (i), wobei jedoch der Verstärkungsfaktor  $m$  und der angepasste zweite Überlagerungsfaktor  $a_2'$  wieder zurück auf den dann "angepassten" Wert für den ersten Überlagerungsparameter  $a_1'$  abgebildet wird, insbesondere mittels der umgekehrten Abbildungsvorschrift  $(a_2', m) \rightarrow a_1'$ .

**[0038]** Bevorzugt wird das erste hintere Zwischensignal derart gebildet, dass es in einer Frontalrichtung, welche insbesondere anhand einer Richtung vom zweiten Eingangswandler zum ersten Eingangswandler definiert ist, eine relative Abschwächung aufweist, und das erste vordere Zwischensignal derart gebildet, dass es in einer zur Frontalrichtung entgegengesetzten Richtung eine relative Abschwächung aufweist. Insbesondere sind das erste vordere und das erste hintere Zwischensignal symmetrisch zueinander. Insbesondere gilt besagtes auch für das zweite vordere und zweite hintere Zwischensignal. Unter einer relativen Abschwächung ist insbesondere ein lokales und bevorzugt über alle Winkel globales Minimum der Empfindlichkeit zu verstehen. Dieses Minimum muss dabei nicht zwingend eine maximale Abschwächung im Sinne eines totalen Ausblendens bedeuten, sondern kann für die ersten Zwischensignale insbesondere auch endliche Werte für die jeweilige Empfindlichkeit annehmen.

**[0039]** Günstigerweise werden das erste vordere Zwischensignal und das erste hintere Zwischensignal jeweils anhand einer zeitverzögerten Überlagerung der beiden Eingangssignale erzeugt, wobei dabei für das erste vordere Zwischen-

signal das zweite Eingangssignal und für das erste hintere Zwischensignal das erste Eingangssignal, bevorzugt jeweils um die akustische Laufzeit zwischen den beiden Eingangswandlern, verzögert wird. Hierdurch werden als erste Zwischensignale Richtsignale erzeugt, welche im freien Raum eine cardioid- bzw. anticardioid-förmige Richtcharakteristik aufweisen, und für das vorliegende Verfahren infolge der einfachen und dennoch stabilen Erzeugung besonders geeignet sind.

**[0040]** Zweckmäßigerweise wird dabei wenigstens in einem Frequenzband bevorzugt bis zu einer Bandgrenzfrequenz von bis zu 500 Hz, eine Verzögerung zwischen den Eingangssignalen, insbesondere in der Zeit-Frequenz-Domäne, mittels eines insbesondere zusätzlichen Allpass-Filters implementiert. In der Zeit-Frequenz-Domäne lässt sich eine Verzögerung über einen Phasenfaktor implementieren, welcher von der Mittenfrequenz des betreffenden Frequenzbandes abhängt. Je nach Umsetzung kann diese Mittenfrequenz für das erste Frequenzband jedoch 0 Hz betragen, sodass keine Verzögerung möglich wäre. In diesem Fall ist eine alternative Implementierung der Verzögerung über ein Allpass-Filter günstig. Dies kann aber auch für andere, niedrige Frequenzbänder von Vorteil sein, wenn die Phase innerhalb eines Frequenzbandes große Änderungen aufweist, welche mit einem über das betreffende Frequenzband konstanten Phasenfaktor nur unzureichend abgebildet werden.

**[0041]** Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn in einem ersten Adaptionsschritt ein erster Wert des komplexen ersten Überlagerungsparameters ermittelt wird, der besagte erste Wert des ersten Überlagerungsparameters umgerechnet wird in den entsprechenden ersten und zweiten alternativen Parameter, und hieraus der begrenzte zweite alternative Parameter ermittelt wird, anhand des ersten alternativen Parameters und des begrenzten zweiten alternativen Parameters ein zweiter Wert des ersten Überlagerungsparameters ermittelt wird, und besagter zweiter Wert des ersten Überlagerungsparameters für einen zweiten Adaptionsschritt verwendet wird. Mit anderen Worten ist es nicht erforderlich, dass die Beschränkung des Winkelbereiches für den Winkel der minimalen Empfindlichkeit der zweiten Überlagerung nicht nach dem vollständigen Abschluss der Adaption des ersten Überlagerungsparameters erfolgt. Vielmehr kann auch in einem einzelnen Adaptionsschritt eine solche Beschränkung erfolgen, und der begrenzte zweite alternative Parameter die Basis für den nächsten Adaptionsschritt bilden.

**[0042]** Vorteilhafterweise wird der erste Überlagerungsparameter mittels eines Least-Mean-Squares-Algorithmus und/oder mittels eines Gradientenverfahrens ermittelt. Diese genannten Methoden sind besonders geeignet dazu, den komplexwertigen ersten Überlagerungsparameter mit Real- und Imaginärteil zu adaptieren, also insbesondere die zugehörige erste Überlagerung hinsichtlich einer Kenngröße über den ersten Überlagerungsparameter zu optimieren. Das Gradientenverfahren kann hierbei insbesondere eine Anwendung eines Gradienten des Real- und Imaginärteils bezüglich einer solchen Kenngröße (wie etwa einem Signalpegel oder einer Abweichung von einem Fehler- bzw. Referenzsignal) umfassen.

**[0043]** Die Erfindung nennt weiter ein Hörinstrument, umfassend einen ersten Eingangswandler zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals aus einem Schallsignal der Umgebung, einen zweiten Eingangswandler zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals aus dem Schallsignal der Umgebung, und eine Steuereinheit, wobei das Hörinstrument dazu eingerichtet ist, das vorbeschriebene Verfahren durchzuführen. Das Hörinstrument ist hierbei insbesondere mittels der Steuereinheit dazu eingerichtet, die Verfahrensschritte durchzuführen, in welchen jeweils eine Verarbeitung eines der Eingangssignale oder hiervon abgeleiteter Signale erfolgt. Die Steuereinheit ist hierfür insbesondere mit wenigstens einem Signalprozessor ausgerüstet.

**[0044]** Das erfindungsgemäße Hörinstrument teilt die Vorzüge des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die für das Verfahren und für seine Weiterbildung angegebenen Vorteile können sinngemäß auf das Hörinstrument übertragen werden.

