



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.12.2021 Patentblatt 2021/51**

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

(21) Anmeldenummer: **21175324.9**

(22) Anmeldetag: **21.05.2021**

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

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

(72) Erfinder: **GOMEZ, Gabriel**  
**91052 Erlangen (DE)**

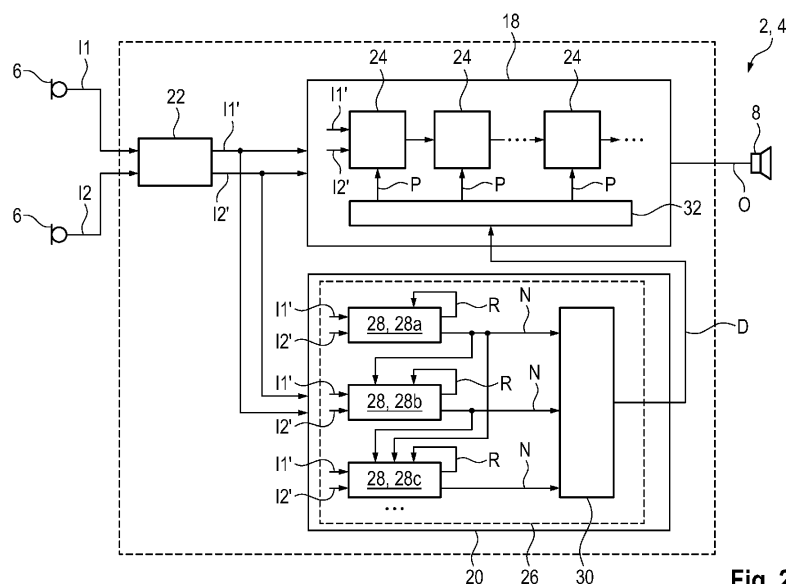
(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**  
**Nordostpark 16**  
**90411 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **18.06.2020 DE 102020207586**

(54) **HÖRSYSTEM MIT MINDESTENS EINEM AM KOPF DES NUTZERS GETRAGENEN HÖRINSTRUMENT SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES SOLCHEN HÖRSYSTEMS**

(57) Es wird ein Hörsystem (2) zur Unterstützung des Hörvermögens eines Nutzers angegeben, das mindestens ein an dem Kopf des Nutzers getragenes Hörinstrument (4) umfasst. Weiterhin wird ein Verfahren zum Betrieb des Hörsystems (2) angegeben. Mittels mindestens zweier Eingangswandler (6) des Hörsystems (4) wird ein Schallsignal aus einer Umgebung des Nutzers aufgenommen und in Eingangs-Audiosignale (I1, I2) umgewandelt. Das Hörsystem (2) umfasst zwei adaptive Beamformer (28, 28a, 28b) mit variabler Notch-Richtung (N), die mittelbar oder unmittelbar auf die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) angewendet werden, um jeweils ein

richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen. Die Notch-Richtungen (N) werden dabei auf voneinander verschiedene Werte eingestellt, so dass der Energieinhalt des richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) eines jeden Beamformers (28, 28a, 28b) jeweils minimiert wird. Die Notch-Richtungen (N) der zwei Beamformer (28, 28a, 28b) werden vergleichend ausgewertet. Dabei wird eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ erfasst, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung der Notch-Richtungen (N) festgestellt wird.



**Fig. 2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Hörsystem zur Unterstützung des Hörvermögens eines Nutzers, mit mindestens einem an dem Kopf, insbesondere in oder an einem Ohr des Nutzers getragenen Hörinstrument. Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Hörsystems.

**[0002]** Als Hörinstrument wird allgemein ein elektronisches Gerät bezeichnet, dass das Hörvermögen einer das Hörinstrument tragenden Person (die nachfolgend als "Träger" oder "Nutzer" bezeichnet ist) unterstützt. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Hörinstrumente, die dazu eingerichtet sind, einen Hörverlust eines hörgeschädigten Nutzers ganz oder teilweise zu kompensieren. Ein solches Hörinstrument wird auch als "Hörgerät" bezeichnet. Daneben gibt es Hörinstrumente, die das Hörvermögen von normalhörenden Nutzern schützen oder verbessern, zum Beispiel in komplexen Hörsituationen ein verbessertes Sprachverständnis ermöglichen sollen.

**[0003]** Hörinstrumente im Allgemeinen, und Hörgeräte im Speziellen, sind meist dazu ausgebildet, am Kopf und hier insbesondere ihn oder an einem Ohr des Nutzers getragen zu werden, insbesondere als Hinter-dem-Ohr-Geräte (nach dem englischen Begriff "behind the ear" auch als BTE-Geräte bezeichnet) oder In-dem-Ohr-Geräte (nach dem englischen Begriff "in the ear" auch als ITE-Geräte bezeichnet). Im Hinblick auf ihre interne Struktur weisen Hörinstrumente regelmäßig mindestens einen (akusto-elektrischen) Eingangswandler, eine Signalverarbeitungseinheit (Signalprozessor) und einen Ausgangswandler auf. Im Betrieb des Hörinstruments nimmt der oder jeder Eingangswandler einen Luftschall aus der Umgebung des Hörinstruments auf und wandelt diesen Luftschall in ein Eingangs-Audiosignal (d. h. ein elektrisches Signal, dass eine Information über den Umgebungsschall transportiert) um. Dieses mindestens eine Eingangs-Audiosignal ist nachfolgend auch als "aufgenommenes Schallsignal" bezeichnet. In der Signalverarbeitungseinheit wird das oder jedes Eingangs-Audiosignal verarbeitet (d. h. hinsichtlich seiner Schallinformation modifiziert), um das Hörvermögen des Nutzers zu unterstützen, insbesondere um einen Hörverlust des Nutzers auszugleichen. Die Signalverarbeitungseinheit gibt ein entsprechend verarbeitetes Audiosignal (auch als "Ausgangs-Audiosignal" oder "modifiziertes Schallsignal" bezeichnet) an den Ausgangswandler aus.

**[0004]** In den meisten Fällen ist der Ausgangswandler als elektro-akustischer Wandler ausgebildet, der das (elektrische) Ausgangs-Audiosignal wieder in einen Luftschall umwandelt, wobei dieser - gegenüber dem Umgebungsschall modifizierte - Luftschall in den Gehörgang des Nutzers abgegeben wird. Bei einem hinter dem Ohr getragenen Hörinstrument ist der auch als "Hörer" ("Receiver") bezeichnete Ausgangswandler meist außerhalb des Ohrs in einem Gehäuse des Hörinstruments integriert. Der von dem Ausgangswandler ausgegebene Schall wird in diesem Fall mittels eines Schallschlauchs in den Gehörgang des Nutzers geleitet. Alternativ hierzu kann der Ausgangswandler auch in dem Gehörgang, und somit außerhalb des hinter dem Ohr getragenen Gehäuses, angeordnet sein. Solche Hörinstrumente werden (nach dem englischen Begriff "receiver in canal") auch als RIC-Geräte bezeichnet. Im Ohr getragene Hörinstrumente, die so klein dimensioniert sind, dass sie nach außen über den Gehörgang nicht hinausstehen, werden (nach dem englischen Begriff "completely in canal") auch als CIC-Geräte bezeichnet.

**[0005]** In weiteren Bauformen kann der Ausgangswandler auch als elektro-mechanischer Wandler ausgebildet sein, der das Ausgangs-Audiosignal in Körperschall (Vibrationen) umwandelt, wobei dieser Körperschall zum Beispiel in den Schädelknochen des Nutzers abgegeben wird. Ferner gibt es implantierbare Hörinstrumente, insbesondere Cochlear-Implantate, und Hörinstrumente, deren Ausgangswandler den Hörnerv des Nutzers direkt stimulieren.

**[0006]** Der Begriff "Hörsystem" bezeichnet ein einzelnes Gerät oder eine Gruppe von Geräten und ggf. nicht-körperlichen Funktionseinheiten, die zusammen die im Betrieb eines Hörinstruments erforderlichen Funktionen bereitstellen. Das Hörsystem kann im einfachsten Fall aus einem einzelnen Hörinstrument bestehen. Alternativ hierzu kann das Hörsystem zwei zusammenwirkende Hörinstrumente zur Versorgung der beiden Ohren des Nutzers umfassen. In diesem Fall wird von einem "binauralen Hörsystem" gesprochen. Zusätzlich oder alternativ kann das Hörsystem mindestens ein weiteres elektronisches Gerät, zum Beispiel eine Fernbedienung, ein Ladegerät oder ein Programmiergerät für das oder jedes Hörgerät umfassen. Bei modernen Hörsystemen ist oft anstelle einer Fernbedienung oder eines dedizierten Programmiergerätes ein Steuerprogramm, insbesondere in Form einer sogenannten App, vorgesehen, wobei dieses Steuerprogramm zur Implementierung auf einem externen Computer, insbesondere einem Smartphone oder Tablet, ausgebildet ist. Der externe Computer ist dabei regelmäßig selbst kein Teil des Hörsystems, insofern als er in der Regel unabhängig von dem Hörsystem und auch nicht von dem Hersteller des Hörsystems bereitgestellt wird.

**[0007]** Zur Dämpfung von Störgeräuschen im Betrieb eines Hörsystems, und somit insbesondere zur Verbesserung des Sprachverständnisses in der Kommunikation zwischen dem Nutzer und einem anderen Sprecher, wird im Rahmen der Signalverarbeitung in einem Hörsystem häufig richtungsabhängige Dämpfung (Beamforming) des Eingangs-Audiosignals eingesetzt. In modernen Hörsystemen sind entsprechende Dämpfungseinheiten (Beamformer) mitunter adaptiv ausgestaltet. Ein solcher adaptiver Beamformer kann regelmäßig eine Richtung maximaler Dämpfung (Notch) variabel auf eine bestimmte Störquelle ausrichten, um den von dieser Störquelle ausgehenden Schallanteil besonders effektiv zu dämpfen. Bei einer Kopfdrehung des Nutzers sollte die Notch eines adaptiven Beamformers allerdings gegenläufig zu der Kopfdrehung verstellt werden, so dass der Beamformer auch während und nach der Kopfdrehung auf die zu dämpfende Störquelle ausgerichtet bleibt. Ansonsten führt die richtungsabhängige Dämpfung bei einer Kopfdrehung zu

einer Modulation des durch das Hörsystem an den Nutzer ausgegebenen modifizierten Schallsignals, die den Höreindruck des Nutzers teils empfindlich beeinträchtigen und im Extremfall sogar eine Verschlechterung des Sprachverständnisses (anstelle der gewünschten Verbesserung) verursachen kann.

**[0008]** Um solche negativen Effekte zu vermeiden, wird ein adaptiver Beamformer häufig mit einer hinreichend hohen Adaptionsgeschwindigkeit realisiert, so dass er sich bei einer Kopfdrehung von selbst ohne merklichen Zeitversatz neu ausrichten kann. Nachteiligerweise neigen solche schnell-adaptierende Beamformer aber zu Instabilität bei dynamischen Hörsituationen. Insbesondere springt die Notch eines solchen Beamformers mitunter zwischen verschiedenen Störquellen hin- und her, was das Hörempfinden des Nutzers wiederum erheblich beeinträchtigen kann. Ein anderer Ansatz besteht darin, die Kopfdrehung zu detektieren und in diesem Fall den Beamformer bedarfsgerecht anzupassen.

