



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.12.2018 Patentblatt 2018/50

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

(21) Anmeldenummer: **18171328.0**

(22) Anmeldetag: **08.05.2018**

(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:
• **MEISTER, Bernd**
91058 Erlangen (DE)
• **MÄNNEL, TOM**
91054 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **09.06.2017 DE 102017209816**

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

(54) **VERFAHREN ZUR CHARAKTERISIERUNG EINES HÖRERS IN EINEM HÖRGERÄT,
HÖRGERÄT UND TESTVORRICHTUNG FÜR EIN HÖRGERÄT**

(57) Es wird ein Verfahren zur Charakterisierung eines Hörers (8) in einem Hörgerät (2) angegeben. Der Hörer (8) weist ein Antwortverhalten (V, V') auf. Der Hörer (8) wandelt ein elektrisches Audiosignal (A) in ein Schallsignal (S) um, wobei ein Magnetfeld (M) erzeugt wird. Das Magnetfeld (M) wird mittels eines Magnetfeldsen-

sors (14) gemessen. Der Hörer (8) wird dann charakterisiert, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds (M) das Antwortverhalten (V, V') des Hörers (8) bestimmt wird. Weiterhin werden ein Hörgerät (2) angegeben sowie eine Testvorrichtung (20) für ein Hörgerät (2).

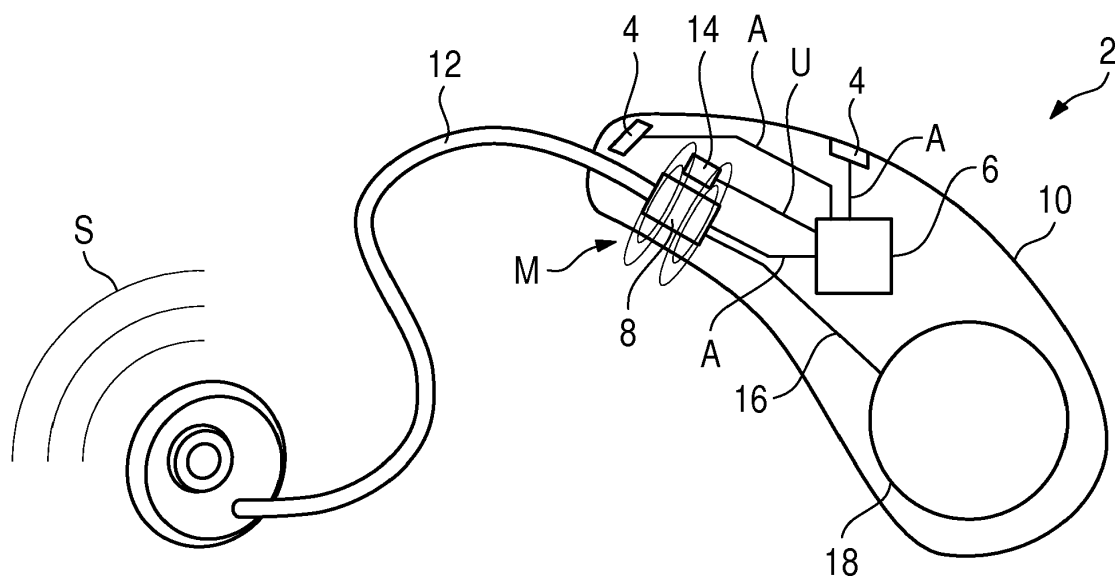


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Charakterisierung eines Hörers in einem Hörgerät, wobei der Hörer in eine Umgebung eingebettet ist und ein Antwortverhalten aufweist, welches durch die Umgebung beeinflusst wird. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Hörgerät sowie eine Testvorrichtung für ein Hörgerät.

[0002] Ein Hörgerät dient der Versorgung eines üblicherweise hörgeschädigten Anwenders. Das Hörgerät weist hierzu ein Mikrofon auf, zur Aufnahme von Schallsignalen in der Umgebung und zur Umwandlung dieser Schallsignale in elektrische Audiosignale. Diese elektrischen Audiosignale werden mittels einer Steuereinheit aufbereitet, üblicherweise verstärkt, und an einen Hörer weitergeleitet, welcher die aufbereiteten elektrischen Audiosignale in Schallsignale zurückwandelt und diese an den Anwender ausgibt. Der Hörer nutzt demnach ein Magnetfeld zur Wandlung von Strom in Bewegung. Der Hörer wird daher auch als elektro-akustischer Wandler bezeichnet. Je nach Bautyp des Hörgeräts sitzt der Hörer im oder am Ohr des Anwenders. Bei einem BTE-Gerät, welches hinter dem Ohr getragen wird, sitzt der Hörer in einem Gehäuse des Hörgeräts und die Schallsignale werden über einen Schallschlauch vom Hörer in das Ohr geleitet. Bei einem RIC-Gerät dagegen wird der Hörer in das Ohr eingesetzt, beispielsweise mittels einer Otoplastik, wohingegen das restliche Hörgerät überwiegend außerhalb des Ohrs getragen wird. Ein ITE-Gerät wird vollständig in das Ohr eingesetzt. Beispiele für ITE-Geräte sind ITC- und CIC-Geräte, welche im Gehörgang bzw. vollständig im Gehörgang getragen werden.

[0003] Im Rahmen der Aufbereitung der elektrischen Audiosignale soll mit dem Hörgerät eine bestimmte Ausgabecharakteristik, kurz einfach Ausgabe, erzielt werden, welche auf das Hörvermögen des Anwenders abgestimmt ist. Die Ausgabecharakteristik gibt dabei insbesondere an, wie genau ein eingehendes Schallsignal modifiziert wird, um ein ausgehendes Schallsignal mit einer bestimmten Ausgangsleistung, kurz Leistung, oder Leistungscharakteristik zu erhalten, welches dann an den Anwender ausgegeben wird. Beispielsweise sollen lediglich bestimmte Frequenzbereiche verstärkt werden, andere Frequenzbereiche dagegen nicht. Hierzu wird üblicherweise ein Audiogramm erstellt, in Kenntnis dessen das Hörgerät in einer Fitting Session dann geeignet eingestellt wird, um die gewünschte Ausgabe zu erzielen und eine optimale Versorgung zu gewährleisten. Die Steuereinheit muss also derart konfiguriert werden, dass diese die elektrischen Audiosignale genau so modifiziert, dass die gewollte Ausgabe erzielt wird. Problematisch ist dabei, dass der Hörer als ein zusätzliches Glied zwischen der Steuereinheit und dem Ohr des Anwenders eine weitere Veränderung bewirkt, welche entsprechend berücksichtigt werden muss. Entlang des Signalpfads von der Umgebung, zum Mikrofon, zur Steuereinheit, zum Hörer und schließlich zum Ohr des Anwenders, stellt der Hörer eine zusätzliche Übertragungsfunktion dar.

Diese Übertragungsfunktion definiert das Antwortverhalten des Hörers, d.h. wie der Hörer ein gegebenes Audiosignal in ein Schallsignal umwandelt. Weitere Änderungen und Übertragungsfunktionen entlang des Signalpfads ergeben sich insbesondere aus der individuellen Dimensionierung des Schallschlauchs, einem Verschmutzungsgrad eines Ohrstücks, z.B. einer Otoplastik oder der konkreten Ausgestaltung des Ohrstücks oder einer Kombination hieraus.

[0004] Das Antwortverhalten ist zunächst logischerweise vom Audiosignal abhängig. Üblicherweise führt z. B. eine Erhöhung der Amplitude des Audiosignals auch zu einem lauterem Schallsignal. Diese Abhängigkeit vom Audiosignal wird in Hörgeräten primär genutzt, um durch Formung des Audiosignals mittels der Steuereinheit eine bestimmte Ausgabe zu erzielen.

[0005] Das Antwortverhalten des Hörers ist aber typischerweise auch abhängig von der konkreten Einbau- und/oder Nutzungssituation des Hörers, sodass eine individuelle Charakterisierung des Antwortverhaltens wünschenswert ist. Daher liegt der Erfindung entsprechend die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur möglichst individuellen Charakterisierung eines Hörers in einem Hörgerät anzugeben. Das Verfahren soll möglichst einfach und möglichst genau sein. Weiterhin ist es eine Aufgabe, ein Hörgerät und eine Testvorrichtung anzugeben, welche zur Durchführung des Verfahrens geeignet sind.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1, durch ein Hörgerät mit den Merkmalen gemäß Anspruch 11 sowie durch eine Testvorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei gelten die Ausführungen im Zusammenhang mit dem Verfahren sinngemäß auch für das Hörgerät sowie die Testvorrichtung und umgekehrt.

[0007] Das Verfahren dient zur Charakterisierung eines Hörers in einem Hörgerät. Mit anderen Worten: das Verfahren dient zur Charakterisierung eines Hörers, welcher in einem Hörgerät verbaut ist. Der Hörer ist somit ein Bestandteil des Hörgeräts. Die Charakterisierung erfolgt insbesondere auch in eingebautem Zustand des Hörers. Der Hörer wird also zur Charakterisierung vorzugsweise nicht entnommen. Der Hörer dient zur Umwandlung von elektrischen Audiosignalen in Schallsignale und zur Ausgabe dieser Schallsignale an einen Anwender des Hörgeräts. Die elektrischen Audiosignale werden kurz auch als Audiosignale bezeichnet.