**[0045]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einer Draufsicht Richtcharakteristiken von Zwischensignalen eines Hörinstrumentes,

Fig. 2 in einer Draufsicht die Richtcharakteristiken der Zwischensignale nach Fig. 1 im Fall ungleicher Signalpegel der Eingangswandler,

Fig. 3 in einem Blockdiagramm den Ablauf eines Verfahrens zur direktionalen Signalverarbeitung in einem Hörinstrument, und

Fig. 4 in einem Blockdiagramm eine zum Verfahren nach Fig. 3 alternative Ausgestaltung.

**[0046]** Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0047]** In Figur 1 ist schematisch in einer Draufsicht Richtcharakteristiken für ein Hörinstrument 1 gezeigt. Das Hörinstrument 1 ist dabei ausgestaltet als ein Hörgerät 2, welches zur Versorgung einer Hörschwäche vorgesehen und eingerichtet ist. Das Hörinstrument 1 weist einen ersten Eingangswandler M1 und einen zweiten

**[0048]** Eingangswandler M2 auf, welche zueinander im Abstand  $d$  angeordnet sind, und vorliegend jeweils durch

entsprechende Mikrofone gegeben sind. Aus einem Schallsignal 4 der Umgebung wird durch den ersten Eingangswandler M1 ein erstes Eingangssignal E1 erzeugt, und durch zweiten Eingangswandler M2 ein zweites Eingangssignal E2 erzeugt. Weiter weist das Hörinstrument 1 eine Steuereinheit 5 auf, welche zur Verarbeitung der besagten Eingangssignale E1, E2 eingerichtet ist, und hierfür insbesondere einen (nicht näher dargestellten) Signalprozessor umfasst.

**[0049]** Anhand einer zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals E1 und des zweiten Eingangssignals E2 wird ein erstes vorderes Zwischensignal Z1v erzeugt, wobei die Zeitverzögerung genau der akustischen Laufzeit des Abstands d entspricht:

$$(v) \quad Z1v(\omega, t) = E1(\omega, t) - E2(\omega, t - \tau),$$

bzw.

$$(v') \quad Z1v(\omega, t) = E1(\omega, t) - e^{-i\omega\tau} E2(\omega, t)$$

**[0050]** Im Idealfall, dass die Signalpegel des ersten und des zweiten Eingangssignals E1, E2 identisch sind (und insbesondere keine Abschattungseffekte sowie über den Abstand d keine Abschwächung erfolgt), weist das erste vordere Zwischensignal eine cardioid-förmige Richtcharakteristik auf (gestrichelte Linie). In einer zur Gleichung (v) bzw. (v') vergleichbaren Weise, jedoch unter Verzögerung des ersten Eingangssignals E1, wird ein erstes hinteres Zwischensignal  $Z1h = e^{-i\omega\tau} E1 - E2$  erzeugt. Im bereits angesprochenen Idealfall weist das erste hintere Zwischensignal Z1v eine anticardioid-förmige Richtcharakteristik auf (gepunktete Linie), welches in einer Frontalrichtung 6 seine maximale Abschwächung hat. Die Richtung maximaler Abschwächung des ersten vorderen Zwischensignals Z1v ist der Frontalrichtung 6 entgegengesetzt.

**[0051]** Aus dem ersten vorderen und dem ersten hinteren Zwischensignal wird nun anhand eines komplexwertigen

ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1} \in \mathbb{C}$  eine erste Überlagerung U1 gemäß Gleichung (i) gebildet, wobei der Wert des ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1}$  (also sein Real- und Imaginärteil) durch eine Adaption der ersten Überlagerung U1 bestimmt werden, etwa durch eine Minimierung der Signalenergie bzw. des Pegels mittels eines Gradientenverfahrens. Eine Störquelle 8, welche zum Schallsignal 4 der Umgebung einen gerichteten Störschall 10 beiträgt, kann nun mittels der ersten Überlagerung U1 "ausgeblendet" werden, wie die Richtcharakteristik der ersten Überlagerung U1 (durchgezogene Linie) zeigt. Diese Richtcharakteristik weist beim Winkel  $\theta$ , in welchem gerade die Störquelle 8 liegt, die maximale Abschwächung auf.

**[0052]** Ist jedoch der Signalpegel für die beiden Eingangssignale E1, E2 etwa infolge von Abschattungseffekten (bspw. durch den Kopf und/oder die Pinna des Trägers des Hörinstrumentes 1, aber auch durch das Gehäuse des Hörinstrumentes 1) nicht gleich, so kann es je nach Art dieser Abschattungseffekte dazu kommen, dass z.B. die Abschwächung für das erste hintere Zwischensignal Z1h in der Frontalrichtung 6 nicht mehr vollständig ist, sondern einen endlichen Wert hat. Vergleichbares kann abhängig von den konkreten Pegeldifferenzen der Eingangssignale E1, E2 für das erste vordere Zwischensignal Z1v gelten. Hierdurch kann ggf. anhand der ersten Überlagerung U1 in Richtung der Störquelle 8 keine vollständige Abschwächung und somit auch kein vollständiges Ausblenden des Störschalls 10 mehr erzielt werden.

**[0053]** Dieser Sachverhalt ist schematisch in einer Draufsicht in Figur 2 dargestellt. Das erste vordere Zwischensignal Z1v (gestrichelte Linie) und das erste hintere Zwischensignal Z1h weisen nun jeweils eine Richtcharakteristik auf, welche in manchen Richtungen keine vollständige mehr Abschwächung ermöglicht. Aus diesem Grund ist auch die erste Überlagerung U1 (nicht dargestellt), gebildet gemäß Gleichung (i) anhand des ersten vorderen und hinteren Zwischensignals Z1v, Z1h nach Figur 2, im vorliegenden Fall nicht dazu geeignet, die Störquelle 8 vollständig auszublenden.

**[0054]** Zur Behebung dieses Problems wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches anhand eines Blockdiagramms in Figur 3 dargestellt wird. In Figur 3 wird das Schallsignal 4 der Umgebung nach Figur 1, welches den Störschall 10 der gerichteten Störquelle 8 (jeweils nicht dargestellt) umfasst, durch den ersten bzw. zweiten Eingangswandler M1, M2 in das erste bzw. zweite Eingangssignal E1, E2 umgewandelt. Aus den beiden Eingangssignalen E1, E2 werden jeweils durch zeitverzögerte Überlagerung das erste vordere bzw. erste hintere Zwischensignal Z1v, Z1h gebildet (siehe Beschreibung zu Figur 1, insbesondere Gleichung (ii')):

$$(v'') \quad Z1v = E1 - e^{-i\omega\tau} E2,$$

$$(vi) \quad Z1h = e^{-i\omega\tau} E1 - E2.$$

[0055] Im Allgemeinen sind die Signalpegel des ersten und zweiten Eingangssignals E1, E2 nicht gleich, sodass das erste vordere bzw. erste hintere Zwischensignal Z1v, Z1h Richtcharakteristiken vergleichbar den in Figur 2 gezeigten aufweisen.

