



(11) **EP 2 672 732 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**11.12.2013 Patentblatt 2013/50**

(51) Int Cl.:  
**H04R 25/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **13167409.5**

(22) Anmeldetag: **13.05.2013**

(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**

(71) Anmelder: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd. Singapore 139959 (SG)**

(72) Erfinder: **Bouse, Vaclav 91058 Erlangen (DE)**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver Siemens AG Postfach 22 16 34 80506 München (DE)**

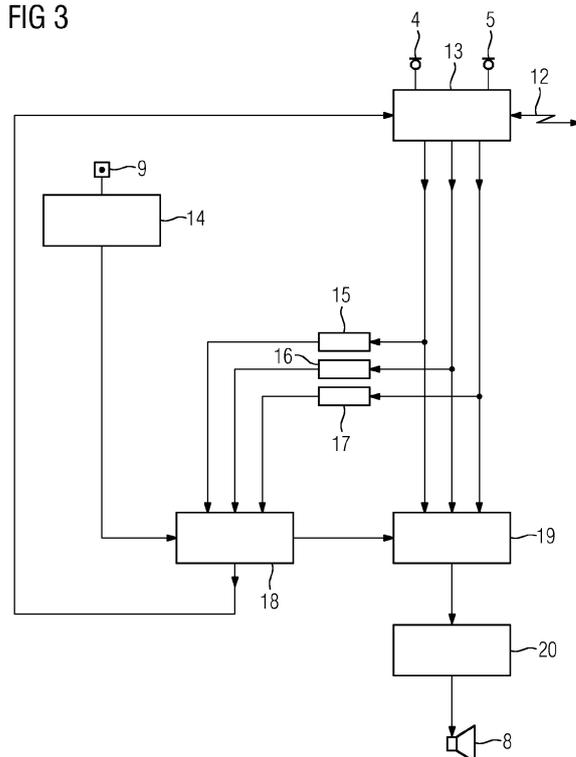
(30) Priorität: **06.06.2012 US 201261656110 P 08.08.2012 DE 102012214081**

(54) **Verfahren zum Fokussieren eines Hörinstruments-Beamformers**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine automatische Adaption der Beam-Weite und/oder der Beam-Richtung zu ermöglichen, die komfortabel und intuitiv genutzt werden kann. Ein Grundgedanke der Erfindung besteht in einem Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments umfassend die Schritte:

- Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers,
- Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen richtungsabhängiges erfassen von akustischen Signalen,
- Danach anheben der Verstärkung akustischer Signale, die aus einem Fokus-Raumwinkel vor dem Kopf des Hörinstrument-Benutzers kommen, gegenüber akustischen Signalen aus anderen Raumwinkeln, und dadurch Aktivieren oder Erhöhen der Direktivität,
- Danach nach und nach fokussieren durch verringern des Fokus-Raumwinkels, und dadurch Erhöhen der Direktivität, solange, bis der Pegel akustischer Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, eigentlich die Präsenz der gewünschten Signale im Fokus-Raumwinkel (rein theoretisch die Wahrscheinlichkeit, dass das gewünschte Signal im Fokus-Raumwinkel präsent ist), aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt. Dadurch wird vorteilhaft die richtungsabhängige, directionale Erfassung akustischer Signale automatisch gestartet, sobald der Benutzer in Richtung einer akustischen Quelle, beispielsweise eines Sprechers, blickt und die Quelle sodann unverwandt ansieht.

FIG 3



**EP 2 672 732 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments.

**[0002]** Hörinstrumente können beispielsweise als am oder im Ohr zu tragende Hörgeräte ausgeführt sein. Ein Hörgerät dient der Versorgung einer hörgeschädigten Person mit akustischen Umgebungssignalen, die zur Kompensation bzw. Therapie der jeweiligen Hörschädigung verarbeitet und verstärkt sind. Es besteht prinzipiell aus einem oder mehreren Eingangswandlern, aus einer Signalverarbeitungseinrichtung, einer Verstärkungseinrichtung, und aus einem Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z.B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z.B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist in der Regel als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, oder als Stimulationselektrode zur Cochlea Stimulation realisiert. Er wird auch als Hörer oder Receiver bezeichnet. Der Ausgangswandler erzeugt Ausgangssignale, die zum Gehör des Patienten geleitet werden und beim Patienten eine Hörwahrnehmung erzeugen sollen. Der Verstärker ist in der Regel in die Signalverarbeitungseinrichtung integriert. Die Stromversorgung des Hörgeräts erfolgt durch eine ins Hörgerätegehäuse integrierte Batterie. Die wesentlichen Komponenten eines Hörgeräts sind in der Regel auf einer gedruckten Leiterplatte als Schaltungsträger angeordnet bzw. damit verbunden.

**[0003]** Für Hörinstrument-Benutzer ist es außerordentlich schwierig, einen einzelnen Sprecher zu verstehen oder ausschließlich in eine bestimmte Richtung zu hören, insbesondere in problematischen akustischen Umgebungen mit mehreren akustischen Quellen (beispielsweise das sog. Cocktail-Party-Szenario). Um das gerichtete, fokussierte Hören bzw. auch das Sprachverstehen zu verbessern, ist es bekannt, in Hörgeräten sog. Beamformer einzusetzen, um die jeweilige akustische Quelle, z.B. einen Sprecher, zu betonen, indem andere Geräusche weniger verstärkt werden, als das gewünschte akustische Signal. Die Verwendung von Beamformern setzt das Vorhandensein einer direktionalen Mikrofonanordnung voraus, was mindestens zwei Mikrofone in räumlich getrennter Anordnung erfordert. Bereits zwei Mikrofone an einem einzigen Hörinstrument sind ausreichend, um eine direktionale, also räumlich gerichtete Empfindlichkeit der Mikrofonanordnung zu erreichen. Eine Erweiterung der direktionalen Fähigkeiten bei Hörinstrumenten kann dadurch erreicht werden, dass die Mikrofone beider Hörinstrumente eines binauralen Hörsystems zu einer direktionalen Mikrofonanordnung zusammengeschlossen werden. Dies setzt eine, vorzugsweise kabellose, Verbindung (Wireless Link, e2e = Ear-to-Ear) der beiden Hörgeräte voraus.

**[0004]** Bei Hörinstrumenten mit direktionale Mikrofonanordnungen und Beamformer besteht das Problem, die Richtung festzulegen, in die der Beamformer gerichtet

werden soll, sowie eine optimale Weite, also einen optimalen Öffnungswinkel, des Beams zu finden. Mit anderen Worten besteht das Problem darin, die Raumrichtung zu finden, in welcher die direktionale Mikrofonanordnung die höchste Empfindlichkeit haben soll, sowie den Winkel oder Öffnungswinkel zu finden, über den hinweg die Empfindlichkeit erhöht sein soll. Es liegt auf der Hand, dass eine bessere Direktionalität und Sensitivität dadurch erreicht werden kann, dass der Beam möglichst exakt auf die interessierende akustische Quelle gerichtet und möglichst eng fokussiert ist.

