

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Frequenztransposition bei einem Hörhilfegerät sowie ein Hörhilfegerät zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Bei Vielen Hörgeschädigten stellt sich das Problem, dass bestimmte Frequenzbereiche selbst bei hoher Lautstärke nicht wahrgenommen werden können. Zum Ausgleich derartiger Hörverluste ist es bekannt, diese Frequenzbereiche in andere Frequenzbereiche zu transponieren, die besser wahrgenommen werden können. Bei der Durchführung einer derartigen Frequenztransposition unterscheidet man hauptsächlich zwei Verfahren: bei der Frequenzverschiebung wird ein Frequenzbereich (z.B. 4 kHz - 6 kHz) in einen anderen Frequenzbereich (z.B. 2 kHz - 4 kHz) verschoben. Im Unterschied hierzu ergibt sich bei der Kompression die Frequenz des Eingangssignals durch Multiplikation der Frequenz des Eingangssignals mit einem Faktor (z.B. 0,75). Häufig erfolgt eine Frequenzkompression jedoch nicht bei 0 Hz beginnend, sondern erst oberhalb einer bestimmten (Kniepunkt-) Frequenz, z.B. 2 kHz. Ein Beispiel für eine stetige Transpositionsfunktion mit einer linearen Frequenzkompression oberhalb von 2 kHz zeigt die Kennlinie gemäß Figur 1. Unterhalb der Kniepunkt-Frequenz von 2 kHz erfolgt bei diesem Beispiel keine Frequenztransposition. Ab 2 kHz erfolgt eine lineare Kompression mit dem Kompressionsfaktor $2/3$, so dass beispielsweise ein Eingangssignal mit einer Frequenz von 5 kHz mit der Ausgangsfrequenz 4 kHz abgegeben wird.

[0003] Ein Verfahren zur Frequenztransposition in einem Hörhilfegerät sowie ein Hörhilfegerät zur Durchführung einer Frequenztransposition sind aus der Druckschrift EP 1 441 562 A2 bekannt.

[0004] Reine Sinus-Töne kommen in der Natur so gut wie nicht vor. Sie können allenfalls künstlich mittels eines Synthesizers erzeugt werden. Der Mensch nimmt jedoch Klänge, die aus einem Grundton und einem oder mehreren harmonischen Obertönen zusammengesetzt sind, als (natürlichen) Ton wahr, das heißt als akustisches Signal einer bestimmten Frequenz. Die harmonischen Obertöne zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Frequenz einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz entspricht.

[0005] Der natürliche Ton bzw. Klang hat Schwingungsanteile bei unterschiedlichen Frequenzen. Eine nichtlineare und/oder nur auf einen Teilbereich des hörbaren Frequenzbereiches beschränkte Frequenztransposition hat daher zur Folge, dass die Wahrnehmung natürlicher Töne bzw. Klänge gestört wird. Einerseits kann eine Verschiebung im Obertonspektrum zur Wahrnehmung virtueller, das heißt im akustischen Signal nicht vorhandener Grundtöne führen, andererseits kann es auch vorkommen, dass für ein komprimiertes Obertonspektrum kein zugehöriger Grundton wahrgenommen wird.

[0006] Die Bestimmung von Klängen, das heißt von Grundtönen und zugehörigen Obertönen, aus einem

akustischen Eingangssignal ist beispielsweise aus der Druckschrift JP2004109742 A bekannt.

[0007] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2008 064 382 A1 ist ein Hörgerät mit einer Transpositionseinrichtung bekannt. Mittels der Transpositionseinrichtung kann ein bestimmter Frequenzbereich des Eingangssignals in einen anderen Frequenzbereich des Ausgangssignals verschoben werden. Die Verschiebung erfolgt dabei bevorzugt für jede Frequenz des zu verschiebenden Frequenzbereiches um einen Halbton oder um ganzzahlige Vielfache eines Halbtons, beispielsweise durch eine Frequenzverdoppelung oder -halbierung. Dadurch bleibt die Klangeigenschaft bei in dem Eingangssignal vorhandenen Klängen auch nach der Transposition erhalten.