[0008] Das Hörgerät ist vorzugsweise ein Hörgerät, welches zur Versorgung eines insbesondere hörgeschädigten Anwenders mit verstärkten Schallsignalen dient. Ein solches Hörgerät wird auch als Hörhilfegerät bezeichnet. Hierzu weist das Hörgerät ein Mikrofon auf, zur Aufnahme eines Schallsignals aus der Umgebung und zur Umwandlung dieses Schallsignals in ein elektrisches Audiosignal. Alternativ, vorzugsweise zusätzlich weist das Hörgerät eine Datenverbindung auf, über welche ein

elektrisches Audiosignal von einer externen Quelle an das Hörgerät übermittelt wird. Die externe Quelle ist z. B. ein Telefon, ein Fernseher, eine Musikanlage oder dergleichen. Die Datenverbindung ist z.B. ein Bluetooth-Empfänger, zum Empfang von Signalen eines Bluetooth-Senders der externen Quelle. Das elektrische Audiosignal wird mittels einer Steuereinheit aufbereitet, üblicherweise verstärkt, jedoch zumindest modifiziert, und an den Hörer weitergeleitet, welcher das aufbereitete Audiosignal in ein Schallsignal zurückwandelt und dieses an den Anwender ausgibt.

[0009] Die Erfindung ist jedoch grundsätzlich nicht auf solche Hörhilfegeräte beschränkt. Vielmehr dient das Verfahren in einer Variante vorteilhafterweise zur Charakterisierung eines Hörers in einem Hörgerät, welches allgemein zur Ausgabe von Schallsignalen ausgebildet ist, also nicht notwendig ein Mikrofon aufweist und auch nicht notwendig zur Versorgung eines hörgeschädigten Anwenders dient. In diesem Zusammenhang wird der Hörer auch als Lautsprecher bezeichnet. Das Hörgerät ist dann allgemein ein Hörsystem, welches zumindest der Schallausgabe dient und bei welchem das Antwortverhalten des Hörers potentiell gefährdet ist, durch seine Umgebung beeinflusst zu werden. Beispielsweise ist das Hörgerät ein Kopfhörer oder ein Smartphone oder allgemein ein Kommunikationsgerät, insbesondere ein mobiles Kommunikationsgerät oder ein sogenanntes "hearable". Auch bei solchen Hörgeräten besteht beispielsweise die Gefahr, dass der Hörer verstopft und sich dadurch das Antwortverhalten ändert. Auch ein solches Hörgerät weist zweckmäßigerweise eine Steuereinheit wie oben und nachfolgend beschrieben auf.

[0010] Der Hörer weist ein bestimmtes Antwortverhalten auf. Das Antwortverhalten ist insbesondere definiert durch das Verhältnis des Audiosignals, also eines Eingangssignals des Hörers, zu dem Schallsignal, also einem Ausgangssignal des Hörers. Genauer gesagt ist das Antwortverhalten definiert durch das Verhältnis der Leistungen des Eingangssignals und des Ausgangssignals. Das Antwortverhalten gibt demnach an, welche Ausgangsleistung der Hörer für eine gegebene Eingangsleistung aufweist. Das Antwortverhalten ist insbesondere frequenzabhängig, d.h. Audiosignale gleicher Stärke aber unterschiedlicher Frequenz werden unter Umständen in unterschiedlich starke Schallsignale umgewandelt.

[0011] Im Rahmen des Verfahrens wandelt der Hörer ein elektrisches Audiosignal, kurz lediglich als Audiosignal oder als elektrisches Signal bezeichnet, in ein Schallsignal, d.h. ein akustisches Signal, um. Dabei wird ein Magnetfeld erzeugt. Dies ergibt sich insbesondere aus der allgemeinen Funktionsweise des Hörers, wonach das elektrische Signal als Antrieb für eine bewegliche Komponente verwendet wird, welche dann Druckschwankungen erzeugt. Der Hörer ist demnach ein Hörer, welcher ein Magnetfeld zur Wandlung von Strom in Bewegung nutzt. Da das elektrische Signal ein elektrisches Wechselfeld darstellt, also ein zeitlich variierender

Strom ist, wird hierbei auch ein Magnetfeld erzeugt. Die Stärke dieses Magnetfelds ist abhängig von der Stärke der Änderung des Stroms und diese wiederum von der Last des Hörers.

[0012] Das erzeugte Magnetfeld wird mittels eines Magnetfeldsensors gemessen. Der Magnetfeldsensor gibt dann ein Messsignal aus. Das Messsignal ist beispielsweise eine Spannung, welche proportional zum Magnetfeld, genauer gesagt zur Stärke des Magnetfelds, ist. Alternativ ist das Messsignal ein digitales Messsignal. In einer Variante ist das Messsignal nicht proportional zum Magnetfeld und insbesondere ein vorverarbeitetes Messsignal. Als Magnetfeldsensor ist grundsätzlich jeder Sensor geeignet, welcher zur Messung eines Magnetfelds und zur Ausgabe eines entsprechenden Messsignals ausgebildet ist, beispielsweise ein Hall-Sensor oder eine einfache Leiterschleife.

[0013] Der Hörer wird nunmehr charakterisiert, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds das Antwortverhalten des Hörers bestimmt wird. Mit anderen Worten: anhand des Magnetfelds, genauer gesagt anhand des Messsignals des Magnetfeldsensors, wird das Antwortverhalten des Hörers bestimmt. Es erfolgt also insgesamt eine Charakterisierung des Hörers durch Messung eines Magnetfelds, welches im Betrieb des Hörers erzeugt wird.

[0014] Da das Antwortverhalten des Hörers von dessen konkreter Einbau- und/oder Nutzungssituation abhängt, ist die Charakterisierung des Hörers keine isolierte Charakterisierung des Hörers als einzelnes Bauteil, sondern vielmehr eine umfassende Charakterisierung des Hörers in dessen konkreter Einbau- und/oder Nutzungssituation. In dieser konkreten Einbau- und/oder Nutzungssituation ist das Antwortverhalten des Hörers von dessen insbesondere unmittelbarer Umgebung beeinflusst. Mit anderen Worten: der Hörer ist in eine Umgebung eingebettet, in welcher eine Anzahl von Elementen angeordnet ist, welche insbesondere mechanisch mit dem Hörer verbunden oder angekoppelt sind und dadurch den Betrieb des Hörers beeinflussen. Dadurch wird entsprechend auch das Antwortverhalten des Hörers beeinflusst. Die Umgebung des Hörers wird auch als Hörerumgebung bezeichnet.

[0015] Die Elemente der Umgebung sind regelmäßig andere Bauteile des Hörgeräts, wie beispielsweise ein Schallschlauch, eine Otoplastik, ein Dome oder auch ein Gehäuse des Hörgeräts. Der Hörer ist insbesondere ein Bestandteil eines Bauteilekomplexes, bei welchem der Hörer mit einer Anzahl an weiteren Bauteilen des Hörgeräts verbunden ist. Die Elemente der Umgebung müssen jedoch nicht zwingend Teile des Hörgeräts sein, sondern sind alternativ oder zusätzlich beispielsweise der Gehörgang des Anwenders oder Cerumen, welches sich in der Umgebung des Hörers angesammelt hat. Auch solche Elemente beeinflussen das Antwortverhalten des Hörers. Allen Elementen ist somit gemein, dass diese derart an den Hörer angekoppelt sind, dass ebenjene Elemente das Antwortverhalten des Hörers beeinflus-

sen. Ein auf diese Weise beeinflusster Hörer, welcher in eine entsprechende Umgebung eingebettet ist, wird auch als ein Hörer mit Ankopplung bezeichnet. Die Ankopplung bestimmt dabei maßgeblich die Änderung der Antwortverhaltens.

[0016] Die Charakterisierung des Hörers ist also insbesondere eine Charakterisierung des Hörers und dessen Ankopplung, d.h. des Hörers, der in eine bestimmte Umgebung eingebettet ist, welche das Antwortverhalten des Hörers beeinflusst. Demnach dient das Verfahren genauer gesagt zur Charakterisierung des Antwortverhaltens eines Hörers, welcher in eine Umgebung eingebettet ist, welche eine Anzahl von Elementen enthält, welche das Antwortverhalten des Hörers beeinflussen. Wie bereits erwähnt, erfolgt damit nicht zwangsläufig eine isolierte Charakterisierung des Hörers allein, sondern vielmehr eine Charakterisierung des Hörers insbesondere als Teil des Hörgeräts, d.h. in einer konkreten Einbausituation, oder in einer konkreten Nutzungssituation oder beides. Im Ergebnis dient das Verfahren also zur individuellen Charakterisierung des Hörers und zur individuellen Bestimmung des Antwortverhaltens eines Hörers in einer konkreten Einbau- und/oder Nutzungssituation.

[0017] Aus dem oben Gesagten wird deutlich, dass sich das Antwortverhalten aus dem Messsignal an sich möglicherweise nicht direkt ableiten lässt. Daher wird das Antwortverhalten zweckmäßigerweise dadurch bestimmt, dass unter Verwendung eines geeigneten Modells einer insbesondere akustischen Ankopplung der Umgebung an den Hörer aus dem Messsignal auf das Antwortverhalten geschlossen wird. Das Modell ist insbesondere ein elektro-magneto-mechano-akustisches Modell. Das Modell berücksichtigt zweckmäßigerweise eine prinzipiell vorbekannte Umgebung, d.h. um welche Art von Hörgerät es sich handelt und wie allgemein das Hörgerät und speziell der Hörer getragen werden. Anhand des Modells wählt eine Steuereinheit dann entsprechend geeignete Algorithmen aus, um ausgehend vom Messsignal auf das Antwortverhalten zu schließen.