**[0005]** Interessierende akustische Quellen können vor allem Sprecher bzw. Sprachsignale sein, es kommt jedoch auch eine Reihe weiterer Möglichkeiten in Frage, beispielsweise Musik oder Hinweissignale.

**[0006]** Aus der Druckschrift US 2011/0103620 A1 ist ein Verfahren zur Wiedergabe akustischer Signale mit mehreren Lautsprechern bekannt. Durch geeignete Filterung der einzelnen Lautsprechersignale wird eine gewünschte räumliche Wiedergabecharakteristik eingestellt.

**[0007]** Aus der Druckschrift US 2012/0020503 A1 ist ein Hörgerät bekannt, das mit einem Verfahren zur akustischen Quellentrennung arbeitet. Unter Verwendung einer binauralen Mikrofonanordnung wird die räumliche Richtung einer akustischen Quelle ermittelt. Durch eine binaurale Receiver-Anordnung wird sodann ein von der ermittelten Richtung abhängiges akustisches Ausgangssignal erzeugt.

**[0008]** Aus der Druckschrift US 2007/0223754 A1 ist ein Hörgerät bekannt, das die räumliche Richtung akustischer Signale ermittelt. Auf Basis der ermittelten räumlich-akustischen Information wird die akustische Umgebung sodann klassifiziert und in Abhängigkeit von der Klassifikation die Transfer-Charakteristik der Signalverarbeitung eingestellt.

**[0009]** Aus der Druckschrift US 2010/0074460 A1 ist ein Hörgerät bekannt, das die räumliche Richtung akustischer Quellen ermittelt. Ein Beamformer wird sodann auf eine ermittelte Richtung ausgerichtet, um auf die betreffende akustische Quelle zu fokussieren. Die räumliche Richtung kann unter anderem anhand der Ausrichtung des Kopfes oder Blickrichtung des Benutzers ermittelt werden.

**[0010]** Aus der Druckschrift US 2010/0158289 A1 ist ein Hörgerät bekannt, das mit einem Verfahren zur "blinden Quellentrennung" (Blind Source Separation) verschiedener akustischer Quellen arbeitet. Der Benutzer kann durch Betätigen eines Schalters die verschiedenen erkannten Quellen nacheinander anwählen.

**[0011]** Aus Hörgeräten des Herstellers Siemens ist unter der Bezeichnung SpeechFocus ein Verfahren bekannt, bei dem die akustische Umgebung automatisch nach Sprachanteilen durchsucht wird. Werden Sprachanteile identifiziert, wird deren räumliche Richtung ermittelt. Sodann wird die Verstärkung akustischer Signale aus dieser Richtung im Vergleich zu Signalen aus anderen Richtungen angehoben.

**[0012]** Unter Verwendung der bekannten Verfahren und Vorrichtungen besteht die einfachste Möglichkeit der Beamformung darin, anzunehmen, dass die gewünschte Quelle bzw. der gewünschte Sprecher frontal vor dem Hörinstrument-Benutzer befindlich ist und dass der Beam mithin frontal nach vorne gerichtet sein soll, wobei durch Kopfbewegungen des Benutzers die Beam-Richtung verändert wird. Alternativ dazu kann das Hörinstrument dem Beam mittels eines Algorithmus zur Verarbeitung der Mikrofonsignale unabhängig von der Orientierung des Kopfs in eine gewünschte Richtung richten, wobei die Beam-Richtung beispielsweise durch eine Fernbedienung gesteuert werden kann. Nachteiligerweise kann der Benutzer jedoch Quellen außerhalb des Beams nicht oder kaum hören und somit auch nicht registrieren. Außerdem ist es für den Benutzer wenig angenehm und wenig intuitiv, den Beam per Fernsteuerung steuern zu müssen.

**[0013]** Alternativ kann das Hörinstrument die Richtung möglicherweise interessierender akustischer Quellen automatisch analysieren und den Beam automatisch in diese Richtung ausrichten, wie beispielsweise im Verfahren **Speechfocus** des Herstellers Siemens. Dies kann jedoch für den Benutzer verwirrend sein, da das Hörinstrument automatisch und möglicherweise unerwartet zwischen verschiedenen Quellen hin- und herspringen kann, ohne Einflussnahme für den Benutzer. Darüber hinaus verändert ein sich laufend adaptierender Beamformer die binauralen "Cues" und erschwert somit für den Benutzer die Lokalisierung der interessierenden Quelle oder macht sie sogar unmöglich.

**[0014]** Im Unterschied zur Beam-Richtung ist die Beam-Weite herkömmlich für gewöhnlich konstant oder kann zwischen verschiedenen voreingestellten Öffnungswinkeln vom Benutzer manuell verstellt werden.

**[0015]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine automatische Adaption der Beam-Weite und/oder der Beam-Richtung zu ermöglichen, die komfortabel und intuitiv genutzt werden kann, die unerwartetes Fokussieren des Beams ohne Zutun des Hörinstrument-Benutzers vermeidet, und die es auf einfache und einfach bedienbare Weise ermöglicht, dem Benutzer auch akustische Quellen außerhalb des Beams zur Kenntnis zu bringen.

**[0016]** Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches.

**[0017]** Ein Grundgedanke der Erfindung besteht in einem Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments umfassend die Schritte:

- Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers,
- Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen richtungsabhängiges Erfassen von akustischen Signalen,
- Danach Anheben der Verstärkung akustischer Signale, die aus einem Fokus-Raumwinkel vor dem

Kopf des Hörinstrument-Benutzers kommen, gegenüber akustischen Signalen aus anderen Raumwinkeln, und dadurch Aktivieren oder Erhöhen der Direktivität,

- 5 - Danach nach und nach fokussieren durch verringern des Fokus-Raumwinkels, und dadurch Erhöhen der Direktivität, solange, bis der Pegel akustischer Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, eigentlich die Präsenz der gewünschten Signale im Fokus-Raumwinkel (rein theoretisch die Wahrscheinlichkeit, dass das gewünschte Signal im Fokus-Raumwinkel präsent ist), aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt.

15 **[0018]** Dabei ist Direktivität eine Eigenschaft des Beamformers, die sich als Maßzahl darstellen lässt, welche je höher ist, je mehr der Beamformer fokussiert ist, das heißt je kleiner der Raumwinkel des Beams ist. Durch Erhöhung der Direktivität eines Beamformers, beispielsweise durch Erhöhen eines der erwähnten Maßzahl entsprechenden Parameters des Beamformers, werden Signale im Beam gegenüber Signalen außerhalb stärker verstärkt. Das beschriebene Verfahren steuert dabei den erwähnten Parameter des Beamformers.

