

(19)



(11)

EP 2 988 529 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.12.2019 Patentblatt 2019/49

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

(21) Anmeldenummer: **15179351.0**

(22) Anmeldetag: **31.07.2015**

(54) **ADAPTIVE TEILUNGSFREQUENZ IN HÖRHILFEGERÄTEN**

ADAPTIVE SEPARATION FREQUENCY IN HEARING AIDS

FREQUENCE DE DIVISION ADAPTATIVE DANS APPAREILS D'AIDE AUDITIVE

(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

- **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)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.02.2016 Patentblatt 2016/08

(73) Patentinhaber: **Sivantos Pte. Ltd.**
Singapore 539775 (SG)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 003 928 EP-A1- 2 244 491
WO-A2-2008/000842 DE-A1- 3 927 765

(72) Erfinder:
• **PETRAUSCH, Stefan**
91056 Erlangen (DE)

EP 2 988 529 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

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 Rückkopplungsanteil 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] In der EP 2 003 928 A1 wird für ein Hörgerät vorgeschlagen, kontinuierlich die Verstärkung der geschlossenen Rückkopplungsschleife zu bestimmen, und, wenn selbige einen kritischen Wert überschreitet, zur Vermeidung von Rückkopplung die aktive Vorwärtsverstärkung im Hörgerät entsprechend anzupassen.

[0009] In der WO 2008/000842 A2 wird das frequenzbandweise Ermitteln von Verstärkungs-Grenzwerten für Rückkopplungen beschrieben. Hierbei werden die Grenzwerte explizit nur in solchen Frequenzbändern ermittelt, für die die genaue Kenntnis des Grenzwertes als besonders wichtig angenommen wird, und für die verbleibenden Frequenzbänder die Grenzwerte anhand der exakt gemessenen Werte interpoliert, beispielsweise mithilfe von entsprechenden Tabellen.

[0010] In der DE 39 27 765 A1 genannten Vorgehen wird das Signal eines Hörgerätes mittels eines Hochpassfilters mit variabler Grenzfrequenz gefiltert. Zur Bestimmung der Grenzfrequenz wird vorgeschlagen, die Amplituden von niederfrequenten Anteilen des gefilterten Signals abzutasten, und bei hohen Amplitudenbeiträgen entsprechend die Grenzfrequenz heraufzusetzen.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zur Rückkopplungsunterdrückung sowie ein Hörhilfegerät mit einer verbesserten Rückkopplungsunterdrückung bereitzustellen.

[0012] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1, sowie ein System nach Anspruch 6.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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 Grenzwert sind.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße System teilen die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] Weitere vorteilhafte Fortbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0031] In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in dem Schritt des Bewertens der ersten Transferfunktion ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts durch die erste Transferfunktion zu erwarten, wenn die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz hin ansteigt.

[0032] Es ist auf einfache Weise möglich, für die ge-

schätzte 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.

[0033] 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 Frequenzbereich, zum Beispiel ein Hälfte, ein Drittel, ein Viertel oder ein Zehntel der Bandbreite des zweiten Frequenzbereichs.

[0034] 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.

[0035] In einer denkbaren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der vorbestimmte Grenzwert einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes.

[0036] 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.

[0037] In einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verfahren nach dem Schritt (S40) des Erhöhens der Teilungsfrequenz oder Schritt (S50) des Verringerens der Teilungsfrequenz das Verfahren mit dem Schätzen einer ersten Transferfunktion einer geschlossenen Rückkopplungsschleife (S20) fortgesetzt.

[0038] 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.

[0039] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Teilungsfrequenz größer als 1 kHz.

[0040] Üblicherweise treten Rückkopplungen als Pfeifen 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.

[0041] In einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Teilungsfrequenz kleiner als 2 kHz.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] Fig. 3 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0050] 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 Schritten ergeben haben.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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 unterhalb 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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 Frequenz-

bereich 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.

[0058] 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.

[0059] Die erste Teilungsfrequenz TF kann dann zu einer zweiten Teilungsfrequenz TF2 erhöht werden, sodass 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.

[0060] 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.

[0061] 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 un-

terhalb 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.