[0018] Die Erfindung geht zunächst insbesondere von der Beobachtung aus, dass das Antwortverhalten eines Hörers zusätzlich zur Abhängigkeit vom Eingangssignal allgemein auch abhängig ist von der konkreten Umgebung, in welcher sich der Hörer befindet. Speziell bei einem Hörgerät ist das Antwortverhalten zunächst üblicherweise abhängig von der Einbausituation, d.h. wie und wo der Hörer im Hörgerät montiert ist und mit welchen anderen Bauteilen der Hörer verbunden ist. Insbesondere im Falle eines Schallschlauchs, welcher mit dem Hörer zur Schallweiterleitung ins Ohr verbunden ist, bestimmen die Art und Länge des häufig individuell angepassten Schallschlauchs das Antwortverhalten. Weiterhin ist das Antwortverhalten typischerweise auch abhängig von der konkreten Verwendung des Hörgeräts durch einen Anwender, insbesondere von der individuellen Trageweise und dem ebenfalls individuellen Kopplungsgrad zwischen Hörer und Ohr des Anwenders, d.h. von

der konkreten Nutzungssituation. Zudem ist das Antwortverhalten auch insofern zeitabhängig, als dass sich die Umgebung und die Einbau- und/oder Nutzungssituation über die Zeit verändern können, beispielsweise durch eine fortschreitende Verstopfung des Hörers mit Cerumen oder durch einen Austausch des Schallschlauchs. Insgesamt ist das Antwortverhalten demnach abhängig von einer Vielzahl an insbesondere individuellen Faktoren, welche bei der Fertigung des Hörers und/oder beim Design und der Fertigung des gesamten Hörgeräts unter Umständen unbekannt sind oder welche sich im Laufe der Zeit ändern oder sogar beides.

[0019] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht nun insbesondere darin, dass durch die Messung des Magnetfelds auf einfache Weise entsprechende Änderungen des Antwortverhaltens besonders genau erkannt werden. Insbesondere werden vorteilhaft solche individuellen oder zeitabhängigen Änderungen erkannt, welche bei der Herstellung des Hörgeräts oder im Rahmen einer Fitting Session, nicht berücksichtigt werden oder nicht berücksichtigt werden können. Eine solche Änderung ist beispielsweise eine fortschreitende Verstopfung mit Cerumen oder ein Austausch oder eine Modifikation eines Schallschlauchs oder einer Otoplastik oder eines Domes des Hörgeräts. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei insbesondere, dass das Antwortverhalten des Hörers gerade nicht oder zumindest nicht ausschließlich isoliert und in einem Idealzustand bestimmt wird. Vielmehr wird das Antwortverhalten vorteilhaft in einer bestimmten Einbau- oder Nutzungssituation oder beides bestimmt. Dadurch werden solche Änderungen, welche sich aufgrund dieser Einbau- und/oder Nutzungssituation gegenüber einer Referenzsituation, z.B. einem Idealzustand, ergeben mit erfasst und vorzugsweise auch überwacht, insbesondere wiederkehrend überwacht.

[0020] Dem Verfahren liegt insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass das vom Hörer erzeugte Magnetfeld auch das Antwortverhalten des Hörers widerspiegelt, da das Antwortverhalten maßgeblich durch die ausgegebene Leistung definiert ist und diese Leistung sowie das Magnetfeld jeweils direkt vom Strom abhängig sind, welcher dem Hörer zugeführt wird. Das Magnetfeld kann somit gewinnbringend zur Bestimmung ebenjenes Antwortverhaltens herangezogen werden und wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch entsprechend herangezogen.

[0021] Grundsätzlich können das Antwortverhalten dadurch bestimmt und der Hörer dadurch charakterisiert werden, dass beispielsweise ein Testsignal mit bekannter Stärke als Audiosignal verwendet wird und die Stärke des daraus erzeugten Schallsignals gemessen wird. Dies erfolgt beispielsweise über eine Impedanzmessung, welche letztendlich den Strom durch den Hörer misst und damit ein Maß für die ausgegebene Leistung ist, d.h. für die Stärke des Schallsignals. Der Zusammenhang ist hier durch ein bestimmtes Modell vorgegeben, dessen Kenntnis eine Schlussfolgerung auf Grundlage der Impedanzmessung ermöglicht. Das frequenzabhän-

gige Antwortverhalten wird dann entsprechend mit mehreren Testsignalen unterschiedlicher Frequenz durchgeführt. Andere Messmethoden und Testverfahren sind ebenfalls möglich. Alternativ zu einer solchen Impedanzmessung ist auch eine sogenannte Vibrationsmessung möglich. Eine Magnetfeldmessung weist nun insbesondere den Vorteil auf, dass eine solche im Vergleich zu einer Impedanz- oder Vibrationsmessung deutlich genauer ist. Das Magnetfeld selbst wird in besonders geringem Maße von der Umgebung gestört, wohingegen eine Impedanz- oder einer Vibrationsmessung durch zusätzliche elektrische oder mechanische Verbindungen mit anderen Bauteilen oder Komponenten unter Umständen stark fehlerbehaftet ist. Bei einer Magnetfeldmessung wird zudem ein Messsignal mit einer besonders großen Amplitude erzeugt, wodurch auch kleinste Änderungen noch zuverlässig erkannt werden und wodurch sich das Antwortverhalten entsprechend mit besonders hoher Genauigkeit bestimmen lässt.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Umgebung durch eine Einbausituation des Hörers bestimmt und die Umgebung weist ein Element auf, welches ein Bauteil des Hörgeräts ist. Das Bauteil ist mit dem Hörer verbunden und insbesondere mechanisch an den Hörer angekoppelt und beeinflusst dessen Antwortverhalten. Indem das Antwortverhalten bestimmt wird, wird dann vorteilhaft der Einfluss der Einbausituation auf das Antwortverhalten automatisch mit berücksichtigt. Hierbei ist das Element, genauer gesagt das Bauteil, vorzugsweise ausgewählt aus einer Menge von Elementen, umfassend aber nicht beschränkt auf: ein Schallschlauch, eine Otoplastik, ein Dome, ein Gehäuse des Hörgeräts.

[0023] Alternativ oder zusätzlich ist die Umgebung bevorzugterweise durch eine Nutzungssituation des Hörers bestimmt. Indem das Antwortverhalten bestimmt wird, wird dann vorteilhaft der Einfluss der Nutzungssituation auf das Antwortverhalten automatisch mit berücksichtigt. Hierbei ist die Nutzungssituation ausgewählt aus einer Menge von Situationen, umfassend aber nicht beschränkt auf: eine Trageweise des Hörgeräts, einen Kopplungsgrad zwischen dem Hörer und einem Ohr des Anwenders, ein Verstopfungsgrad insbesondere des Hörers durch Cerumen. Ähnlich wie bei der oben beschriebenen Einbausituation enthält die Umgebung auch in der Nutzungssituation eine Anzahl von Elementen, welche insbesondere mechanisch an den Hörer angekoppelt sind und dadurch das Antwortverhalten beeinflussen. Allerdings sind diese Elemente gerade keine Bestandteile des Hörgeräts, sondern externe Elemente, insbesondere der Gehörgang des Anwenders, dessen Ohr oder Cerumen.

[0024] Die Kenntnis des Antwortverhaltens ermöglicht vorteilhaft eine Reaktion auf eine Änderung desselben. Hierzu wird zweckmäßigerweise das Antwortverhalten bestimmt und als ein Ist-Antwortverhalten mit einem Soll-Antwortverhalten verglichen. Zwischen dem Ist-Antwortverhalten und dem Soll-Antwortverhalten wird dann ein Unterschied ermittelt und das Hörgerät wird in Abhän-

gigkeit des Unterschieds eingestellt. Unter "eingestellt" wird insbesondere verstanden, dass das Hörgerät derart gesteuert wird, dass das Antwortverhalten des Hörers geändert wird, um den Unterschied zu verringern und vorzugsweise vollständig zu eliminieren. Bevorzugterweise wird dabei das Antwortverhalten an das Soll-Antwortverhalten angepasst, besonders bevorzugt derart, dass das Antwortverhalten dem Soll-Antwortverhalten entspricht.

[0025] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung wird das Hörgerät eingestellt, indem mittels der Steuereinheit das Audiosignal derart modifiziert wird, dass der Unterschied zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, ausgeglichen wird. Auf diese Weise wird dann insbesondere eine Angleichung des Antwortverhaltens an das Soll-Antwortverhalten erzielt.

[0026] Alternativ oder zusätzlich wird die Kenntnis des Antwortverhaltens genutzt, um ein Warnsignal auszugeben. Zweckmäßigerweise wird hierzu ebenfalls das Antwortverhalten bestimmt und als ein Ist-Antwortverhalten mit einem Soll-Antwortverhalten verglichen. Zwischen dem Ist-Antwortverhalten und dem Soll-Antwortverhalten wird ein Unterschied ermittelt und in Abhängigkeit des Unterschieds wird ein Warnsignal ausgegeben. Mit anderen Worten: liegt ein Unterschied vor oder liegt ein Unterschied vor, welcher größer ist als ein vorgegebener Schwellwert, wird ein Warnsignal ausgegeben. Das Warnsignal wird beispielsweise akustisch über den Hörer ausgegeben, optisch, mittels einer LED oder an eine Fernsteuerung oder Basisstation für das Hörgerät übermittelt, insbesondere zur dortigen Ausgabe oder Speicherung.