5 [0056] Anhand eines komplexen ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1} \in \mathbb{C}$  wird nun aus dem ersten vorderen und dem ersten hinteren Zwischensignal Z1v, Z1h eine erste Überlagerung U1 gemäß Gleichung (i) gebildet. Diese erste Überlagerung U1 wird einer Adaption 12 unterzogen, in welcher ein konkreter Wert  $\underline{a1.0}$  für den ersten Überlagerungsparameter a1 ermittelt wird. Die Adaption 12 kann dabei z.B. in einer Minimierung der Signalenergie der ersten Überlagerung U1 durch ein Gradientenverfahren bezüglich des Real- und Imaginärteils des ersten Überlagerungsparameters a1 erfolgen o.ä.

10 [0057] Gemäß Gleichung (i), (v'') und (vi) ergibt sich für die erste Überlagerung U1:

$$(vii) \quad U1 = E1 \cdot (1 + \underline{a1} e^{-i\omega\tau}) - E2 \cdot (e^{-i\omega\tau} + \underline{a1})$$

$$= E1 \cdot w1 + E2 \cdot w2,$$

$$(ii) \quad U1 = \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{w}$$

20 mit dem Vektor der Eingangssignale  $\mathbf{E}^T = (E1, E2)$  und dem Koeffizientenvektor  $\mathbf{w} = (w1, w2)^T$ , wobei die konkrete Form der Koeffizienten w1 und w2 nun durch Gleichung (vii) gegeben ist.

[0058] Für das weitere Vorgehen wird daher der Koeffizientenvektor  $\mathbf{w}$  nach Gleichung (vii) in die Form  $\mathbf{w}_0$  nach Gleichung (iv') gebracht, wobei sich

$$(viii) \quad r e^{i\phi} = \frac{e^{-i\omega\tau} + \underline{a1}}{1 + \underline{a1} e^{-i\omega\tau}}$$

30 ergibt. Die relative Phase  $\phi$  ergibt sich dabei schlicht aus dem Argument der rechten Seite von Gleichung (viii), der Faktor r ist gegeben durch den Quotienten r der Beträge der Koeffizienten w2/w1 nach Gleichung (vii). Letzterer wird nun verwendet als ein erster alternativer Parameter ap1, die relative Phase  $\phi$  als ein zweiter alternativer Parameter ap2. Diese kann nun gemäß der sich aus Gleichung (iv') ergebenden Beziehung  $e^{i\phi - i\omega\tau \cos\theta}$  verwendet werden, um einen Winkelbereich  $\Delta\theta$  für den Winkel  $\theta$  zu begrenzen, wodurch sich eine begrenzte relative Phase  $\phi'$  bzw. ein begrenzter alternativer zweiter Parameter ap2' ergibt. Insbesondere kann diese begrenzte relative Phase  $\phi'$  zur relativen Phase  $\phi$  identisch sein, wenn der Winkel  $\theta$  der minimalen Empfindlichkeit der ersten Überlagerung U1 bereits im gewünschten Winkelbereich  $\Delta\theta$  (etwa dem hinteren Halbraum bzgl. der Frontalrichtung 6) liegt.

35 [0059] Durch die angepasste relative Phase  $\phi'$  erfolgt in Gleichung (viii) auch eine entsprechende Anpassung des ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1}$ . Die Gleichung (viii) kann dann nach diesem angepassten ersten Überlagerungsparameter  $\underline{a1}'$  aufgelöst werden zu

$$\underline{a1}' = \frac{e^{-i\omega\tau} - r e^{i\phi'}}{r e^{i\phi'} - i\omega\tau - 1}.$$

40 [0060] Anhand der so angepassten ersten Überlagerung U1' (gestrichpunktete Linie) mit besagtem angepassten ersten Überlagerungsparameter  $\underline{a1}'$  kann nun ein Ausgangssignal Out erzeugt werden, wobei die angepasste erste Überlagerung U1' u.a. insbesondere noch mit einem Korrekturfaktor  $c_{cor}$  zur Korrektur des Frequenzgangs multipliziert wird, sodass in Frontalrichtung 6 der Frequenzgang des Ausgangssignals Out flach ist. Überdies können noch weitere Signalverarbeitungsschritte 20 wie etwa Rausch- oder Rückkopplungsunterdrückung etc., aber auch frequenzbandabhängige Anhebung abhängig von den audiologischen Vorgaben des Trägers o.ä. zwischengeschaltet sein.

45 [0061] In Figur 4 ist anhand eines Blockdiagramms eine alternative Ausgestaltung des Verfahrens nach Figur 3 dargestellt. Wie in jenem wird anhand des ersten Überlagerungsparameters a1 die erste Überlagerung U1 gebildet, und in der Adaption 12 der Wert  $\underline{a1.0}$  des ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1}$  ermittelt. In einem nächsten Schritt wird nun der Wert  $\underline{a1.0}$  des ersten Überlagerungsparameters  $\underline{a1}$  auf einen reellwertigen zweiten Überlagerungsparameter

$\underline{a2} \in \mathbb{R}$  und einen reellwertigen Verstärkungsfaktor  $m \in \mathbb{R}$  abgebildet, wobei letztgenannter dem zweiten Eingangssignal E2 zugeordnet ist.