20 **[0019]** Dadurch wird vorteilhaft die richtungsabhängige, direktionale Erfassung akustischer Signale automatisch gestartet, sobald der Benutzer in Richtung einer akustischen Quelle, beispielsweise eines Sprechers, blickt, den Kopf nicht mehr weiter bewegt und die Quelle sodann seinerseits fokussiert, d.h. unverwandt ansieht. Für die Detektion von Kopfbewegungen müssen dabei geeignete Toleranzwerte bzw. Schwellwerte, beispielsweise mindestens 15° Drehung, vorgegeben werden, um unbeabsichtigte oder irrelevante minimale Kopfbewegungen von relevanten Kopfbewegungen zu unterscheiden. Eine manuelle Auslösung des Fokussierens, beispielsweise durch Knopfdruck am Hörinstrument oder mithilfe einer Fernbedienung, ist nicht erforderlich, was wesentlich zu Praktikabilität und Komfort in der Anwendung des Verfahrens beiträgt.

30 **[0020]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht in den weiteren Schritten:

- 35 - Identifizieren einer akustischen Quelle im Fokus-Raumwinkel anhand der akustischen Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, beispielsweise durch Verwendung eines Frequenz- oder Frequenzspektrum-Kriteriums, eines 4Hz Sprachmodulations-Detektor, eines Bayes Detektors, oder eines Hidden Markov Model Detektors,
- 40 - Fokussieren solange, bis die Präsenz der akustischen Signale der akustischen Quelle im Fokus-Raumwinkel aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt.

45 **[0021]** Dadurch, dass das Fokussieren anhand einer identifizierten akustischen Quelle gesteuert bzw. beendet wird, wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass das

Verfahren tatsächlich auf eine den Benutzer interessierende Quelle gerichtet fokussiert, und nicht etwa auf einen quellenunabhängig zufällig gesetzten Fokus-Raumwinkel.

**[0022]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung besteht in den weiteren Schritten:

- Identifizieren einer akustischen Quelle im Fokus-Raumwinkel anhand der akustischen Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, beispielsweise durch Verwendung eines Frequenz- oder Frequenzspektrum-Kriteriums, eines 4Hz Sprachmodulations-Detektor, eines Bayes Detektors, oder eines Hidden Markov Model Detektors,
- Ermitteln der räumlichen Richtung, in der sich die akustische Quelle befindet,
- Zentrieren des Fokus-Raumwinkels in diese Richtung.

**[0023]** Durch richtungsmäßiges Ausrichten des Fokus-Raumwinkels wird der Fokus besser auf die den Benutzer interessierende Quelle ausgerichtet. Dies ermöglicht anschließend eine schärfere Fokussierung durch einen engeren Fokus-Raumwinkel und erhöht somit die Direktionalität. Die Erhöhung der Direktionalität wiederum resultiert in einer weiteren Anhebung des interessierenden Quell-Signals.

**[0024]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht in den weiteren Schritten:

- Anschließend erfassen weiterer akustischer Signale, die aus anderen Raumwinkeln als dem Fokus-Raumwinkel kommen,
- Erfassen weiterer akustischer Quellen anhand der weiteren akustischen Signale, beispielsweise durch Verwendung eines Frequenz- oder Frequenzspektrum-Kriteriums, eines 4Hz Sprachmodulations-Detektor, eines Bayes Detektors, oder eines Hidden Markov Model Detektors.
- Bei Erfassen einer weiteren akustischen Quelle anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale.
- Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers nach dem Anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale,
- Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale wiederabsenken der Verstärkung,
- Bei Erfassen einer Kopfbewegung innerhalb der vorbestimmten Zeitdauer defokussieren durch wiedervergrößern des Fokus-Raumwinkels und anschließend durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

**[0025]** Dadurch wird, während sich das Verfahren im auf eine Quelle fokussierten Stadium befindet, während

für die Wahrnehmung des Benutzers also nur die Signale dieser Quelle hervorgehoben werden, der weitere Raum um den Benutzer herum nach weiteren, hinzukommenden Quellen abgesucht. Wird eine solche weitere Quelle gefunden, wird sie für den Benutzer durch Anheben der Verstärkung wahrnehmbar gemacht, der Benutzer wird gleichsam auf das Vorhandensein der weiteren Quelle hingewiesen. Reagiert der Benutzer darauf durch Bewegen oder Drehen des Kopfes, so wird der bisherige Fokus automatisch aufgehoben und es erfolgt eine Neu-Fokussierung. So wird vorteilhaft auch die Neu-Fokussierung automatisch gestartet und braucht nicht manuell ausgelöst zu werden, was weiter zu Praktikabilität und Komfort in der Anwendung des Verfahrens beiträgt.

**[0026]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht in den weiteren Schritten:

- Bei Ausbleiben des Erfassens weiterer akustischer Quellen erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers,
- Bei Erfassen einer Kopfbewegung defokussieren durch Wiedervergrößern des Fokus-Raumwinkels oder durch Wechseln von richtungsabhängigem auf richtungsunabhängiges erfassen von akustischen Signalen.

**[0027]** Dadurch wird die Fokussierung automatisch beendet, sobald der Benutzer den Blick von der jeweils gerade fokussierten Quelle abwendet, was weiter zu Praktikabilität und Komfort in der Anwendung des Verfahrens beiträgt.

**[0028]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass das Verfahren nur dann durchgeführt wird, wenn vor dem Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen eine Kopfbewegung erfasst wurde. Dadurch wird vermieden, dass beispielsweise eine automatische Fokussierung einsetzt, obwohl der Benutzer sich keiner akustischen Quelle zugewandt hat, beispielsweise weil es sich um eine nicht-akustische Quelle handelt oder weil der Benutzer keiner Quelle seine gesteigerte Aufmerksamkeit widmen möchte.

**[0029]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung besteht darin, dass das Verfahren nur dann durchgeführt wird, wenn vor dem Fokussieren eine akustische Quelle im Fokus-Raumwinkel erfasst wurde. Damit wird verhindert, dass trotz Fehlens von akustischen Quellen fokussiert wird, was offensichtlich nicht sinnvoll wäre.

**[0030]** Weitere Vorteile und Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und Figuren. Es zeigen:

- Fig 1 Benutzer mit linkem und rechtem Hörinstrument
- Fig 2 Hörinstrument samt wesentlicher Komponenten
- Fig 3 Signalverarbeitungskomponenten des adaptiven Beamformers

- Fig 4 Benutzer und mehrere akustische Quellen  
 Fig 5 Fokussierter Beam  
 Fig 6 Akustische Quelle außerhalb des Beams  
 Fig 7 Ändern der Beam-Richtung  
 Fig 8 Neu-fokussierter Beam  
 Fig 9 Ablaufdiagramm, Fokussierung und D-Fokussierung

**[0031]** In **Figur 1** ist schematisch ein Nutzer 1 mit linkem Hörinstrument 2 und rechtem Hörinstrument 3 in Draufsicht dargestellt. Die Mikrofone des linken und rechten Hörinstruments 2, 3 sind jeweils zu einer directionalen Mikrofonanordnung zusammengeschlossen, so dass die Möglichkeit besteht, den jeweiligen Beam vom Benutzer 1 aus gesehen im Wesentlichen entweder nach vorne oder nach hinten zu richten. Weiter besteht die Möglichkeit, linkes und rechtes Hörinstrument 2, 3 mit einem Wireless Link (e2e) zu verbinden, um eine binaurale Konfiguration mit binauraler Mikrofonanordnung zu ermöglichen. Damit werden im Wesentlichen Richtungen vom Benutzer 1 aus gesehen nach rechts und links als weitere Beam-Richtungen der Anordnung ermöglicht. Die automatische Fokussierung des Beams kann sowohl für jedes monaurale Hörinstrument einzeln (vorne/hinten) als auch für die binaurale Anordnung (rechts/links) gemeinsam erfolgen.