[0062] 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 werden. So kann beispielsweise die Grenzfrequenz um 100, 200, 500 oder gar 1000 Hz abgesenkt werden.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] In einem weiteren Schritt S60 wird eine Phasenveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung nur oberhalb einer Einsatzfrequenz 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 Einsatzfrequenz 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.

[0066] 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.

[0067] 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 anderen Raum, anderen Umgebungsgeräuschen oder einem veränderten Sitz des Hörhilfegeräts.

[0068] 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.

[0069] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung in Funktionsblöcken einer möglichen Implementierung eines erfindungsgemäßen Hörhilfegeräts bzw. Systems.

[0070] 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.

[0071] 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. feed back 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.

[0072] 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.

[0073] 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 Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

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 elektroakustischen Ausgangswandler (4), einen akustischen Rückkopplungspfad, den akusto-elektrischen Eingangswandler (2) und die Signalverarbeitung (3) in dem ersten Frequenzbereich (FB1);
 (S30) Bewerten der ersten Transferfunktion bezüglich eines vorbestimmten Grenzwerts (AG), ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des 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 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),

dadurch gekennzeichnet,

dass in Schritt (S30) in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, wenn die erste Transferfunktion zu der ersten Teilungsfrequenz (TF) hin ansteigt, oder
 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 in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, wenn die zweite Transferfunktion in dem dritten Frequenzbereich (FB3) den vorbestimmten Grenzwert (AG) über-

schreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt (S50) die zweite Teilungsfrequenz (TF2) gleich der ersten Teilungsfrequenz (TF) minus eines vorbestimmten Frequenzabstands ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der vorbestimmte Grenzwert (AG) einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach Schritt (S40) des Erhöhens der ersten Teilungsfrequenz (TF) oder Schritt (S50) des Verringerns der Teilungsfrequenz (TF) mit Schritt (S20) des Schätzens einer ersten Transferfunktion einer Rückkopplungsschleife (S20) fortgefahren wird.
5. 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.
6. System aus einem Hörhilfegerät (100) und einer Vorrichtung (6) zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung für das 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; 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 die Vorrichtung ausgelegt ist, eine erste 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) abzuschätzen; wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, die erste Transferfunktion bezüglich eines vorbestimmten Grenzwerts (AG) zu dahingehend zu bewerten, ob aus dem Verhalten der ersten Transferfunktion in einer Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist; 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.

ten ist, die erste Teilungsfrequenz (TF) soweit zu einer zweiten Teilungsfrequenz (TF2) zu erhöhen, dass alle Werte einer Verstärkung der ersten Transferfunktion für Frequenzen kleiner als die zweite Teilungsfrequenz (TF2) kleiner als der vorbestimmte Grenzwert (AG) sind,

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 die Vorrichtung ausgelegt ist, in dem Hörhilfegerät eine Phasen- oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung in der Signalverarbeitung (3) nur oberhalb einer Einsetzfrequenz in Abhängigkeit von der zweiten Teilungsfrequenz (TF2) einzustellen,

dadurch gekennzeichnet,

dass 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 in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist, oder **dass** die Vorrichtung ausgelegt ist, zum Bewerten der ersten Transferfunktion eine zweite Transferfunktion der geschlossenen Rückkopplungsschleife in einem dritten Frequenzbereich (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 und in diesem Fall in der Umgebung der ersten Teilungsfrequenz (TF) ein Überschreiten des vorbestimmten Grenzwerts (AG) durch die reale Transferfunktion zu erwarten ist.

7. System nach Anspruch 6, wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, die zweite Teilungsfrequenz (TF2) aus der ersten Teilungsfrequenz (TF) minus eines vorbestimmten Frequenzabstands zu ermitteln.
8. System nach einem der Ansprüche 6 bis 7, wobei der vorbestimmte Grenzwert (AG) einer Verstärkung der ersten oder zweiten Transferfunktion 0 dB minus eines Stabilitätsabstandes ist.
9. System nach einem der Ansprüche 6 bis 8, 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.
10. System nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei

die erste Teilungsfrequenz (TF) größer als 1 kHz ist und die zweite Teilungsfrequenz (TF2) größer als 700 Hz ist.