**[0062]** Um den Zusammenhang zwischen dem ersten Überlagerungsparameter  $a_1$  (bzw. aus dessen Wert  $a_{1.0}$ ) und den konkreten Werten des zweiten Überlagerungsparameters  $a_2$  und des Verstärkungsfaktors  $m$  bestimmen zu können, seien, ein zweites vorderes Zwischensignal  $Z_{2v}$  und ein zweites hinteres Zwischensignal  $Z_{2h}$  definiert (gestrichelter Signalweg), bei welchen jedoch das zweite Eingangssignal  $E_2$  jeweils mit dem Verstärkungsfaktor  $m$  beaufschlagt wird, also

$$\begin{aligned} \text{(ix)} \quad Z_{2v} &= E_1 - m \cdot e^{-i\omega\tau} E_2, \\ Z_{2h} &= e^{-i\omega\tau} E_1 - m \cdot E_2. \end{aligned}$$

**[0063]** Durch diesen Verstärkungsfaktor  $m$  kann ein unterschiedlicher Signalpegel zwischen dem ersten und dem zweiten Eingangssignal  $E_1, E_2$  kompensiert werden. Selbst im Falle unterschiedlicher Signalpegel weisen daher das zweite vordere und das zweite hintere Zwischensignal  $Z_{2v}, Z_{2h}$  die in Figur 1 gezeigten Richtcharakteristiken auf, welche für das erste vordere und erste hintere Zwischensignal  $Z_{1v}, Z_{1h}$  im Allgemeinen Fall (also nicht im freien Raum, sondern bei Abschattungseffekten etc.) nicht mehr gelten (für diesen allgemeinen Fall weisen diese Richtsignale wie beschrieben Richtcharakteristiken nach Figur 2 auf).

**[0064]** Bildet man nun aus besagtem zweiten vorderen und zweiten hinteren Zwischensignal  $Z_{2v}, Z_{2h}$  (welche sich vom entsprechenden ersten vorderen bzw. ersten hinteren Zwischensignal  $Z_{1v}, Z_{1h}$  jeweils um den besagten Verstärkungsfaktor  $m$  im Anteil des zweiten Eingangssignals  $E_2$  unterscheiden) anhand des zweiten Überlagerungsparameters  $a_2$  eine zweite Überlagerung  $U_2$  (gestrichelter Signalweg) analog zu Gleichung (i), so gilt für diese:

$$\begin{aligned} \text{(x)} \quad U_2 &= E_1 \cdot (1 + a_2 e^{-i\omega\tau}) - m \cdot E_2 \cdot (e^{-i\omega\tau} + a_2) \\ &= E_1 \cdot w_1' + E_2 \cdot w_2', \text{ und mithin} \end{aligned}$$

$$\text{(x')} \quad U_2 = \mathbf{E}^T \cdot \mathbf{w}'.$$

**[0065]** Der Verstärkungsfaktor  $m$  und der zweite Überlagerungsparameter  $a_2$  sollen hierbei derart bestimmt werden, dass durch die Darstellung eine Beschränkung des Winkels  $\theta$  der maximalen Abschwächung (siehe Figur 1) auf einen gewünschten Winkelbereich ermöglicht werden soll.

**[0066]** In einer zu den Gleichungen (vii') und (viii) analogen Weise wird nun aus Gleichung (x), mit der aus Gleichung (iii) und (iv') motivierten Überlegung der Zusammenhang zwischen der relativen Phase  $\varphi$  und dem Koeffizienten-Quotienten  $r = |w_2' / w_1'|$  einerseits, und dem Verstärkungsfaktor  $m$  als erstem alternativen Parameter  $a_{p1}$  sowie dem zweiten Überlagerungsparameter  $a_2$  als zweitem alternativen Parameter  $a_{p2}$  andererseits hergestellt:

$$\text{(xi)} \quad r e^{i\phi} = m \frac{e^{-i\omega\tau} + a_2}{1 + a_2 e^{-i\omega\tau}}$$

**[0067]** Hierbei wurde ausgenutzt, dass die Nullstellen des Polynoms in Gleichung (iii) nur bis auf einen Faktor  $\underline{c} \in \mathbb{C}$  definiert sind, wodurch  $w_2/w_1 = w_2'/w_1'$  folgt. Da der Bruch auf der rechten Seite vom Betrag 1 ist, ergibt sich für den Verstärkungsfaktor  $m = r$ , wobei  $r$  anhand des Wertes  $a_{1.0}$  des ersten Überlagerungsparameters  $a_1$  durch den Betrag von Gleichung (viii) gegeben ist.

**[0068]** Für den zweiten Überlagerungsparameter  $a_2$  als zweiten alternativen Parameter  $a_{p2}$  des Verfahrens nach Figur 4 ergibt sich aus Gleichung (xi):

$$a_2 = \frac{e^{-i\omega\tau} - e^{i\phi}}{e^{i\phi} - i\omega\tau - 1} = \frac{\cos\phi - \cos(\omega\tau)}{1 - \cos(\phi - \omega\tau)}$$

**[0069]** Anhand entsprechender tabellierter Werte kann nun über den Zusammenhang zwischen  $\varphi$  (der relativen Phase der Koeffizienten  $w_1'$  und  $w_2'$  in Gleichung (x)) und dem Winkel  $\theta$  der minimalen Empfindlichkeit der ersten Überlagerung  $U_1$  ( $e^{i\varphi - i\omega\tau \cos\theta} = 1$ , siehe Gleichung (iv')) und somit auch der zweiten Überlagerung  $U_2$  (welche zunächst lediglich eine Umrechnung der ersten Überlagerung  $U_1$  darstellt) hergestellt werden.

**[0070]** Hieraus lässt sich ein entsprechender angepasster Wert für den zweiten Überlagerungsparameter  $a_2$ , also ein angepasster zweiter Überlagerungsparameter  $a_2'$  bzw. ein begrenzter zweiter alternativer Parameter  $ap_2'$  bestimmen.

**[0071]** Das Ausgangssignal out kann nun gebildet werden (ggf. nach weiteren Signalverarbeitungsschritten 20 und nicht dargestellten Korrekturfaktoren des Frequenzgangs) aus der zweiten Überlagerung U2 nach Gleichung (i') mit dem zweiten vorderen und zweiten hinteren Zwischensignal Z2v, Z2h nach Gleichung (ix), jedoch anhand des angepassten zweiten Überlagerungsparameters  $a_2'$  (anstatt, wie in Gleichung (i'), anhand des zweiten Überlagerungsparameters  $a_2$ ). Der Verstärkungsfaktor m im zweiten vorderen und zweiten hinteren Zwischensignal Z2v, Z2h nach Gleichung (ix) geht dabei hervor zu  $r = m$  nach Gleichung (xi) mit r nach Gleichung (viii) aus dem ersten Überlagerungsparameter  $a_1$ .