[0008] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2006 019 728 A1 ist ein Hörgerät mit einer Transpositionseinrichtung bekannt, bei dem ein über der Zeit veränderbares Kompressionsverhältnis einstellbar ist.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, durch eine Frequenztransposition verursachte Wahrnehmungsstörungen bei Klängen zu vermeiden.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Frequenztransposition in einem Hörhilfegerät mit den in Patentanspruch 1 genannten Verfahrensschritten gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch ein Hörhilfegerät gemäß Patentanspruch 6 gelöst.

[0011] Unter einem Hörhilfegerät gemäß der Erfindung wird jedes Gerät verstanden, welches ein von einem Benutzer als akustisches Signal wahrnehmbares Ausgangssignal liefert oder dazu beiträgt, ein solches Ausgangssignal zu liefern, und das über Mittel verfügt, die zum Ausgleich eines individuellen Hörverlustes des Benutzers dienen oder beitragen. Insbesondere handelt es sich dabei um ein am Körper oder am Kopf, insbesondere am oder im Ohr, tragbares sowie ganz oder teilweise implantierbares Hörgerät. Es sind jedoch auch solche Geräte mit umfasst, deren vorwiegender Zweck nicht im Ausgleich eines Hörverlustes liegt, beispielsweise Geräte der Unterhaltungselektronik (Fernsehgeräte, Hifi-Anlagen, MP3-Player etc), oder Kommunikationsgeräte (Mobiltelefone, PDAs, Headsets etc), die jedoch über Mittel zum Ausgleich eines individuellen Hörverlustes verfügen.

[0012] Ein Hörgerät umfasst in der Regel einen Eingangswandler zur Aufnahme eines Eingangssignals. Der Eingangswandler ist beispielsweise als Mikrofon ausgebildet, das ein akustisches Signal aufnimmt und in ein elektrisches Eingangssignal wandelt. Als Eingangswandler kommen jedoch auch Einheiten in Betracht, die eine Spule oder eine Antenne aufweisen und die ein elektromagnetisches Signal aufnehmen und in ein elektrisches Eingangssignal wandeln. Ferner umfasst ein Hörgerät üblicherweise eine Signalverarbeitungseinheit zur Verarbeitung und frequenzabhängigen Verstärkung des elektrischen Eingangssignals. Zur Signalverarbeitung im Hörgerät dient ein vorzugsweise digitaler Signalprozessor (DSP), dessen Arbeitsweise mittels auf das Hörgerät übertragbarer Programme oder Parameter beein-

flussbar ist. Dadurch lässt sich die Arbeitsweise der Signalverarbeitungseinheit sowohl an den individuellen Hörverlust eines Hörgeräteträgers als auch an die aktuelle Hörsituation anpassen, in der das Hörgerät gerade betrieben wird. Das so veränderte elektrische Eingangssignal ist schließlich einem Ausgangswandler zugeführt. Dieser ist in der Regel als Hörer ausgebildet, der das elektrische Ausgangssignal in ein akustisches Signal wandelt. Jedoch sind auch hier andere Ausführungsformen möglich, z.B. ein implantierbarer Ausgangswandler, der direkt mit einem Gehörknöchelchen verbunden ist und dieses zu Schwingungen anregt.

[0013] Gemäß der Erfindung verfügt das Hörhilfegerät über Mittel zum Erkennen von in dem elektrischen Eingangssignal enthaltenen Klängen, z.B. von Vokalen, Nasalen oder Musikklingen. Dabei setzt sich jeder Klang aus der Grundfrequenz (dem Grundton) und mehreren Obertönen (den Harmonischen), deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz beträgt, zusammen. Die Ermittlung erfolgt insbesondere mittels einer Spektralanalyse. Vorzugsweise wird hierfür das elektrische Eingangssignal vom Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert, z.B. mittels einer FFT (Fast Fourier Transformation). Eine einfach zu realisierende Möglichkeit zur Bestimmung der Grundfrequenz eines Klanges besteht in der Verwendung eines Grundtonschätzers.