[0027] Besonders zweckmäßig ist die Ausgestaltung mit dem Warnsignal, um bei einem bestimmten Verstopfungsgrad des Hörers mit Cerumen auf ebenjene Verstopfung hinzuweisen und dadurch vorteilhaft den Anwender zu einer Reinigung zu veranlassen. Die Ausgestaltung mit Warnhinweis wird alternativ oder zusätzlich genutzt, um zu erkennen, ob ein bestimmter Schallschlauch am Hörgerät montiert wurde, und falls ein anderer Schallschlauch montiert wurde, darauf hinzuweisen, dass der falsche Schallschlauch montiert wurde oder dass eine Anpassung des Antwortverhaltens notwendig ist.

[0028] Alternativ oder zusätzlich wird detektiert, ob der Hörer einen Defekt aufweist. Ein Defekt ist insbesondere eine Verzerrung bei der Ausgabe eines Schallsignals aufgrund eines mechanischen Defekts, z.B. durch einen Stoß oder einen Fall. Eine solche Verzerrung wird auch als total harmonic distortion, kurz THD bezeichnet. Alternativ ist der Defekt ein Ausfall oder ein Bruch einer elektrischen Leitung. Alternativ ist der Defekt eine Verkeilung mehreren insbesondere interner Bauteile, d.h. Komponenten des Hörers.

[0029] Das Soll-Antwortverhalten wird zweckmäßigerweise mittels einer Eichmessung bestimmt. Die Eichmessung erfolgt vorzugsweise in einem Zustand, in welchem ein ideales Antwortverhalten vorliegt, beispielsweise

se im Rahmen einer ersten Initialisierung bei der Produktion, insbesondere da zu diesem Zeitpunkt die akustische Ankopplung des Hörers bekannt ist und eine Anzahl an Modellparametern des Hörers extrahiert und vorzugsweise auch gespeichert wird. Dabei geben die Modellparameter insbesondere die Ankopplung an. Alternativ oder zusätzlich erfolgt die Eichmessung im Rahmen einer Fitting Session oder direkt danach oder nach einer Reinigung des Hörgeräts oder direkt nachdem ein neuer Schallschlauch oder eine neue Otoplastik montiert wurden. Alternativ oder zusätzlich erfolgt die Eichmessung bei oder am Ende der Herstellung des Hörgeräts und vor dessen Auslieferung an den Anwender. Dem liegt insbesondere die Überlegung zugrunde, einen Auslieferungszustand des Hörgeräts als eine Vergleichsbasis für spätere Änderungen des Antwortverhaltens zu verwenden. Dies ist beispielsweise vorteilhaft, um eine Beschädigung oder eine Fehlfunktion des Hörers zu erkennen.

[0030] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden mehrere Soll-Antwortverhalten bestimmt, beispielsweise für verschiedene Umgebungen, in welchen das Hörgerät getragen wird, für verschiedene Anwender des Hörgeräts, für verschiedene Betriebsmodi des Hörgeräts, für verschiedene Schallschläuche oder für verschiedene Otoplastiken oder für eine Kombination davon. Je nach konkreter Situation wird dann ein geeignetes Soll-Antwortverhalten ausgewählt, mit welchem das gemessene Antwortverhalten verglichen wird.

[0031] Das Soll-Antwortverhalten wird bei der Eichmessung in einer geeigneten Ausgestaltung auf dieselbe Weise bestimmt wie das Antwortverhalten im Allgemeinen, d.h. vorliegend durch eine Messung des Magnetfelds. Es wird also eine initiale Magnetfeldmessung durchgeführt.

[0032] Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei welcher das Antwortverhalten, also die Übertragungsfunktion des Hörers, mittels eines adaptiven Filters parametrisiert wird, indem das Magnetfeld gemessen wird und in Abhängigkeit dessen ein Messsignal erzeugt wird, welches dem Filter als ein Filter-Eingangssignal zugeführt wird. Das Messsignal wird von dem Magnetfeldsensor erzeugt und ist beispielsweise eine Spannung. Der Filter ist in einer geeigneten Ausgestaltung ein Wiener-Filter. Der Filter weist eine Filterfunktion auf, welche durch eine Anzahl an Filterparametern parametrisiert ist. Dem Filter wird nun das Messsignal als Filter-Eingangssignal zugeführt, woraufhin der Filter die Filterfunktion automatisch an das Filter-Eingangssignal anpasst, um dieses abzubilden. Dabei werden die Filterparameter entsprechend verändert.

[0033] Der Filter arbeitet insbesondere selbstständig und benötigt keine separate Einstellung von außen, führt also die Anpassung und Veränderung der Filterparameter automatisch durch. Die Filterparameter ändern sich somit bei einer Änderung des Magnetfelds, d.h. auch bei einer Änderung des Antwortverhaltens, sodass das Antwortverhalten vorteilhaft mittels der Filterparameter parametrisiert ist und dadurch auch bestimmt ist. Anstatt

also das Antwortverhalten im Detail zu messen, werden zur Bestimmung des Antwortverhaltens lediglich die Filterparameter genutzt. Die Verwendung eines adaptiven Filters weist dabei speziell den Vorteil auf, dass sich ein solcher Filter besonders schnell an Änderungen anpasst und daher Änderungen des Antwortverhaltens besonders schnell erkannt und bestimmt werden. Dabei ist eine Anpassung des Antwortverhaltens nicht zwingend eine Aufgabe des Filters, d.h. der Filter stellt nicht zwingend das Antwortverhalten ein, vielmehr dient der Filter vorrangig und insbesondere ausschließlich zur Parametrisierung des Antwortverhaltens, indem der Filter diesem folgt.

[0034] Das Magnetfeld, genauer dessen Stärke, fällt mit steigendem Abstand zum Hörgerät. Daher wird das Magnetfeld zweckmäßigerweise möglichst nah am oder im Hörgerät gemessen, d.h. der Magnetfeldsensor ist möglichst nah am oder im Hörgerät angeordnet. Im konkreten Fall eines Hörgeräts ist das Magnetfeld besonders gut um das Hörgerät herum innerhalb eines Abstands messbar, welcher in der Größenordnung einer Abmessung des Hörgeräts liegt. Übliche Hörgeräte weisen eine Abmessung von etwa 0,5 bis 5 cm auf, entsprechend ist das Magnetfeld in einem Abstand von bis zu wenigen Zentimetern besonders effektiv messbar und wird daher vorzugsweise auch in diesem Bereich gemessen.

[0035] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor direkt am Hörer angeordnet, d.h. insbesondere in einem Abstand von höchstens 3 cm, bevorzugt höchstens 5 mm zum Hörer, besonders bevorzugt direkt am oder sogar im Hörer. Das Magnetfeld wird demnach direkt am Hörer gemessen und damit dort, wo das Magnetfeld besonders stark ist, sodass die Messung entsprechend genau ist.

[0036] In einer geeigneten Variante weist das Hörgerät eine Energieversorgung auf, insbesondere einer Batterie, welche mittels einer Energieversorgungsleitung mit dem Hörer verbunden ist, zur Energieversorgung des Hörers, und der Magnetfeldsensor ist direkt an der Energieversorgungsleitung angeordnet, d.h. insbesondere in einem Abstand von höchstens 3 cm, bevorzugt höchstens 5 mm zur Energieversorgungsleitung, besonders bevorzugt direkt an oder sogar in der Energieversorgungsleitung. Die vorgenannten Werte sind insbesondere für ein Hörgerät geeignet, welches als Hörhilfegerät für einen hörgeschädigten Anwender ausgebildet ist. Bei anderen Hörgeräten sind auch größere Werte geeignet, insbesondere dann, wenn die Energieversorgung stärker ist, d.h. mehr Leistung bereitstellt, als in einem Hörhilfegerät. Das Magnetfeld wird somit direkt an der Energieversorgungsleitung gemessen. Dieser Ausgestaltung liegt insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass der Hörer im Betrieb eine wechselnde Last erzeugt und damit der Energieversorgung einen zeitlich veränderlichen Strom entnimmt, welcher wiederum ein Magnetfeld erzeugt. Der Hörer erzeugt also ein Magnetfeld nicht lediglich in dessen unmittelbarer Nähe, sondern auch entlang der Energieversorgungsleitung, welche sich von der En-

ergieversorgung bis zum Hörer erstreckt, sowie an ebenjener Energieversorgung. Das Magnetfeld wird demnach vorteilhaft an der Energieversorgungsleitung oder an der Energieversorgung selbst gemessen. Eine Magnetfeldmessung in der Nähe der Energieversorgungsleitung oder der Energieversorgung ist vorteilhaft dahingehend, dass diese üblicherweise außerhalb des Ohrs des Anwenders angeordnet sind. Besonders bei einem Hörgerät, bei welchem der Hörer im Ohr getragen wird, ist der Bauraum um den Hörer herum naturgemäß stark eingeschränkt, sodass ein zusätzlicher Magnetfeldsensor am Hörer unter Umständen nicht realisierbar ist. Besonders in solchen Fällen wird dann das Magnetfeld an anderer Stelle und außerhalb des Ohrs gemessen, vorzugsweise wie beschrieben in der Nähe der Energieversorgungsleitung oder der Energieversorgung. Aufgrund weiterer Bauteile des Hörgeräts, welche mit der Energieversorgung verbunden sind, ist eine Messung an der Energieversorgung selbst unter Umständen zu ungenau, weshalb eine Magnetfeldmessung an der Energieversorgungsleitung bevorzugt ist. Die Energieversorgungsleitung dient dabei insbesondere allein der Versorgung des Hörers, d.h. mittels der Energieversorgungsleitung sind keine weiteren Bauteile oder Verbraucher an die Energieversorgung angeschlossen. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass das gemessene Magnetfeld überwiegend und insbesondere allein durch den Betrieb des Hörers verursacht ist.

