



(11) **EP 2 988 529 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.02.2016 Patentblatt 2016/08**

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

(21) Anmeldenummer: **15179351.0**

(22) Anmeldetag: **31.07.2015**

(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:  
**MA**

(72) Erfinder:  
• **PETRAUSCH, Stefan**  
**91056 Erlangen (DE)**  
• **ROSENKRANZ, Tobias Daniel**  
**91054 Erlangen (DE)**  
• **WURZBACHER, Tobias**  
**90768 Fürth (DE)**

(30) Priorität: **20.08.2014 DE 102014216536**

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

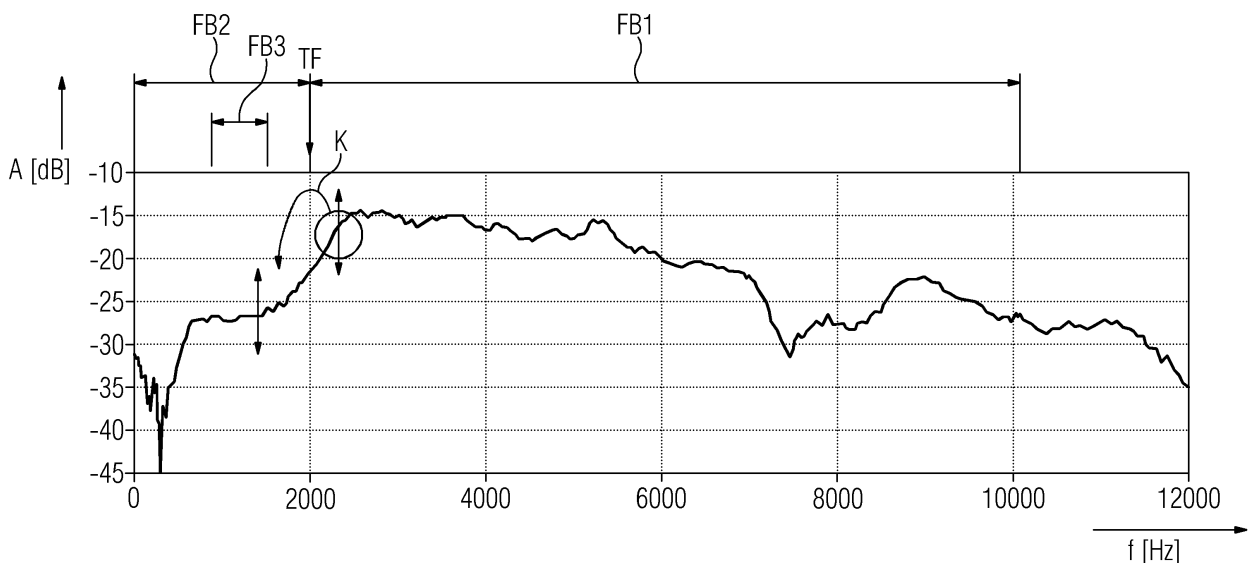
(71) Anmelder: **Sivantos Pte. Ltd.**  
**Singapore 139959 (SG)**

(54) **ADAPTIVE TEILUNGSFREQUENZ IN HÖRHILFEGERÄTEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät sowie eine entsprechende Vorrichtung und ein System. In dem Verfahren wird ein von dem Hörhilfegerät zu übertragender Frequenzbereich in zwei durch eine Teilungsfrequenz getrennte Frequenzbereiche aufgeteilt. Eine Transferfunktion eines Rückkopplungspfades

wird in einem Frequenzbereich geschätzt und auf ihr Verhalten an der Teilungsfrequenz bewertet. Je nach Ergebnis der Bewertung wird die Teilungsfrequenz gesenkt oder angehoben und in dem oberen Frequenzbereich eine Phasen- und/oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung angewandt.

**FIG 4**



**EP 2 988 529 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät, wobei eine Teilungsfrequenz zwischen einem ersten Frequenzbereich mit Rückkopplungsunterdrückung und einem zweiten Frequenzbereich ohne Rückkopplungsunterdrückung adaptiert wird, sowie eine Vorrichtung und ein System zur Ausführung des Verfahrens.

**[0002]** Hörhilfegeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörhilfegeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (HdO), Hörgerät mit externem Hörer (RIC: receiver in the canal) und In-dem-Ohr-Hörgeräte (IdO), z.B. auch Concha-Hörgeräte oder Kanal-Hörgeräte (ITE, CIC), bereitgestellt. Die beispielhaft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

**[0003]** Hörgeräte besitzen prinzipiell als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler, einen Verstärker und einen Ausgangswandler. Der Eingangswandler ist in der Regel ein akustoelektrischer Wandler, z. B. ein Mikrofon, und/oder ein elektromagnetischer Empfänger, z. B. eine Induktionsspule. Der Ausgangswandler ist meist als elektroakustischer Wandler, z. B. Miniaturlautsprecher, oder als elektromechanischer Wandler, z. B. Knochenleitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise in eine Signalverarbeitungseinrichtung integriert. Die Energieversorgung erfolgt üblicherweise durch eine Batterie oder einen aufladbaren Akkumulator.

**[0004]** Wegen der großen räumlichen Nähe zwischen dem Mikrofon und dem elektroakustischen Ausgangswandler besteht immer die Gefahr, dass ein akustisches Signal als Schall durch die Luft, sei es über eine Entlüftungsöffnung, einen Spalt zwischen der Wand des Gehörgangs und dem Hörhilfegerät bzw. einem Ohrstück des Hörhilfegeräts oder im Inneren des Hörhilfegeräts oder auch als Körperschall über das Hörhilfegerät selbst übertragen wird. Ist dabei die Gesamtverstärkung einer Rückkopplungsschleife, die sich aus der Signalverarbeitung in dem Hörhilfegerät und der Dämpfung zwischen Ausgangswandler und Mikrofon ergibt, größer als 1, so kann sich bei geeigneter Phasenverschiebung eines Signals, insbesondere wenn die Phasenverschiebung 0 oder ganzzahlige Vielfache von  $2 \cdot \pi$  beträgt, entlang dieser Rückkopplungsschleife eine Oszillation ergeben, die sich für den Träger als ein unangenehmes Pfeifen äußert.

**[0005]** Zur Unterdrückung von Rückkopplungsgeräuschen in Hörhilfegeräten sind aus dem Stand der Technik unterschiedliche Maßnahmen bekannt. Eine Möglichkeit ist es, mittels adaptiver Filter das Rückkopplungssignal und somit die Impulsantwort zwischen Hörer und Mikro-

fon zu schätzen (auch Rückkopplungspfad genannt). Mittels dieser geschätzten Impulsantwort kann ein dem Rückkopplungssignal phaseninverses Signal erzeugt werden, welches zu dem Mikrofonsignal addiert wird und somit den Rückkopplungsanteil auslöscht. Da diese Schätzung fehlerbehaftet ist und Fehlschätzungen zu störenden Artefakten führen können, ist es vorteilhaft, die Filter-Adaption und somit die Schätzung des Rückkopplungsanteils erst oberhalb einer Teilungsfrequenz (englisch Split-Band Frequency, SFB) anzuwenden.

**[0006]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass eine Frequenzverschiebung bzw. eine zeitveränderliche Phasenverschiebung (z.B. eine Phasenmodulation) des Hörsignals sich vorteilhaft auf die Güte der geschätzten Rückkopplungsimpulsantwort auswirkt. Jedoch führt eine Überlagerung von Signalanteilen, welche in Frequenz und/oder Phase unverändert sind und von frequenzverschobenen bzw. phasenmodulierten Signalanteilen zu störenden Artefakten. Eine Überlagerung dieser beiden Signalanteile kommt aus zweierlei Gründen zustande: 1. Direkt von der Schallquelle abgegebene Signalanteile überlagern sich akustisch vor dem Trommelfell mit vom Hörer abgegebenen Signalanteilen. 2. Aufgrund endlicher Flankensteilheit der Filter, welche die Teilungsfrequenz realisieren, oberhalb derer das Signal frequenzverschoben und/oder phasenmoduliert wird, überlagern sich Signalanteile elektrisch.

**[0007]** Aus der Offenlegungsschrift US 2010/0272289 A1 ist es bekannt, die Teilungsfrequenz in einen Frequenzbereich zu legen, der eine geringe Signalenergie aufweist, da auf diese Weise auch sichergestellt ist, dass Artefakte, die durch ein gleichzeitiges Auftreten von phasenverschobenen und unveränderten Signalen, durch elektrische Überlagerung, ebenfalls nur geringe Energie haben und weniger störend wirken.