[0014] Weiterhin wird von dem Hörhilfegerät gemäß der Erfindung eine Frequenztransposition ausgeführt. Außer für den Ausnahmefall einer linearen Frequenztransposition, die sich über den gesamten übertragbaren Frequenzbereich erstreckt, werden dabei in dem Eingangssignal vorhandene Klänge in der Regel zerstört, da nach der Frequenztransposition die Obertöne eines ursprünglich vorhanden Klanges nicht mehr ein ganzzahliges Vielfaches der (ggf. ebenfalls transponierten) Grundfrequenz aufweisen. Die Grundidee der Erfindung liegt nun darin, bei den Klängen, deren Klang-Eigenschaft durch die Frequenztransposition verloren geht, diese durch eine adaptive Steuerung der Frequenztransposition wieder herzustellen. Die Frequenztransposition erfolgt dabei in Abhängigkeit der Grundfrequenz eines erkannten Klanges. Dabei werden die Obertöne eines Klanges so hinsichtlich ihrer Signalfrequenz verschoben, dass diese wieder auf ein ganzzahliges Vielfaches der gegebenenfalls ebenfalls verschobenen - Grundfrequenz fallen. Dadurch wird ein im Eingangssignal vorhandener Klang nach der Frequenztransposition wieder als Klang, nur eben mit einer anderen Frequenz wahrgenommen.

[0015] Bei einem Sprachsignal erfolgt unabhängig von der individuellen Grundfrequenz eines Klanges eine sprecherunabhängige Verschiebung des Obertonspektrums. Hierdurch wird das Sprachverstehen sprecherunabhängig verbessert.

[0016] Um einen im ursprünglichen Eingangssignal vorhandenen Klang nach einer Frequenztransposition wieder als Klang wahrzunehmen, ist es auch möglich, zusätzlich oder alternativ zu der Verschiebung von Ober-

tönen auch den Grundton hinsichtlich seiner Signalfrequenz zu verschieben, so dass die Obertöne - auch nach der Frequenztransposition - wieder bei einem ganzzahligen Vielfachen der neuen Grundfrequenz liegen.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 eine Kennlinie einer Frequenztransposition,

Figur 2 ein Hörhilfegerät im Blockschaltbild,

Figur 3 die Entstehung einer virtuellen Grundfrequenz,

Figur 4 die Verschiebung von Obertönen zum nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz,

Figur 5 die Verschiebung von Obertönen zum nächst tieferliegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz und

Figur 6 die Verschiebung einer Anzahl an Obertönen um ein bestimmtes Vielfaches der Grundfrequenz.

[0018] Figur 1 zeigt eine Kompressionskennlinie eines Hörhilfegerätes, bei dem ein Eingangssignal (IN) oberhalb des Kniefunktes von 2000 Hz (2 kHz) hinsichtlich der Signalfrequenz komprimiert wird. Dabei wird der Frequenzbereich von 2000 Hz bis 5000 Hz auf den Frequenzbereich 2000 Hz bis 4000 Hz des Ausgangssignals (OUT) abgebildet.

[0019] Figur 2 zeigt im stark vereinfachten Blockschaltbild den Aufbau eines Hörgerätes nach dem Stand der Technik. Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen oder mehrere Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein Schallempfänger, z. B. ein Mikrofon, oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher bzw. Hörer, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prinzipielle Aufbau ist in Figur 2 am Beispiel eines Hinter-dem-Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1 zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet die Mikrofonensignale und verstärkt sie. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalver-

arbeitungseinheit 3 erfolgt durch eine ebenfalls ins Hörgeräteegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

[0020] In Figur 3 sind die Auswirkungen einer Frequenztransposition gemäß Figur 1 auf einen Klang dargestellt, der eine Grundfrequenz GF bei 400 Hz und Obertöne bei 800 Hz, 1.200 Hz, 1.600 Hz, 2.000 Hz, 2.400 Hz, 2.800 Hz, 3.200 Hz, 3.600 Hz, 4.000 Hz, 4.400 Hz und 4.800 Hz aufweist, dargestellt durch Kreise bei der jeweiligen Signalfrequenz und zugehörigem Signalpegel P. Außerdem dargestellt sind in Form schwarzer Quadrate die oberhalb von 2 kHz transponierten Obertöne bei den Frequenzen 2267 Hz, 2533 Hz, 2800 Hz, 3067 Hz, 3333 Hz, 3600 Hz und 3867 Hz (auf ganzzahlige Werte gerundet). Zu diesem Obertonspektrum würde jedoch eine im ursprünglichen Klang nicht vorhandene virtuelle Grundfrequenz bei 267 Hz (gerundet) gehören. Die Wahrnehmung des ursprünglich vorhandenen Klanges wird demnach durch die Frequenztransposition gestört.