**[0009]** Zur Detektion der Kopfdrehung sind moderne Hörinstrumente häufig mit einem Beschleunigungssensor, einem Gyroskop oder einem elektronischen Kompass versehen. Die Integration eines solchen Sensors erhöht aber nachteiligerweise die technische Komplexität, und damit auch den Herstellungsaufwand eines Hörinstruments und kann besonders in kleinen Hörinstrumenten schwierig oder sogar unmöglich sein.

**[0010]** Der Anmeldung liegt die Aufgabe zugrunde, im Betrieb eines Hörsystems eine platzsparend und vergleichsweise unaufwändig realisierbare Detektion einer Kopfdrehung zu ermöglichen.

**[0011]** Bezüglich eines Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Bezüglich eines Hörgerätesystems wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 9. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen oder Weiterentwicklungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung dargelegt.

**[0012]** Die Erfindung geht allgemein aus von einem Hörsystem zur Unterstützung des Hörvermögens eines Nutzers, wobei das Hörsystem mindestens ein am Kopf, insbesondere in oder an einem Ohr des Nutzers getragenes Hörinstrument aufweist. Wie vorstehend beschrieben, kann das Hörsystem in einfachen Ausführungen der Erfindung ausschließlich aus einem einzigen Hörinstrument bestehen. In einer anderen Ausführung der Erfindung umfasst das Hörsystem zusätzlich zu dem Hörinstrument mindestens eine weitere Komponente, z.B. ein weiteres (insbesondere gleichartiges) Hörinstrument zur Versorgung des anderen Ohrs des Nutzers, ein Steuerprogramm (insbesondere in Form einer App) zur Ausführung auf einem externen Computer (insbesondere einem Smartphone) des Nutzers und/oder mindestens ein weiteres elektronisches Gerät, z.B. eine Fernbedienung oder ein Ladegerät. Das Hörinstrument und die mindestens eine weitere Komponente stehen in diesem Fall miteinander in Datenaustausch, wobei Funktionen der Datenspeicherung und/oder Datenverarbeitung des Hörsystems unter dem Hörinstrument und der mindestens einen weiteren Komponente aufgeteilt sind.

**[0013]** Das Hörsystem weist mindestens zwei Eingangswandler auf, die zur Aufnahme jeweils eines Schallsignals (insbesondere in Form von Luftschall) aus einer Umgebung des Hörinstruments dienen. Die mindestens zwei Eingangswandler können in demselben Hörinstrument angeordnet sein; insbesondere dann, wenn das Hörsystem nur ein einziges Hörinstrument umfasst. Bei einem binauralen Hörsystem mit zwei Hörinstrumenten können die mindestens zwei Eingangswandler alternativ auch auf die beiden Hörinstrumente verteilt sein.

**[0014]** Zweckmäßigerweise umfasst das Hörsystem weiterhin eine Signalverarbeitungseinheit zur Verarbeitung (Modifizierung) des aufgenommenen Schallsignals, um das Hörvermögen des Nutzers zu unterstützen, sowie einen Ausgangswandler zur Ausgabe des modifizierten Schallsignals. Bei einem binauralen Hörsystem weisen bevorzugt beide Hörinstrumente jeweils eine Signalverarbeitungseinheit und einen Ausgangswandler auf. Anstelle eines zweiten Hörinstruments mit Eingangswandler, Signalverarbeitungseinheit und Ausgangswandler kann das Hörsystem im Rahmen der Erfindung für das zweite Ohr allerdings auch ein Hörinstrument aufweisen, das selbst keinen Ausgangswandler hat, sondern nur Schall aufnimmt und - mit oder ohne Signalverarbeitung - an das Hörinstrument des ersten Ohrs weiterleitet. Solche sogenannten CROS- oder BiCROS-Instrumente werden insbesondere bei Nutzern mit einseitiger Taubheit eingesetzt. Ferner können im Rahmen der Erfindung die Signalverarbeitung oder ein Teil derselben auch aus dem Hörinstrument oder den Hörinstrumenten in eine externe Einheit, z.B. eine in einem Smartphone ablaufende App ausgelagert sein.

**[0015]** Das oder jedes Hörinstrument des Hörsystems liegt insbesondere in einer der eingangs beschriebenen Bauformen (BTE-Gerät mit internem oder externem Ausgangswandler, ITE-Gerät, z.B. CIC-Gerät, Hörimplantat, insbesondere Cochlear-Implantat, Hearable, etc.) vor. Im Falle eines binauralen Hörsystems sind vorzugsweise beide Hörinstrumente gleichartig ausgebildet.

**[0016]** Bei jedem der Eingangswandler handelt es sich insbesondere um einen akusto-elektrischen Wandler, der einen Luftschall aus der Umgebung in ein elektrisches Eingangs-Audiosignal umwandelt. Der oder jeder Ausgangswandler ist gegebenenfalls vorzugsweise als elektro-akustischer Wandler (Hörer) ausgebildet, der das von der Signalverarbeitungseinheit modifizierte Audiosignal wiederum in einen Luftschall umwandelt. Alternativ ist der Ausgangswandler zur Abgabe eines Körperschalls oder zur direkten Stimulierung des Hörnervs des Nutzers ausgebildet.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird eine mehrfache, richtungsabhängige Dämpfung der Eingangs-Audiosignale (oder durch eine Vorverarbeitung der Eingangs-Audiosignale abgeleiteter interner Audiosignale) mittels mindestens zweier adaptiver Beamformer verwendet, um die Hörsituation (insbesondere die Lage von dominanten Geräuschquellen relativ zum Kopf

des Nutzers) zu analysieren und hierdurch eine Kopfdrehung des Nutzers zu erkennen. Im Zuge des Verfahrens wird mittels der mindestens zwei Eingangswandler des Hörsystems ein Schallsignal aus einer Umgebung des Nutzers aufgenommen und in Eingangs-Audiosignale umgewandelt. Die Eingangs-Audiosignale werden unmittelbar (d.h. in unverarbeiteter Form) oder mittelbar (d.h. in bereits vorverarbeiteter Form) einem ersten adaptiven Beamformer mit einer

variablen ersten Notch-Richtung und einem zweiten Beamformer mit einer zweiten variablen Notch-Richtung zugeführt. **[0018]** Der erste adaptive Beamformer wird (mittelbar oder unmittelbar) auf die Eingangs-Audiosignale angewendet, um ein erstes richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal zu erzeugen. Die erste Notch-Richtung wird dabei derart eingestellt, dass der Energieinhalt des ersten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals minimiert wird. Ebenso wird auch der zweite adaptive Beamformer (mittelbar oder unmittelbar) auf die Eingangs-Audiosignale angewendet, um ein zweites richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal zu erzeugen. Die zweite Notch-Richtung wird ebenfalls derart eingestellt, dass der Energieinhalt des zweiten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals minimiert wird. Die beiden adaptiven Beamformer sind dabei gekoppelt, so dass die zweite Notch-Richtung nur einen von der ersten Notch-Richtung verschiedenen Wert annehmen kann. Somit wird ausgeschlossen, dass sich die beiden adaptiven Beamformer auf dieselbe Geräuschquelle ausrichten.

**[0019]** Die Notch-Richtungen sind in zweckmäßiger Ausführung der Erfindung in Form von Winkelangaben, beispielsweise relativ zu der Blickrichtung des Nutzers, definiert. Alternativ können die Notch-Richtungen aber auch als - mit der Ausrichtung der Notches linear oder nicht-linear korrelierte - abstrahierte Größen angegeben sein, beispielsweise in Form eines Wichtungsfaktors, mit dem zur Einstellung gängiger adaptiver Beamformer verschiedene Grundrichtsignale (z.B. ein Cardioid-Signal und ein Anti-Cardioid-Signal, etc.) gewichtet werden, oder in Form einer variablen Zeitverzögerung, mit der verschiedene Signalanteile zur Erzeugung der Richtwirkung einander überlagert werden.

**[0020]** Um eine Kopfdrehung zu erfassen, werden die erste Notch-Richtung und die zweite Notch-Richtung vergleichend ausgewertet. Dabei wird die Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ erfasst, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung der ersten Notch-Richtung und der zweiten Notch-Richtung festgestellt wird.

**[0021]** Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass sich bei einer Kopfdrehung - relativ zu dem Kopf und somit aus der Position des mindestens einen Hörinstruments gesehen - alle statischen Geräuschquellen in der Umgebung des Nutzers synchron und in gleicher Weise um den Kopf zu drehen scheinen, während eine solche korrelierte Drehung von Geräuschquellen bei unbewegtem Kopf äußerst unwahrscheinlich ist. Indem die Notch-Richtungen verschiedener auf unterschiedliche Geräuschquellen ausgerichteter Beamformer miteinander hinsichtlich der Korrelation der Änderungen der Notch-Richtungen verglichen werden, werden Änderungen, die auf eine Kopfdrehung zurückzuführen sind, von Änderungen, die durch eine tatsächliche Bewegung von Geräuschquellen verursacht sind, effektiv unterschieden. Hierdurch werden Kopfdrehungen erkannt. Vorteilhafterweise kann das Verfahren mittels der in einem Hörsystem ohnehin vorhandenen Mittel der Signalverarbeitung (insbesondere eines Signalprozessors) ausgeführt werden. Insbesondere können (und sind vorzugsweise) die vorstehend beschriebenen adaptiven Beamformer durch Software realisiert, die in einem Signalprozessor des Hörsystems abläuft. In diesem Fall ist für die Durchführung des Verfahrens eine dedizierte Hardware nicht erforderlich und bevorzugt auch nicht vorgesehen. In jedem Fall ist für die erfindungsgemäße Kopfdrehungsdetektion aber ein Beschleunigungs-, Bewegungs- oder Richtungssensor nicht erforderlich und daher bevorzugt im Rahmen des Hörsystems auch nicht vorgesehen. Das erfindungsgemäße Verfahren kann daher in der Massenfertigung von Hörsystemen mit vergleichsweise geringem Aufwand umgesetzt und auch in sehr kleinen Hörinstrumenten unproblematisch eingesetzt werden.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann aber auch in Hörsystemen eingesetzt werden, in denen in herkömmlicher Weise eine Kopfdrehungsdetektion mittels eines Beschleunigungs-, Bewegungs- oder Richtungssensors implementiert ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist in diesem Fall vorteilhaft, um die Kopfdrehung redundant zu bestimmen und somit etwaige Detektionsfehler der sensorgestützten Kopfdrehungsdetektion zu vermeiden oder zu korrigieren.

**[0023]** Als Anzeichen für eine korrelierte Änderung der Notch-Richtungen der beiden adaptiven Beamformer werden insbesondere eine übereinstimmende Dauer und/oder übereinstimmende Anfangs- und Endzeitpunkte der Änderung erkannt. Zusätzlich oder alternativ werden ein übereinstimmendes Drehwinkelintervall und/oder eine übereinstimmende Drehrate der Notch-Richtungen als Anzeichen für eine korrelierte Änderung erkannt. Wiederum zusätzlich oder alternativ wird eine korrelierte Änderung der Notch-Richtungen durch Bildung der mathematischen Kreuzkorrelationsfunktion erkannt.

**[0024]** Grundsätzlich ist in einfachen Ausführungsformen der Erfindung möglich, dass die Kopfdrehung lediglich qualitativ erfasst wird. Es wird in diesem Fall also nur erfasst, dass der Kopf gedreht wird, aber nicht wie der Kopf gedreht wird. Hierzu wird beispielsweise bei und während der Erkennung der Kopfdrehung ein die Kopfdrehung anzeigendes Hinweissignal (z.B. in Form eines sogenannten Flags, d.h. eines Ein-Bit-Signals) erzeugt. Zusätzlich oder alternativ wird die Kopfdrehung durch Erfassung (und ggf. Speicherung) eines zugeordneten Zeitpunktes qualitativ erfasst.