**[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zur Rückkopplungsunterdrückung sowie ein Hörhilfegerät mit einer verbesserten Rückkopplungsunterdrückung bereitzustellen.

**[0009]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1, sowie eine Vorrichtung nach Anspruch 8 und ein System nach Anspruch 11

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät. Das Hörhilfegerät weist einen akusto-elektrischen Eingangswandler, eine Signalverarbeitung und einen elektroakustischen Ausgangswandler auf. Das erfindungsgemäße Verfahren weist die nachfolgenden Schritte auf.

**[0011]** In einem Schritt wird ein von dem Hörhilfegerät übertragener akustischer Frequenzbereich in einen ersten Frequenzbereich oberhalb einer ersten Teilungsfrequenz und einen zweiten Frequenzbereich unterhalb der ersten Teilungsfrequenz aufgeteilt. Dabei ist es denkbar, dass in der realen Umsetzung der Frequenzteilung durch Filter wegen endlicher Flankensteilheit ein Überlappungsbereich gegeben ist, der z.B. 10 Hz, 50 Hz, 100

Hz oder 200Hz betragen kann und in dem eine Amplitude eines Signals aus dem jeweiligen Nachbarfrequenzbereich beispielsweise um 6 dB, 12 dB oder 18 dB abgeschwächt ist.

**[0012]** In einem weiteren Schritt wird eine erste Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife über den elektro-akustischen Ausgangswandler, einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler und die Signalverarbeitung in dem ersten Frequenzbereich geschätzt. Die abgeschätzte erste Transferfunktion ist dabei eine Abbildung einer realen Transferfunktion, die sich für die Rückkopplungsschleife aus der akustischen Umgebung (d.h. der geschätzten Rückkopplungsimpulsantwort) und dem Hörhilfegerät ergibt. Um das Schätzen bei korrelierten Signalen zu erleichtern, ist es denkbar, dass eine Frequenzverschiebung und/oder Phasenmodulation auch in einem vorbestimmten Frequenzbereich unterhalb der Teilungsfrequenz ausgeführt wird, beispielsweise in einem festen Abstand von 50 Hz, 100 Hz oder 200 Hz oder in vorbestimmter Abhängigkeit von der Teilungsfrequenz.

**[0013]** In einem anderen Schritt wird die erste Transferfunktion bewertet, ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist. Verschiedene Möglichkeiten, die erste Transferfunktion zu bewerten, sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0014]** Wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion nicht zu erwarten ist, wird die erste Teilungsfrequenz zu einer zweiten Teilungsfrequenz erhöht, sodass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion der Rückkopplungsschleife für Frequenzen kleiner als die erhöhte zweite Teilungsfrequenz kleiner als der vorbestimmte Grenzwert sind. Mit anderen Worten, die zweite Teilungsfrequenz wird höchstens bis zu einem Wert unterhalb einer Grenzfrequenz erhöht, bei der die Verstärkung der geschlossenen Rückkopplungsschleife gerade nicht den Grenzwert überschreitet.

**[0015]** In einem Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die erste Teilungsfrequenz zu einer zweiten Teilungsfrequenz verringert, wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist. Mit anderen Worten, die zweite Teilungsfrequenz wird zu einem Wert unterhalb einer Grenzfrequenz verringert, bei der die Verstärkung der Rückkopplungsschleife kleiner als der Grenzwert erwartet wird.

**[0016]** Anschließend wird nur oberhalb einer Einsetzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz eine Phasen- oder Frequenzverschiebung zum Unterdrücken von Rückkopplung angewendet. Die Einsetzfrequenz kann beispielsweise um einen festen Betrag von beispielsweise 50 Hz, 100 Hz oder 200 Hz unterhalb der zweiten Teilungsfrequenz liegen oder eine

um linearen oder anderen vorbestimmten Faktor verringerten Wert der zweiten Teilungsfrequenz annehmen.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren adaptiert in Abhängigkeit vom Rückkopplungspfad die Teilungsfrequenz zwischen einem ersten Frequenzbereich, in dem zur Verhinderung einer Rückkopplung eine Phasen- oder Frequenzverschiebung notwendig ist, und einem zweiten Frequenzbereich, in dem dies nicht erforderlich ist. So wird vorteilhafter Weise der Frequenzbereich minimiert, in dem durch die Phasenverschiebung störende Artefakte auftreten. Dabei ermöglicht es das Verfahren auch, aus einer Schätzung der ersten Transferfunktion in dem ersten Frequenzbereich eine Bewertung bzw. Vorhersage der realen Transferfunktion für einen Frequenzbereich unterhalb der Teilungsfrequenz abzuleiten. Dies ist besonders von Vorteil, da üblicherweise nur in einem durch Rückkopplung gefährdeten Frequenzbereich oberhalb einer Grenzfrequenz eine Schätzung ausgeführt wird, unter anderem auch, um Ressourcen des Hörhilfegeräts zu schonen.

**[0018]** Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät. Das Hörhilfegerät weist einen akusto-elektrischen Eingangswandler, eine Signalverarbeitung und einen elektro-akustischen Ausgangswandler auf. Die Vorrichtung steht in Signalverbindung mit dem Hörhilfegerät, insbesondere erhält die Vorrichtung Informationen vom Hörhilfegerät zu einem über das Mikrofon empfangene und einem an den Hörer ausgegebenen Signal.

**[0019]** Die Vorrichtung ist ausgelegt, einen von dem Hörhilfegerät zu übertragenden akustischen Frequenzbereichs in einen ersten Frequenzbereich oberhalb einer ersten Teilungsfrequenz und einen zweiten Frequenzbereich unterhalb der ersten Teilungsfrequenz aufzuteilen.

**[0020]** Die Vorrichtung ist weiterhin ausgelegt, eine erste Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife über den elektroakustischen Ausgangswandler, einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler und die Signalverarbeitung in dem ersten Frequenzbereich als Abbildung einer realen Transferfunktion über die Rückkopplungsschleife abzuschätzen.

**[0021]** Die Vorrichtung ist auch ausgelegt, die erste Transferfunktion zu bewerten, ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist.

**[0022]** Weiterhin ist die Vorrichtung ausgelegt, wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion nicht zu erwarten ist, die erste Teilungsfrequenz soweit zu einer zweiten Teilungsfrequenz zu erhöhen, dass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion für Frequenzen kleiner als die zweite Teilungsfrequenz kleiner als der vorbestimmte Grenz-

wert sind.

**[0023]** Schließlich ist die Vorrichtung ausgelegt, wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, die erste Teilungsfrequenz zu einer zweiten Teilungsfrequenz zu verringern.

**[0024]** Darüber hinaus ist die Vorrichtung ausgelegt, in dem Hörhilfegerät eine Phasen- oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung nur oberhalb einer Einsetzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz einzustellen.

**[0025]** Weiterhin betrifft die Erfindung ein erfindungsgemäßes System aus einem Hörhilfegerät und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei ist es denkbar, dass die Vorrichtung Teil des Hörhilfegeräts ist, beispielsweise als separate Einheit implementiert ist oder auch als Teil der Signalverarbeitung des Hörhilfegeräts. Es ist aber genauso denkbar, dass die Vorrichtung eine externe Vorrichtung ist und in einer separaten Einheit wie einer Fernbedienung, einem Umsetzer oder auch durch eine Applikation auf einem Smartphone realisiert ist.

**[0026]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße System teilen die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0027]** Weitere vorteilhafte Fortbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0028]** In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in dem Schritt des Bewerrens der ersten Transferfunktion ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts durch die erste Transferfunktion zu erwarten, wenn die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz hin ansteigt.

**[0029]** Es ist auf einfache Weise möglich, für die geschätzte erste Transferfunktion Funktionswerte in der Umgebung oberhalb der ersten Teilungsfrequenz zu bestimmen und auf diese Weise das Verhalten der ersten Transferfunktion zu bewerten, insbesondere auch zu erkennen, ob diese auf die erste Teilungsfrequenz hin ansteigt. Gemäß der erfindungsgemäßen Erkenntnis, dass das Verhalten einer realen Transferfunktion der Umgebung und des Hörhilfegeräts in einer Umgebung der Teilungsfrequenz ähnlich dem Verhalten der geschätzten ersten Transferfunktion oberhalb der ersten Teilungsfrequenz ist, kann auf einfache Weise das Verhalten der realen Transferfunktion und damit das Rückkopplungsverhalten des Hörhilfegeräts für Frequenzen unterhalb der ersten Teilungsfrequenz vorhergesagt werden. So kann aus der Tatsache, dass die erste Transferfunktion oberhalb der ersten Teilungsfrequenz ansteigt, erwartet und geschlossen werden, dass die reale Transferfunktion auch unterhalb der ersten Teilungsfrequenz in einem Frequenzbereich den Grenzwert überschreitet. Umgekehrt kann, wenn die erste Transferfunktion nicht ansteigt, auch darauf geschlossen werden, dass der Grenzwert durch die reale Transferfunktion auch unterhalb der

ersten Teilungsfunktion nicht überschritten wird. Entsprechend ist es dann möglich, die erste Teilungsfrequenz um diesen Frequenzbereich zu einer zweiten Teilungsfrequenz nach unten zu verschieben.