[0021] Eine erste Möglichkeit der Erfindung besteht nun darin, die transponierten Obertöne des Klanges wieder dem ursprünglich vorhandenen 400 Hz - Raster zuzuordnen, derart, dass jeder transponierte Oberton zu der nächstliegenden Frequenz in dem 400 Hz - Raster verschoben wird. Demnach werden die transponierten Obertöne bei 2267 Hz und 2533 Hz auf die Signalfrequenz 2400 Hz, die transponierten Obertöne bei 3067 Hz und 3333 Hz auf die Signalfrequenz 3200 Hz und der transponierte Oberton bei 3867 Hz auf die Signalfrequenz 4000 Hz verschoben. Die transponierten Obertöne bei 2800 Hz und 3600 Hz liegen bereits auf dem 400 Hz - Raster des Klanges und müssen daher nicht verschoben werden. Das Spektrum des ursprünglichen Klanges und des gemäß dem Ausführungsbeispiel transponierten Klanges sind in Figur 4 dargestellt. Allgemein wird bei diesem Verfahren in einem Tonsignal wenigstens ein Klang ermittelt und eine Frequenztransposition in Abhängigkeit einer ermittelten Grundfrequenz des Klanges derart durchgeführt, dass wenigstens ein Frequenzbereich in Abhängigkeit einer Transpositionsfunktion in einen anderen Frequenzbereich transponiert wird und transponierte Obertöne des Klanges hin zu dem nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz verschoben werden. Bei der Grundfrequenz kann es sich um die Grundfrequenz des ursprünglichen Klanges oder um eine von dieser Grundfrequenz abweichende Grundfrequenz des transponierten Klanges handeln.

[0022] Gemäß der Erfindung erfolgt demnach für ein Eingangssignal zunächst wie bisher eine Frequenztransposition gemäß einer bestimmten Transpositionsfunktion. Zusätzlich erfolgt für bestimmte Signalanteile bzw. Frequenzen eine weitere Frequenztransposition in Abhängigkeit einer ermittelten Grundfrequenz eines Klanges. Gegebenenfalls kann bei einem Hörgerät die zuletzt genannte Möglichkeit, beispielsweise durch Programmierung des Hörgerätes, wahlweise zu- oder abgeschaltet werden.

[0023] Kommen - wie in diesem Ausführungsbeispiel

- nach der erfindungsgemäßen Frequenztransposition mehrere transponierte Obertöne bei derselben Frequenz zu liegen, im Ausführungsbeispiel die ursprünglichen Obertöne bei 2400 Hz und 2800 Hz, die nach der Frequenztransposition bei 2400 Hz liegen, sowie die ursprünglichen Obertöne bei 3600 Hz und 4000 Hz, die nach der Frequenztransposition bei 3200 Hz liegen, so ist der transponierte Oberton mit dem höchsten Signalpegel maßgeblich. Transponierte Obertöne bei derselben Frequenz mit niedrigerem Signalpegel können daher auch unterdrückt werden.

[0024] Eine weitere Möglichkeit der Erfindung besteht darin, die zunächst gemäß einer Transpositionsfunktion transponierten Obertöne zu der jeweils nächst tiefer liegenden Frequenz des ursprünglichen 400 Hz - Rasters des Klanges zu verschieben. Demnach wird der transponierte Oberton bei 2267 Hz auf die Signalfrequenz 2000 Hz, der transponierte Oberton bei 2533 Hz auf die Signalfrequenz 2400 Hz, der transponierte Oberton bei 3067 Hz auf die Signalfrequenz 2800 Hz, der transponierte Oberton bei 3333 Hz auf die Signalfrequenz 3200 Hz und der transponierte Oberton bei 3867 Hz auf die Signalfrequenz 3600 Hz verschoben. Das Spektrum des ursprünglichen Klanges und des gemäß diesem Ausführungsbeispiel transponierten Klanges sind in Figur 5 dargestellt. Allgemein wird bei diesem Verfahren in einem Tonsignal wenigstens ein Klang ermittelt und eine Frequenztransposition in Abhängigkeit einer ermittelten Grundfrequenz des Klanges derart durchgeführt, dass wenigstens ein Frequenzbereich in Abhängigkeit einer Transpositionsfunktion in einen anderen Frequenzbereich transponiert wird und transponierte Obertöne des Klanges hin zu dem nächst tiefer liegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz verschoben werden.