**[0025]** Zusätzlich oder alternativ zu der qualitativen Erfassung wird die Kopfdrehung in bevorzugten Ausführungen der Erfindung aber (ggf. auch) quantitativ erfasst. Es werden in diesem Fall also (ggf. auch) die Art und Weise und/oder das Ausmaß der Kopfdrehung erfasst. Hierzu wird bevorzugt mindestens eine Messgröße erfasst, die für die Drehrate

(Winkelgeschwindigkeit), ein Drehwinkelintervall, eine Dauer der Kopfdrehung (sowie zusätzlich oder alternativ Anfangs- und Endzeitpunkt der Kopfdrehung) und/oder eine zeitabhängige Orientierung des Kopfes im umgebenden Raum charakteristisch wird. Diese Messgröße kann die Drehrate (Winkelgeschwindigkeit), das Drehwinkelintervall, die Dauer der Kopfdrehung (bzw. Anfangs- und Endzeitpunkt der Kopfdrehung) und/oder die zeitabhängige Orientierung des Kopfes selbst sein. Bei der Messgröße kann es sich aber beispielsweise auch um eine abstrakte Größe handeln, beispielsweise um die Änderungsrate, das Änderungsintervall oder Anfangs- und Endzeitpunkte der Änderung des vorstehend beschriebenen Wichtungsfaktors oder der vorstehend beschriebenen Zeitverzögerung. Die Kopfdrehung kann im Rahmen der Erfindung wahlweise als eindimensionale Drehung des Kopfes um die Vertikalachse oder - in verfeinerten Varianten des Verfahrens - als zwei- oder dreidimensionale Drehung des Kopfes im Raum erfasst werden.

**[0026]** Um Detektionsfehler (insbesondere eine Fehlinterpretation von sich bewegenden Geräuschquellen als Anzeichen für eine Kopfdrehung) zu vermeiden, wird in bevorzugter Ausführung des Verfahrens zusätzlich zu dem ersten und zweiten adaptiven Beamformer mindestens ein weiterer (d.h. i-ter mit  $i = 3, 4, 5, \dots$ ) adaptiver Beamformer mit einer variablen weiteren (i-ten mit  $i = 3, 4, 5, \dots$ ) Notch-Richtung mittelbar oder unmittelbar auf die Eingangs-Audiosignale angewendet, um ein weiteres (i-tes mit  $i = 3, 4, 5, \dots$ ) richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal zu erzeugen. Wie schon der zweite adaptive Beamformer ist auch der oder jeder weitere (i-te) Beamformer mit den anderen Beamformern gekoppelt, so dass sich alle Beamformer auf unterschiedliche Geräuschquellen einstellen müssen. Auch die weitere (i-te) Notch-Richtung - die in gleicher Weise wie die erste und zweite Notch-Richtung als Winkelangabe oder abstrahierte Größe definiert ist - wird daher auf einen von den Notch-Richtungen der anderen Beamformer verschiedenen Wert eingestellt, so dass der Energieinhalt des weiteren (i-ten) richtungsabhängig gedämpften Audiosignals minimiert wird. Zusätzlich zu der ersten und zweiten Notch-Richtung wird auch die mindestens eine weitere (i-te) Notch-Richtung in die vergleichende Auswertung einbezogen. Eine Kopfdrehung des Nutzers wird dabei in der vorstehend beschriebenen Weise qualitativ und/oder quantitativ erfasst, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung von mindestens zwei der Notch-Richtungen festgestellt wird. Vorzugsweise wird die Zahl der Beamformer im Betrieb des Hörsystems dynamisch an die Anzahl der Geräuschquellen (zumindest der dominanten Geräuschquellen, also derjenigen Geräuschquellen, die einen signifikanten Beitrag zu dem Umgebungsschall liefern) angepasst.

**[0027]** Die korrelierte Änderung von mindestens zwei der Notch-Richtungen ist dabei eine notwendige, aber nicht unbedingt hinreichende Bedingung für die Erkennung der Kopfdrehung. So kann die vergleichende Auswertung der Notch-Richtungen in verfeinerten Varianten der Erfindung um mindestens eine zusätzliche Bedingung ergänzt werden, um das Risiko von Detektionsfehlern weiter zu senken.

**[0028]** Durch solche weiteren Bedingungen wird insbesondere der Fall berücksichtigt, dass in einfachen Hörsituationen unter gegebenen Umständen mindestens einer der gekoppelten Beamformer keine dominanten Schallquellen mehr findet, auf die er sich ausrichten könnte. Die Notch-Richtung eines solchen Beamformers zeigt regelmäßig - mangels Ausrichtung auf eine dominante Geräuschquelle - ein instabiles Zeitverhalten (und irrt somit quasi zufällig im Raum umher), was unter ungünstigen Umständen zu einer zufälligen Korrelation mit der Notch-Richtung eines anderen, auf eine bewegte Geräuschquelle ausgerichteten Beamformers führen und somit einen Detektionsfehler hervorrufen kann.

**[0029]** Um solche Detektionsfehler auszuschließen, werden in vorteilhaften Ausführungen des Verfahrens instabile Notch-Richtungen erkannt und von der vergleichenden Auswertung ausgeschlossen oder zumindest mit geringerem Gewicht berücksichtigt.

**[0030]** Vorzugsweise wird hierzu mindestens eine der Notch-Richtungen in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Stärke der durch die Variation dieser Notch-Richtung erzielten Energieminimierung - und somit in Abhängigkeit von der Stärke der Schallquelle, auf die der zugehörige Beamformer ausgerichtet wird - mit unterschiedlicher (binärer oder kontinuierlicher) Gewichtung berücksichtigt. Beamformer, die kein ausgeprägtes Energieminimum finden, werden hierbei in der vergleichenden Auswertung weniger oder gar nicht berücksichtigt.

**[0031]** Zusätzlich oder alternativ hierzu wird mindestens eine der Notch-Richtungen in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Zeitstabilität dieser Notch-Richtung mit unterschiedlicher (binärer oder kontinuierlicher) Gewichtung berücksichtigt. Notch-Richtungen, die in einer vorausgegangenen Zeitspanne vergleichsweise stark variiert haben, werden dabei weniger oder gar nicht berücksichtigt. Die Zeitstabilität der Notchrichtung wird beispielsweise durch Erfassung der Standardabweichung und/oder der Mean-Crossing-Rate der Notch-Richtung für einen vorgegebenen zurückliegenden Zeitraum ermittelt. Als Mean-Crossing-Rate wird die Rate bezeichnet, mit der die aktuelle Notch-Richtung einen gleitenden zeitlichen Mittelwert der Notch-Richtung über- und unterschreitet. Wiederum zusätzlich oder alternativ wird als Maß für die Zeitstabilität der Notch-Richtung die Anzahl der Vorzeichenwechsel in der ersten zeitlichen Ableitung der Notch-Richtung herangezogen.

**[0032]** In zweckmäßiger Ausführung umfasst das Hörsystem als funktionalen Bestandteil der Signalverarbeitung eine Signalaufbereitungseinheit, der die Eingangs-Audiosignale unmittelbar oder mittelbar über eine Vorverarbeitungsstufe zugeführt sind und in der diese Audiosignale mittels einer Anzahl von Signalaufbereitungsprozessen (d.h. mindestens einem Signalaufbereitungsprozess, vorzugsweise aber einer Mehrzahl von Signalaufbereitungsprozessen) in Abhängigkeit von einer Anzahl von einstellbaren Signalaufbereitungsparametern (d.h. mindestens einem Signalaufbereitungsparameter, vorzugsweise aber mehreren Signalaufbereitungsparametern) modifiziert werden, um mittels eines Aus-

gangswandlers des Hörinstruments an den Nutzer ausgegeben zu werden. Dabei wird bevorzugt mindestens ein Signalaufbereitungsparameter in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eingestellt.

**[0033]** Die Signalaufbereitungseinheit umfasst vorzugsweise mindestens einen adaptiven Signalaufbereitungsprozess, z.B. zur richtungsabhängigen Dämpfung (Adaptive Beamforming), zur Rückkopplungsunterdrückung (Adaptive Feedback Cancellation), zur aktiven Geräuschunterdrückung (Active Noise Cancelling), etc., durch den die Eingangs-Audiosignale oder ein hieraus durch eine Vorverarbeitung bearbeitetes Zwischensignal in Abhängigkeit einer einstellbaren Adaptionsgeschwindigkeit modifiziert werden. In diesem Fall wird vorzugsweise die Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eingestellt. Beispielsweise wird die Adaptionsgeschwindigkeit erhöht, wenn und solange mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Kopfdrehung festgestellt wird.

**[0034]** Zusätzlich oder alternativ kann die verfahrensgemäße Erfassung der Kopfdrehung auch für andere Zwecke eingesetzt werden, z.B. zu Dokumentationszwecken (Data-Logging), zur Erfassung von Bedienbefehlen des Nutzers, um dem Nutzer eine Steuerung des Hörsystems durch Gesten (nämlich gezielte Kopfbewegungen) zu ermöglichen, oder zur Bewertung des physiologischen oder psychologischen Zustands des Nutzers (so kann beispielsweise durch Aufzeichnung und statistische Auswertung der Kopfbewegung des Nutzers auf physiologische Störungen wie z.B. Schwindel oder psychologische Einschränkungen geschlossen werden).

**[0035]** Mindestens einer der verfahrensgemäß zur Erfassung der Kopfdrehung eingesetzten adaptiven Beamformer kann im Rahmen der Erfindung ein Bestandteil der Signalaufbereitungseinheit sein. In diesem Fall wird das von diesem Beamformer erzeugte richtungsabhängig gedämpfte Signal auch - ggf. in weiterverarbeiteter Form und/oder kombiniert mit anderen Signalanteilen - als modifiziertes Audiosignal oder Teil desselben an den Nutzer ausgegeben.

**[0036]** In bevorzugter Ausführung der Erfindung werden die zur Erfassung der Kopfdrehung eingesetzten adaptiven Beamformer aber ausschließlich zur Analyse der Hörsituation herangezogen. Die adaptiven Beamformer sind in diesem Fall Bestandteil einer von der Signalaufbereitungseinheit getrennten Signalanalyseeinheit. Das von den Beamformern jeweils erzeugte richtungsabhängig gedämpfte Signal wird in diesem Fall insbesondere ausschließlich zur Bestimmung der Energieoptimierung, und somit zur Einstellung der Notch-Richtung, verwendet.