**[0030]** In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine zweite Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife in einem dritten Frequenzbereich unterhalb der ersten Teilungsfrequenz in Abhängigkeit von der ersten Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife bestimmt. Das Bestimmen kann ein Ableiten der zweiten Transferfunktion aus der ersten Transferfunktion aufweisen, beispielsweise indem ein Wert der niedrigsten Frequenz der ersten Transferfunktion als konstanter Wert der zweiten Transferfunktion für den dritten Frequenzbereich oder einen Teil davon angenommen wird oder die zweite Transferfunktion linear oder auf andere Weise aus der ersten Transferfunktion interpoliert wird. Bevorzugter Weise grenzt der dritte Frequenzbereich an die erste Teilungsfrequenz an. Bevorzugter Weise umfasst der dritte Frequenzbereich nur einen Teil des zweiten Frequenzbereichs, zum Beispiel ein Hälfte, ein Drittel, ein Viertel oder ein Zehntel der Bandbreite des zweiten Frequenzbereichs.

**[0031]** Das Bestimmen einer zweiten Transferfunktion durch Interpolation ermöglicht es auf vorteilhafte Weise, eine reale Transferfunktion der akustischen Umgebung und des Hörhilfegeräts auch bei komplexerem Verhalten genauer vorherzusagen und die zweite Teilungsfrequenz noch zuverlässiger zu bestimmen.

**[0032]** In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der vorbestimmte Grenzwert einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes.

**[0033]** Bei einer Verstärkung von 0 dB in der Rückkopplungsschleife ist die Grenze für eine Rückkopplung erreicht. Indem die Teilungsfrequenz mit einem Sicherheitsabstand nach unten von dem kritischen Wert aus bestimmt wird, ist auf vorteilhafte Weise sichergestellt, dass keine unerwünschten Rückkopplungen auftreten.

**[0034]** In einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verfahren nach dem Schritt (S40) des Erhörens der Teilungsfrequenz oder Schritt (S50) des Verringerns der Teilungsfrequenz das Verfahren mit dem Schätzen einer ersten Transferfunktion einer geschlossenen Rückkopplungsschleife (S20) fortgesetzt.

**[0035]** Indem jeweils wieder mit einer geänderten Teilungsfrequenz eine geänderte erste Transferfunktion in einem geänderten ersten Frequenzbereich geschätzt wird, ist das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafter Weise in der Lage, sich jeweils ändernden Bedingungen wie akustische Umgebung oder veränderter Sitz des Hörhilfegeräts anzupassen.

**[0036]** In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Teilungsfrequenz größer als 1 kHz.

**[0037]** Üblicherweise treten Rückkopplungen als Pfei-

fen in höheren Frequenzbereichen auf. Das erfindungsgemäße Verfahren beschränkt sich vorteilhafter Weise auf einen Frequenzbereich oberhalb von 1 kHz, um Artefakte in dem besonders darauf empfindlichen Bereich der Grundfrequenzen der Sprache zu vermeiden und um Ressourcen in der Signalverarbeitung des Hörhilfegeräts zu schonen.

**[0038]** In einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Teilungsfrequenz kleiner als 2 kHz.

**[0039]** Das erfindungsgemäße Verfahren beruht insbesondere auf der Erkenntnis, dass unterhalb von 2 kHz eine Korrelation zwischen dem Verhalten eines Rückkopplungspfades bei verschiedenen Frequenzen auftritt. Es ist daher insbesondere in Frequenzbereichen unterhalb von 2 kHz möglich, von geschätzten Eigenschaften eines Rückkopplungspfades bei einer Frequenz auf die Eigenschaften des Rückkopplungspfades bei einer anderen Frequenz zu schließen. Das erfindungsgemäße Verfahren nützt diese Erkenntnis, um auf vorteilhafte Weise aus der geschätzten ersten Transferfunktion oberhalb der Teilungsfrequenz eine zweite Transferfunktion in einem dritten Frequenzbereich unterhalb der Teilungsfrequenz zu bestimmen, ohne diese aufwändig schätzen zu müssen.

**[0040]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

**[0041]** Es zeigen:

- Fig. 1 eine beispielhafte schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems;
- Fig. 3 ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 4 eine beispielhafte geschätzte Transferfunktion eines Rückkopplungspfades und
- Fig. 5 eine schematische Darstellung in Funktionsblöcken einer möglichen Implementierung eines erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts bzw. Systems.

**[0042]** Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts 100. In ein Hörhilfegerätegehäuse 1 zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mikrofone, auch als akusto-elektrische Wandler 2 bezeichnet, zur Aufnahme des Schalls bzw. akustischer Signale aus der Umgebung eingebaut. Die Erfindung ist jedoch nicht auf HdO-Hörhilfegeräte beschränkt, sondern kann genauso Anwendung in IdO- oder CiC-

Hörhilfegeräten finden. Die Mikrofone 2 sind akusto-elektrische Wandler 2 zur Umwandlung des Schalls in erste elektrische Audiosignale. Eine Signalverarbeitungseinrichtung 3, die ebenfalls in das Hörhilfegerätegehäuse 1 angeordnet ist, verarbeitet die ersten Audiosignale. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinrichtung 3 wird an einen Lautsprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über einen Schallschlauch, der mit einer Oto-plastik im Gehörgang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers übertragen. Es ist aber auch ein anderer elektro-mechanischer Wandler denkbar, wie beispielsweise ein Knochenleitungshörer. Die Energieversorgung des Hörgeräts und insbesondere die der Signalverarbeitungseinrichtung 3 erfolgt durch eine ebenfalls in das Hörgerätegehäuse 1 integrierte Batterie 5.

**[0043]** Das Hörhilfegerät 100 weist darüber hinaus eine erfindungsgemäße Vorrichtung 6 zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung auf. Diese steht in Signalverbindung mit der Signalverarbeitungseinrichtung 3, um Informationen über ein durch das Mikrofon 2 aufgenommenes akustische Signal und ein an den Hörer 4 ausgegebenes Signal zu erfassen. Darüber hinaus ist die Vorrichtung 6 in der Lage, über die Signalverbindung Einfluss auf die Signalverarbeitungseinrichtung 3 zu nehmen, beispielsweise eine Phasenverschiebung in einem Frequenzbereich zu aktivieren oder diesen Frequenzbereich zu verändern. Dabei ist es genauso denkbar, dass die Funktion der Vorrichtung 6 in der Signalverarbeitungseinrichtung 3 implementiert ist, beispielsweise als Schaltkreise in einem ASIC oder als Funktionsblock in einem Signalprozessor.

**[0044]** Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Systems 200, bestehend aus einem Hörhilfegerät 100 und einer separaten Vorrichtung 6. Die Signalverbindung zwischen der Vorrichtung 6 ist dabei bevorzugt drahtlos realisiert, beispielsweise über eine induktive Kopplung, wie sie auch bei binauralen Hörhilfegeräten zur Kopplung verwendet wird. Denkbar sind aber auch andere elektromagnetische Übertragungen mit geringem Energieverbrauch wie z.B. Bluetooth. Denkbar sind auch optische Übertragung oder leitungsgebundene Übertragung.

**[0045]** Die Vorrichtung 6 kann dabei ein dediziertes Gerät sein oder auch ein multifunktionales Gerät wie eine Fernbedienung, ein Mediumsetzer (z.B. Bluetooth auf Induktionsschleife) oder ein Smartphone.

**[0046]** Fig. 3 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0047]** In einem Schritt S10 wird ein von dem Hörhilfegerät 100 übertragener akustischer Frequenzbereich in einen ersten Frequenzbereich FB1 oberhalb einer ersten Teilungsfrequenz TF und einen zweiten Frequenzbereich FB2 unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF aufgeteilt. Diese Aufteilung kann in der Signalverarbeitungseinrichtung 3 oder auch in der Vorrichtung 6 selbst erfolgen. Die erste Teilungsfrequenz TF kann einen vorbestimmten Wert annehmen oder sich aus vorhergehenden

den Schritten ergeben haben.