[0025] Eine andere Möglichkeit der Erfindung besteht darin, das Obertonspektrum eines Klanges in einem bestimmten Frequenzbereich insgesamt zu verschieben. Dies ist in Figur 6 dargestellt, wobei alle ursprünglich vorhandenen Obertöne oberhalb von 2 kHz um die doppelte Grundfrequenz, im Ausführungsbeispiel also um 800 Hz, hin zu tieferen Frequenzen verschoben sind.

[0026] Neben den beispielhaft genannten Möglichkeiten besteht selbstverständlich eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten bzw. Algorithmen, mittels derer aus einem im ursprünglichen Eingangssignal vorhandenen Klang nach einer Frequenztransposition des Eingangssignals, durch die die Klang-Eigenschaft zunächst zerstört wird, wieder ein Klang entsteht. Dabei ist es auch möglich, dass eine Anpassung des Grundtons und/oder von Obertönen auch in dem Frequenzbereich erfolgt, der ursprünglich nicht von der Frequenztransposition betroffen war, indem beispielsweise die ursprüngliche Grundfrequenz verschoben wird oder ein Ton mit der neuen Grundfrequenz synthetisch erzeugt wird.

[0027] Die am Beispiel eines einzigen Klanges mit der Grundfrequenz 400 Hz aufgezeigten Möglichkeiten der adaptiven Steuerung einer Frequenztransposition in Abhängigkeit der Grundfrequenz können gleichzeitig auf ei-

ne Vielzahl von im Eingangssignal vorhandener Klänge angewandt werden.

[0028] Die Signalverarbeitung im Hörgerät, insbesondere das Auffinden von Klängen in dem Eingangssignal, die Frequenztransposition sowie die erfindungsgemäße Anpassung der Signalfrequenz der transponierten Obertöne zum Erhalt der Klang-Eigenschaft werden vorzugsweise im Frequenzbereich ausgeführt. Hierzu erfolgen bei der Signalverarbeitung eine Transformation des Eingangssignals in den Frequenzbereich und eine anschließende Rücktransformation.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Frequenztransposition in einem Hörhilfegerät mit folgenden Schritten:
 - Aufnahme eines Eingangssignals,
 - Ermittlung wenigstens eines Klangs mit einer Grundfrequenz (GF) und mehreren harmonischen Obertönen in dem Eingangssignal,
 - Durchführung einer Frequenztransposition gemäß einer stetigen Transpositionsfunktion, bei der unterhalb einer Kniepunkt-Frequenz keine Kompression erfolgt und oberhalb der Kniepunkt-Frequenz eine lineare Kompression mit einem bestimmten Kompressionsfaktor erfolgt, in Abhängigkeit der ermittelten Grundfrequenz (GF) derart, dass die oberhalb der Kniepunkt-Frequenz liegenden Obertöne zunächst gemäß der Transpositionsfunktion transponiert werden und anschließend die transponierten Obertöne hin zu einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz (GF) verschoben werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Obertöne jeweils um ein bestimmtes ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz (GF) verschoben werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die transponierten Obertöne jeweils hin zu dem nächst tiefer liegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz (GF) verschoben werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die transponierten Obertöne jeweils hin zu dem nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz (GF) verschoben werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Eingangssignal vom Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert wird und die Ermittlung des Klanges und/oder die Frequenztransposition im Frequenzbereich erfolgt.
6. Hörhilfegerät (1) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