**[0032]** In **Figur 2** sind das linke und rechte Hörinstrument 2, 3 samt der wesentlichen Signalverarbeitungs-komponenten schematisch dargestellt. Die Hörinstrumente 2, 3 sind gleich aufgebaut und unterscheiden sich ggf. in ihrer äußeren Form, um der jeweiligen Verwendung am linken oder rechten Ohr Rechnung zu tragen. Das linke Hörinstrument 2 umfasst zwei Mikrofone 4, 5, die räumlich getrennt angeordnet sind und gemeinsam eine directionale Mikrofonanordnung bilden. Die Signale der Mikrofone 4, 5 werden durch eine Signalverarbeitungseinrichtung 11 verarbeitet, die ein Ausgangssignal über den Receiver 8 abgibt. Eine Batterie 10 dient der Energieversorgung des Hörinstruments 2. Zusätzlich ist ein Bewegungssensor 9 vorgesehen, dessen Funktion bei der automatischen Fokussierung weiter unten erläutert werden soll. Das rechte Hörinstrument 3 umfasst die Mikrofone 6, 7, die ebenfalls zu einer directionalen Mikrofonanordnung zusammengeschlossen sind. Bezüglich der weiteren Komponenten wird auf die vorangehende Beschreibung verwiesen.

**[0033]** In **Figur 3** sind die wesentlichen Signalverarbeitungs-komponenten des automatisch fokussierenden Beamformers schematisch dargestellt. Die Signale der Mikrofone 4, 5 des linken Hörinstruments 2 werden vom Beamformer so verarbeitet, dass ein vom Benutzer aus gesehen gerade frontal nach vorne gerichteter Beam entsteht (0°, "Broadside"), der eine variable Beam-Weite aufweist. Die variable Beam-Weite ist gleichbedeutend mit einer variablen Direktionalität (kleinere Beam-Weite bedeutet höhere Direktionalität und umgekehrt, wobei höhere Direktionalität gleichbedeutend mit größerer Richtungsabhängigkeit ist). Der Beamformer ist auf her-

kömmliche Art und Weise aufgebaut, beispielsweise als Anordnung fester Beamformers, als Gemisch eines festen Beamformers mit einem richtungsunabhängigen Omni-Signal, als Beamformer mit variabler Beam-Weite, etc.

**[0034]** Ausgangssignale des Beamformers 13 sind das gewünschte Beam-Signal, das sämtliche akustischen Signale aus Richtung des Beams enthält, das richtungsunabhängige Omni-Signal (das sämtliche akustischen Quellen in allen Richtungen mit unterverfälschten binauralen Cues beinhaltet) und das Anti-Signal, das sämtliche akustischen Signale aus Richtungen außerhalb des Beams enthält.

**[0035]** Die drei Signale werden dem Mixer 19 zugeführt, und parallel den Quellen-Detektoren 15, 16, 17. Die Quellen-Detektoren 15, 16, 17 ermitteln laufend die Wahrscheinlichkeit (oder ein vergleichbares Maß) davon, dass eine interessierende akustische Quelle, beispielsweise eine Sprachquelle, in den drei Signalen vorhanden ist.

**[0036]** Der Bewegungssensor 9 hat die Aufgabe, Kopfbewegungen des Hörinstruments-Benutzers zu erfassen, beispielsweise auch Rotation, und zudem ein Maß für die Weite der jeweiligen Bewegung zu ermitteln. Ein dedizierter Hardware-Sensor herkömmlicher Art ist die schnellste und verlässlichste Möglichkeit, um Kopfbewegungen zu detektieren. Allerdings stehen andere Möglichkeiten, Kopfbewegungen zu detektieren, ebenfalls zur Verfügung, beispielsweise basierend auf einer räumlichen Analyse der akustischen Signale, oder unter Verwendung zusätzlicher alternativer Sensor-Systeme. Ein Kopfbewegungsdetektor 14 analysiert die Signale des Bewegungssensors 9 und ermittelt daraus Richtung und Maß von Kopfbewegungen.

**[0037]** Sämtliche Signale werden der Fokussteuerung 18 zugeführt, die in Abhängigkeit der Signale die Beam-Weite ermittelt. Die ermittelte Beam-Weite wird von der Fokussteuerung 18 daraufhin dem Beamformer 13 als Eingangssignal zugeführt. Weiter steuert die Fokussteuerung neben der Beam-Weite auch den Mixer 19, der die vorangehend erläuterten drei Signale (Omni, Anti, Beam) mischt und an eine Hörinstrumentsignalverarbeitung 20 weiterleitet. In der Hörinstrumentsignalverarbeitung 20 werden die akustischen Signale in der für Hörinstrumente üblichen Weise weiterverarbeitet und verstärkt an den Receiver 8 ausgegeben. Der Receiver 8 erzeugt das akustische Ausgangssignal für den Hörinstrument-Benutzer.

**[0038]** Die Fokussteuerung 18 ist vorzugsweise als Finite-State-Machine (FSM) ausgeführt, deren finite Zustände weiter unten erläutert werden sollen.

**[0039]** Die drei Signale (Omni, Anti, Beam) werden vom Mixer 19 so gemischt, dass der Benutzer ein natürlich klingendes räumliches Signal erhält. Dazu gehört auch, dass keine abrupten Übergänge stattfinden, sondern sanfte Übergänge. In der Hörinstrumentsignalverarbeitung 20 finden die weiteren Verarbeitungsschritte statt, die insbesondere einer Kompensation oder Therapie einer Hörschädigung des Benutzers dienen.

**[0040]** In **Figur 4** ist eine beispielhafte Situation schematisch dargestellt. Dargestellt ist der Hörinstrument-Benutzer 1 mit linkem und rechtem Hörinstrument 2, 3 in Draufsicht. Frontal vor dem Benutzer 1 befindet sich eine akustische Quelle 21, in deren Richtung der Benutzer 1 blickt. Der Beam des jeweiligen Hörinstruments 2, 3 ist auf die akustische Quelle 21 fokussiert, in dem die Beam-Weite auf den Winkel  $\alpha_1$  verringert wurde. Somit liegt die weitere akustische Quelle 22 außerhalb des Beams, würde jedoch innerhalb eines Beams mit der Beam-Weite  $\alpha_2$  liegen. Die weitere akustische Quelle 23 liegt noch weiter außerhalb des Beams und befindet sich nahezu neben dem Benutzer 1.