**[0037]** Zur Erkennung der Kopfdrehung im Rahmen des Verfahrens werden vorzugsweise Beamformer eingesetzt, die einerseits hinreichend schnell adaptieren, um einer gewöhnlichen Kopfdrehung in Echtzeit folgen zu können. Andererseits wird vorzugsweise verhindert, dass die Beamformer in dynamischen Hörsituationen zwischen verschiedenen Geräuschquellen hin- und herspringen. Hierzu wird in einer vorteilhaften Verfahrensvariante die Adaptionsgeschwindigkeit der Beamformer in Abhängigkeit von der Stärke der Energieminimierung variiert. Solange ein bestimmter Beamformer auf eine aktive Geräuschquelle ausgerichtet ist und somit die Energieminimierung für die eingestellte Notch-Richtung hinreichend groß ist (was beispielsweise daran erkannt wird, dass das Verhältnis des Energieinhalts des richtungsabhängig gedämpften Audiosignals zu dem Energieinhalt der dem Beamformer zugeführten Audiosignale einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet), wird die Adaptionsgeschwindigkeit für diesen Beamformer auf einen vergleichsweise hohen Wert gesetzt. Der Grenzwert wird vorzugsweise in Abhängigkeit von der Art der akustischen Szene variiert. In einem diffusen Schallfeld wird der Grenzwert beispielsweise kleiner gewählt als in einer ruhigen Umgebung mit wenigen Schallquellen, da erfahrungsgemäß die Dämpfungswirkung des Beamformers in dem erstgenannten Fall geringer ausfällt als in dem letztgenannten Fall. Beispielsweise wird die Adaptionsgeschwindigkeit derart eingestellt, dass eine Änderung der Notch-Richtung um bis zu 180° pro Sekunde ermöglicht wird. Andernfalls, insbesondere wenn die Geräuschquelle, auf die der Beamformer ausgerichtet ist, vorübergehend inaktiv geworden ist und somit die Stärke der Energieminimierung zurückgeht, insbesondere unter den Grenzwert absinkt, wird die Adaptionsgeschwindigkeit herabgesetzt. Beispielsweise wird in diesem Fall die zulässige Änderungsrate der Notch-Richtung auf  $\pm 2^\circ$  pro Sekunde begrenzt. Durch diese Herabsetzung der Adaptionsgeschwindigkeit wird erreicht, dass die Beamformer ihre Ausrichtung auf eine bestimmte Geräuschquelle auch dann beibehalten, wenn diese Geräuschquelle kurzzeitig inaktiv wird.

**[0038]** Bei Erkennung einer Kopfdrehung mittels des Verfahrens wird ferner vorzugsweise auch die Notch-Richtung des oder jedes Beamformers, der auf eine momentan inaktive Geräuschquelle ausgerichtet ist, den korrelierten Änderungen der Notch-Richtungen der anderen, auf aktive Geräuschquellen ausgerichteten Beamformer nachgeführt. Auf diese Weise wird erreicht, dass die nachgeführte Notch-Richtung auch bei vorübergehender Inaktivität der zugeordneten Geräuschquelle bei einer erkannten Kopfdrehung auf diese ausgerichtet bleibt, so dass dieser Beamformer für die Kopfdrehungsdetektion sofort wieder einsetzbar ist, sobald die Geräuschquelle wieder aktiv wird.

**[0039]** Das erfindungsgemäße Hörsystem ist allgemein zur automatischen Durchführung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet. Das Hörsystem umfasst hierzu den ersten und zweiten adaptiven Beamformer (wie vorstehend beschrieben). Das Hörsystem umfasst weiterhin eine Auswerteeinheit, die dazu eingerichtet ist, die erste Notch-Richtung und die zweite Notch-Richtung vergleichend auszuwerten, und eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ zu erfassen, wenn sie im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung der ersten Notch-Richtung und der zweiten Notch-Richtung feststellt.

**[0040]** Die Einrichtung des Hörsystems zur automatischen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist pro-

grammtechnischer und/oder schaltungstechnischer Natur. Das erfindungsgemäße Hörsystem umfasst also programmtechnische Mittel (Software) und/oder schaltungstechnische Mittel (Hardware, z.B. in Form eines ASIC), die im Betrieb des Hörsystems das erfindungsgemäße Verfahren automatisch durchführen. Die programmtechnischen bzw. schaltungstechnischen Mittel zur Durchführung des Verfahrens, insbesondere die Beamformer und die Auswerteeinheit, können hierbei ausschließlich in dem Hörinstrument (oder den Hörinstrumenten) des Hörsystems, angeordnet sein. Alternativ sind die programmtechnischen bzw. schaltungstechnischen Mittel zur Durchführung des Verfahrens auf das Hörinstrument bzw. die Hörgeräte sowie mindestens auf ein weiteres Gerät oder eine Softwarekomponente des Hörsystems verteilt. Beispielsweise sind programmtechnische Mittel zur Durchführung des Verfahrens auf das mindestens eine Hörinstrument des Hörsystems sowie auf ein auf einem externen elektronischen Gerät (insbesondere einem Smartphone) installiertes Steuerprogramm verteilt. Das externe elektronische Gerät ist dabei, wie vorstehend erwähnt, in der Regel selbst kein Teil des Hörsystems.

**[0041]** Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens korrespondieren mit entsprechenden Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Hörsystems. Die vorstehenden Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren sind entsprechend auf das erfindungsgemäße Hörsystem übertragbar und umgekehrt.

**[0042]** In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist die Auswerteeinheit insbesondere dazu eingerichtet,

- zur qualitativen Erfassung der Kopfdrehung ein die Kopfdrehung anzeigendes Hinweissignal zu erzeugen (z.B. ein Flag zu setzen) und/oder den Zeitpunkt der Kopfdrehung zu erfassen und/oder
- zur quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eine für eine Drehrate (Winkelgeschwindigkeit), ein Drehwinkelintervall, eine Dauer der Kopfdrehung und/oder eine Orientierung des Kopfes im umgebenden Raum charakteristische Messgröße zu erfassen.

**[0043]** Vorzugsweise umfasst das Hörsystem zusätzlich zu den ersten und zweiten Beamformer mindestens einen weiteren (i-ten) adaptiven Beamformer (wie vorstehend beschrieben). Die Auswerteeinheit ist dabei dazu eingerichtet, die erste Notch-Richtung, die zweite Notch-Richtung und die mindestens eine weitere Notch-Richtung vergleichend auszuwerten, und eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ zu erfassen, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung von mindestens zwei der Notch-Richtungen festgestellt wird.

**[0044]** Die Auswerteeinheit ist weiterhin bevorzugt dazu eingerichtet, mindestens eine der Notch-Richtungen in der vergleichenden Auswertung

- in Abhängigkeit von der Stärke der durch die Variation dieser Notch-Richtung erzielten Energieminimierung und/oder
- in Abhängigkeit von der Zeitstabilität dieser Notch-Richtung

mit unterschiedlicher (binärer oder kontinuierlicher) Gewichtung zu berücksichtigen.

**[0045]** Das mindestens eine Hörinstrument weist zweckmäßigerweise eine Signalaufbereitungseinheit auf, der die Eingangs-Audiosignale unmittelbar oder mittelbar über eine Vorverarbeitungseinheit zugeführt sind und in der diese Audiosignale mittels einer Anzahl von Signalaufbereitungsprozessen in Abhängigkeit von einer Anzahl von einstellbaren Signalaufbereitungsparametern aufbereitet werden, um mittels eines Ausgangswandlers des Hörinstruments an den Nutzer ausgegeben zu werden. Das Hörsystem weist hierbei vorzugsweise Mittel (z.B. die Auswerteeinheit oder eine davon separate Parametrisierungseinheit) zur Einstellung mindestens eines Signalaufbereitungsparameters in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung auf.

**[0046]** Die Signalaufbereitungseinheit umfasst vorzugsweise mindestens einen adaptiven Signalaufbereitungsprozess (wie vorstehend beschrieben), der durch eine einstellbare Adaptionsgeschwindigkeit parametrisiert ist. Bevorzugt umfasst das Hörsystem Mittel (wiederum z.B. die Auswerteeinheit oder eine davon separate Parametrisierungseinheit) zur Einstellung dieser Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung.

**[0047]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein aus einem einzelnen Hörinstrument bestehendes Hörsystem in Form eines hinter einem Ohr eines Nutzers tragbaren Hörgeräts,

Fig. 2 in einem schematischen Blockschaltbild den Aufbau einer Signalverarbeitung des Hörinstruments aus Fig. 1, und

Fig. 3 in Darstellung gemäß Fig. 1 eine alternative Ausführungsform des Hörsystems, in dem dieses ein Hörinstrument

in Form eines hinter dem Ohr tragbaren Hörgeräts sowie ein in einem Smartphone implementiertes Steuerprogramm ("Hör-App") umfasst.

**[0048]** Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren stets mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0049]** Fig. 1 zeigt ein Hörsystem 2, das hier aus einem einzelnen Hörgerät 4, d. h. einem zur Unterstützung des Hörvermögens eines hörgeschädigten Nutzers eingerichteten Hörinstrument, besteht. Bei dem Hörgerät 4 handelt es sich in dem hier dargestellten Beispiel um ein hinter einem Ohr eines Nutzers tragbares BTE-Hörgerät.

**[0050]** Optional, in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, umfasst das Hörsystem 2 ein nicht ausdrücklich dargestelltes zweites Hörgerät zur Versorgung des zweiten Ohrs des Nutzers, das hinsichtlich seines Aufbaus insbesondere dem in Fig. 1 dargestellten Hörgerät 4 entspricht.

**[0051]** Das Hörgerät 4 umfasst innerhalb eines Gehäuses 5 zwei Mikrofone 6 als Eingangswandler sowie einen Hörer 8 (Receiver) als Ausgangswandler. Das Hörgerät 4 umfasst weiterhin eine Batterie 10 und eine Signalverarbeitung in Form eines Signalprozessors 12. Vorzugsweise umfasst der Signalprozessor 12 sowohl eine programmierbare Unter-  
einheit (zum Beispiel einen Mikroprozessor) als auch eine nicht-programmierbare Untereinheit (zum Beispiel einen ASIC).

**[0052]** Der Signalprozessor 12 wird aus der Batterie 10 mit einer elektrischen Versorgungsspannung U versorgt.

**[0053]** Im Normalbetrieb des Hörgeräts 4 nehmen die Mikrofone 6 jeweils einen Luftschall aus der Umgebung des Hörgeräts 4 auf. Die Mikrofone 6 wandeln den Schall jeweils in ein (Eingangs-)Audiosignal I1 bzw. I2 um, das Information über den aufgenommenen Schall enthält. Die Eingangs-Audiosignale I1, I2 werden innerhalb des Hörgeräts 4 dem  
Signalprozessor 12 zugeführt, der diese Eingangs-Audiosignale I1, I2, zur Unterstützung des Hörvermögens des Nutzers modifiziert.

**[0054]** Der Signalprozessor 12 gibt ein Ausgangs-Audiosignal O, das Information über den verarbeiteten und somit modifizierten Schall enthält, an den Hörer 8 aus.

**[0055]** Der Hörer 8 wandelt das Ausgangs-Schallsignal O in einen modifizierten Luftschall um. Dieser modifizierte Luftschall wird über einen Schallkanal 14, der den Hörer 8 mit einer Spitze 16 des Gehäuses 5 verbindet, sowie über einen (nicht explizit gezeigten) flexiblen Schallschlauch, der die Spitze 16 mit einem in den Gehörgang des Nutzers eingesetzten Ohrstück verbindet, in den Gehörgang des Nutzers übertragen.

**[0056]** Der Aufbau der Signalverarbeitung ist in Fig. 2 in näherem Detail dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, dass die Signalverarbeitung des Hörsystems 2 in zwei funktionale Bestandteile gegliedert ist, nämlich in eine Signalaufbereitungseinheit 18 und eine Signalanalyseeinheit 20. Der Signalaufbereitungseinheit 18 dient zur Erzeugung des Ausgangs-Audiosignals O aus den Eingangs-Audiosignalen I1, I2 der Mikrofone 6 oder hieraus aus durch eine Vorverarbeitung abgeleiteten internen Audiosignalen I1', I2'. Im erstgenannten Fall werden die Eingangs-Audiosignale I1, I2 der Mikrofone 6 der Signalaufbereitungseinheit 18 unmittelbar zugeführt. Im letztgenannten Fall, der beispielhaft in Fig. 2 dargestellt  
ist, werden die Eingangs-Audiosignale I1, I2 der Mikrofone 6 zunächst einer Vorverarbeitungseinheit 22 zugeführt, die hieraus dann die internen Audiosignale I1', I2 ableitet und der Signalaufbereitungseinheit 18 zuführt.