[0037] Grundsätzlich ist jedoch auch eine Messung des Magnetfelds an anderen Stellen möglich und auch geeignet. Die oben genannten zwei Varianten stellen aber besonders geeignete Positionen dar und sind entsprechend bevorzugt.

[0038] In einer ersten bevorzugten Ausgestaltung ist der Magnetfeldsensor in das Hörgerät integriert, also ein Bestandteil des Hörgeräts. Insgesamt weist dann das Hörgerät einen Hörer auf, zur Umwandlung eines elektrischen Audiosignals in ein Schallsignal unter Erzeugung eines Magnetfelds, und einen Magnetfeldsensor, und zusätzlich eine Steuereinheit, welche derart ausgebildet ist, dass das Magnetfeld mittels des Magnetfeldsensors gemessen wird, der Hörer charakterisiert wird, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds das Antwortverhalten des Hörers bestimmt wird. In dieser Ausgestaltung bestimmt das Hörgerät insbesondere selbstständig das Antwortverhalten des Hörers, vorzugsweise kontinuierlich, alternativ beispielsweise lediglich in einem Testmodus. Zweckmäßigerweise stellt sich das Hörgerät auch automatisch in Abhängigkeit des Antwortverhaltens ein, insbesondere um ein bestimmtes Soll-Antwortverhalten einzustellen, wie oben bereits beschrieben. Vorteilhafterweise wird der Anwender über die Messung informiert oder darüber wie sich das Hörgerät einstellt oder beides. Der Anwender wird beispielsweise mittels eines Warnsignals wie oben bereits beschrieben informiert.

[0039] Insbesondere bei einem Magnetfeldsensor, welches in das Hörgerät integriert ist, wird das Verfahren

bevorzugterweise in einem Normalbetriebsmodus des Hörgeräts ausgeführt, d.h. insbesondere gerade nicht während einer Fitting Session oder bei der Herstellung des Hörgeräts. Vielmehr erfolgt die Charakterisierung im normalen Betrieb, während das Hörgerät vom Anwender getragen oder genutzt wird. In dem Normalbetriebsmodus wird ein elektrisches Audiosignal mittels einer Steuereinheit modifiziert und dann mittels des Hörers als Schallsignal ausgegeben. Das elektrische Audiosignal selbst wird insbesondere mittels eines Mikrofons erzeugt, welches ein Schallsignal aus der Umgebung in das Audiosignal umwandelt. Alternativ wird das Audiosignal von einer externen Quelle zugeführt. Eine externe Quelle ist beispielsweise ein Streaming-Signal beispielsweise eines Drahtlossystems, d.h. eines wireless systems.

[0040] In einer besonders geeigneten Ausgestaltung weist das Hörgerät eine Telefonspule auf und diese ist der Magnetfeldsensor, d.h. die Telefonspule wird als Magnetfeldsensor verwendet. Mit anderen Worten: das Hörgerät weist eine Telefonspule auf, welche derart platziert oder angeordnet ist, dass diese als Magnetfeldsensor verwendbar ist und auch verwendet wird. Insbesondere ist eine genaue Positionierung der Telefonspule von Bedeutung, um das Magnetfeld möglichst effektiv zu messen. Die Telefonspule wird auch als Telecoil oder T-Coil bezeichnet. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass die Telefonspule naturgemäß bereits zur Messung von Magnetfeldern ausgelegt ist und daher gewinnbringend auch für die hier beschriebene Messung des Magnetfelds, welches vom Hörer erzeugt wird, verwendet werden kann. Dadurch reduziert sich der konstruktive Aufwand erheblich, denn eine Telefonspule ist bereits in vielen Hörgeräten standardmäßig verbaut. Ein Magnetfeldsensor als zusätzliches Bauteil entfällt vorteilhaft, es wird vielmehr die vorhandene Hardware genutzt, nämlich die Telefonspule. Bei der Telefonspule handelt es sich um eine Spule, z.B. eine Leiterschleife, welche Signale per Induktion empfängt. Ein Sender, z.B. ein Telefon mit elektrodynamisch arbeitendem Wandler oder eine induktive Höranlage, sendet ein magnetisches Wechselfeld aus, welches von der Telefonspule empfangen wird und welches dann insbesondere in ein Audiosignal umgewandelt wird. Dies ist im Vergleich zur Aufnahme mittels Mikrofon auch vorteilhaft störungsfrei, da Störgeräusche üblicherweise nicht übermittelt werden. Unter "störungsfrei" wird insbesondere "weitgehend störungsfrei" verstanden. Unter "störungsfrei" wird weiterhin insbesondere verstanden, dass die Telefonspule in solchen Frequenzbereichen, welche für die Magnetfeldmessung relevant sind, störungsfrei ist, wohingegen beispielsweise die Netzspannung bei 50Hz sowie deren Harmonische unter Umständen von der Telefonspule erfasst werden. Die Telefonspule ist außerdem insbesondere bereits in geeigneter Nähe zum Hörer angeordnet.

[0041] Das Konzept der Magnetfeldmessung ist jedoch vorteilhaft nicht auf ein Hörgerät mit einem integrierten Magnetfeldsensor beschränkt. Vielmehr ist der

Magnetfeldsensor in einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung ein Teil einer Testanordnung für ein Hörgerät. Die Testanordnung weist eine Steuereinheit auf sowie eine Testvorrichtung, welche einen Magnetfeldsensor aufweist. Die Testanordnung ist zum Testen eines Hörgeräts ausgebildet, genauer zur Charakterisierung eines Hörers des Hörgeräts. Das Hörgerät weist demnach einen Hörer auf, zur Umwandlung eines elektrischen Audiosignals in ein Schallsignal unter Erzeugung eines Magnetfelds. Die Steuereinheit ist derart ausgebildet, dass das Magnetfeld mittels des Magnetfeldsensors gemessen wird, der Hörer charakterisiert wird, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds das Antwortverhalten des Hörers bestimmt wird.

[0042] Der Magnetfeldsensor ist somit außerhalb des Hörgeräts angeordnet, nämlich in oder an der Testvorrichtung, welche zusammen mit der Steuereinheit die Testanordnung bildet. In einer ersten geeigneten Variante sind der Magnetfeldsensor und die Steuereinheit jeweils ein Teil einer Testvorrichtung, d.h. die Testvorrichtung ist identisch mit der Testanordnung. In einer ebenfalls geeigneten zweiten Variante sind dagegen der Magnetfeldsensor und die Steuereinheit getrennt voneinander angeordnet. Der Magnetfeldsensor ist dann ein Teil einer Testvorrichtung, die Steuereinheit dagegen nicht. Die Steuereinheit ist dabei beispielsweise eine Steuereinheit des Hörgeräts oder eine Steuereinheit eines zusätzlichen externen Geräts.

[0043] Die Messung an sich unterscheidet sich dabei grundsätzlich nicht von der Messung mit einem Magnetfeldsensor im Hörgerät. Zur Charakterisierung des Hörers wird das Hörgerät in die Nähe der Testanordnung, genauer der Testvorrichtung gebracht und dann eine Magnetfeldmessung gestartet. Eine solche Testanordnung eignet sich besonders auch zur Verwendung bei einem Audiologen, z.B. im Rahmen einer Fitting Session.

[0044] Beispiele für eine Testvorrichtung, welche identisch mit der Testanordnung ist, sind eine Ladestation oder eine Basisstation für das Hörgerät oder eine Fernbedienung. Ganz besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Smartphones als Testvorrichtung, welches zweckmäßigerweise mit einer entsprechenden Software bestückt ist, um die Magnetfeldmessung und die Bestimmung des Antwortverhaltens durchzuführen.

[0045] Bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei welcher die Testvorrichtung ein Audioschuh ist, welcher insbesondere als zusätzlicher Sensor mit dem Hörgerät verbunden wird. Der Audioschuh ist auf das Hörgerät, genauer auf dessen Gehäuse, aufsetzbar und wird vom Anwender zusammen mit dem Hörgerät getragen. Die Testvorrichtung ist dabei also als Adapter konzipiert. In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Testvorrichtung als eigenständiges Modul konzipiert und weist ein Drahtlossystem, d.h. ein drahtloses System, auf, um mit dem Hörgerät zu kommunizieren.

[0046] Besonders geeignet ist auch eine Ausgestaltung, bei welcher die Testvorrichtung ein Telefonspulenschuh ist, welcher als ein Adapter auf das Hörgerät auf-

setzbar ist, und bei welcher der Magnetfeldsensor eine Telefonspule - insbesondere wie oben beschrieben - ist, welche in dem Telefonspulenschuh angeordnet ist. Die Steuereinheit ist hierbei vorzugsweise außerhalb des Telefonspulenschuhs angeordnet, also kein Teil von diesem. Vorzugsweise ist die Steuereinheit eine Steuereinheit des Hörgeräts. Der Telefonspulenschuh ist insbesondere ähnlich dem oben beschriebenen Audioschuh als Adapter konzipiert, welcher das Hörgerät nachträglich mit einer Telefonspule ausstattet. Der Telefonspulenschuh wird vom Anwender insbesondere im normalen Betrieb des Hörgeräts getragen.