**[0041]** In **Figur 5 bis 8** wird die Funktionsweise des automatischen Fokussierens des Beams schematisch erläutert. In **Figur 5** ist der Beam mit der Weite  $\beta$  auf die akustische Quelle 21 fokussiert. In **Figur 6** bewegt der Benutzer den Kopf weg von der Quelle 21 und hin zur Quelle 23. Die Kopfbewegung wird durch die automatische Fokussteuerung (bzw. durch den Bewegungssensor) detektiert. Die automatische Fokussteuerung defokussiert den Beam daraufhin, indem auf das Signal Omni umgestellt wird. Wahlweise kann auch dadurch defokussiert werden, dass die Beam-Weite auf einen vorgegebenen, erheblich größeren Öffnungswinkel als im fokussierten Zustand eingestellt wird.

**[0042]** In **Figur 7** hat der Benutzer 1 den Kopf vollständig zur akustischen Quelle 23 gewendet. Die Kopfbewegung endet und der Benutzer 1 blickt zur Quelle 23. Das Ende der Kopfbewegung wird detektiert, woraufhin die automatische Fokussierung des Beams auf die Quelle 23 beginnt. Dabei wird ggf. vom richtungsunabhängigen Omni-Signal auf das richtungsabhängige Beam-Signal umgestellt und/oder die stark erhöhte Beam-Weite nach und nach reduziert. Die Beam-Weite wird solange reduziert, bis die Signalquelle 23 voll fokussiert ist. Weitere Reduzierung der Beam-Weite führt dazu, dass die Quelle nicht mehr vollständig innerhalb des Beams liegt, sodass das Signal der Quelle 23 bzw. dessen Anteil im Beam-Signal abnimmt. Die Fokussierung des Beams, d.h. die Reduzierung des Öffnungswinkels des Beams, wird beendet, sobald die Quelle 23 scharf fokussiert ist, was beim in der **Figur 8** eingezeichneten Winkel  $\beta$  der Fall ist. Eine möglicherweise darüberhinausgegangene Reduzierung des Beam-Winkels wird wieder rückgängig gemacht.

**[0043]** In **Figur 9** sind die finiten Zustände der Finite State Machine (FSM) erläutert. Die FSM startet im Zustand "Omni" 40 (keine Direktionalität, der Mixer gibt das Signal Omni aus), indem der Hörinstrument-Benutzer normal und richtungsunabhängig hört. Er ist in diesem Zustand in der Lage, akustische Quellen normal zu lokalisieren. Er kann seinen Kopf in normaler und natürlicher Weise bewegen und drehen, um beispielsweise nach einer interessierenden akustischen Quelle, etwa einem Sprecher, zu suchen.

**[0044]** Sobald der Benutzer seine Aufmerksamkeit einer Quelle zuwendet und sich auf diese Quelle konzen-

triert, wendet er den Kopf in Richtung dieser Quelle und bewegt seinen Kopf dann nicht mehr. Die Schleife 41 wird verlassen. Statt dessen geht die FSM in den Zustand "Fokussieren" 42 über und die Direktionalität des Beamformers wird nach und nach vergrößert (die Beam-Weite wird reduziert und ein entsprechend stärker richtungsabhängiges Signal an den Benutzer ausgegeben). Damit wächst der Anteil des Signals der Quelle im Beam-Signal und der Mixer gibt das derart gefilterte Signal weiter, indem er ausschließlich oder hauptsächlich das Signal Beam ausgibt.

**[0045]** Sobald die maximale Direktionalität (minimale Beam-Weite) erreicht ist, was dem vorangehend in **Figur 5** und **Figur 8** beschriebenen Zustand entspricht, kann der Anteil des interessierenden Quellsignals im Beam-Signal nicht weiter erhöht werden. Die Direktionalität wird nicht weiter verändert (Beam-Weite nicht weiter verringert) und die FSM verlässt die Schleife 43 und wechselt in den Zustand "Fokussiert" 44. Im Zustand "Fokussiert" 44 überwacht die automatische Beam-Steuerung laufend mithilfe des Bewegungssensors Kopfbewegungen des Benutzers (Schleife 47). Solange keine Kopfbewegungen detektiert werden, bleibt die FSM im Zustand "Fokussiert" 44.

**[0046]** Weiter wird laufend überwacht, ob außerhalb des Beams in den Signalen Omni und Anti möglicherweise interessierende akustische Quellen vorhanden sind. Wird eine neue Quelle entdeckt, wechselt die FSM in den Zustand "Glimpsing" 45. Im Zustand "Glimpsing" 45 wird ein geringer Anteil des Omni-Signals, das die mögliche weitere Quelle enthält, vom Mixer in das Ausgangssignal für den Benutzer beigemischt. Dadurch registriert der Benutzer, dass eine weitere Quelle vorhanden ist. Wenn der Benutzer sich dieser neuen Quelle nicht zuwendet, bewegt er seinen Kopf nicht. Die automatische Fokussteuerung stellt dies mit Hilfe des Bewegungssensors fest und regelt den Anteil des Omni-Signals nach einer bestimmten Zeitdauer wieder auf null zurück (fade out), so dass der Benutzer sich wieder voll auf fokussierte Signal konzentrieren kann. Das beschriebene "Glimpsing" wird jedes Mal durchgeführt, wenn eine neue Quelle in der akustischen Umgebung auftaucht oder wenn die akustische Umgebung sich signifikant verändert.

**[0047]** Bewegt der Benutzer seinen Kopf jedoch, weil er ein neues Signal fokussieren will oder einfach die akustische Umgebung überblicken will, was in der vorangehenden **Figur 6** dargestellt ist, wird die Kopfbewegung detektiert und die Fokussteuerung schaltet sofort auf das Omni-Signal um, d.h. die Beam-Weite wird wieder stark vergrößert und/oder der Mixer gibt zusätzlich oder ausschließlich das Omni-Signal aus. Dies ist in der Abbildung durch Element 46 wiedergegeben.

**[0048]** Das Omni-Signal ermöglicht es dem Benutzer, die akustische Umgebung mit allen unverzerrten räumlichen Cues zu überblicken, die im Beam-Signal verzerrt sind oder fehlen. Dies ermöglicht dem Benutzer die normale Lokalisierung akustischer Quellen. Sobald der Be-

nutzer sich auf eine andere akustische Quelle konzentriert, was der vorangehend erläuterten Figur 7 entspricht, geht die FSM erneut in den Zustand Fokussing 42 über. Damit beginnt die Beam-Fokussierung erneut.

**[0049]** Es versteht sich von selbst, dass für eine angenehme akustische Wahrnehmung des Benutzers sämtliche Zustände sowohl der Beam-Fokussierung als auch des Mixers sanft und ohne plötzliche Schritte gewechselt werden.