**[0057]** In der Vorverarbeitungseinheit 22 werden die Eingangs-Audiosignale I1, I2 zur Bildung der internen Audiosignale I1', I2' vorzugsweise einander zeitverzögert überlagert, so dass die beiden internen Audiosignale I1', I2' einem Cardioid-Signal bzw. einem Anti-Cardioid-Signal entsprechen.

**[0058]** Die Signalaufbereitungseinheit 18 umfasst eine Anzahl von Signalaufbereitungsprozessen 24, die die Eingangs-Audiosignale I bzw. - im Beispiel gemäß Figur 2 - die internen Audiosignale I1', I2 sukzessive verarbeiten und dabei modifizieren, um das Ausgangs-Audiosignal O zu erzeugen, und somit den Hörverlust des Nutzers zu kompensieren.

**[0059]** Die Signalaufbereitungsprozesse 24 umfassen beispielsweise

- einen Prozess zur Störgeräusch- und/oder Rückkopplung-Unterdrückung,
- einen Prozess zur dynamischen Kompression und
- einen Prozess zur frequenzabhängigen Verstärkung basierend auf Audiogramm-Daten,
- etc.

**[0060]** Mindestens einem dieser Signalaufbereitungsprozesse 24 (in der Regel allen Signalaufbereitungsprozessen 24 oder zumindest den meisten Signalaufbereitungsprozessen 24) ist dabei jeweils mindestens ein Signalaufbereitungsparameter P zugeordnet. Bei dem oder jedem Signalaufbereitungsprozess 24 handelt es sich um eine eindimensionale Variable (Binärvariable, natürliche Zahl, Fließkommazahl, etc.) oder eine mehrdimensionale Variable (Array, Funktion, etc.), deren Wert die Funktionsweise des jeweils zugeordneten Signalaufbereitungsprozesses 24 parametrisiert (d. h. beeinflusst). Signalaufbereitungsparameter P können hierbei den jeweils zugeordneten Signalaufbereitungsprozess 24 an- oder ausschalten, die Wirkung des jeweils zugeordneten Signalaufbereitungsprozessen 24 kontinuierlich oder stufen-



weise verstärken oder abschwächen, Zeitkonstanten für den jeweiligen Signalaufbereitungsprozess 24 definieren, etc.  
**[0061]** Beispielsweise umfassen die Signalaufbereitungsparameter P

- Verstärkungsfaktoren für einen Prozess zur frequenzabhängige Verstärkung,
- eine Kennlinie für einen Prozess zur dynamischen Kompression,
- eine Steuergröße zur kontinuierlichen Einstellung der Stärke eines Prozesses zur Störgeräusch- bzw. Rückkopplungsunterdrückung,
- etc.

**[0062]** Vorzugsweise handelt es sich weiterhin bei mindestens einem der Signalaufbereitungsprozesse 24 um einen adaptiven Prozess, dessen Adaptionsgeschwindigkeit mittels eines der Signalaufbereitungsparameter P variabel eingestellt werden kann. Beispielsweise umfassen die Signalaufbereitungsprozesse 24 einen adaptiven "Beamformer" mit variabler Adaptionsgeschwindigkeit, der dazu eingerichtet ist, die Eingangs-Audiosignale I1, I2 (oder die daraus abgeleiteten internen Audiosignale I1', I2') zur Erzeugung des Ausgangs-Audiosignals O richtungsabhängig zu dämpfen.

**[0063]** Die Signalaufbereitungsprozesse 24 sind beispielsweise teils in Form von (nichtprogrammierbaren) Hardware-Schaltkreisen, und andernteils in Form von Software-Modulen (insbesondere Firmware) in dem Signalprozessor 12 implementiert.

**[0064]** Die Signalanalyseeinheit 20 umfasst - vorzugsweise neben anderen, hier nicht explizit dargestellten Funktionen zur Schallanalyse wie z.B. einem Klassifikator zur Analyse von Hörsituationen - eine Kopfdrehungsdetektionseinheit 26, die vorzugsweise in Form von Software in dem Signalprozessor 12 implementiert ist. Die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 umfasst mehrere gleich aufgebaute Beamformer 28, also Prozesse zur richtungsabhängigen Dämpfung, denen jeweils die Eingangssignale I1, I2 oder - wie im Beispiel gemäß Fig. 2 dargestellt - die daraus abgeleiteten internen Audiosignale I1', I2' - zugeführt sind, und die jeweils ein richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal R ausgeben. Jeder Beamformer 28 erzeugt das zugeordnete richtungsabhängig gedämpfte Signal R, indem der die beiden zugeführten Audiosignale I1', I2' (im Beispiel gemäß Fig. 2 also ein Cardioid-Signal und ein Anti-Cardioid-Signal) einander gewichtet mit einem Wichtungsfaktor a überlagert:

$$R = I1' - a \cdot I2' \quad \text{mit} \quad a = [-1;1] \quad \text{Glg. 1}$$

**[0065]** Der Wichtungsfaktor a bestimmt dabei den Wert einer Notch-Richtung N, die - relativ zum Kopf des Nutzers gesehen - die Richtung anzeigt, in der der jeweilige Beamformer 28 die zugeführten Audiosignale I1', I2' maximal dämpft. Der Wichtungsfaktor a und die Notch-Richtung sind dabei über eine nicht-lineare mathematische Funktion ( $N = N(a)$ ) eindeutig miteinander korreliert und können somit ineinander umgerechnet werden.

**[0066]** Die Beamformer 28 (im Beispiel gemäß Fig. 2 drei Beamformer 28a, 28b und 28c) sind jeweils adaptiv ausgebildet. Jeder Beamformer 28 ist dabei dazu eingerichtet, den Wichtungsfaktor a (und damit die Notch-Richtung N) automatisch so einzustellen, dass der Energieinhalt des von ihm ausgegebenen richtungsabhängig gedämpften Audiosignals R minimiert wird. Das richtungsabhängig gedämpfte Audiosignal R ist somit eine Funktion des Wichtungsfaktors a ( $R = R(a)$ ), oder in äquivalenter Formulierung, eine Funktion der Notch-Richtung N ( $R = R(N)$ ).

**[0067]** Jedem Beamformer 28 wird hierzu das von ihm ausgegebene richtungsabhängig gedämpfte Signal R zurückgeführt. Als Maß für die Energieminimierung und somit zur Einstellung des Wichtungsfaktors a (und damit der Notch-Richtung N) bestimmt jeder Beamformer 28 beispielsweise das Verhältnis der quadrierten Pegel des richtungsabhängig gedämpften Audiosignals R und der internen Audiosignale I1', I2',

$$E_R = \frac{|R(a)|^2}{0,5 \cdot (|I1'|^2 + |I2'|^2)}$$

Glg. 2

und minimiert, beispielsweise nach dem Newton-Verfahren, diese Größe unter Variation des Wichtungsfaktors a. Alternativ zu dem Newton-Verfahren wird beispielsweise das Verfahren der konjugierten Gradienten (CG-Verfahren) verwendet.

**[0068]** In dem Beispiel gemäß Fig. 2 dienen die Beamformer 28 ausschließlich zur Analyse der Eingangs-Audiosignale I1, I2 bzw. der internen Audiosignale I1', I2'. Die richtungsabhängig gedämpften Audiosignale R dieser Beamformer 28

werden daher nicht über den Hörer 8 ausgegeben oder zur Ausgabe weiterverarbeitet.

**[0069]** Aus dem Wichtungsfaktor  $a$  berechnet jeder Beamformer 28 die zugehörige Notch-Richtung  $N$  und gibt diese Notch-Richtung  $N$  an eine nachgeschaltete Auswerteeinheit 30 aus. Zudem gibt jeder Beamformer 28 die von ihm eingestellte Notch-Richtung  $N$  auch an einen gegebenenfalls untergeordneten Beamformer 28 aus. So gibt der Beamformer 28a gemäß Fig. 2 die von ihm eingestellte Notch-Richtung  $N$  an die Beamformer 28b und 28c aus, während der Beamformer 28b die von ihm eingestellte Notch-Richtung  $N$  an den Beamformer 28c ausgibt. Jeder der Beamformer 28 ist dabei derart eingerichtet, dass er die ihm zugeführten Notch-Richtungen  $N$  der übergeordneten Beamformer 28 (jeweils unter Beachtung eines Abstandsintervalls von z.B.  $\pm 5^\circ$ ) bei der Einstellung seiner eigenen Notch-Richtung  $N$  ausspart. Die Beamformer 28a, 28b, 28c bilden somit eine Kaskade von miteinander gekoppelten Beamformern 28, in der jeder der Beamformer 28 zwangsweise eine andere Notch-Richtung  $N$  einstellt und sich somit auf eine andere Geräuschquelle ausgerichtet.

**[0070]** Die Auswerteeinheit 30 vergleicht den zeitlichen Verlauf der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  miteinander. Sobald die Auswerteeinheit 30 eine korrelierte Änderung von mindestens zwei der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  feststellt, erkennt die Auswerteeinheit 30 dies als Anzeichen dafür, dass der Nutzer seinen Kopf bewegt hat. In diesem Fall erzeugt die Auswerteeinheit 30 ein Kopfdrehung anzeigendes Hinweissignal  $D$  und führt dieses Hinweissignal  $D$  der Signalaufbereitungseinheit 18 zu.

**[0071]** Innerhalb der Signalaufbereitungseinheit 18 wird das Hinweissignal  $D$  einer Parametrierungseinheit 32 zugeführt, die den Signalaufbereitungsprozessen 24 die Signalaufbereitungsparameter  $P$  zur Verfügung stellt. Die Parametrierungseinheit 32 gibt dabei mindestens einen der Signalaufbereitungsparameter  $P$  mit einem in Abhängigkeit des Hinweissignals  $D$  variierenden Wert vor. Somit steuert die Parametrierungseinheit 32 mindestens einen der Signalaufbereitungsprozesse 24 bei Erkennung einer Kopfdrehung durch die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 in anderer Weise an als in Zeiträumen, in denen die die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 keine Kopfdrehung detektiert. Sofern die Signalaufbereitungsprozesse 24 einen adaptiven Prozess, insbesondere einen adaptiven Beamformer, mit variabler Adaptionsgeschwindigkeit umfassen, wird vorzugsweise diese Adaptionsgeschwindigkeit durch die Parametrierungseinheit 32 in Abhängigkeit des Hinweissignals  $D$  variiert. Insbesondere setzt die Parametrierungseinheit 32 die Adaptionsgeschwindigkeit während und kurz nach der Kopfdrehung hoch, so dass sich der adaptive Prozess schnell an die durch die Kopfdrehung verursachte Änderung der Hörsituation anpassen kann. In Zeiträumen, in denen die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 keine Kopfdrehung detektiert, wird die Adaptionsgeschwindigkeit durch die Parametrierungseinheit 32 dagegen auf einen vergleichsweise geringen Wert herabgesetzt. Der adaptive Signalaufbereitungsprozess wird somit in Abwesenheit einer Kopfdrehung vergleichsweise träge eingestellt, um eine stabile Signalaufbereitung zu gewährleisten. Zusätzlich oder alternativ zu der Erhöhung der Adaptionsgeschwindigkeit erniedrigt die Parametrierungseinheit 32 während und kurz nach der erkannten Kopfdrehung vorübergehend die Stärke der Richtwirkung (insbesondere die Notch-Tiefe), wodurch eine Artefakte der Signalverarbeitung vermieden und eine bessere Orientierung des Hörgeräträgers ermöglicht werden.