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

Fig. 1 ein Hörgerät mit integriertem Magnetfeldsensor,

Fig. 2 eine Testvorrichtung mit Magnetfeldsensor und ein Hörgerät,

Fig. 3 unterschiedliches Antwortverhalten eines Hörers,

Fig. 4 Magnetfeldmessungen zu den Antwortverhalten aus Fig. 3, und

Fig. 5 Impedanzmessungen zu den Antwortverhalten aus Fig. 3.

[0048] In Fig. 1 ist ein Hörgerät 2 dargestellt, welches zur Versorgung eines hörgeschädigten Anwenders dient. Das Hörgerät 2 weist eine Anzahl von hier zwei Mikrofonen 4 auf, mittels welcher Schallsignale aus der Umgebung aufgenommen werden und zu elektrischen Audiosignalen A gewandelt werden. Die Audiosignale A werden an eine Steuereinheit 6 weitergeleitet und dort entsprechend den Bedürfnissen des Anwenders modifiziert, üblicherweise verstärkt. Die modifizierten Audiosignale A werden von der Steuereinheit 6 an einen Hörer 8 weitergegeben, welcher die Audiosignale A wieder in Schallsignale S umwandelt und ausgibt.

[0049] Das Hörgerät 2 ist vorliegend ein BTE-Hörgerät, mit einem Gehäuse 10, welches vom Anwender hinter dem Ohr getragen wird, und mit einem Schallschlauch 12, über welchen die Schallsignale S vom Hörer 8 ausgehend zum Ohr geleitet werden. Alternativ ist das Hörgerät 2 ein RIC-Hörgerät, bei welchem das Gehäuse 10 ebenfalls hinter dem Ohr getragen wird, wobei jedoch der Hörer 8 in das Ohr eingesetzt wird und der Schallschlauch 12 dann durch ein Kabel ersetzt ist. Wiederum alternativ ist das Hörgerät 2 ein ITE-Hörgerät, welches vollständig in das Ohr eingesetzt wird. Weitere alternative Ausgestaltungen für das Hörgerät 2 sind ebenfalls geeignet.

[0050] Beim Betrieb des Hörers 8, d.h. bei der Umwandlung eines Audiosignals A in ein Schallsignal S wird

ein Magnetfeld M erzeugt, welches in Fig. 1 zwecks Visualisierung lediglich skizzenhaft eingezeichnet ist. Das Magnetfeld M ergibt sich aus der allgemeinen Funktionsweise des Hörers 8, bei dessen Betrieb sich ein zeitlich variierendes elektrisches Wechselfeld ergibt, welches einem zeitlich variierenden Strom entspricht, welcher wiederum das Magnetfeld M erzeugt. Das erzeugte Magnetfeld M wird mittels eines Magnetfeldsensors 14 gemessen. Dieser gibt dann ein Messsignal U, U' aus, beispielsweise eine Spannung, welche proportional zum Magnetfeld M ist. Auf der Grundlage des gemessenen Magnetfelds M, also mittels des Messsignals U, wird ein Antwortverhalten V, V' des Hörers 8 bestimmt und dieser dadurch charakterisiert oder es wird ein Warnsignal ausgegeben oder beides. Dazu wird das Messsignal U, U' beispielsweise von der Steuereinheit 6 ausgewertet.

[0051] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 wird das Magnetfeld M in der Nähe des Hörers 8 gemessen. Dies ist jedoch nicht zwingend. Da jedes elektrische Wechselfeld naturgemäß auch ein Magnetfeld M erzeugt, wird ein entsprechendes Magnetfeld M auch entlang einer Energieversorgungsleitung 16 und in der Nähe einer Energieversorgung 18 erzeugt. Auf eine explizite Darstellung dieses Effekts in Fig. 1 wurde der Übersichtlichkeit halber verzichtet. Die Energieversorgung 18 ist in Fig. 1 eine Batterie. Diese ist mit dem Hörer 8 über die Energieversorgungsleitung 16 verbunden, um den Hörer 8 mit Energie zu versorgen. Statt den Magnetfeldsensor 14 in der Nähe des Hörers 8 anzuordnen, ist der Magnetfeldsensor 14 in einer nicht gezeigten Alternative dann in der Nähe der Energieversorgungsleitung 16 angeordnet.

[0052] Der Magnetfeldsensor 14 ist in Fig. 1 beispielsweise ein Hall-Sensor oder eine einfache Leiterschleife. In einer nicht gezeigten Alternative wird als Magnetfeldsensor 14 eine Telefonschleife verwendet, welche in das Hörgerät 2 integriert ist.

[0053] In Fig. 1 ist der Magnetfeldsensor 14 in das Hörgerät 2 integriert. Dies ist jedoch für das zugrunde liegende Messprinzip nicht zwingend. Daher zeigt Fig. 2 eine Variante, bei welcher der Magnetfeldsensor 14 außerhalb des Hörgeräts 2 angeordnet ist, nämlich in einer Testvorrichtung 20, welche hier eine Ladestation oder eine Basisstation für das Hörgerät 2 ist und zugleich eine Testanordnung für das Hörgerät 2 bildet. Die Testvorrichtung 20 weist eine Steuereinheit 6 auf, an welche der Magnetfeldsensor 14 angeschlossen ist. Die Messung an sich unterscheidet sich dabei grundsätzlich nicht von der Messung mit einem Magnetfeldsensor 14 im Hörgerät 2. Zur Charakterisierung des Hörers 8 wird das Hörgerät 2 in die Nähe der Testvorrichtung 20 gebracht, z. B. wie in Fig. 2 gezeigt eingelegt, über den Hörer 8 ein Schallsignal S ausgegeben und dann eine Magnetfeldmessung gestartet.

[0054] Die Charakterisierung des Hörers 8 basiert auf der Erkenntnis, dass das vom Hörer 8 erzeugte Magnetfeld M auch das Antwortverhalten V, V' des Hörers 8 widerspiegelt. Das Antwortverhalten V, V' ist maßgeblich durch die ausgegebene Leistung definiert und diese

Leistung sowie das Magnetfeld M sind jeweils direkt vom Strom abhängig, welcher dem Hörer 8 zugeführt wird. Zusätzlich zur Abhängigkeit vom Audiosignal A ist das Antwortverhalten V, V' auch abhängig von der konkreten Umgebung, in welcher sich der Hörer 8 befindet, besonders von der Einbausituation, d.h. wie und wo der Hörer 8 im Hörgerät 2 montiert ist und mit welchen anderen Bauteilen der Hörer 8 verbunden ist. Beispielsweise bestimmen die Art und Länge des Schallschlauchs 12 das Antwortverhalten V, V'. Weiterhin ist das Antwortverhalten V, V' auch abhängig von der konkreten Verwendung des Hörgeräts 2 durch einen Anwender, insbesondere von der individuellen Trageweise und dem ebenfalls individuellen Kopplungsgrad zwischen Hörer 2 und Ohr des Anwenders. Zudem ist das Antwortverhalten V, V' auch insofern zeitabhängig, als dass sich die Umgebung und die Einbausituation über die Zeit verändern können, beispielsweise durch eine fortschreitende Verstopfung des Hörers 8 oder des Schallschlauchs 12 mit Cerumen oder durch einen Austausch des Schallschlauchs 12 oder durch andere Effekte.

[0055] In Fig. 3 sind zwei Antwortverhalten V, V' exemplarisch gezeigt. Das jeweilige Antwortverhalten V, V' ist definiert durch das Verhältnis der Leistungen des Audiosignals A und des resultierenden Schallsignals S. Das Antwortverhalten V, V' gibt demnach an, welche Ausgangsleistung der Hörer 8 für eine gegebene Eingangsleistung aufweist. Das Antwortverhalten V, V' ist frequenzabhängig, d.h. Audiosignale A gleicher Stärke aber unterschiedlicher Frequenz werden unter Umständen in unterschiedlich starke Schallsignale S umgewandelt. In Fig. 3 wurde das jeweilige Antwortverhalten V, V' dadurch ermittelt, dass Audiosignale A mit gleicher Leistung aber unterschiedlicher Frequenz mittels des Hörers 8 umgewandelt wurden und die Leistung des jeweils resultierenden Schallsignals S auf der Y-Achse gegen die Frequenz auf der X-Achse aufgetragen wurde. Die zwei Graphen sind für unterschiedlich lange Schallschläuche 12 erzeugt worden. Deutlich erkennbar ist, dass die Länge des Schallschlauchs 12 das Antwortverhalten V, V' ändert. In Fig. 3 ist dies besonders anhand der lokalen Maxima zu erkennen. Dadurch ist das Antwortverhalten V' gegenüber dem Antwortverhalten V geändert, einige der lokalen Maxima sind deutlich hin zu höheren Frequenzen verschoben. Führt nun beispielsweise das Antwortverhalten V zu einer bestimmten und gewollten Ausgabecharakteristik des Hörgeräts 2 insgesamt, so wird deutlich, dass das geänderte Antwortverhalten V' bei gleicher Ansteuerung des Hörers 8 durch die Steuereinheit 6 zu einer entsprechend veränderten Ausgabecharakteristik führen muss. Daher wird das gewollte Antwortverhalten V zu Beginn, z.B. in einer Fitting Session, als Soll-Antwortverhalten festgelegt und im normalen Betrieb des Hörgeräts dann oder in einer weiteren Fitting Session mit dem dann vorliegenden und möglicherweise abweichenden Antwortverhalten V' verglichen. Mit Kenntnis beider Antwortverhalten V, V' wird dann deren Unterschied ermittelt und die Ansteuerung des Hörers 8 derart geän-

dert, dass das resultierende Antwortverhalten V dem Soll-Antwortverhalten entspricht. Eine Änderung wird z. B. durch zusätzlich Modifikation der Audiosignale A mittels der Steuereinheit 6 herbeigeführt.