**[0050]** Das vorangehend erläuterte Verfahren ermöglicht durch die Kombination der verschiedenen Beamformer-Signale mit dem Kopfbewegungs-Detektor eine Funktion, die eng an die menschliche Weise angelehnt ist, sich verschiedene Quellen zu konzentrieren. Dabei wird die Kopfbewegung genutzt, um ein natürliches Feedback für das automatische Fokussieren und schnelle Defokussieren auf ein Ziel genutzt, um den Beamformer zu steuern. Die Fokussierung erfolgt nach und nach, wenn der Benutzer seinen Kopf nicht bewegt. Die Defokussierung bei Kopfbewegung bzw. der Übergang vom Beam-Signal ins Omni-Signal erfolgt schnell, um bei Veränderungen schnell ein unverzerrtes Signal mit allen räumlichen Informationen zur Verfügung zu haben. Die Funktion des Glimpsing gibt dem Benutzer die Möglichkeit, einerseits auf eine Quelle konzentriert zu bleiben, andererseits jedoch den Überblick über neue Quellen und Veränderungen zu erhalten.

**[0051]** Ein Grundgedanke der Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine automatische Adaption der Beam-Weite und/oder der Beam-Richtung zu ermöglichen, die komfortabel und intuitiv genutzt werden kann. Ein Grundgedanke der Erfindung besteht in einem Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments umfassend die Schritte:

- Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers,
- Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen richtungsabhängiges erfassen von akustischen Signalen,
- Danach anheben der Verstärkung akustischer Signale, die aus einem Fokus-Raumwinkel vor dem Kopf des Hörinstrument-Benutzers kommen, gegenüber akustischen Signalen aus anderen Raumwinkeln, und dadurch Aktivieren oder Erhöhen der Direktivität,
- Danach nach und nach fokussieren durch verringern des Fokus-Raumwinkels, und dadurch Erhöhen der Direktivität, solange, bis der Pegel akustischer Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, eigentlich die Präsenz der gewünschten Signale im Fokus-Raumwinkel (rein theoretisch die Wahrscheinlichkeit, dass das gewünschte Signal im Fokus-Raumwinkel präsent ist), aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt. Dadurch wird vorteilhaft die

richtungsabhängige, direktionale Erfassung akustischer Signale automatisch gestartet, sobald der Benutzer in Richtung einer akustischen Quelle, beispielsweise eines Sprechers, blickt und die Quelle sodann unverwandt ansieht.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Fokussieren eines Beamformers eines Hörinstruments umfassend die Schritte:
  - Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers,
  - Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen richtungsabhängiges erfassen von akustischen Signalen,
  - Danach anheben der Verstärkung akustischer Signale, die aus einem Fokus-Raumwinkel vor dem Kopf des Hörinstrument-Benutzers kommen, gegenüber akustischen Signalen aus anderen Raumwinkeln,
  - Danach nach und nach fokussieren durch verringern des Fokus-Raumwinkels solange, bis die Präsenz gewünschter akustischer Signale aus dem Fokus-Raumwinkel aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1 umfassend den weiteren Schritt:
  - Identifizieren einer akustischen Quelle im Fokus-Raumwinkel anhand der akustischen Signale aus dem Fokus-Raumwinkel, beispielsweise durch Verwendung eines Frequenz- oder Frequenzspektrum-Kriteriums, eines 4Hz Sprachmodulations-Detektor, eines Bayes Detektors, oder eines Hidden Markov Model Detektors.
3. Verfahren nach Anspruch 2, umfassend den weiteren Schritt:
  - Fokussieren solange, bis die Präsenz akustischer Signale der akustischen Quelle im Fokus-Raumwinkel aufgrund der Verringerung des Fokus-Raumwinkels abnimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3 umfassend die weiteren Schritte:
  - Ermitteln der räumlichen Richtung, in der sich die akustische Quelle befindet,
  - Zentrieren des Fokus-Raumwinkels in diese Richtung.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che umfassend die weiteren Schritte:

- Anschließend erfassen weiterer akustischer Signale, die aus anderen Raumwinkeln als dem Fokus-Raumwinkel kommen, 5
- Erfassen weiterer akustischer Quellen anhand der weiteren akustischen Signale, beispielsweise durch Verwendung eines Frequenz- oder Frequenzspektrum-Kriteriums, eines 4Hz Sprachmodulations-Detektor, eines Bayes Detektors, oder eines Hidden Markov Model Detektors. 10

6. Verfahren nach Anspruch 5 umfassend die weiteren Schritte: 15

- Bei Erfassen einer weiteren akustischen Quelle anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale. 20
- Erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers nach dem Anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale, 25
- Bei Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Anheben der Verstärkung der weiteren akustischen Signale wiederabsenken der Verstärkung, 30
- Bei Erfassen einer Kopfbewegung innerhalb der vorbestimmten Zeitdauer defokussieren durch wiedervergrößern des Fokus-Raumwinkels und anschließend durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 35

7. Verfahren nach Anspruch 5 umfassend die weiteren Schritte:

- Bei Ausbleiben des Erfassens weiterer akustischer Quellen erfassen der räumlichen Orientierung und/oder Position des Kopfs des Hörinstrument-Benutzers, 40
- Bei Erfassen einer Kopfbewegung defokussieren durch Wiedervergrößern des Fokus-Raumwinkels oder durch Wechseln von richtungsabhängigem auf richtungsunabhängiges erfassen von akustischen Signalen. 45

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren nur dann durchgeführt wird, wenn vor dem Erfassen des Ausbleibens von Kopfbewegungen eine Kopfbewegung erfasst wurde. 50

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren nur dann durchgeführt wird, wenn vor dem Fokussieren eine akustische Quelle im Fokus-Raumwinkel erfasst wurde. 55

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren in einem Hörinstrument ausgeführt wird.