**[0072]** Der Verstärkungsfaktor m und der angepasste zweite Überlagerungsparameter  $a_2'$  können jedoch auch wieder zurückgerechnet werden in die Domäne des ersten Überlagerungsparameters  $a_1$  (nicht dargestellt), sodass das Ausgangssignal out dann in jenem Fall gebildet wird aus einer ersten Überlagerung anhand des so ermittelten angepassten ersten Überlagerungsparameters  $a_1'$ . Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass ein Vorfaktor im Ausgangssignal out, welcher ein Hochpassverhalten im Frequenzgang der ersten Überlagerung U1 korrigiert, unabhängig vom Winkel  $\theta$  der minimalen Empfindlichkeit ist.

**[0073]** 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

#### **[0074]**

- 1 Hörinstrument
- 2 Hörgerät
- 4 Schallsignal (der Umgebung)
- 5 Steuereinheit
- 6 Frontalrichtung
- 8 Störquelle
- 10 Störschall
- 12 Adaption
- 20 Signalverarbeitungsschritte

- $a_1(i')$  (angepasster) erster Überlagerungsparameter
- $a_2(i')$  (angepasster) zweiter Überlagerungsparameter
- $ap_1, ap_2$  erster bzw. zweiter alternativer Parameter
- $ap_2'$  begrenzter zweiter alternativer Parameter
- $c_{cor}$  Korrekturfaktor
- E1, E2 erstes bzw. zweites Eingangssignal
- M1, M2 erster bzw. zweiter Eingangswandler
- out Ausgangssignal
- m Verstärkungsfaktor
- r Quotient (der Beträge der Koeffizienten)
- U1, U2 erste bzw. zweite Überlagerung
- $w_1(i'), w_2(i')$  Koeffizienten
- Z1v, Z1h erstes vorderes bzw. erstes hinteres Zwischensignal
- Z2v, Z2h zweites vorderes bzw. zweites hinteres Zwischensignal

- $\Delta\theta$  Winkelbereich
- $\theta$  Winkel (minimaler Empfindlichkeit)
- $\tau$  Zeitverzögerung
- $\varphi$  relative Phase (der Koeffizienten)

#### Patentansprüche

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

- wobei durch einen ersten Eingangswandler (M1) des Hörinstrumentes (1) aus einem Schallsignal (4) der

Umgebung ein erstes Eingangssignal (E1) erzeugt wird,  
 - wobei durch einen zweiten Eingangswandler (M2) des Hörinstrumentes (1) aus dem Schallsignal (4) der Umgebung ein zweites Eingangssignal (E2) erzeugt wird,  
 - wobei anhand des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) jeweils ein erstes vorderes Zwischensignal (Z1v) sowie ein erstes hinteres Zwischensignal (Z1h) gebildet werden,  
 - wobei, insbesondere frequenzbandweise, eine erste Überlagerung (U1) des ersten vorderen Zwischensignals (Z1v) und des ersten hinteren Zwischensignals (Z1h) mittels eines komplexwertigen ersten Überlagerungsparameters ( $\underline{a1}$ ) gebildet wird, und anhand des ersten Überlagerungsparameters ( $\underline{a1}$ ) adaptiert wird,  
 - wobei ein aus besagter Adaption der ersten Überlagerung (U1) resultierender komplexer Wert ( $\underline{a1.0}$ ) des ersten Überlagerungsparameters ( $\underline{a1}$ ) umgerechnet wird in ein entsprechendes Paar an reellwertigen alternativen Parametern, bestehend aus einem ersten alternativen Parameter (ap1) und einem zweiten alternativen Parameter (ap2), wobei wenigstens der zweite alternative Parameter (ap2) eine wenigstens halbkreis-weise monotone Beziehung zu einem Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit der ersten Überlagerung (U1) aufweist,  
 - wobei der Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit modifiziert wird über eine entsprechende Modifikation des zweiten alternativen Parameters (ap2), und dabei ein modifizierter zweiter alternativer Parameter gebildet wird, und  
 - wobei anhand des ersten alternativen Parameters (ap1) und des modifizierten zweiten alternativen Parameters sowie anhand einer Überlagerung des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) ein Ausgangssignal (out) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
 wobei der Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit als Modifikation auf einen vorgegebenen Winkelbereich ( $\Delta\theta$ ) begrenzt wird über eine entsprechende Begrenzung des zweiten alternativen Parameters (ap2), und dabei als modifizierter zweiter alternativer Parameter ein begrenzter zweiter alternativer Parameter (ap2') gebildet wird, und

- wobei anhand des ersten alternativen Parameters (ap1) und des begrenzten zweiten alternativen Parameters (ap2') sowie anhand einer Überlagerung des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) ein Ausgangssignal (out) erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,  
 wobei anhand einer Modifikation, insbesondere einer Begrenzung, des ersten alternativen Parameters (ap1) eine minimale Empfindlichkeit beim entsprechenden Winkel ( $\theta$ ) modifiziert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei ein Koeffizientenvektor ( $\mathbf{w}$ ) der Koeffizienten ( $w1, w2$ ) des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) in der ersten Überlagerung (U1) gebildet wird,  
 wobei der erste alternative Parameter (ap1) gebildet wird anhand eines Quotienten ( $r$ ) der Beträge der beiden Koeffizienten ( $w1, w2$ ), und  
 wobei der zweite alternative Parameter (ap2) gebildet wird anhand einer relativen Phase ( $\varphi$ ) der beiden Koeffizienten ( $w1, w2$ ) zueinander.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

wobei anhand des ersten alternativen Parameters (ap1) und des begrenzten zweiten alternativen Parameters (ap2') ein angepasster erster Überlagerungsparameter ( $\underline{a1'}$ ) gebildet wird, und  
 wobei die Überlagerung zur Erzeugung des Ausgangssignals (out) durch die erste Überlagerung (U1) anhand des angepassten ersten Überlagerungsparameters ( $\underline{a1'}$ ) gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- wobei der Wert des ersten Überlagerungsparameters ( $\underline{a1}$ ) umgerechnet wird in einen entsprechenden reellwertigen zweiten Überlagerungsparameter (a2) und einen zugehörigen Wert eines reellwertigen Verstärkungsfaktors (m), wobei der reellwertige Verstärkungsfaktor (m) einer entsprechenden Verstärkung des zweiten Eingangssignals (E2) bei der Bildung des ersten vorderen bzw. hinteren Zwischensignals (Z1v, Z1h) zugeordnet ist,  
 - wobei der zweite Überlagerungsparameter (a2) derart angepasst wird, dass für eine zweite Überlagerung (U2), welche gebildet wird anhand des zweiten Überlagerungsparameters (a2) aus dem ersten vorderen Zwischensignal (Z1v) und dem ersten hinteren Zwischensignal (Z1h) unter Verstärkung des zweiten Eingangssi-

gnals (E2) mit dem besagten Verstärkungsfaktor (m), der Winkel ( $\theta$ ) minimaler Empfindlichkeit auf den vorgegebenen Winkelbereich ( $\Delta\theta$ ) begrenzt wird, und hierdurch ein angepasster zweiter Überlagerungsparameter ( $a2'$ ) erzeugt wird, und