**[0048]** In einem Schritt S20 wird eine erste Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife (engl. closed loop transfer function, CLTF) über den elektro-akustischen Ausgangswandler, einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler und die Signalverarbeitung in dem ersten Frequenzbereich FB1 geschätzt. Zum Schätzen können beispielsweise Algorithmen zur Anwendung kommen, die einen Fehler zwischen der realen Übertragungs- bzw. Transferfunktion der Rückkopplungsschleife über Hörer 4, Mikrofon 2 und der Signalverarbeitung 3 und einer parametrisierten Funktion minimieren und auf diese Weise die Parameter bestimmen (z.B. LMS). Diese Schätzfunktion ist üblicherweise Teil einer Rückkopplungsunterdrückung und erfolgt daher nur für einen Rückkopplungsgefährdeten Frequenzbereich. Gemäß der Erfindung ist dies der erste Frequenzbereich FB1 oberhalb der ersten Teilungsfrequenz TF. Die geschätzte Transferfunktion ist eine genäherte Abbildung der realen Transferfunktion in dem ersten Frequenzbereich FB1.

**[0049]** Um eine zuverlässige Schätzung der ersten Transferfunktion auch für korrelierte Signale zu ermöglichen, ist es in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens insbesondere denkbar, dass eine Phasenmodulation und/oder Frequenzverschiebung in dem ersten Frequenzbereich FB1 angewandt wird, deren Einsetzfrequenz unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF liegt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bei einem stetigen Ansteigen der Verschiebungsfunktion eine ausreichende Wirkung an der Teilungsfrequenz TF erreicht wird, um die zweite Transferfunktion zuverlässig abschätzen zu können.

**[0050]** In einem Schritt S30 wird die erste Transferfunktion bewertet, ob in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz TF ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwertes AG durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist. Aus der Tatsache, dass die erste Transferfunktion eine parametrisierte Näherungsfunktion für die reale Transferfunktion in der Rückkopplungsschleife in dem ersten Frequenzbereich FB1 ist, kann zunächst einmal aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion auf das Verhalten der realen Transferfunktion in dem ersten Frequenzbereich FB1 geschlossen werden. Weiterhin gehorcht die reale Transferfunktion gewissen mathematischen und akustischen Gesetzmäßigkeiten, sodass aus Werten der realen Transferfunktion für den ersten Frequenzbereich FB1 auch auf Funktionswerte in einem benachbarten Frequenzbereich FB2 geschlossen werden kann. Entsprechend der Erfindung wird daher in dem Schritt S30 aus den Werten der ersten geschätzten Transferfunktion in dem ersten Frequenzbereich FB1 auf das Verhalten der realen Transferfunktion in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz TF geschlossen.

**[0051]** Als Umgebung ist im Sinne der Erfindung dabei ein Frequenzbereich zu verstehen, der sich auch auf Frequenzen außerhalb des ersten Frequenzbereichs FB1 erstrecken kann, beispielsweise auf Frequenzen unter-

halb der ersten Teilungsfrequenz TF. Dabei kann es sich um Frequenzen unmittelbar unterhalb der Teilungsfrequenz TF handeln, beispielsweise um 20, 50 oder 100 Hertz darunter. Wie das nachfolgend noch erläuterte Beispiel für eine Transferfunktion in Fig. 4 zeigt, kann aber auch ein abfallendes Verhalten der Verstärkung der Transferfunktion in einem Abstand von bis zu einem Kilohertz angenommen werden.

**[0052]** Fällt daher die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz TF ab, so kann auch für Frequenzen in einem dritten Frequenzbereich FB3 unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF ein Abfallen der realen Transferfunktion angenommen werden. Als Bewertung ergibt sich dann, dass die reale Transferfunktion den vorbestimmten Grenzwert unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF bis zu einem Frequenzabstand von 100, 200, 500 oder gar 1000 Hz nicht überschreitet.

**[0053]** Im einfachsten Fall kann zur Bewertung auch angenommen werden, dass die reale Transferfunktion den Wert der ersten Transferfunktion unmittelbar an oder oberhalb der ersten Teilungsfrequenz TF konstant beibehält oder zumindest nicht überschreitet.

**[0054]** Es ist aber auch denkbar, dass eine zweite Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife in einem dritten Frequenzbereich FB3 unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF in Abhängigkeit von der ersten Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife bestimmt wird. Der dritte Frequenzbereich FB3 ist unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF. Unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF erfolgt keine Schätzung der CLTF. Allerdings besteht zwischen dem Verhalten der CLTF oberhalb der ersten Teilungsfrequenz TF und unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF eine Korrelation, sodass erfindungsgemäß aus der ersten Transferfunktion eine zweite Transferfunktion unterhalb der Teilungsfrequenz TF für den dritten Frequenzbereich FB3 bestimmt werden kann. Dieses Bestimmen kann am einfachsten erfolgen, indem für die zweite Transferfunktion in einem vorbestimmten Frequenzbereich, zum Beispiel dem dritten Frequenzbereich FB3, ein Wert der ersten Transferfunktion, z.B. der Wert bei der niedrigsten Frequenz, für die diese geschätzt wurde, als konstanter Funktionswert angenommen wird. Das Bestimmen kann zum Beispiel auch durch lineare oder Polynom-Funktionen ausgeführt werden. Auch andere Funktionen sind denkbar. Auf vorteilhafte Weise erfordert das Bestimmen einer Transferfunktion mittels dieser Funktionen einen wesentlich geringeren Aufwand an Rechenleistung als das Schätzen anhand akustischer Signale. Dabei ist je nach gewählter Funktion zum Bestimmen das Ergebnis des Bestimmens besonders nahe an einer realen Transferfunktion, wenn der dritte Frequenzbereich FB3 unmittelbar unter der ersten Teilungsfrequenz TF liegt. Es ist aber auch denkbar, dass der dritte Frequenzbereich FB3 nicht unmittelbar an die erste Teilungsfrequenz TF angrenzt. Da die Korrelation mit zunehmendem Frequenzabstand abnimmt, umfasst der dritte Frequenzbereich FB3 bevorzugter Weise lediglich

einen Teil des zweiten Frequenzbereichs FB2.

**[0055]** In einem denkbaren Schritt S40 wird die erste Teilungsfrequenz TF zu einer zweiten Teilungsfrequenz TF2 erhöht, wenn in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz TF ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts AG durch die reale Transferfunktion nicht zu erwarten ist. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz TF hin abfällt, die Funktionswerte also mit fallender Frequenz geringer werden. Entsprechend der beispielhaften Transferfunktion der Fig. 4 kann es aber bereits ausreichend sein, wenn der Funktionswert der ersten Transferfunktion an der Teilungsfrequenz TF oder in unmittelbarer Umgebung kleiner ist als der Grenzwert AG der Verstärkung.

**[0056]** Die erste Teilungsfrequenz TF kann dann zu einer zweiten Teilungsfrequenz TF2 erhöht werden, so dass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion einer geschlossenen Rückkopplungsschleife für Frequenzen kleiner als die erhöhte zweite Teilungsfrequenz TF2 kleiner als der vorbestimmte Grenzwert AG sind.

**[0057]** Der vorbestimmte Grenzwert AG ergibt sich daraus, dass die Gesamtverstärkung der geschlossenen Rückkopplungsschleife unter Berücksichtigung der Phasenlage kleiner oder gleich eins sein muss. Um bei Fehler beim Bestimmen und kurzzeitigen Schwankungen in den akustischen Bedingungen keine Rückkopplung zu erzeugen, wird vorzugsweise ein Sicherheitsabstand bei der Wahl des vorbestimmten Grenzwerts vorgesehen. Dies kann beispielsweise ein Abstand von -2 dB, -3 dB oder -6 dB sein.

**[0058]** Wurde in Schritt S30 zur Bewertung eine zweite Transferfunktion bestimmt, so ist, wenn alle Werte der bestimmten zweiten Transferfunktion kleiner einem vorbestimmten Grenzwert AG sind, sichergestellt, dass unterhalb der bisherigen ersten Teilungsfrequenz TF keine Rückkopplung auftritt. Für die geschätzte erste Transferfunktion, die in Abhängigkeit von der Frequenz für den ersten Frequenzbereich FB1 oberhalb der ursprünglichen ersten Teilungsfrequenz TF geschätzt wurde, wird der Frequenzwert solange erhöht, bis der Wert der geschätzten ersten Transferfunktion größer oder gleich dem vorbestimmten Grenzwert AG ist. Die erhöhte zweite Teilungsfrequenz TF2 ist dann der letzte vorhergehende Frequenzwert. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass für alle Werte unterhalb der erhöhten zweiten Teilungsfrequenz TF2 die Bedingungen für eine Rückkopplung nicht gegeben sind und daher auf eine Rückkopplungsunterdrückung mit möglichen Artefakten verzichtet werden kann.