[0056] In Fig. 4 ist eine Simulation des Messsignals U , U' für das jeweilige Magnetfeld M der beiden Antwortverhalten V , V' aus Fig. 3. Im vorliegenden Fall weist das Hörgerät 2 eine Telefonspule auf, welche als Magnetfeldsensor 14 verwendet wird, und Fig. 4 zeigt die Messsignale U , U' , welche von dem Magnetfeldsensor 14 erzeugt werden. Deutlich erkennbar sind die Unterschiede zwischen den beiden Messsignalen U , U' sowie deren Korrelation zu den Antwortverhalten V , V' . Insbesondere stellen die Messsignale U , U' jeweils die erste Ableitung des jeweiligen Antwortverhaltens V , V' dar.

[0057] Zum Vergleich ist in Fig. 5 eine Simulation von Impedanzmessungen I , I' zu den beiden Antwortverhalten V , V' aus Fig. 3 gezeigt. Deutlich erkennbar ist, dass die Signalstärke, welche jeweils auf der Y-Achse aufgetragen ist, in Fig. 4 deutlich größer ist. Die Dynamik der Messsignale U , U' ist demnach deutlich größer als die Dynamik der Impedanzmessungen I , I' . Die Magnetfeldmessung führt also zu einem deutlich genaueren Ergebnis, auch können kleinste Änderungen noch zuverlässig gemessen werden.

[0058] In einer nicht gezeigten Ausgestaltung wird das Antwortverhalten V , V' mittels eines adaptiven Filters parametrisiert, welcher z.B. ein Bestandteil der Steuereinheit 6 ist. Das Magnetfeld M wird gemessen und in Abhängigkeit dessen wird ein Messsignal U , U' erzeugt, welches dem Filter als ein Filter-Eingangssignal zugeführt wird. Der Filter weist eine Filterfunktion auf, welche durch eine Anzahl an Filterparametern parametrisiert ist. Dem Filter wird nun das Messsignal U , U' als Filter-Eingangssignal zugeführt, woraufhin der Filter die Filterfunktion automatisch an das Filter-Eingangssignal anpasst, um dieses abzubilden. Dabei werden die Filterparameter entsprechend verändert. Der Filter führt die Anpassung und Veränderung der Filterparameter automatisch durch. Die Filterparameter ändern sich somit bei einer Änderung des Magnetfelds M , d.h. auch bei einer Änderung des Antwortverhalten V , V' , sodass das Antwortverhalten V , V' vorteilhaft mittels der Filterparameter parametrisiert ist und dadurch auch bestimmt ist. Anstatt also das Antwortverhalten V , V' im Detail zu messen, werden zur Bestimmung des Antwortverhalten V , V' lediglich die Filterparameter genutzt.

Bezugszeichenliste

[0059]

- 2 Hörgerät
- 4 Mikrofon
- 6 Steuereinheit
- 8 Hörer
- 10 Gehäuse
- 12 Schallschlauch

- 14 Magnetfeldsensor
- 16 Energieversorgungsleitung
- 18 Energieversorgung
- 20 Testvorrichtung

- 5 A Audiosignal
- I, I' Impedanzmessung
- M Magnetfeld
- S Schallsignal
- 10 U, U' Messsignal
- V, V' Antwortverhalten

Patentansprüche

1. Verfahren zur Charakterisierung eines Hörers (8) in einem Hörgerät (2),

- wobei der Hörer (8) in eine Umgebung eingebettet ist und ein Antwortverhalten (V , V') aufweist, welches durch die Umgebung beeinflusst wird,
- wobei der Hörer (8) ein elektrisches Audiosignal (A) in ein Schallsignal (S) umwandelt und dabei ein Magnetfeld (M) erzeugt,
- wobei das Magnetfeld (M) mittels eines Magnetfeldsensors (14) gemessen wird,
- wobei der Hörer (8) charakterisiert wird, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds (M) das Antwortverhalten (V , V') des Hörers (8) bestimmt wird.

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Umgebung durch eine Einbausituation des Hörers (8) bestimmt ist und ein Element aufweist, welches ein Bauteil des Hörgeräts (2) ist, wobei das Bauteil mit dem Hörer (8) verbunden ist und das Antwortverhalten (V , V') beeinflusst.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Umgebung durch eine Nutzungssituation des Hörers (8) bestimmt ist, wobei die Nutzungssituation das Antwortverhalten des Hörers (8) bestimmt und ausgewählt ist aus einer Menge von Situationen, umfassend: eine Trageweise des Hörgeräts (2), einen Kopplungsgrad zwischen dem Hörer (8) und einem Ohr des Anwenders, ein Verstopfungsgrad durch Cerumen

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Antwortverhalten (V , V') als ein Ist-Antwortverhalten mit einem Soll-Antwortverhalten verglichen wird, wobei zwischen dem Ist-Antwortverhal-

ten und dem Soll-Antwortverhalten ein Unterschied ermittelt wird und das Hörgerät (2) wird in Abhängigkeit des Unterschieds eingestellt wird.

5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Hörgerät (2) eingestellt, indem mittels der Steuereinheit (6) das Audiosignal (A) derart modifiziert wird, dass der Unterschied zumindest teilweise ausgeglichen wird 5 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Antwortverhalten (V, V') als ein Ist-Antwortverhalten mit einem Soll-Antwortverhalten verglichen wird, wobei zwischen dem Ist-Antwortverhalten und dem Soll-Antwortverhalten ein Unterschied ermittelt wird und in Abhängigkeit des Unterschieds ein Warnsignal ausgegeben wird. 15 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Antwortverhalten (V, V') mittels eines adaptiven Filters parametrisiert wird, indem das Magnetfeld (M) gemessen wird und in Abhängigkeit dessen ein Messsignal (U, U') erzeugt wird, welches dem Filter als ein Filter-Eingangssignal zugeführt wird. 25 30
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Magnetfeldsensor (14) direkt am Hörer (8) angeordnet ist, insbesondere in einem Abstand von höchstens 3cm zum Hörer (8), und dass das Magnetfeld (M) direkt am Hörer (8) gemessen wird. 35
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Hörgerät (2) eine Energieversorgung (18) aufweist welche mittels einer Energieversorgungsleitung (16) mit dem Hörer (8) verbunden ist, zur Energieversorgung des Hörers (8), und dass der Magnetfeldsensor (14) direkt an der Energieversorgungsleitung (16) angeordnet ist, insbesondere in einem Abstand von höchstens 5mm zur Energieversorgungsleitung (16), und dass das Magnetfeld (M) direkt an der Energieversorgungsleitung (16) gemessen wird. 40 45 50
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Hörgerät (2) eine Telefonspule aufweist, welche als der Magnetfeldsensor (14) verwendet 55

wird.

11. Hörgerät (2), welches einen Hörer (8) aufweist, zur Umwandlung eines elektrischen Audiosignals (A) in ein Schallsignal (S) unter Erzeugung eines Magnetfelds (M), und welches einen Magnetfeldsensor (14) aufweist, und welches eine Steuereinheit (6) aufweist, welche derart ausgebildet ist, dass
 - das Magnetfeld (M) mittels des Magnetfeldsensors (14) gemessen wird,
 - der Hörer (8) charakterisiert wird, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds (M) das Antwortverhalten (V, V') des Hörers (8) bestimmt wird.
12. Testanordnung, welche zum Testen eines Hörgeräts (2) ausgebildet ist und welche eine Steuereinheit (6) aufweist sowie eine Testvorrichtung (20), welche einen Magnetfeldsensor (14) aufweist, wobei das Hörgerät (2) einen Hörer (8) aufweist, zur Umwandlung eines elektrischen Audiosignals (A) in ein Schallsignal (S) unter Erzeugung eines Magnetfelds (M), wobei die Steuereinheit (6) derart ausgebildet ist, dass
 - das Magnetfeld (M) mittels des Magnetfeldsensors (14) gemessen wird,
 - der Hörer (8) charakterisiert wird, indem auf Grundlage des gemessenen Magnetfelds (M) das Antwortverhalten (V, V') des Hörers (8) bestimmt wird.
13. Testanordnung nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Testvorrichtung (20) ein Telefonspulenschuh ist, welcher als ein Adapter auf das Hörgerät (2) aufsetzbar ist, und
dass der Magnetfeldsensor (14) eine Telefonspule ist, welche in dem Telefonspulenschuh angeordnet ist.