Claims

1. Method for suppressing acoustic feedback in a hearing aid device (100), wherein the hearing aid device has an acoustoelectric input transducer (2), signal processing (3) and an electroacoustic output transducer (4) and wherein the method exhibits the steps:

(S10) dividing an acoustic frequency range transmitted by the hearing aid device (100) into a first frequency range (FB1) above a first split-band frequency (TF) and a second frequency range (FB2) below the first split-band frequency (TF);

(S20) estimating a first transfer function as mapping of a real transfer function of a feedback loop via the electroacoustic output transducer (4), an acoustic feedback path, the acoustoelectric input transducer (2) and the signal processing (3) in the first frequency range (FB1);

(S30) assessing the first transfer function, with regard to a predetermined limit value (AG), as to whether a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected from the behavior of the first transfer function in an environment of the first split-band frequency (TF);

(S40) increasing the first split-band frequency (TF) to a second split-band frequency (TF2) if a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is not to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF), so that all the values of a gain of the first transfer function for frequencies less than the increased second split-band frequency (TF2) are less than the predetermined limit value (AG) or

(S50) reducing the first split-band frequency (TF) to a second split-band frequency (TF2) if a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF), and

(S60) applying a phase or frequency change for feedback suppression in the signal processing only above an inception frequency in dependence on the second split-band frequency (TF2),

characterized

in that in step (S30) a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF) if the first transfer function rises

- toward the first split-band frequency (TF), or wherein in step (S30) a second transfer function of the closed feedback loop is determined in a third frequency range (FB3) below the first split-band frequency (TF) in dependence on the first transfer function of the closed feedback loop and a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF) if the second transfer function exceeds the predetermined limit value (AG) in the third frequency range (FB3).
2. Method according to Claim 1, wherein in step (S50) the second split-band frequency (TF2) is equal to the first split-band frequency (TF) minus a predetermined frequency spacing.
 3. Method according to either of the preceding claims, wherein the predetermined limit value (AG) of a gain of the first or second transfer function is 0 dB minus a stability margin.
 4. Method according to one of the preceding claims, wherein, after step (S40) of increasing the first split-band frequency (TF) or step (S50) of reducing the split-band frequency (TF), it is continued with step (S20) of estimating a first transfer function of a feedback loop (S20).
 5. Method according to one of the preceding claims, wherein the first split-band frequency (TF) is greater than 1 kHz and the second split-band frequency (TF2) is greater than 700 Hz.
 6. System of a hearing aid device (100) and a device (6) for suppressing acoustic feedback for the hearing aid device (100), wherein the hearing aid device (100) has an acoustoelectric input transducer (2), signal processing (3) and an electroacoustic output transducer (4) and wherein the device (6) has a signal connection to the hearing aid device (100); wherein the device is designed to divide an acoustic frequency range to be transmitted by the hearing aid device (100) into a first frequency range (FB1) above a first split-band frequency (TF) and a second frequency range (FB2) below the first split-band frequency (TF); wherein the device is designed to estimate a first transfer function as mapping of a real transfer function of a feedback loop via the electroacoustic output transducer (4), an acoustic feedback path, the acoustoelectric input transducer (2) and the signal processing (3) in the first frequency range (FB1); wherein the device is designed to assess the first transfer function, with regard to a predetermined limit value (AG), as to whether a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected from the behavior of the first transfer function in an environment of the first split-band frequency (TF); wherein the device (6) is designed, if a transgression of a predetermined limit value (AG) by the real transfer function is not to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF), to increase the first split-band frequency (TF) to a second split-band frequency (TF2) by such an amount that all the values of a gain of the first transfer function for frequencies less than the second split-band frequency (TF2) are less than the predetermined limit value (AG), the device is also designed, if a transgression of a predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF), to reduce the first split-band frequency (TF) to a second split-band frequency (TF2); and the device is designed to adjust in the hearing aid device a phase or frequency change for feedback suppression in the signal processing (3) only above an inception frequency in dependence on the second split-band frequency (TF2), **characterized in that** the device is designed, for assessment, to check the first transfer function as to whether the first transfer function rises toward the split-band frequency (TF) and in this case a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF), or **in that** the device is designed, for assessing the first transfer function, to determine a second transfer function of the closed feedback loop in a third frequency range (FB3) below the first split-band frequency (TF) in dependence on the first transfer function of the feedback loop and to assess whether the second transfer function exceeds the predetermined limit value (AG) in the third frequency range (FB3) and in this case a transgression of the predetermined limit value (AG) by the real transfer function is to be expected in the environment of the first split-band frequency (TF).
 7. System according to Claim 6, wherein the device is designed to determine the second split-band frequency (TF2) from the first split-band frequency (TF) minus a predetermined frequency spacing.
 8. System according to either of Claims 6 and 7, wherein the predetermined limit value (AG) of a gain of the first or second transfer function is 0 dB minus a stability margin.
 9. System according to one of Claims 6 to 8, wherein the device (6) is designed to estimate a changed first transfer function to a changed split-band frequency (TF) and determine a changed second transfer function to the changed split-band frequency (TF).