**[0059]** In einem Schritt S50 wird, wenn aus der Bewertung des Schritts S30 ein Überschreiten des Grenzwerts AG durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, die erste Teilungsfrequenz TF zu einer zweiten Teilungsfrequenz TF2 erniedrigt. Der Abstand von Teilungsfrequenz TF2 zu TF kann vorteilhafterweise dem Verlauf der beispielhaften Transferfunktion der Fig. 4 entnommen wer-

den. So kann beispielsweise die Grenzfrequenz um 100, 200, 500 oder gar 1000 Hz abgesenkt werden.

**[0060]** Dabei wird auf vorteilhafte Weise ausgenutzt, dass allgemein die Verstärkung des Hörhilfegeräts für niedrige Frequenzen mit größerem Abstand von der Teilungsfrequenz TF von 100 Hz, 200 Hz oder 500 Hz in dem zweiten Frequenzbereich FB2 unterhalb der Rückkopplungsschwelle liegt.

**[0061]** Wurde in Schritt S30 eine zweite Transferfunktion für den dritten Frequenzbereich FB3 unterhalb der ersten Teilungsfrequenz TF ermittelt, so kann die erste Teilungsfrequenz TF vorteilhaft soweit zu einer zweiten Teilungsfrequenz TF2 verringert, dass alle Werte einer Verstärkung der zweiten Transferfunktion TF2 einer geschlossenen Rückkopplungsschleife für Frequenzen kleiner als die verringerte zweite Teilungsfrequenz TF2 kleiner sind als der vorbestimmte Grenzwert AG.

**[0062]** In einem weiteren Schritt S60 wird eine Phasenveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung nur oberhalb einer Einsetzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz TF2 angewendet. Wie bereits dargestellt, ist es von Vorteil für das Schätzen der ersten Transferfunktion, wenn die Phasen- oder Frequenzverschiebung bereits unterhalb der Teilungsfrequenz TF einsetzt, sodass auch für korrelierte Signale eine zuverlässige Schätzung bereits an der Teilungsfrequenz TF bzw. TF2 möglich ist. Die Einsetzfrequenz kann beispielsweise um einen festen Betrag von beispielsweise 50 Hz, 100 Hz oder 200 Hz unterhalb der zweiten Teilungsfrequenz TF2 liegen oder eine um linearen oder anderen vorbestimmten Faktor verringerten Wert der zweiten Teilungsfrequenz TF2 annehmen. Denkbar ist, dass die Abhängigkeit die Empfindlichkeit des Ohres für Artefakte widerspiegelt und im Vergleich mit einem Abstand linear zur Teilungsfrequenz TF bzw. TF2 abnimmt.

**[0063]** Wie in den Schritten S40 und S50 sichergestellt, sind die Rückkopplungsbedingungen für Frequenzen unterhalb dieser zweiten Teilungsfrequenz TF2 nicht erfüllt, sodass keine Unterdrückungsmaßnahmen erforderlich sind und Artefakte der Unterdrückungsfunktion in diesem Frequenzbereich vermieden werden können.

**[0064]** In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verfahren mit der zweiten Teilungsfrequenz TF2 als neuer Ausgangswert mit Schritt S20 fortgesetzt, das heißt die erste Teilungsfrequenz TF wird gleich der zweiten Teilungsfrequenz TF2 gesetzt und mit den Schritten S20 bis S50 eine neue zweite Teilungsfrequenz TF2' bestimmt. Auf diese Weise ist das erfindungsgemäße Verfahren in der Lage, sich ändernden akustischen Verhältnisse anzupassen, sei es einem anderer Raum, anderen Umgebungsgeräuschen oder einem veränderten Sitz des Hörhilfegeräts.

**[0065]** Fig. 4 zeigt eine beispielhafte geschätzte Transferfunktion eines Rückkopplungspfades. Auf der x-Achse ist die Frequenz f in Hz aufgetragen, auf der y-Achse die Verstärkung einer beispielhaften CLTF in dB. In dem ersten Frequenzbereich FB1 oberhalb der Teilungsfrequenz

TF erfolgt eine Schätzung der CLTF als Teil einer Rückkopplungsunterdrückung, die in diesem ersten Frequenzbereich FB1 aktiviert ist. In dem zweiten Frequenzbereich FB2 unterhalb der Teilungsfrequenz TF erfolgt keine Rückkopplungsunterdrückung und damit auch keine Schätzung der Transferfunktion CLTF. Wie jedoch der Pfeil K (für Korrelation) andeutet, besteht ein Zusammenhang zwischen den Werten der Transferfunktion oberhalb der Teilungsfrequenz TF und Werten unterhalb. Daher lässt sich aus den geschätzten Werten für den Frequenzbereich FB1 auch eine Transferfunktion für einen Frequenzbereich FB3 ermitteln, der unterhalb der Teilungsfrequenz TF liegt. Beispielsweise könnte in einfacher Näherung davon ausgegangen werden, dass sich der Abfall der Transferfunktion oberhalb von FT in den Bereich unterhalb von FT fortsetzt und somit die Transferfunktion unterhalb eines vorbestimmten Grenzwertes AG bleibt, bei dem keine Rückkopplung auftritt.

**[0066]** Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung in Funktionsblöcken einer möglichen Implementierung eines erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts bzw. Systems.

**[0067]** Zunächst sind Komponenten eines üblichen Hörhilfegeräts dargestellt. Ein Mikrofon 2 nimmt ein Audiosignal auf, wandelt es in ein elektrisches Signal, das von einer Signalverarbeitung HP des Hörhilfegeräts gemäß der Beeinträchtigung des Hörhilfegeräteträgers aufbereitet wird und über einen Hörer 4 an das Ohr des Trägers ausgegeben wird. Weitere Komponenten wie Batterie, Gehäuse oder Bedienelemente sind in Fig. 5 nicht dargestellt, aber Teil des erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts.

**[0068]** In der dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts wird weiterhin das Audiosignal des Mikrofons 2 in einen ersten Frequenzbereich FB1 und in einen zweiten Frequenzbereich FB2 aufgeteilt. Dies kann durch separate Hoch- und Tiefpass-Filter oder eine einfache Filterbank erfolgen. Im Anschluss erfolgt durch eine Rückkopplungssteuerung FBC (engl. feedback controller) eine Schätzung der Transferfunktion im ersten Frequenzbereich FB1. Im Anschluss an die Signalverarbeitung HP erfolgt in dem ersten Frequenzbereich FB1 eine Phasen- bzw. Frequenz-Verzerrung FD, um gegen die durch die Rückkopplungssteuerung erkannte Rückkopplungsgefahr Gegenmaßnahmen zu ergreifen, indem die Phase verändert wird oder eine Frequenzverschiebung erfolgt. Um jedoch auch in dem Frequenzbereich FB2, der nicht durch den Rückkopplungscontroller überwacht wird, eine mögliche Rückkopplungsgefahr zu erkennen, erhält die erfindungsgemäße Vorrichtung 6 zum Unterdrücken einer Rückkopplung Information von dem Rückkopplungscontroller FBC über die geschätzte Transferfunktion sowie von der Signalverarbeitung HP über weitere Signalveränderungen im Hörhilfegerät. Die Vorrichtung 6 ist daher in der Lage, zum einen unmittelbar aus der geschätzten externen Transferfunktion eine Transferfunktion für eine geschlossenen Rückkopplungsschleife CLTF für den ersten Frequenzbereich FB1 zu ermitteln, als auch entsprechend

der erfinderischen Idee anhand der Korrelation zwischen erstem Frequenzbereich FB1 und zweitem Frequenzbereich FB2 zumindest in einem Teilbereich FB3 des zweiten Frequenzbereichs FB2 eine Transferfunktion aus der geschätzten Transferfunktion für den ersten Frequenzbereich FB1 zu bestimmen. Auf diese Weise ist die Vorrichtung 6 in der Lage, die Teilungsfrequenz TF in verschiedenen Untereinheiten des Hörhilfegeräts zu erhöhen, wenn keine Rückkopplungsgefahr besteht und insbesondere zu erniedrigen, wenn eine Rückkopplungsgefahr in dem zweiten Frequenzbereich FB2 besteht.