**[0072]** Um korrelierte Änderungen von mindestens zwei der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  festzustellen, bildet die Auswerteeinheit 30 zwischen den zugeführten Notch-Richtungen  $N$  jeweils paarweise die Kreuzkorrelationsfunktion. In diesem Fall erkennt die Auswerteeinheit 30 das Vorliegen einer Kopfdrehung dann, wenn der Wert mindestens einer der gebildeten Kreuzkorrelationsfunktionen einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

**[0073]** In einer alternativen Ausführung erfasst die Auswerteeinheit 30 für jede der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  jeweils die Anfangs- und Endzeitpunkte von Änderungen sowie die jeweilige Änderungsamplitude (d. h. den Wert, um den sich die jeweilige Notch-Richtung  $N$  geändert hat). Sie erkennt in diesem Fall das Vorliegen einer Kopfdrehung dann, wenn mindestens zwei der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  jeweils eine Änderung mit (innerhalb vorgegebener Toleranzbereiche) gleichen Anfangs- und Endzeitpunkten sowie gleicher Änderungsamplitude aufweisen.

**[0074]** Wiederum alternativ erfasst die Auswerteeinheit 30 für jede der zugeführten Notch-Richtungen  $N$  das Vorzeichen und/oder die Stärke der zeitlichen Änderung (insbesondere das Vorzeichen der ersten zeitlichen Ableitung). Sie erkennt in diesem Fall das Vorliegen einer Kopfdrehung dann, wenn eine hinreichend große Anzahl der bestimmten Vorzeichen gleich sind (wenn sich also beispielsweise alle Notch-Richtungen  $N$  bis auf ggf. die Notch-Richtung  $N$  eines Beamformers 28, der auf die eigene Stimme des Nutzers adaptiert, in der gleichen Richtung ändern) bzw. wenn mehrere Notch-Richtungen  $N$  eine gleich starke Änderung erfahren.

**[0075]** In beiden Fällen erzeugt die Auswerteeinheit 30 das Hinweissignal  $D$  bei Erkennung einer Kopfdrehung allerdings erst dann, wenn die Änderung der korrelierten Notch-Richtungen  $N$  einen vorgegebenen Schwellenwert, beispielsweise  $10^\circ$ , überschreitet (wenn sich also die korrelierten Notch-Richtungen  $N$  um mehr als den vorgegebenen Schwellenwert geändert haben).

**[0076]** Bei dem Hinweissignal  $D$  handelt es sich in einer einfachen Ausführung des Hörsystems 2 um eine Größe, die lediglich qualitativ auf die erkannte Kopfdrehung hinweist, ohne diese Kopfdrehung näher zu charakterisieren. Beispielsweise setzt die Auswerteeinheit 30 als Hinweissignal  $D$  ein Flag, sobald und solange sie eine Kopfdrehung erkennt.

**[0077]** Zusätzlich oder alternativ zu dem rein qualitativen Hinweis auf die Kopfdrehung enthält das Hinweissignal  $D$  aber vorzugsweise mindestens eine Angabe, die die erkannte Kopfdrehung qualitativ charakterisiert, insbesondere eine

Angabe zu dem Drehwinkel, um den der Kopf gedreht wird und/oder zu der Drehrate (also der Winkelgeschwindigkeit) der Kopfdrehung.

**[0078]** Um sicherzustellen, dass jeder Beamformer 28 seine Notch-Richtung R bei einer Kopfdrehung in Echtzeit anpassen kann, dabei aber gleichzeitig zu vermeiden, dass die Notch-Richtung N zwischen verschiedenen Geräuschquellen hin- und herspringt, ist jeder Beamformer 28 vorzugsweise dazu eingerichtet, seine Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Stärke der Energieminimierung, insbesondere in Abhängigkeit von dem Wert der Größe  $E_R$  gemäß Glg. 2, zu variieren. Solange ein bestimmter Beamformer 28 auf eine aktive Geräuschquelle ausgerichtet ist und somit die Energieminimierung für die eingestellte Notch-Richtung N hinreichend groß ist (beispielsweise wenn und solange die Größe  $E_R$  einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet), stellt dieser Beamformer 28 seine Adaptionsgeschwindigkeit auf einen vergleichsweise hohen Wert ein, so dass beispielsweise eine Änderungsrate der Notch-Richtung N bis zu  $180^\circ$  pro Sekunde ermöglicht wird. Andernfalls, d.h. wenn durch Variation des Wichtungsfaktors a (und damit der Notch-Richtung N) vorübergehend keine signifikante Energieminimierung erzielt werden kann, setzt der oder jeder betroffene Beamformer 28 seine Adaptionsgeschwindigkeit herab, so dass beispielsweise die zulässige Änderungsrate der Notch-Richtung auf  $\pm 2^\circ$  pro Sekunde begrenzt wird. Durch diese Herabsetzung der Adaptionsgeschwindigkeit wird erreicht, dass die Beamformer 28 ihre Ausrichtung auf eine bestimmte Geräuschquelle auch dann beibehalten, wenn diese Geräuschquelle kurzzeitig inaktiv wird.

**[0079]** Beamformer 28, die wie vorstehend beschrieben keine signifikante Energieminimierung erzielen (beispielsweise, weil sie noch nicht oder nicht mehr auf eine dominante Geräuschquelle ausgerichtet sind oder weil deren zugeordnete Geräuschquelle kurzzeitig inaktiv geworden ist), werden nachfolgend zur sprachlichen Vereinfachung als "suchend" bezeichnet.

**[0080]** Um zu vermeiden, dass ein solcher suchender Beamformer 28 die durch die Auswerteeinheit 30 vorgenommene vergleichende Auswertung der Notch-Richtungen N stört, sind die Beamformer 28 vorzugsweise dazu eingerichtet, die eingestellte Notch-Richtung N nur und erst dann an die Auswerte-Einheit 30 und die nachgeschalteten Beamformer 28 auszugeben, wenn sie sich auf eine aktive, dominante Geräuschquelle ausgerichtet haben und somit nicht mehr suchend sind.

**[0081]** Um sicherzustellen, dass sich die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 an sich ändernde Hörsituationen anpasst, und dass insbesondere nur die Notch-Richtungen N derjenigen Beamformer 28, die sich auf eine dominante und langfristig aktive Geräuschquelle ausgerichtet haben, von der Auswerteeinheit 30 berücksichtigt werden, werden die Beamformer 28 in einer bevorzugten Ausführung des Hörsystems 2 dynamisch (softwaretechnisch beispielsweise als Objekte derselben Klasse) im Betrieb des Hörsystems 2 erzeugt (aktiviert) und gegebenenfalls beendet (deaktiviert).

**[0082]** Beispielsweise erzeugt die Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 in regelmäßigen Zeitabständen (beispielsweise alle 60 Sekunden) einen neuen Beamformer 28 und gliedert diesen in der Kaskade der gekoppelten Beamformer 28 ganz unten ein.

**[0083]** Sofern einer der Beamformer 28 für eine vorgegebene Zeitspanne (von beispielsweise 40 Sekunden) dauerhaft suchend ist und somit keine signifikante Energieminimierung erzielen kann (insbesondere sofern die Größe  $E_R$  den Grenzwert für die vorgegebene Zeitspanne dauerhaft unterschreitet), deaktiviert sich dieser Beamformer 28 selbsttätig und wird somit aus der Kaskade der gekoppelten Beamformer 28 entfernt.

**[0084]** Durch die vorstehend beschriebene automatische Aktivierung und Deaktivierung der Beamformer 28 wird gewährleistet, dass die Zahl der (im Rahmen der Kopfdrehungsdetektionseinheit 26 aktiven) Beamformer 28 regelmäßig an die Zahl der dominanten Geräuschquellen in der Umgebung des Nutzers angepasst wird. Um eine numerische Überlastung des Signalprozessors 12 zu vermeiden, ist die Zahl der gleichzeitig aktiven Beamformer 28 aber vorzugsweise auf eine vorgegebene Maximalzahl, z. B. fünf Beamformern 28, beschränkt.

**[0085]** In einer nicht explizit dargestellten Variante des Hörsystems 2 wirkt die Auswerteeinheit 30 auf die Beamformer 30 zurück, indem sie bei Erkennung einer Kopfdrehung eine Anpassung der Notch-Richtung N des oder jedes suchenden Beamformers 28 um den Winkel der erkannten Kopfdrehung veranlasst. Somit bleiben Beamformer 28 bei einer Kopfdrehung auch dann auf ihre zugeordnete Geräuschquelle ausgerichtet, wenn diese während der Kopfdrehung kurzzeitig inaktiv war. Der Beamformer 28 ist somit auch während und nach der Kopfdrehung sofort wieder einsetzbar, sobald die Geräuschquelle wieder aktiv wird.

**[0086]** Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des Hörsystems 2, in der dieses zusätzlich zu dem Hörgerät 4 (oder zwei Hörgeräten dieser Art zur Versorgung der beiden Ohren des Nutzers) eine Steuer-Software umfasst. Diese Steuer-Software ist nachfolgend als Hör-App 40 bezeichnet. Die Hör-App 40 ist in dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel auf einem Smartphone 42 installiert. Das Smartphone 42 ist dabei selbst kein Teil des Hörsystems 2. Vielmehr wird das Smartphone 42 von der Hör-App 40 lediglich als Ressource für Speicherplatz und Rechenleistung genutzt.

**[0087]** Das Hörgerät 4 und die Hör-App 42 tauschen im Betrieb des Hörsystems 2 Daten über eine drahtlose Datenübertragungsverbindung 44 aus. Die Datenübertragungsverbindung 44 beruht beispielsweise auf dem Bluetooth-Standard. Die Hör-App 42 greift hierbei auf einen Bluetooth-Transceiver des Smartphones 42 zu, um Daten von dem Hörgerät 4 zu empfangen und Daten an dieses zu senden. Das Hörgerät 4 umfasst seinerseits einen (nicht explizit dargestellten) Bluetooth-Transceiver, um Daten an die Hör-App 40 zu senden und Daten von dieser App zu empfangen.

**[0088]** In der Ausführung gemäß Fig. 3 sind Teile der für die Durchführung des Verfahrens gemäß Fig. 2 erforderlichen Software-Komponenten nicht in dem Signalprozessor 12 implementiert, sondern vielmehr in der Hör-App 40. Beispielsweise ist in der Ausführungsform gemäß Fig. 3 die Auswerteeinheit 30 in der Hör-App 40 implementiert.