FIG 1

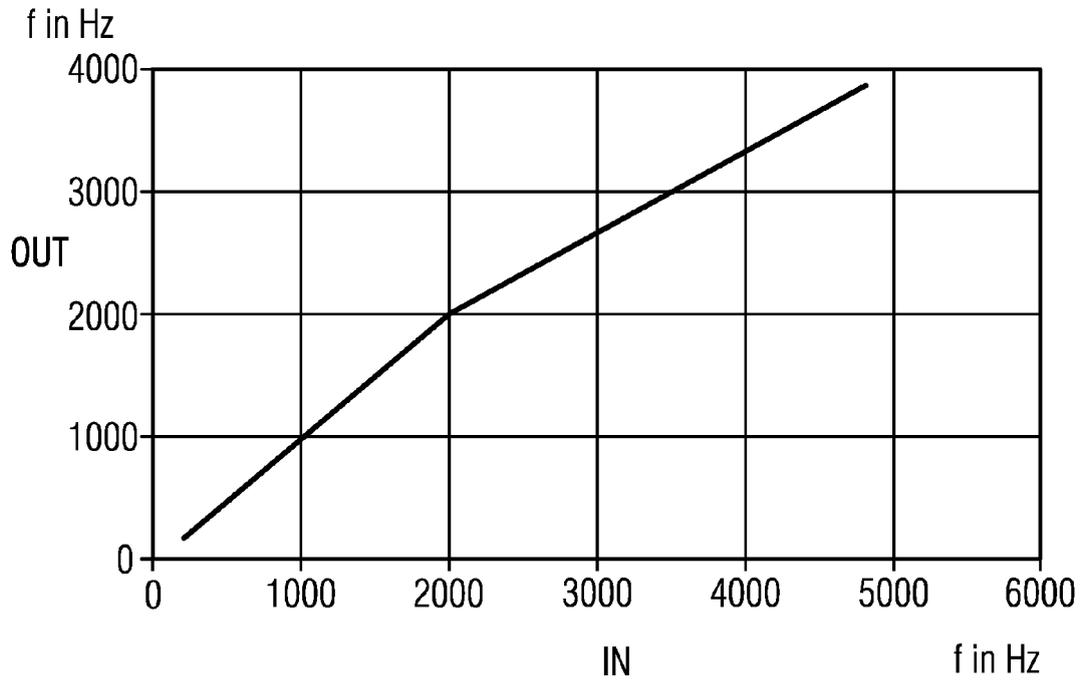


FIG 2
(Stand der Technik)