**[0069]** Die Vorrichtung 6 kann dabei Teil der internen Signalverarbeitung 3 sein, als separate Vorrichtung in dem Hörhilfegerät vorgesehen sein oder auch als externe Vorrichtung, die drahtlos oder über eine Drahtverbindung mit dem Hörhilfegerät in Signalverbindung steht.

**[0070]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## 25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät (100), wobei das Hörhilfegerät einen akusto-elektrischen Eingangswandler (2), eine Signalverarbeitung (3) und einen elektro-akustischen Ausgangswandler (4) aufweist und wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

(S10) Aufteilen eines von dem Hörhilfegerät (100) übertragenen akustischen Frequenzbereichs in einen ersten Frequenzbereich (FB1) oberhalb einer ersten Teilungsfrequenz (TF) und einen zweiten Frequenzbereich (FB2) unterhalb der ersten Teilungsfrequenz (TF);

(S20) Schätzen einer ersten Transferfunktion als Abbildung einer realen Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife über den elektro-akustischen Ausgangswandler (4), einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler (2) und die Signalverarbeitung (3) in dem ersten Frequenzbereich (FB1);

(S30) Bewerten der ersten Transferfunktion, ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist;

(S40) Erhöhen der ersten Teilungsfrequenz (TF) zu einer zweiten Teilungsfrequenz (TF2), wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion

- tion nicht zu erwarten ist, sodass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion für Frequenzen kleiner als die erhöhte zweite Teilungsfrequenz (TF2) kleiner als der vorbestimmte Grenzwert (AG) sind oder,
- (S50) Verringern der ersten Teilungsfrequenz (TF) zu einer zweiten Teilungsfrequenz (TF2) wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist und
- (S60) Anwenden einer Phasen- oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung nur oberhalb einer Einsatzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz (TF2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt (S30) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die erste Transferfunktion zu erwarten ist, wenn die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz (TF) hin ansteigt.
  3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt (S30) eine zweite Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife in einem dritten Frequenzbereich (FB3) unterhalb der ersten Teilungsfrequenz (TF) in Abhängigkeit von der ersten Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife bestimmt wird und bewertet wird, ob die zweite Transferfunktion in dem dritten Frequenzbereich (FB3) den vorbestimmten Grenzwert (AG) überschreitet.
  4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in Schritt (S50) die zweite Teilungsfrequenz (TF2) gleich der ersten Teilungsfrequenz (TF) minus eines vorbestimmten Frequenzabstands ist.
  5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der vorbestimmte Grenzwert (AG) einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes ist.
  6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach Schritt (S40) des Erhöhen der ersten Teilungsfrequenz (TF) oder Schritt (S50) des Verringern der Teilungsfrequenz (TF) das Verfahren mit dem Schätzen einer ersten Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife (S20) fortgesetzt wird.
  7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Teilungsfrequenz (TF) größer als 1 kHz ist und die zweite Teilungsfrequenz (TF2) größer als 700 Hz ist.
  8. Vorrichtung zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät (100), wobei das Hörhilfegerät (100) einen akusto-elektrischen Eingangswandler (2), eine Signalverarbeitung (3) und einen elektro-akustischen Ausgangswandler (4) aufweist und wobei die Vorrichtung (6) in Signalverbindung mit dem Hörhilfegerät (100) steht;
  - 5 wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, einen von dem Hörhilfegerät (100) zu übertragenden akustischen Frequenzbereichs in einen ersten Frequenzbereich (FB1) oberhalb einer ersten Teilungsfrequenz (TF) und einen zweiten Frequenzbereich (FB2) unterhalb der ersten Teilungsfrequenz (TF) aufzuteilen; wobei
  - 10 die Vorrichtung ausgelegt ist, eine erste Transferfunktion als Abbildung realer Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife über den elektro-akustischen Ausgangswandler (4), einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler (2) und die Signalverarbeitung (3) in dem ersten Frequenzbereich (FB1) abzuschätzen;
  - 15 wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, die erste Transferfunktion zu bewerten, ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist;
  - 20 wobei die Vorrichtung (6) ausgelegt ist, wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion nicht zu erwarten ist, die erste Teilungsfrequenz (TF) soweit zu einer zweiten Teilungsfrequenz (TF2) zu erhöhen,
  - 25 dass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion für Frequenzen kleiner als die zweite Teilungsfrequenz (TF2) kleiner als der vorbestimmte Grenzwert AG sind,
  - 30 die Vorrichtung weiterhin ausgelegt ist, wenn in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, die erste Teilungsfrequenz (TF) zu einer zweiten Teilungsfrequenz (TF2) zu verringern; und
  - 35 die Vorrichtung ausgelegt ist, in dem Hörhilfegerät eine Phasen- oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung (3) nur oberhalb einer Einsatzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz (TF2) einzustellen.
  9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, zur Bewertung die erste Transferfunktion daraufhin zu überprüfen, ob die erste Transferfunktion zu der Teilungsfrequenz (TF) ansteigt und in diesem Fall ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten.
  - 50
  - 55 10. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, zum Bewerten der ersten Transferfunktion eine zweite Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife in einem dritten Fre-

quenzbereich (FB3) unterhalb der ersten Teilungsfrequenz (TF) in Abhängigkeit von der ersten Transferfunktion der Rückkopplungsschleife zu bestimmen und zu bewerten, ob die zweite Transferfunktion in dem dritten Frequenzbereich (FB3) den vorbestimmten Grenzwert (AG) überschreitet. 5

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, die zweite Teilungsfrequenz (TF2) aus der ersten Teilungsfrequenz (TF) minus eines vorbestimmten Frequenzabstands zu ermitteln. 10
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei der vorbestimmte Grenzwert (AG) einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes ist. 15
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei die Vorrichtung (6) ausgelegt ist, eine veränderte erste Transferfunktion zu einer geänderten Teilungsfrequenz (TF) zu schätzen und eine veränderte zweite Transferfunktion zu der geänderten Teilungsfrequenz (TF) zu bestimmen. 20  
25
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei erste Teilungsfrequenz (TF) größer als 1 kHz ist und die zweite Teilungsfrequenz (TF2) größer als 700 Hz ist. 30
15. System aus einem Hörhilfegerät (100) und einer Vorrichtung (6) nach einem der Ansprüche 8 bis 14 zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1. 35