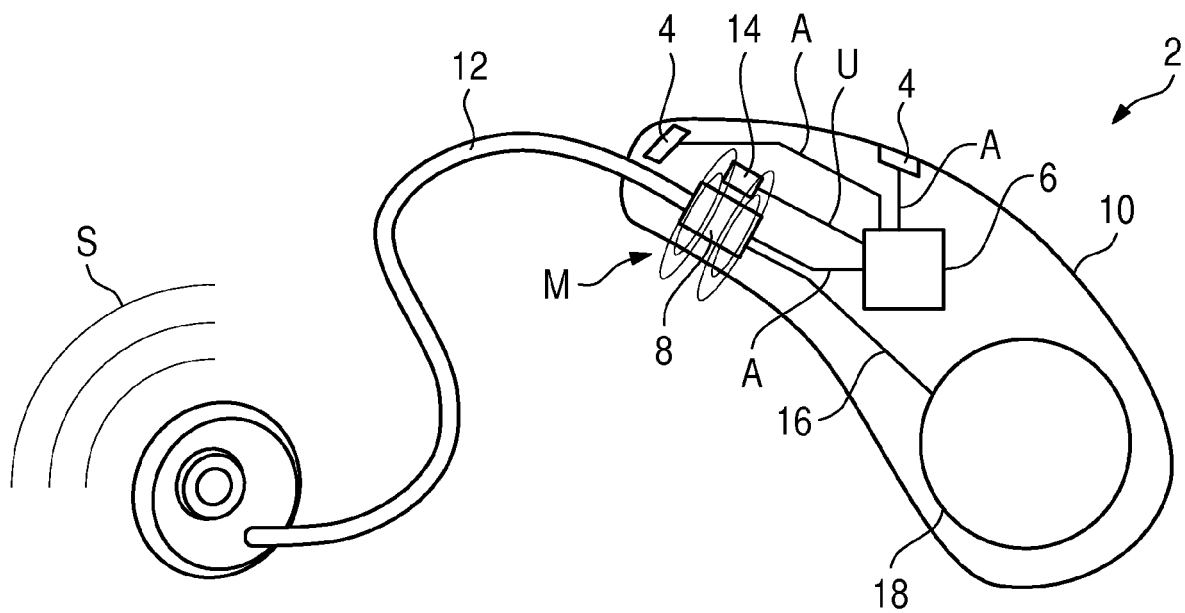


Fig. 1

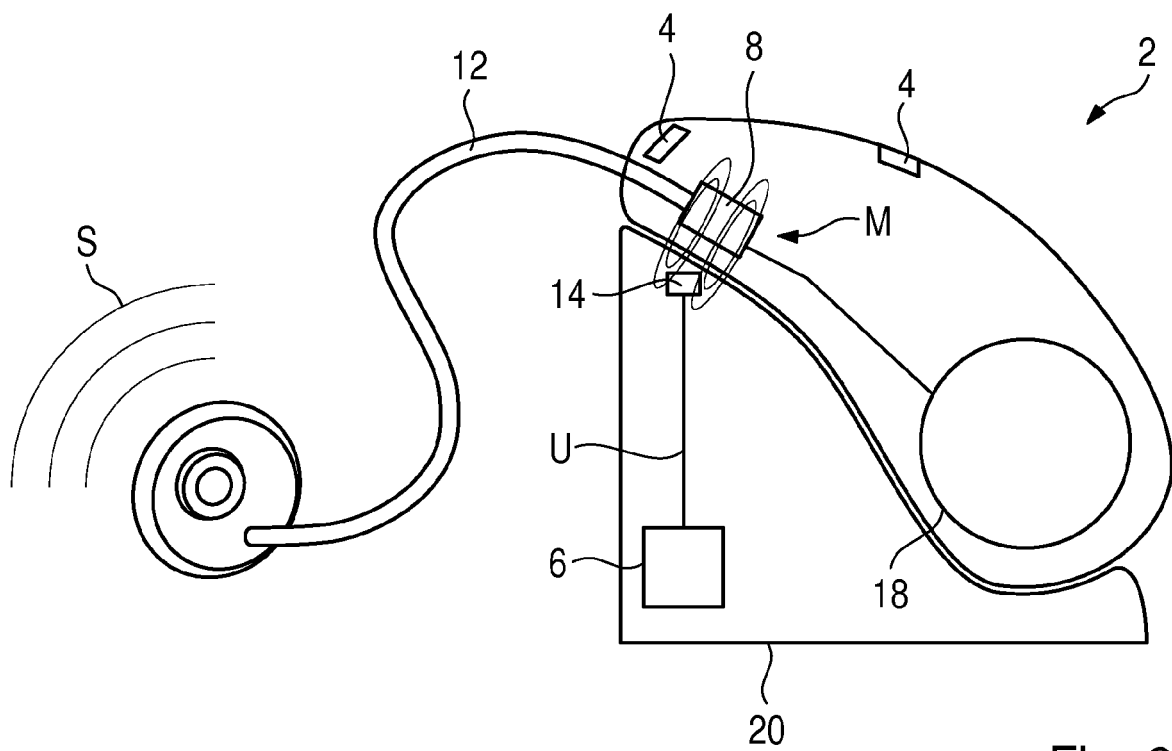


Fig. 2

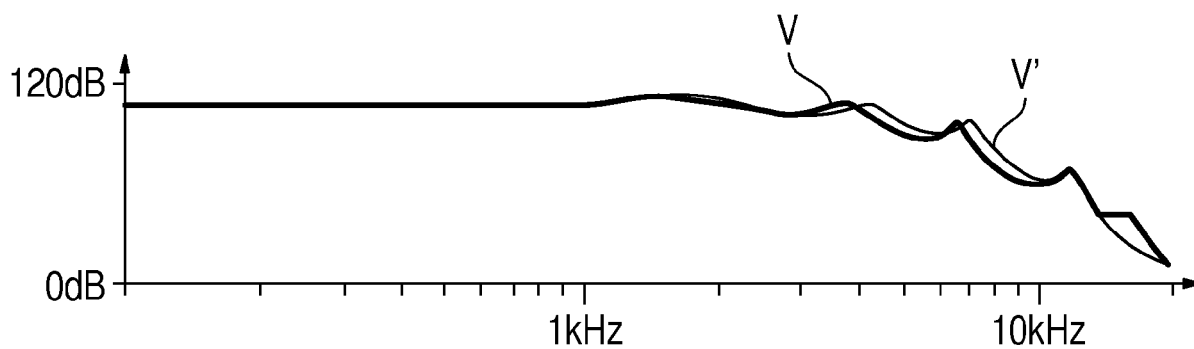


Fig. 3

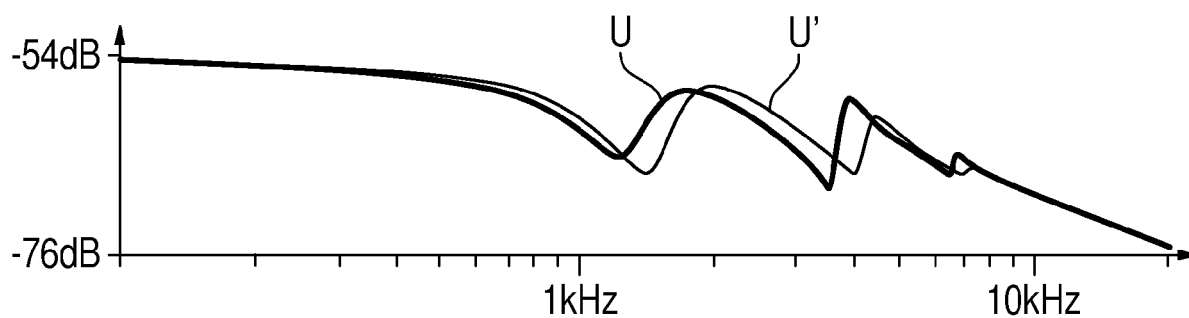


Fig. 4

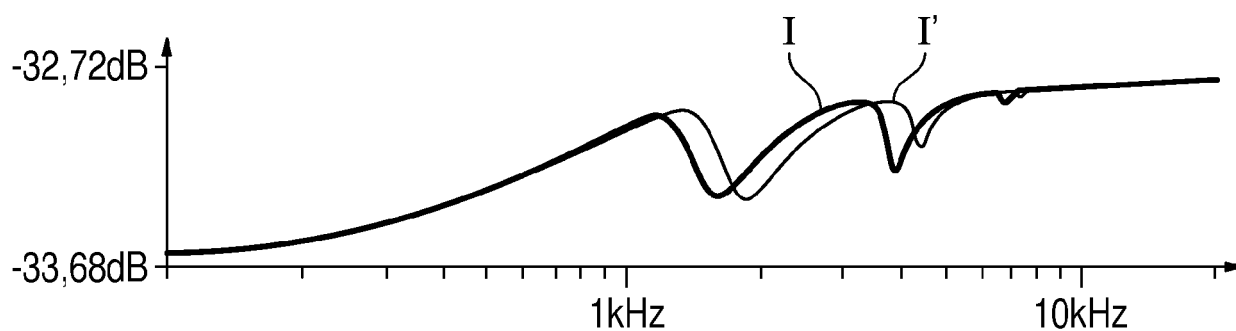


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 17 1328

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)
X A	US 2003/163021 A1 (MILLER DOUGLAS ALAN [US] ET AL) 28. August 2003 (2003-08-28) * Zusammenfassung * * Absätze [0001] - [0012] * * Absätze [0043] - [0070] * * Absätze [0099] - [0101] * * Abbildungen 1-5,19 *	1-8, 10-13 9	INV. H04R25/00
X A	JP 2016 100793 A (RION CO) 30. Mai 2016 (2016-05-30) * das ganze Dokument *	1-8, 10-13 9	
A	WO 97/19573 A1 (RESOUND CORP [US]; TAENZER JON C [US]; SICURELLO JEFFERY M [US]) 29. Mai 1997 (1997-05-29) * das ganze Dokument *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. September 2018	Prüfer Sucher, Ralph
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 18 17 1328

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.

11-09-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003163021 A1	28-08-2003	US 2003163021 A1	28-08-2003
		US 2006269076 A1	30-11-2006
JP 2016100793 A	30-05-2016	JP 6295187 B2	14-03-2018
		JP 2016100793 A	30-05-2016
WO 9719573 A1	29-05-1997	AU 7729996 A	11-06-1997
		US 6603860 B1	05-08-2003
		WO 9719573 A1	29-05-1997

EPO FORM P0461

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