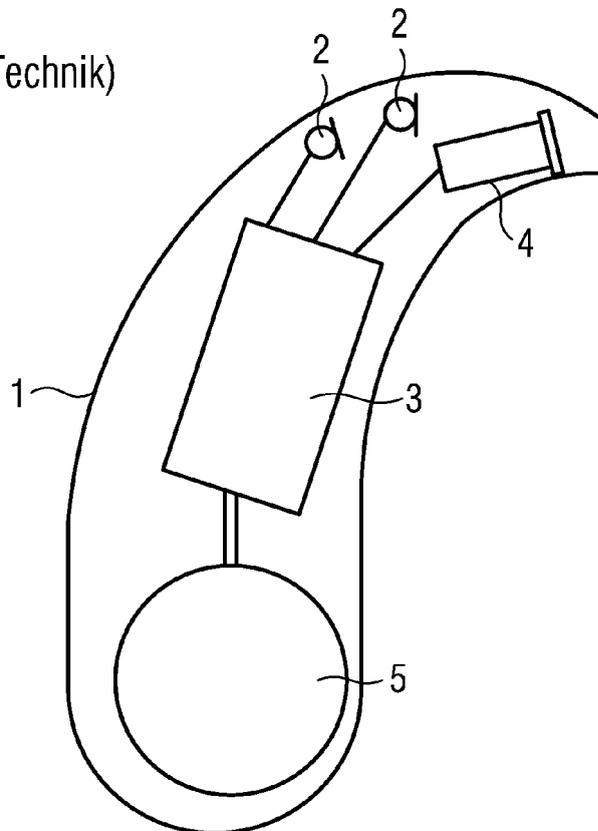


FIG 3

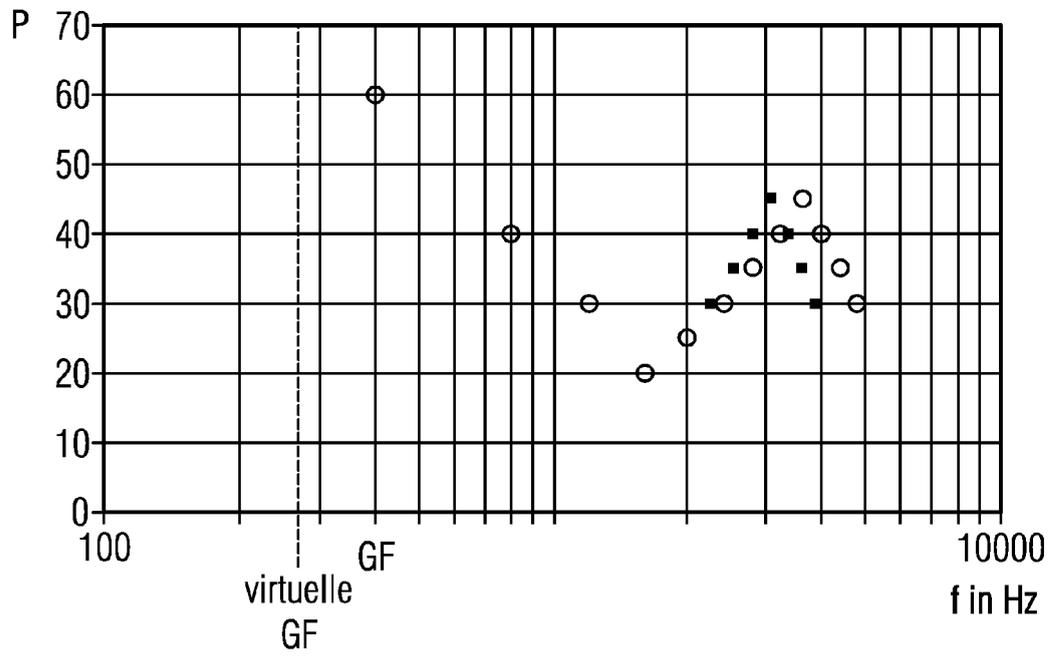


FIG 4

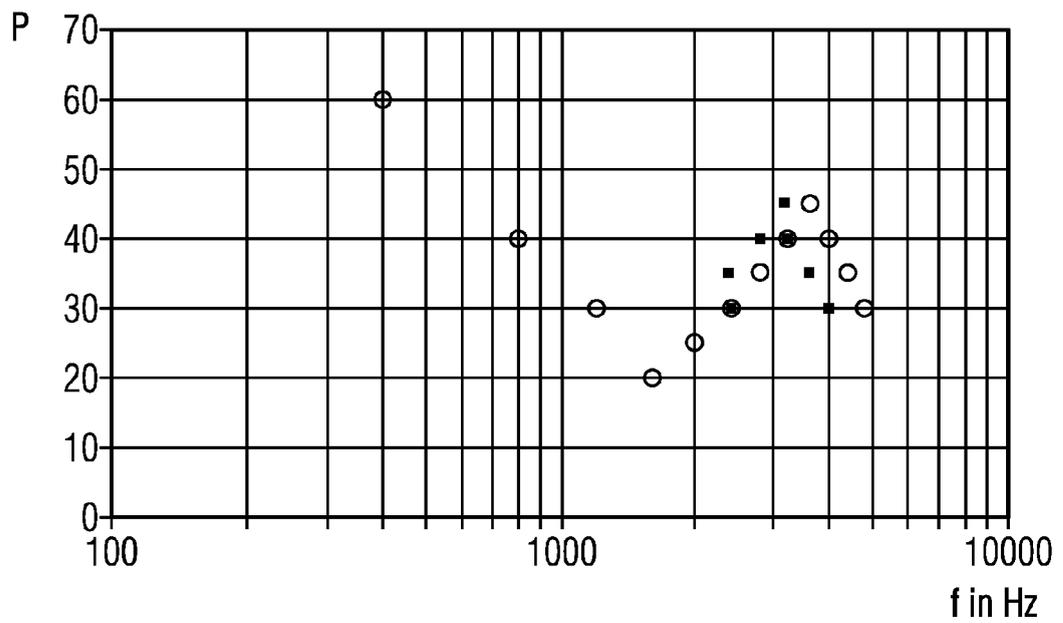


FIG 5

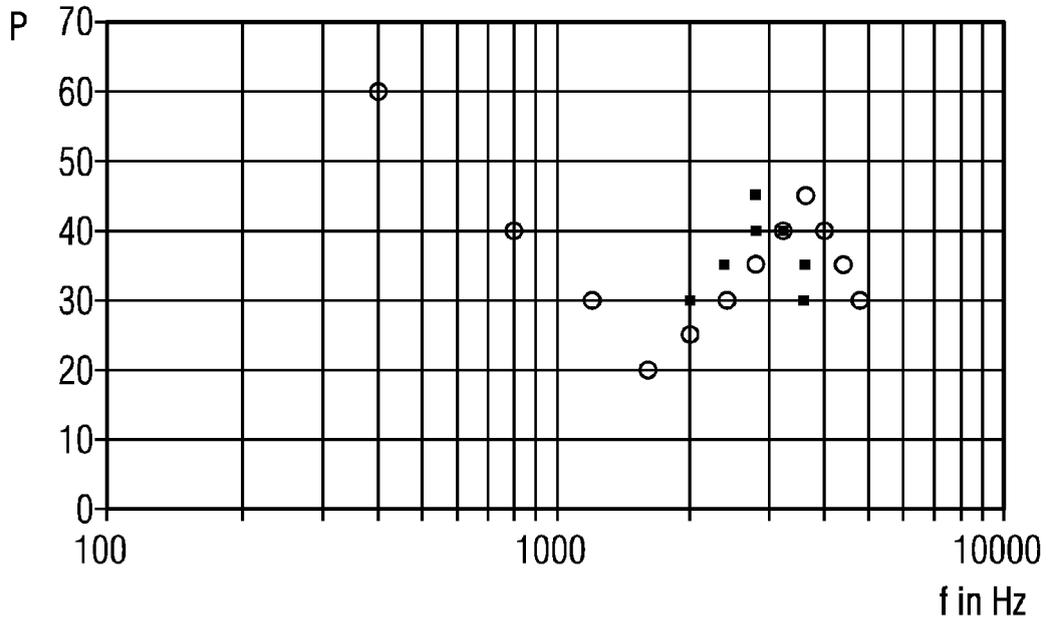