**[0089]** Die Erfindung wird an den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen besonders deutlich, ist gleichwohl auf diese Ausführungsbeispiele aber nicht beschränkt. Vielmehr können weitere Ausführungsformen der Erfindung von dem Fachmann aus den Ansprüchen und der vorstehenden Beschreibung abgeleitet werden.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0090]**

2	Hörsystem
4	Hörgerät
5	Gehäuse
6	Mikrofon
8	Hörer
10	Batterie
12	Signalprozessor
14	Schallkanal
16	Spitze
18	Signalaufbereitungseinheit
20	Signalanalyseeinheit
22	Vorverarbeitungseinheit
24	Signalaufbereitungsprozess
26	Kopfdrehungsdetektionseinheit
28	Beamformer
28a-28c	Beamformer
30	Auswerteeinheit
32	Parametrierungseinheit
40	Hör-App
42	Smartphone
44	Datenübertragungsverbindung
a	Wichtungsfaktor
D	Hinweissignal
I1, I2	Eingangs-Audiosignal
I1', I2'	(interne) Audiosignal
N	Notch-Richtung
O	Ausgangs-Audiosignal
P	Signalaufbereitungsparameter
R	(richtungsabhängig gedämpftes) Audiosignal
U	Versorgungsspannung

#### **Patentansprüche**

1. Verfahren zum Betrieb eines Hörsystems (2) zur Unterstützung des Hörvermögens eines Nutzers, mit mindestens einem an dem Kopf, insbesondere in oder an einem Ohr des Nutzers getragenen Hörinstrument (4),

- wobei mittels mindestens zweier Eingangswandler (6) des Hörsystems (4) ein Schallsignal aus einer Umgebung des Nutzers aufgenommen und in Eingangs-Audiosignale (I1, I2) umgewandelt wird,
- wobei ein erster adaptiver Beamformer (28, 28a) mit einer variablen ersten Notch-Richtung (N) mittelbar oder unmittelbar auf die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) angewendet wird, um ein erstes richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und wobei die erste Notch-Richtung (N) eingestellt wird, so dass der Energieinhalt des ersten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,
- wobei ein zweiter adaptiver Beamformer (28, 28b) mit einer variablen zweiten Notch-Richtung (N) mittelbar oder unmittelbar auf die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) angewendet wird, um ein zweites richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und wobei die zweite Notch-Richtung (N) auf einen von der ersten

Notch-Richtung (N) verschiedenen Wert eingestellt wird, so dass der Energieinhalt des zweiten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,

- wobei die erste Notch-Richtung (N) und die zweite Notch-Richtung (N) vergleichend ausgewertet werden, und wobei eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ erfasst wird, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung der ersten Notch-Richtung (N) und der zweiten Notch-Richtung (N) festgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei zur qualitativen Erfassung der Kopfdrehung ein die Kopfdrehung anzeigendes Hinweissignal (D) erzeugt und/oder der Zeitpunkt der Kopfdrehung erfasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

wobei zur quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eine für eine Drehrate, ein Drehwinkelintervall, eine Dauer der Kopfdrehung und/oder eine Orientierung des Kopfes im umgebenden Raum charakteristische Messgröße erfasst wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

- wobei mindestens ein weiterer adaptiver Beamformer (28, 28c) mit einer variablen weiteren Notch-Richtung (N) mittelbar oder unmittelbar auf die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) angewendet wird, um ein weiteres richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und wobei die weitere Notch-Richtung (N) auf einen von den Notch-Richtungen (N) der anderen Beamformer (28, 28a, 28b) verschiedenen Wert eingestellt wird, so dass der Energieinhalt des weiteren richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,

- wobei die erste Notch-Richtung (N), die zweite Notch-Richtung (N) und die mindestens eine weitere Notch-Richtung (N) vergleichend ausgewertet werden, und wobei eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ erfasst wird, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung von mindestens zwei der Notch-Richtungen (N) festgestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei mindestens eine der Notch-Richtungen (N) in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Stärke der durch die Variation dieser Notch-Richtung erzielten Energieminimierung mit unterschiedlicher Gewichtung berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

wobei mindestens eine der Notch-Richtungen (N) in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Zeitstabilität dieser Notch-Richtung (N) mit unterschiedlicher Gewichtung berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 6,

wobei die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) unmittelbar oder mittelbar in einer Signalaufbereitungseinheit (18) des mindestens eines Hörinstruments (4) mittels einer Anzahl von Signalaufbereitungsprozessen (24) in Abhängigkeit von einer Anzahl von einstellbaren Signalaufbereitungsparametern (P) modifiziert werden, um mittels eines Ausgangswandlers (8) des Hörinstruments (4) an den Nutzer ausgegeben zu werden, und wobei mindestens ein Signalaufbereitungsparameter (P) in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

wobei die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) unmittelbar oder mittelbar in einer Signalaufbereitungseinheit (18) des mindestens eines Hörinstruments (4) mittels mindestens eines adaptiven Signalaufbereitungsprozesses (24) in Abhängigkeit einer einstellbaren Adaptionsgeschwindigkeit modifiziert werden, um mittels eines Ausgangswandlers (8) des Hörinstruments (4) an den Nutzer ausgegeben zu werden, und wobei die Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eingestellt wird.

9. Hörsystem (2) zur Unterstützung des Hörvermögens eines Nutzers, mit mindestens einem an dem Kopf, insbesondere in oder an einem Ohr des Nutzers getragenen Hörinstrument (4),

- wobei das Hörsystem (2) mindestens zwei Eingangswandler (6) zur Aufnahme eines Schallsignals aus einer Umgebung des Nutzers und zur Umwandlung dieses Schallsignals in Eingangs-Audiosignale (I1, I2) umfasst, - wobei das Hörsystem (2) einen ersten adaptiven Beamformer (28, 28a) mit einer variablen ersten Notch-

Richtung (N) umfasst, dem die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) mittelbar oder unmittelbar zugeführt ist, wobei der erste adaptive Beamformer (28, 28a) dazu eingerichtet ist, ein erstes richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und die erste Notch-Richtung (N) einzustellen, so dass der Energieinhalt des ersten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,

- wobei das Hörsystem (2) einen zweiten adaptiven Beamformer (28, 28b) mit einer variablen zweiten Notch-Richtung (N) umfasst, dem die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) mittelbar oder unmittelbar zugeführt ist, wobei der zweite adaptive Beamformer (28, 28b) dazu eingerichtet ist, ein zweites richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und die zweite Notch-Richtung (N) einzustellen, so dass der Energieinhalt des zweiten richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,

- wobei das Hörsystem (2) eine Auswerteeinheit (30) umfasst, die dazu eingerichtet ist, die erste Notch-Richtung (N) und die zweite Notch-Richtung (N) vergleichend auszuwerten, und eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ zu erfassen, wenn sie im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung der ersten Notch-Richtung (N) und der zweiten Notch-Richtung (N) feststellt.

**10.** Hörsystem (2) nach Anspruch 9, wobei die Auswerteeinheit (30) dazu eingerichtet ist, zur qualitativen Erfassung der Kopfdrehung ein die Kopfdrehung anzeigendes Hinweissignal (D) zu erzeugen und/oder den Zeitpunkt der Kopfdrehung zu erfassen.

**11.** Hörsystem (2) nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Auswerteeinheit (30) dazu eingerichtet ist, zur quantitativen Erfassung der Kopfdrehung eine für eine Drehrate, ein Drehwinkelintervall, eine Dauer der Kopfdrehung und/oder eine Orientierung des Kopfes im umgebenden Raum charakteristische Größe zu erfassen.

**12.** Hörsystem (2) nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

- wobei das Hörsystem (2) mindestens einen weiteren adaptiven Beamformer (28, 28c) mit einer variablen weiteren Notch-Richtung (N) umfasst, dem die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) mittelbar oder unmittelbar zugeführt sind, wobei der weitere adaptive Beamformer (28, 28c) dazu eingerichtet ist, ein weiteres richtungsabhängig gedämpftes Audiosignal (R) zu erzeugen und die weitere Notch-Richtung (N) auf einen von den Notch-Richtungen (N) der anderen Beamformer (28, 28a, 28b) verschiedenen Wert einzustellen, so dass der Energieinhalt des weiteren richtungsabhängig gedämpften Audiosignals (R) minimiert wird,

- wobei die Auswerteeinheit (30) dazu eingerichtet ist, die erste Notch-Richtung (N), die zweite Notch-Richtung (N) und die mindestens eine weitere Notch-Richtung (N) vergleichend auszuwerten, und eine Kopfdrehung des Nutzers qualitativ und/oder quantitativ zu erfassen, wenn im Zuge der vergleichenden Auswertung eine korrelierte Änderung von mindestens zwei der Notch-Richtungen (N) festgestellt werden.

**13.** Hörsystem (2) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Auswerteeinheit (30) dazu eingerichtet ist, mindestens eine der Notch-Richtungen (N) in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Stärke der durch die Variation dieser Notch-Richtung (N) erzielten Energieminimierung mit unterschiedlicher Gewichtung zu berücksichtigen.

**14.** Hörsystem (2) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei die Auswerteeinheit (30) dazu eingerichtet ist, mindestens eine der Notch-Richtungen (N) in der vergleichenden Auswertung in Abhängigkeit von der Zeitstabilität dieser Notch-Richtung (N) mit unterschiedlicher Gewichtung zu berücksichtigen.

**15.** Hörsystem (2) nach einem Ansprüche 9 bis 14, wobei das mindestens eine Hörinstrument (4) eine Signalaufbereitungseinheit (24) aufweist, die dazu eingerichtet ist, die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) oder daraus abgeleitete Audiosignale (I1', I2') mittels einer Anzahl von Signalaufbereitungsprozessen (24) in Abhängigkeit von einer Anzahl von einstellbaren Signalaufbereitungsparametern (P) zu modifizieren, um mittels eines Ausgangswandlers (8) des Hörinstruments (4) an den Nutzer ausgegeben zu werden, und wobei das Hörsystem (2) Mittel zur Einstellung mindestens eines Signalaufbereitungsparameters (P) in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung aufweist.

**16.** Hörsystem (2) nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei das mindestens eine Hörinstrument (4) eine Signalaufbereitungseinheit (18) aufweist, die dazu eingerichtet ist, die Eingangs-Audiosignale (I1, I2) oder daraus abgeleitete Audiosignale (I1', I2') mittels mindestens eines adaptiven Signalaufbereitungsprozesses (24) in Abhängigkeit einer einstellbaren Adaptionsgeschwindigkeit zu modi-

## EP 3 926 981 A1

fizieren, um mittels eines Ausgangswandlers (8) des Hörinstruments (4) an den Nutzer ausgegeben zu werden, und wobei das Hörsystem (2) Mittel zur Einstellung der Adaptionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der qualitativen und/oder quantitativen Erfassung der Kopfdrehung aufweist.