- wobei anhand des angepassten zweiten Überlagerungsparameters ( $a2'$ ) und des Verstärkungsfaktors (m) sowie anhand einer Überlagerung des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) das Ausgangssignal (out) erzeugt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5,

wobei der zweite Überlagerungsparameter ( $a2$ ) als zweiter alternativer Parameter ( $ap2$ ) und der Verstärkungsfaktor (m) als erster alternativer Parameter ( $ap1$ ) verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6 in Verbindung mit Anspruch 4,

wobei der erste alternative Parameter ( $ap1$ ) gebildet wird anhand des Quotienten (r) der Beträge der beiden Koeffizienten ( $w1$ ,  $w2$ ) des ersten Eingangssignals (E1) und des zweiten Eingangssignals (E2) in der ersten Überlagerung (U1),

wobei der zweite alternative Parameter ( $ap2$ ) gebildet wird anhand der relativen Phase ( $\varphi$ ) der beiden Koeffizienten ( $w1$ ,  $w2$ ) zueinander, und

wobei die Anpassung des zweiten Überlagerungsparameters ( $a2$ ) anhand des ersten alternativen Parameters ( $ap1$ ) und des begrenzten zweiten alternativen Parameters ( $ap2'$ ) erfolgt, und so der angepasste zweite Überlagerungsparameter ( $a2'$ ) gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

wobei das Ausgangssignal (out) anhand der ersten Überlagerung (U1) erzeugt wird, wobei hierzu der Wert ( $a1.0$ ) des angepassten ersten Überlagerungsparameters ( $a1$ ) anhand des angepassten zweiten Überlagerungsparameters ( $a2'$ ) und anhand des Verstärkungsfaktors (m) ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8,

- wobei anhand des ersten Eingangssignals (E1) und des mittels des reellwertigen Verstärkungsfaktors (m) skalierten zweiten Eingangssignals (E2) jeweils ein zweites vorderes Zwischensignal (Z2v) sowie ein zweites hinteres Zwischensignal (Z2h) gebildet werden, und wobei das Ausgangssignal (out) anhand der zweiten Überlagerung (U2) unter Verwendung des angepassten zweiten Überlagerungsparameters ( $a2'$ ) erzeugt wird

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

- wobei das erste hintere Zwischensignal (Z1h) in einer Frontalrichtung (6), welche insbesondere anhand einer Richtung vom zweiten Eingangswandler (M2) zum ersten Eingangswandler (M1) definiert ist, eine relative Abschwächung aufweist, und

- wobei das erste vordere Zwischensignal (Z1v) in einer zur Frontalrichtung (6) entgegengesetzten Richtung eine relative Abschwächung aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

wobei das erste vordere Zwischensignal (Z1v) und das erste hintere Zwischensignal (Z1h) jeweils anhand einer zeitverzögerten Überlagerung der beiden Eingangssignale (E1, E2) erzeugt werden, und wobei dabei für das erste vordere Zwischensignal (Z1v) das zweite Eingangssignal (E2) und für das erste hintere Zwischensignal (Z1h) das erste Eingangssignal (E1) verzögert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

wobei wenigstens in einem Frequenzband eine Verzögerung mittels eines Allpass-Filters implementiert wird

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei in einem ersten Adaptionsschritt ein erster Wert des komplexen ersten Überlagerungsparameters ( $a1$ ) ermittelt wird,

wobei der besagte erste Wert des ersten Überlagerungsparameters ( $a1$ ) umgerechnet wird in den entsprechen-

den ersten und zweiten alternativen Parameter ( $ap_1$ ,  $ap_2$ ), und hieraus der begrenzte zweite alternative Parameter ( $ap_2'$ ) ermittelt wird,

wobei anhand des ersten alternativen Parameters ( $ap_1$ ) und des begrenzten zweiten alternativen Parameters ( $ap_2'$ ) ein zweiter Wert des ersten Überlagerungsparameters ( $a_1$ ) ermittelt wird, und

5 wobei besagter zweiter Wert des ersten Überlagerungsparameters ( $a_1$ ) für einen zweiten Adaptionsschritt verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 wobei der erste Überlagerungsparameter ( $a_1$ ) mittels eines Least-Mean-Squares-Algorithmus und/oder mittels eines Gradientenverfahrens ermittelt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 wobei das Ausgangssignal (out) zusätzlich zur Überlagerung des ersten und des zweiten Eingangssignales (E1, E2) anhand eines Korrekturfilters ( $c_{cor}$ ) für den Frequenzgang erzeugt wird, wobei das Korrekturfilter ( $c_{cor}$ ) für den Frequenzgang derart gewählt wird, dass für die Frontalrichtung (6) der Frequenzgang flach ist.

17. Hörinstrument (1), umfassend

20 - einen ersten Eingangswandler (M1) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (E1) aus einem Schallsignal (4) der Umgebung,

- einen zweiten Eingangswandler (M2) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (E2) aus dem Schallsignal (4) der Umgebung, und

- eine Steuereinheit (5),

25 wobei das Hörinstrument (1) dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