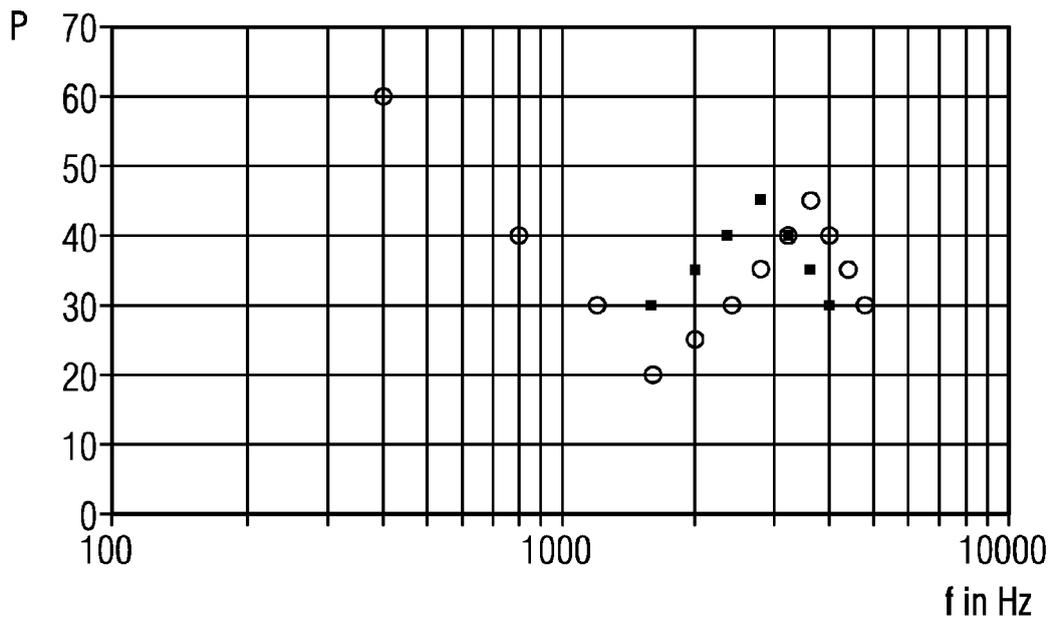


FIG 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1441562 A2 [0003]
- JP 2004109742 A [0006]
- DE 102008064382 A1 [0007]
- DE 102006019728 A1 [0008]