5

10

15

20

25

30

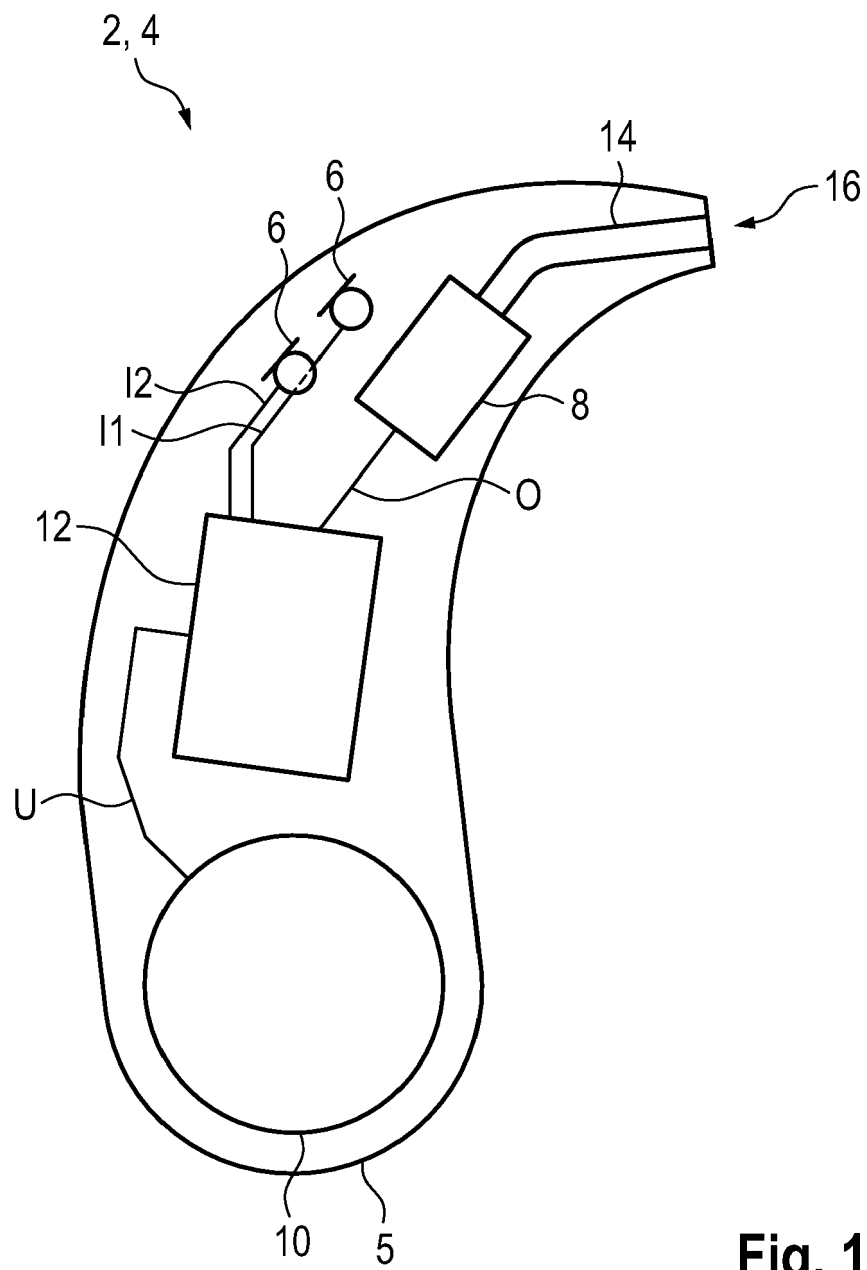
35

40

45

50

55



**Fig. 1**



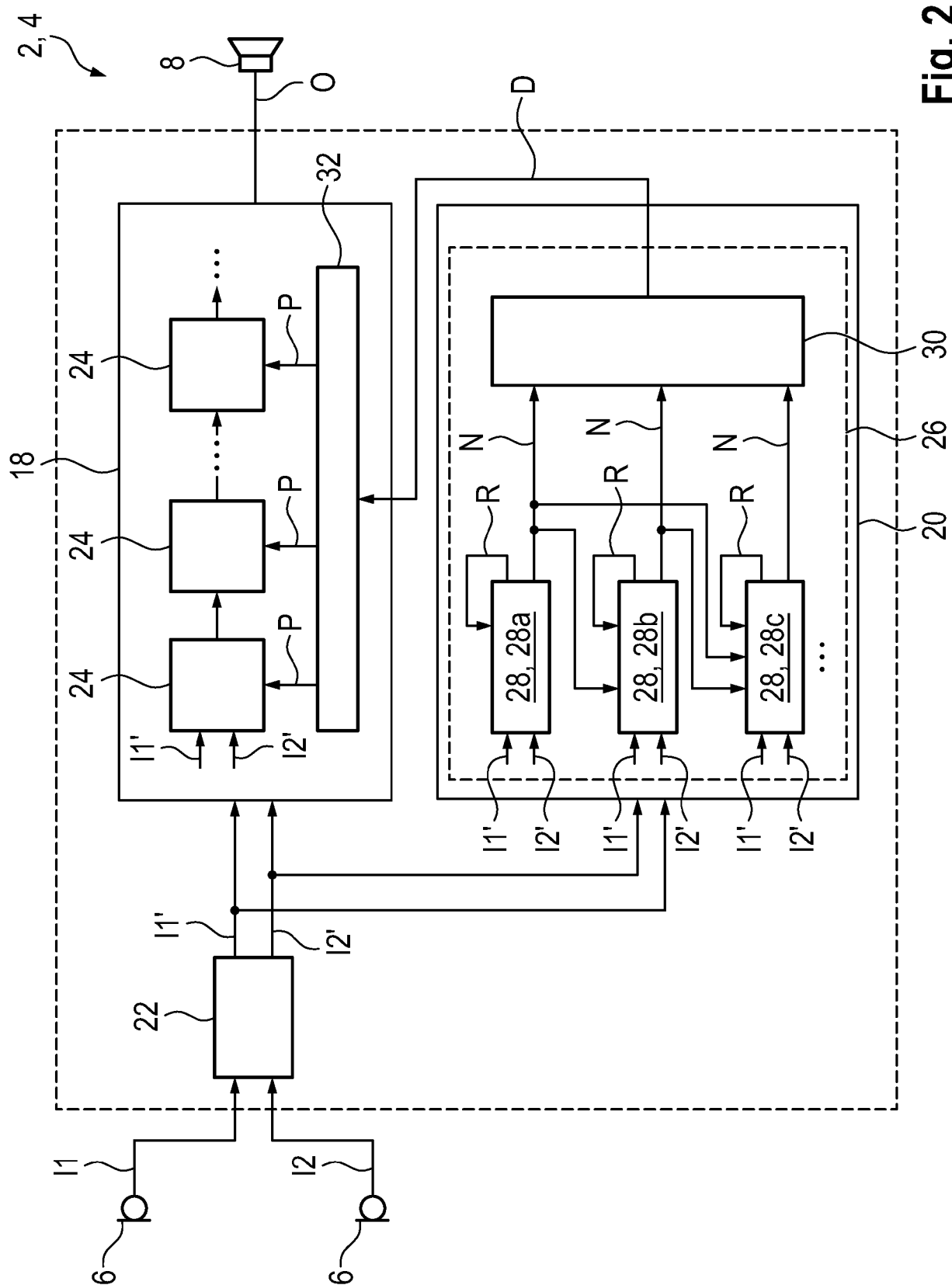
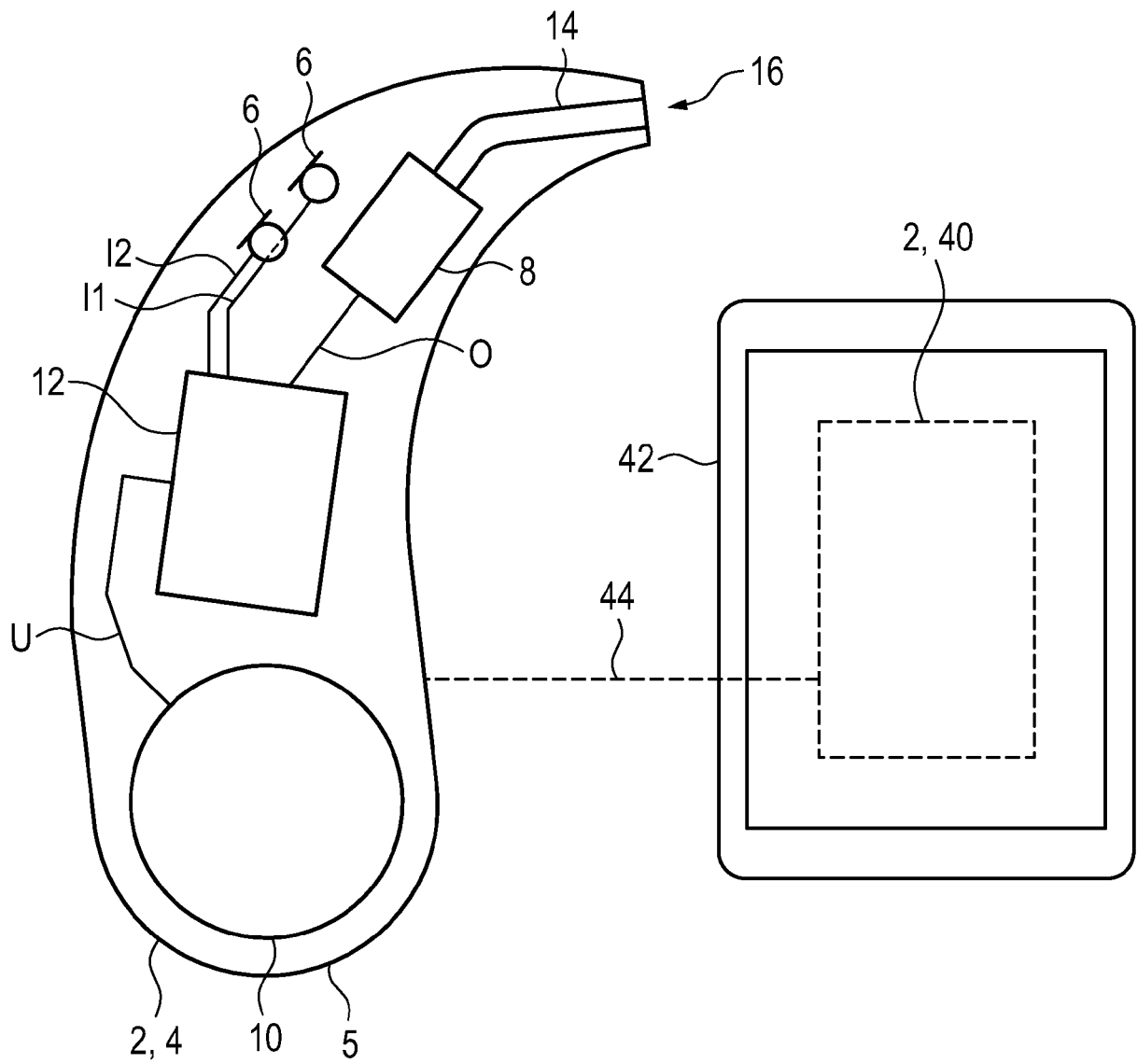


Fig. 2



**Fig. 3**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 21 17 5324

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	US 2018/007478 A1 (NIKLES PETER [DE] ET AL) 4. Januar 2018 (2018-01-04) * Absatz [0122]; Abbildung 19 *	1-16	INV. H04R25/00
A	DE 10 2012 214081 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 12. Dezember 2013 (2013-12-12) * Absatz [0041] *	1-16	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>9. November 2021</b>	Prüfer <b>Fobel, Oliver</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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 17 5324

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.

09-11-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2018007478 A1	04-01-2018	CN 107889554 A	06-04-2018
			DK 3269155 T3	15-04-2019
			DK 3324651 T3	04-03-2019
			EP 3269155 A1	17-01-2018
			EP 3324651 A1	23-05-2018
			JP 6464280 B2	06-02-2019
			JP 2018515954 A	14-06-2018
20			US 2018007478 A1	04-01-2018
			WO 2016146487 A1	22-09-2016
	DE 102012214081 A1	12-12-2013	CN 103475974 A	25-12-2013
			DE 102012214081 A1	12-12-2013
25			DK 2672732 T3	28-11-2016
			EP 2672732 A2	11-12-2013
			US 2013329923 A1	12-12-2013
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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