FIG 1

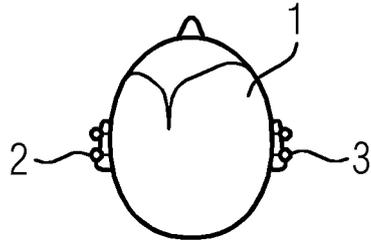


FIG 2

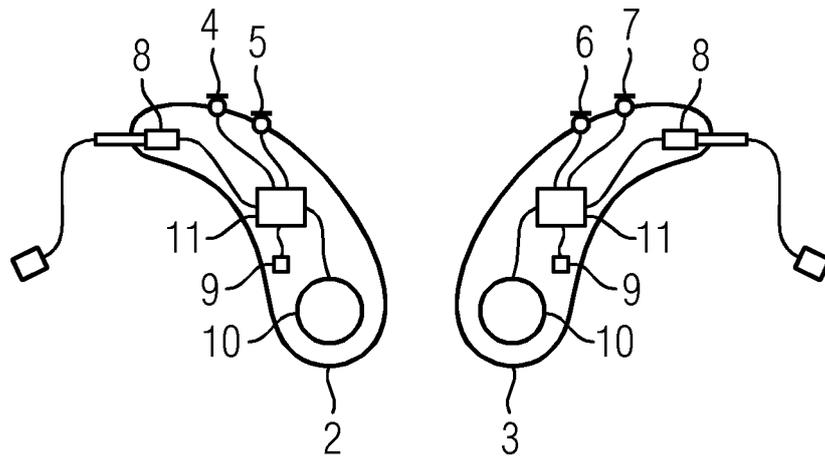


FIG 3

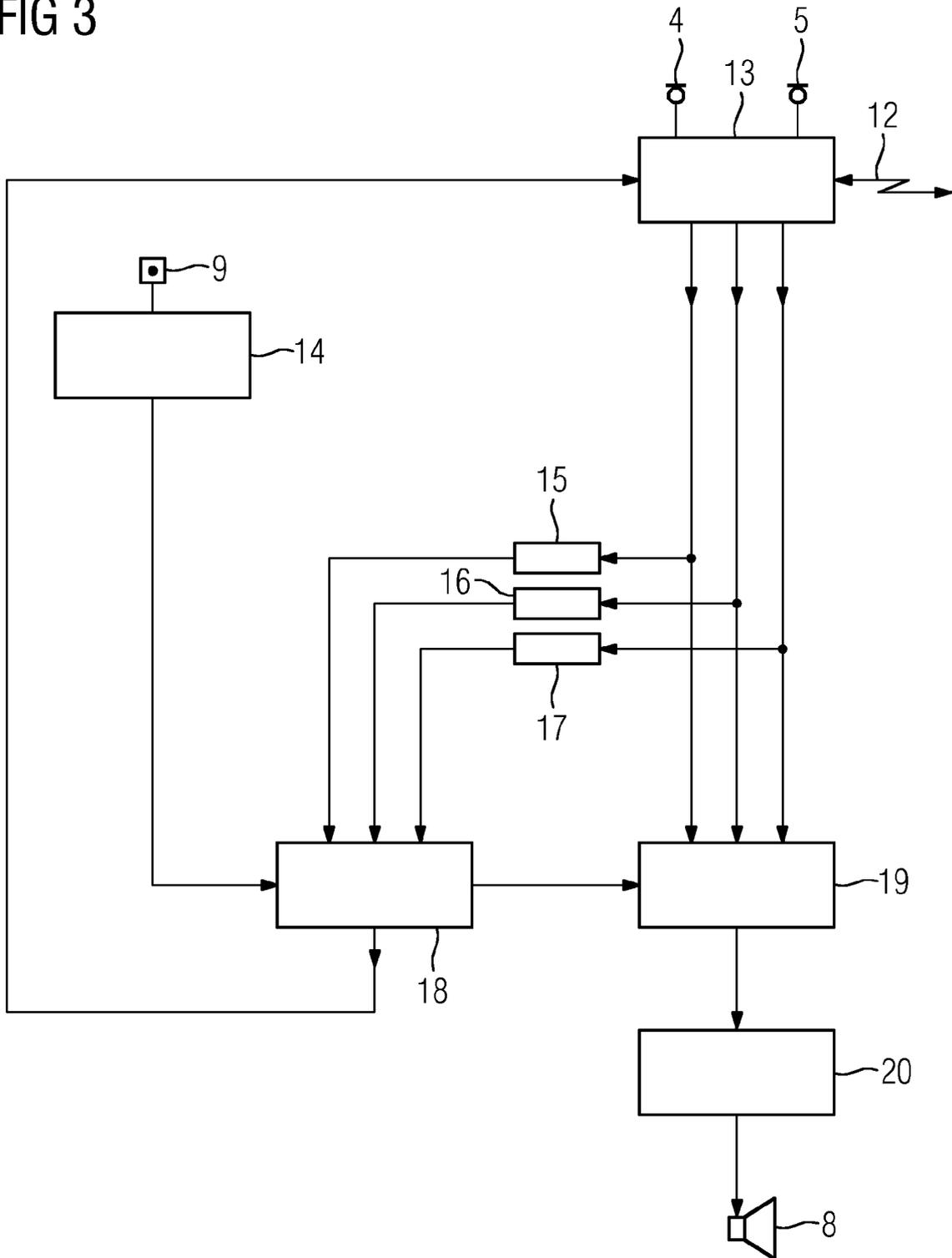


FIG 4

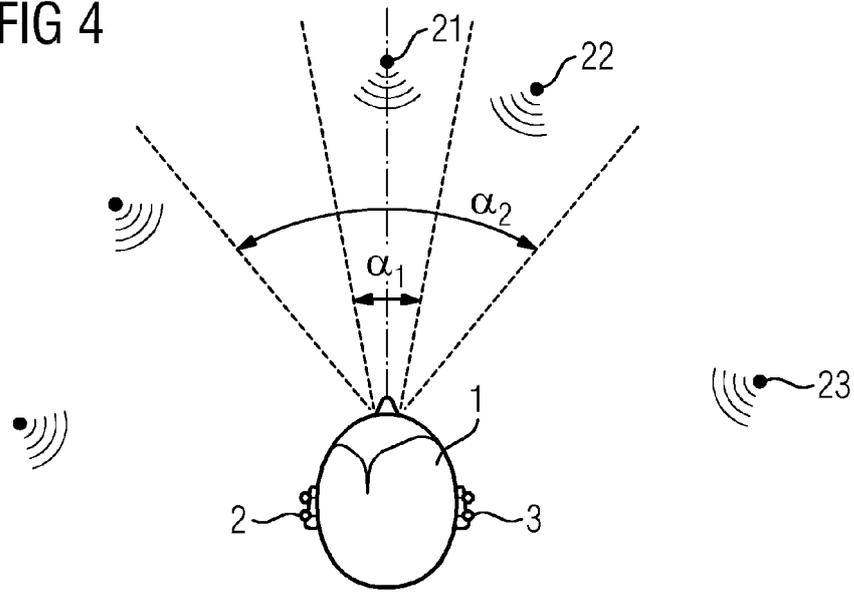


FIG 5

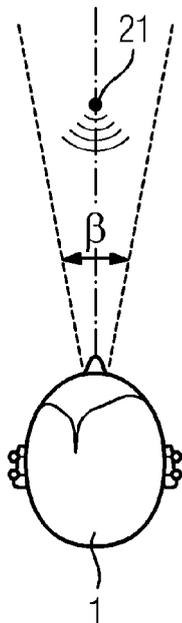


FIG 6

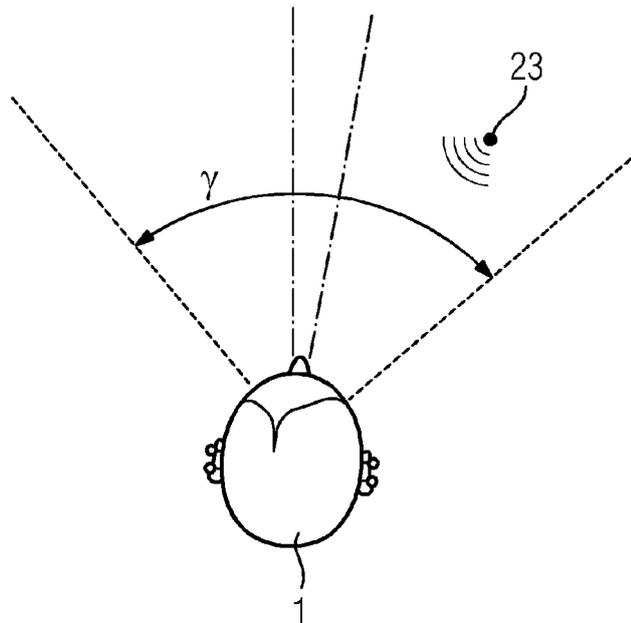


FIG 7