30

35

40

45

50

55

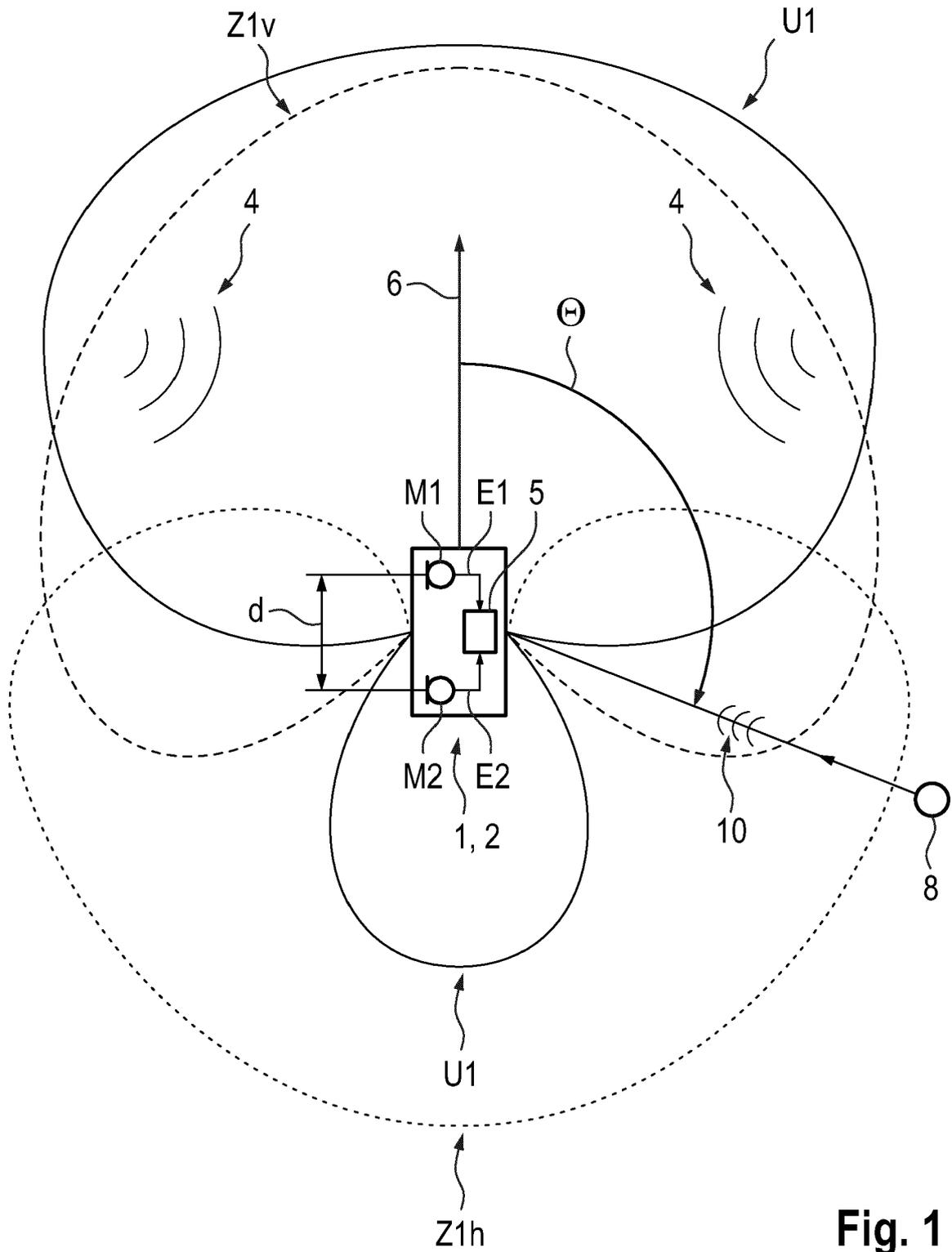


Fig. 1

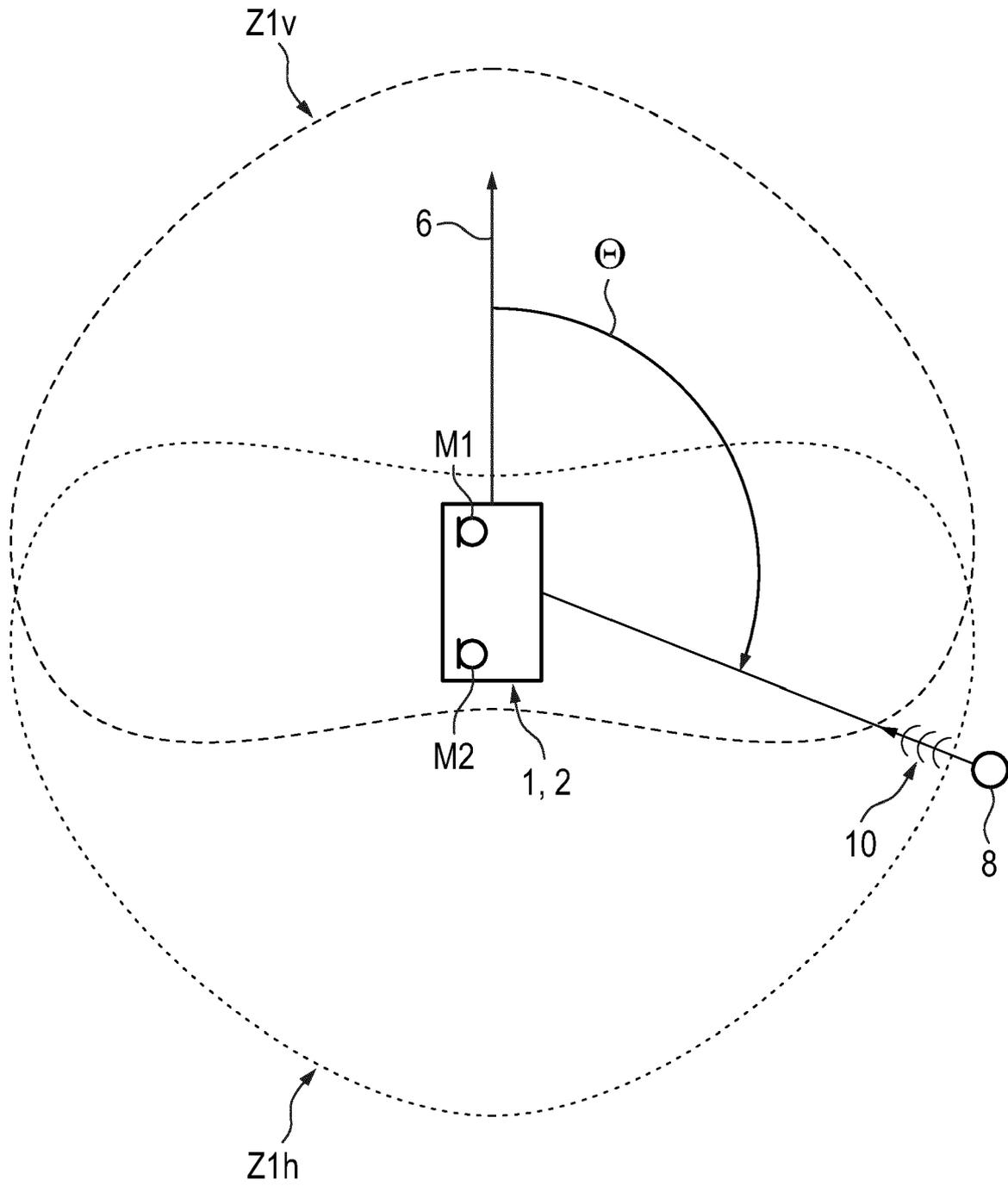


Fig. 2

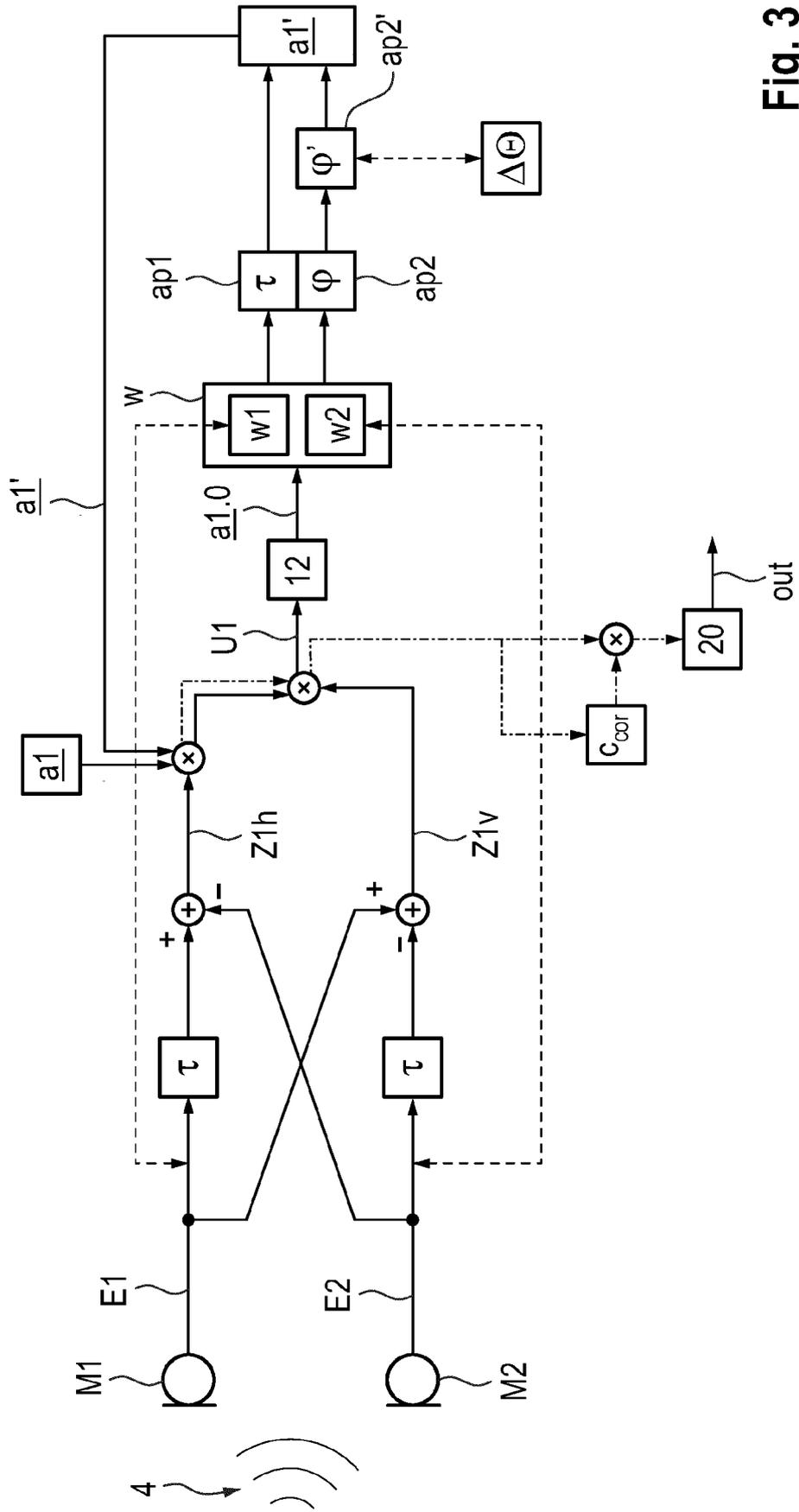


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 9264

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2020 210805 B3 (SIVANTOS PTE LTD [SG]) 10. Februar 2022 (2022-02-10) * Absatz [0035] - Absatz [0045] * * Abbildungen 1-4 *	1-17	INV. H04R25/00
A	DE 10 2020 209555 A1 (SIVANTOS PTE LTD [SG]) 3. Februar 2022 (2022-02-03) * Absatz [0046] - Absatz [0054] * * Abbildungen 1-2 *	1-17	
A	DE 10 2019 205709 B3 (SIVANTOS PTE LTD [SG]) 9. Juli 2020 (2020-07-09) * Absatz [0036] - Absatz [0044] * * Abbildungen 1-4 *	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>22. November 2023</b>	Prüfer <b>Meiser, Jürgen</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN 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	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 23 17 9264

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

22-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>DE 102020210805 B3</b>	<b>10-02-2022</b>	<b>CN 114125656 A</b>	<b>01-03-2022</b>
		<b>DE 102020210805 B3</b>	<b>10-02-2022</b>
		<b>US 2022070579 A1</b>	<b>03-03-2022</b>
-----			
<b>DE 102020209555 A1</b>	<b>03-02-2022</b>	<b>CN 114071314 A</b>	<b>18-02-2022</b>
		<b>DE 102020209555 A1</b>	<b>03-02-2022</b>
		<b>EP 3945733 A1</b>	<b>02-02-2022</b>
		<b>JP 7193210 B2</b>	<b>20-12-2022</b>
		<b>JP 2022027584 A</b>	<b>10-02-2022</b>
		<b>US 2022038828 A1</b>	<b>03-02-2022</b>
-----			
<b>DE 102019205709 B3</b>	<b>09-07-2020</b>	<b>CN 111836162 A</b>	<b>27-10-2020</b>
		<b>DE 102019205709 B3</b>	<b>09-07-2020</b>
		<b>EP 3726853 A1</b>	<b>21-10-2020</b>
		<b>US 2020336844 A1</b>	<b>22-10-2020</b>
-----			

EPO FORM P0461

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