40

45

50

55

FIG 1

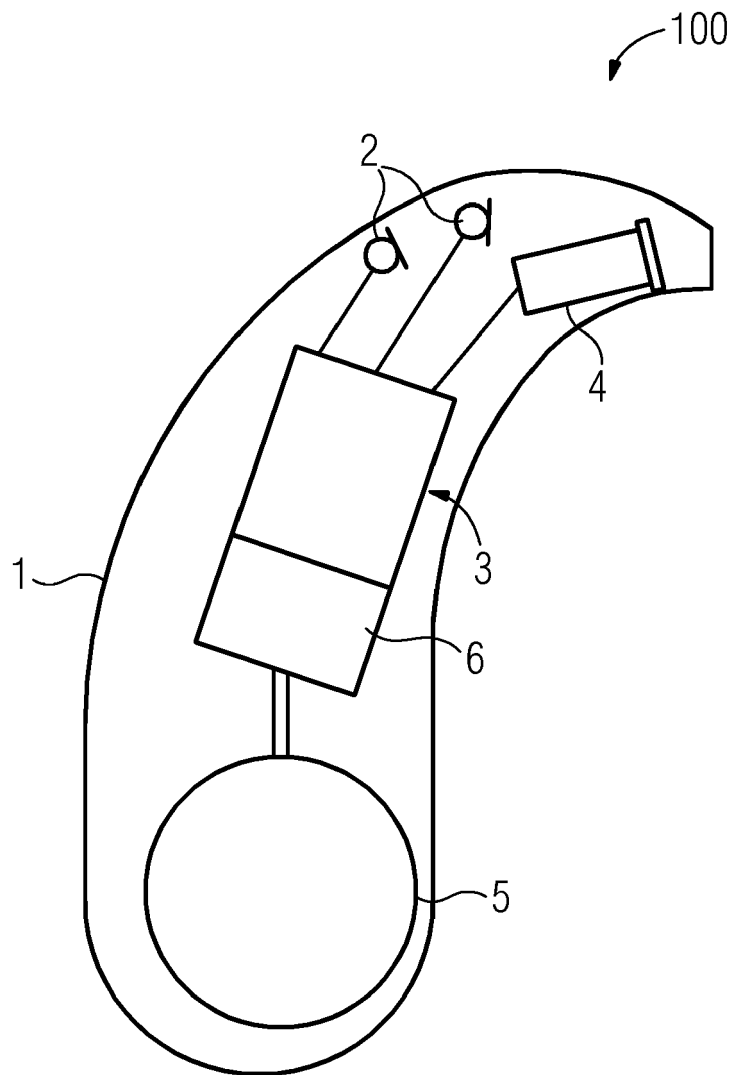


FIG 2

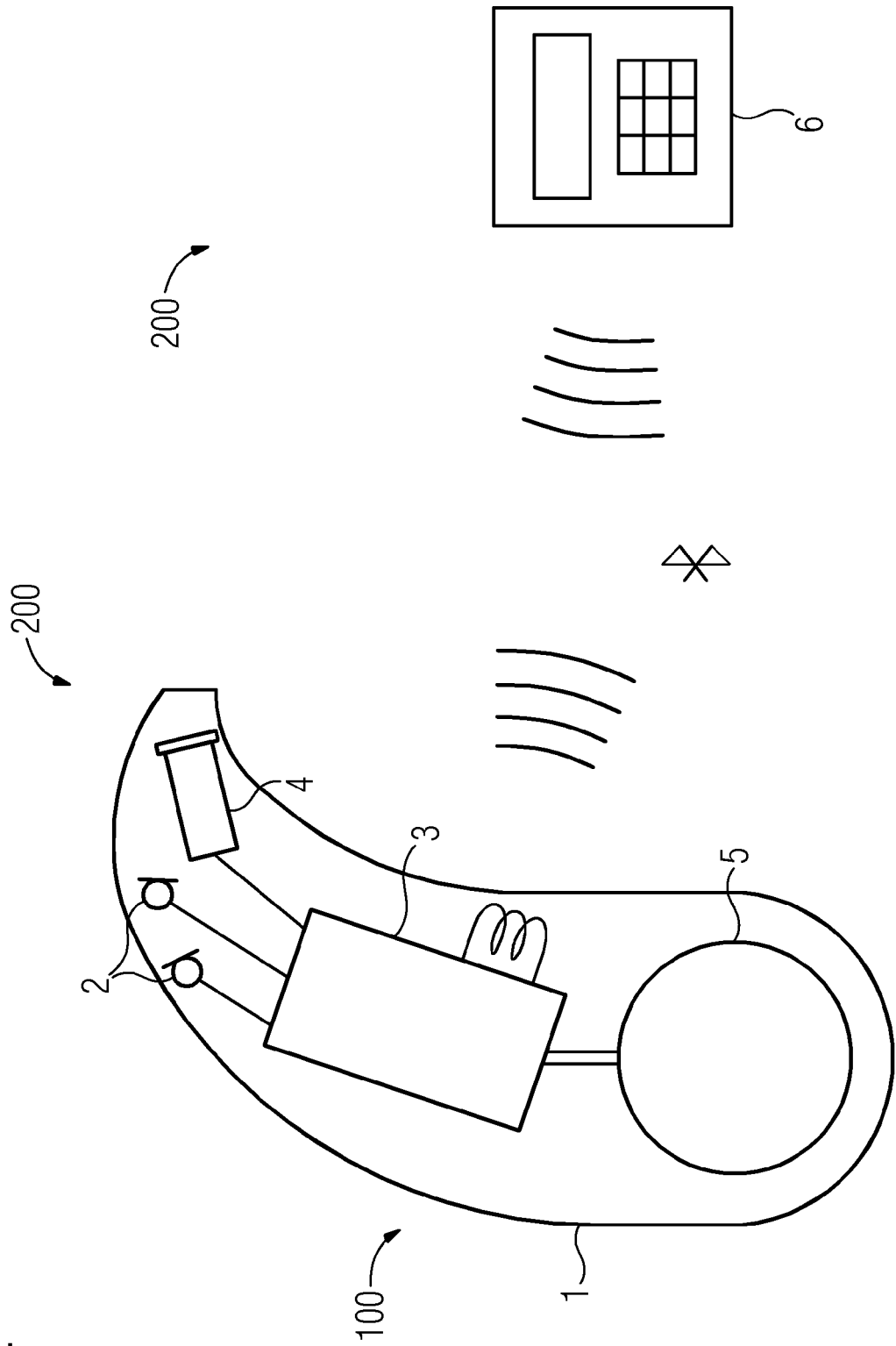


FIG 3

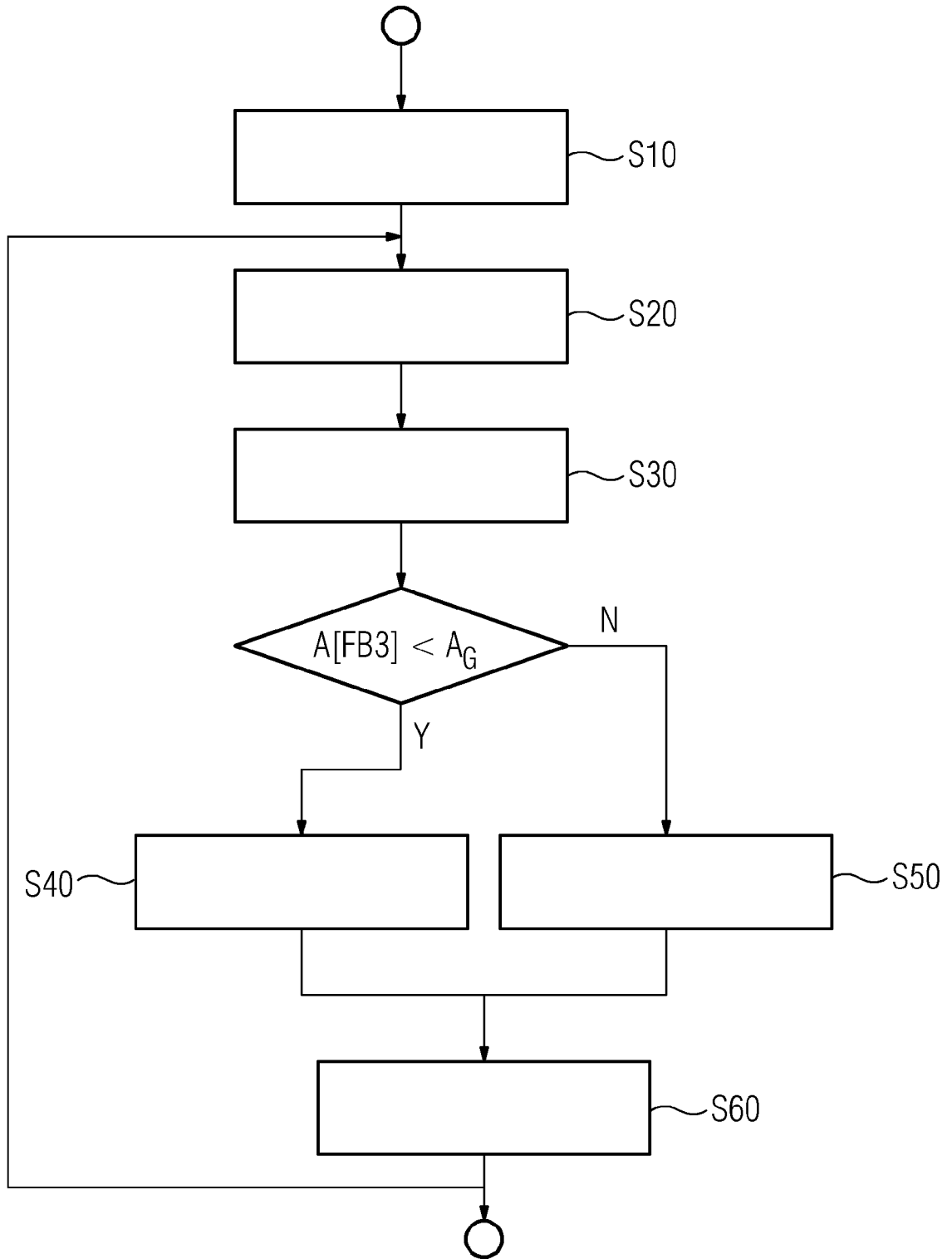


FIG 4

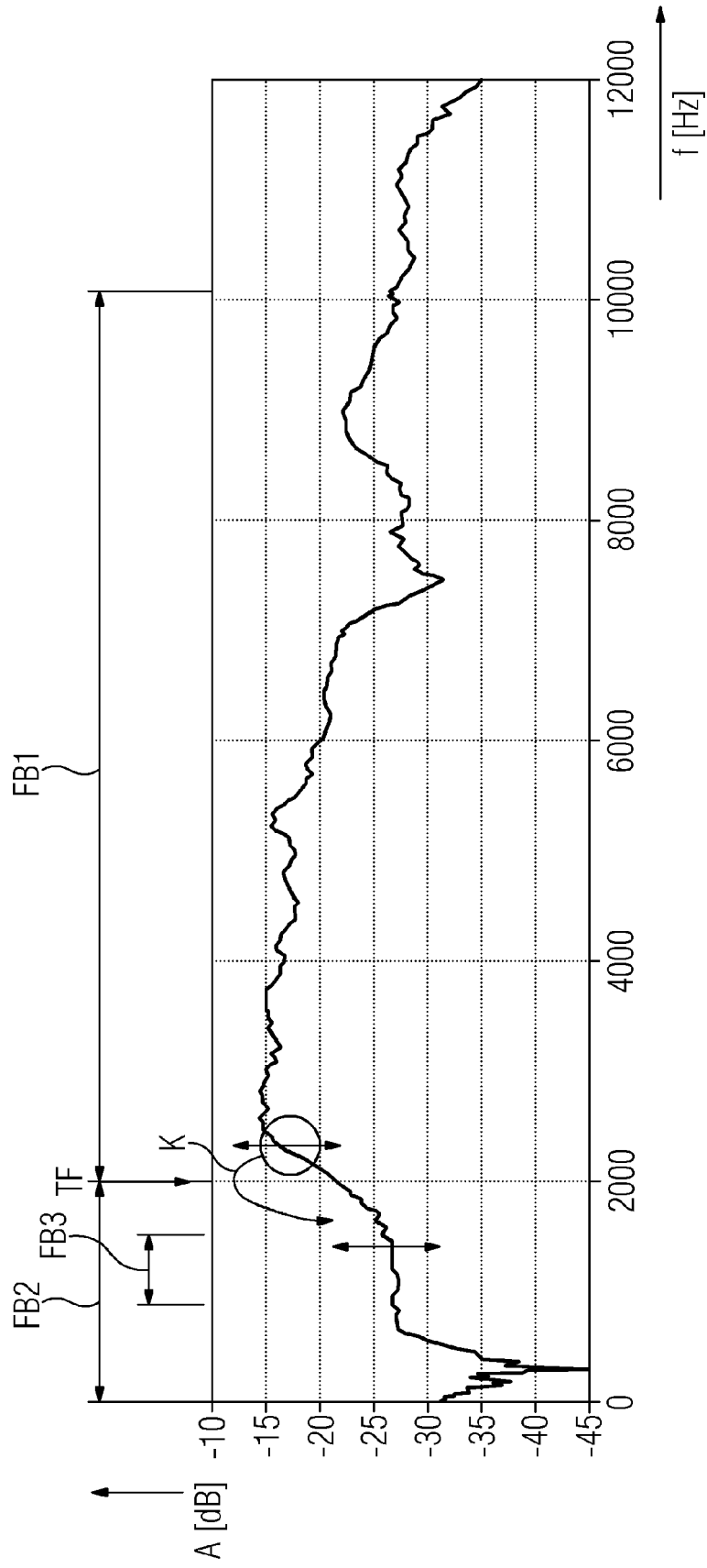
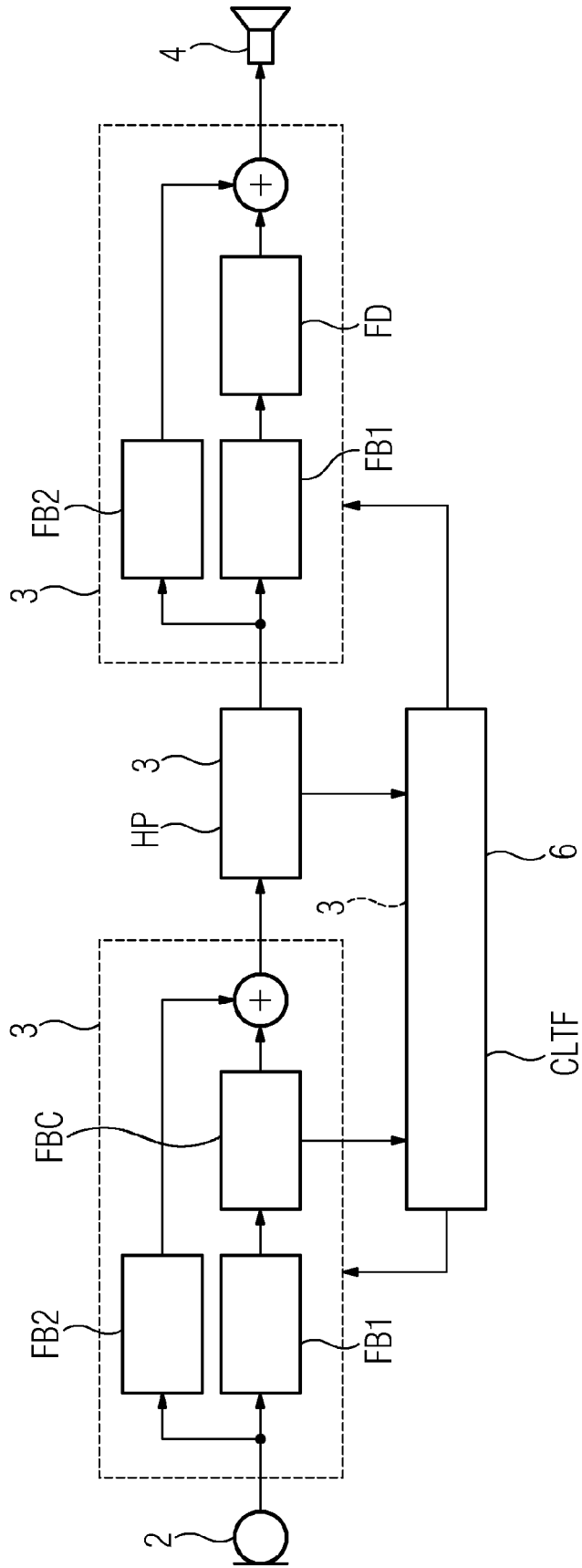


FIG 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 17 9351

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)
Y,D	EP 2 244 491 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 27. Oktober 2010 (2010-10-27) * Absätze [0011], [0014] - Absatz [0019] * Absatz [0031] - Absatz [0033]; Abbildungen 2-5 *	1-15	INV. H04R25/00
Y	EP 2 003 928 A1 (OTICON AS [DK]) 17. Dezember 2008 (2008-12-17) * Absatz [0012] - Absatz [0020]; Abbildungen 2-4 * * Absatz [0062] - Absatz [0078] *	1-15	
A	WO 2008/000842 A2 (PHONAK AG [CH]; BAECHLER PATRICK [CH]; WALDMANN BERND [CH]; VON BUOL A) 3. Januar 2008 (2008-01-03) * Seite 13, Zeile 15 - Seite 16, Zeile 19; Abbildung 3 *	3,10	
A	DE 39 27 765 A1 (BELTONE ELECTRONICS CORP [US]) 29. März 1990 (1990-03-29) * Spalte 3, Zeile 63 - Spalte 4, Zeile 17; Abbildung 3 * * Spalte 5, Zeile 5 - Spalte 6, Zeile 19 *	1,8,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 30. November 2015	Prüfer Will, Robert
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 03.02 (P04C03)

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

EP 15 17 9351

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.

30-11-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2244491 A1	27-10-2010	AT 514291 T	15-07-2011
		DE 102009018812 A1	11-11-2010
		DK 2244491 T3	03-10-2011
		EP 2244491 A1	27-10-2010
		US 2010272289 A1	28-10-2010
-----			
EP 2003928 A1	17-12-2008	CN 101836465 A	15-09-2010
		EP 2003928 A1	17-12-2008
		EP 2160922 A1	10-03-2010
		EP 2533551 A1	12-12-2012
		US 2010232634 A1	16-09-2010
		US 2014010395 A1	09-01-2014
WO 2008151970 A1	18-12-2008		
-----			
WO 2008000842 A2	03-01-2008	AT 515154 T	15-07-2011
		DK 2189006 T3	17-10-2011
		EP 2189006 A2	26-05-2010
		US 2010310103 A1	09-12-2010
		WO 2008000842 A2	03-01-2008
-----			
DE 3927765 A1	29-03-1990	DE 3927765 A1	29-03-1990
		FR 2635680 A1	02-03-1990
		JP H02113698 A	25-04-1990
-----			

EPC FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20100272289 A1 [0007]