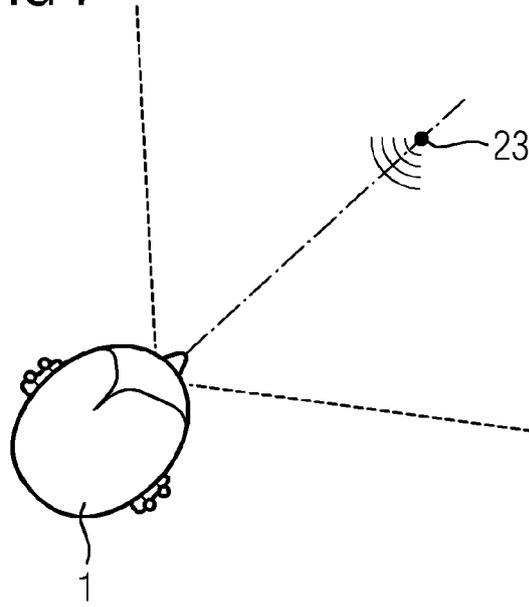


FIG 8

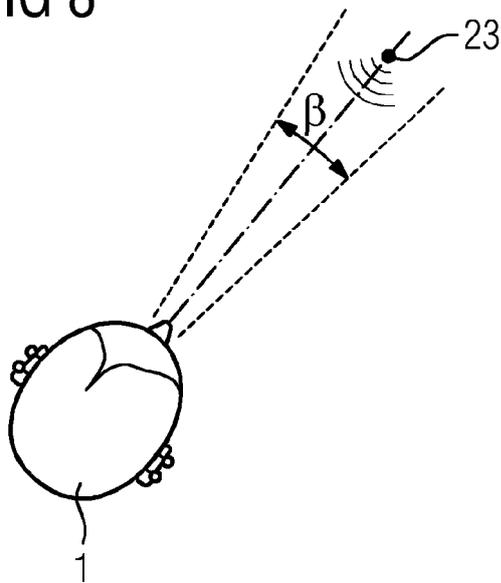
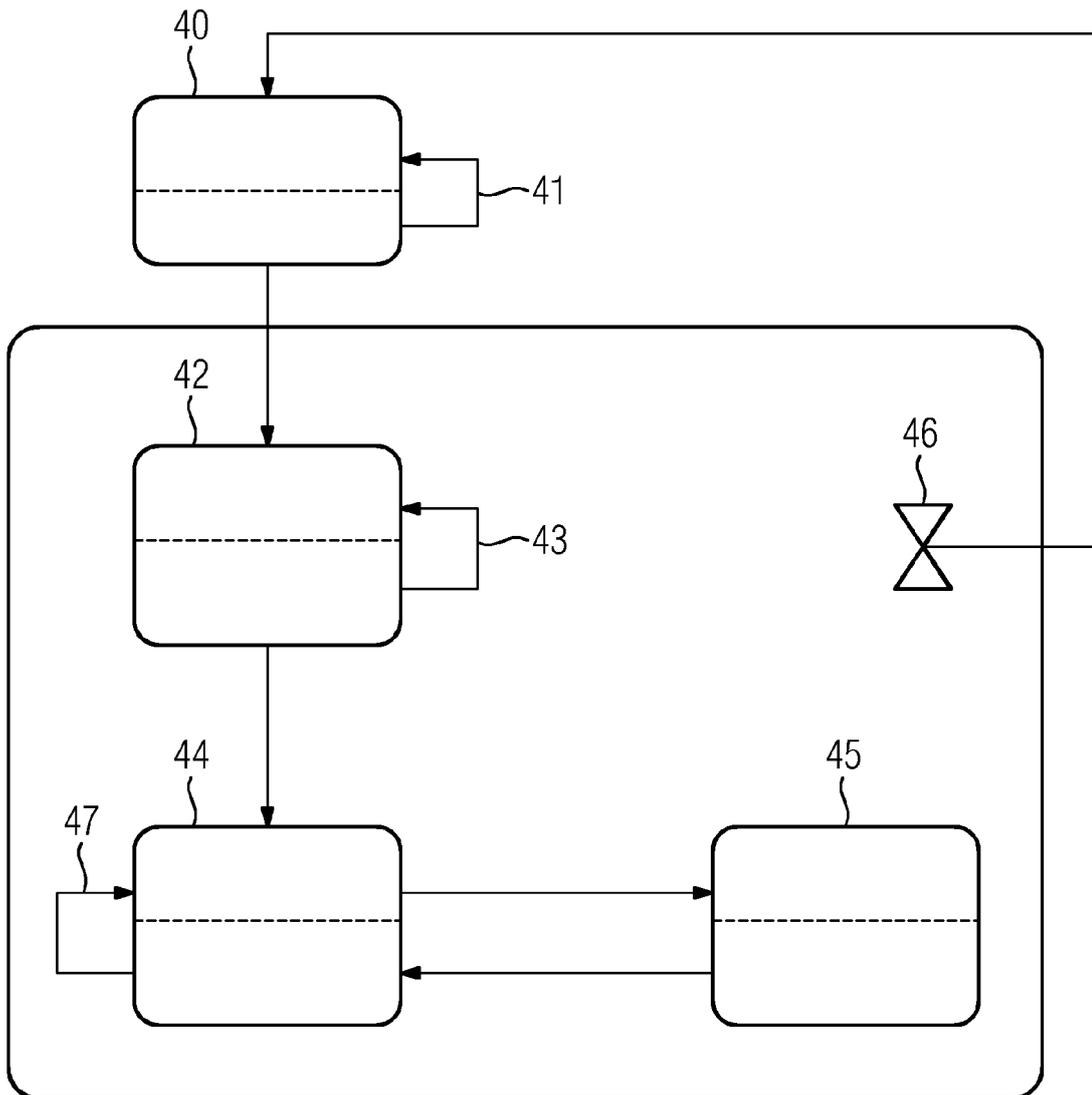


FIG 9



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20110103620 A1 [0006]
- US 20120020503 A1 [0007]
- US 20070223754 A1 [0008]
- US 20100074460 A1 [0009]
- US 20100158289 A1 [0010]