10. System according to one of Claims 6 to 9, wherein the first split-band frequency (TF) is greater than 1 kHz and the second split-band frequency (TF2) is greater than 700 Hz.

Revendications

1. Procédé pour inhiber une contre-réaction acoustique dans un appareil d'aide auditive (100), l'appareil d'aide auditive possédant un convertisseur d'entrée (2) acousto-électrique, un traitement de signal (3) et un convertisseur de sortie (4) acousto-électrique et le procédé comprenant les étapes suivantes :

(S10) division d'une plage de fréquences acoustique transmise par l'appareil d'aide auditive (100) en une première plage de fréquences (FB1) au-dessus d'une première fréquence de division (TF) et une deuxième plage de fréquences (FB2) au-dessous de la première fréquence de division (TF) ;

(S20) estimation d'une première fonction de transfert en tant que représentation d'une fonction de transfert réelle d'une boucle de contre-réaction par le biais du convertisseur de sortie (4) acousto-électrique, d'un chemin de contre-réaction acoustique, du convertisseur d'entrée (2) acousto-électrique et du traitement de signal (3) dans la première plage de fréquences (FB1) ; (S30) évaluation de la première fonction de transfert en référence à une valeur limite (AG) prédéterminée afin de déterminer si un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre du fait du comportement de la première fonction de transfert dans un environnement de la première fréquence de division (TF) ;

(S40) augmentation de la première fréquence de division (TF) à une deuxième fréquence de division (TF2) lorsqu'un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle n'est pas à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF), de sorte que toutes les valeurs d'une amplification de la première fonction de transfert pour les fréquences inférieures à la deuxième fréquence de division (TF2) élevée sont inférieures à la valeur limite (AG) prédéterminée ou (S50) réduction de la première fréquence de division (TF) à une deuxième fréquence de division (TF2) lorsqu'un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF) et

(S60) utilisation d'un changement de phase ou de fréquence en vue de l'inhibition de la contre-

réaction dans le traitement du signal seulement au-dessus d'une fréquence d'utilisation en fonction de la deuxième fréquence de division (TF2),

5

caractérisé en ce

qu'à l'étape (S30), un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF) lorsque la première fonction de transfert croît en direction de la première fréquence de division (TF), ou

10

à l'étape (S30), une deuxième fonction de transfert de la boucle de contre-réaction fermée étant déterminée dans une troisième plage de fréquences (FB3) au-dessous de la première fréquence de division (TF) en fonction de la première fonction de transfert de la boucle de contre-réaction fermée et un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF) lorsque la deuxième fonction de transfert dans la troisième plage de fréquences (FB3) dépasse la valeur limite (AG) prédéterminée.

15

20

25

2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel, à l'étape (S50), la deuxième fréquence de division (TF2) est égale à la première fréquence de division (TF) moins un écart de fréquence prédéterminé.

30

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, la valeur limite (AG) prédéterminée étant une amplification de la première ou de la deuxième fonction de transfert de 0 dB moins un écart de stabilité.

35

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, selon lequel, après l'étape (S40) d'augmentation de la première fréquence de division (TF) ou l'étape (S50) de réduction de la première fréquence de division (TF), le procédé se poursuit avec l'étape (S20) d'estimation d'une première fonction de transfert d'une boucle de contre-réaction (S20).

40

45

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, la première fréquence de division (TF) étant supérieure à 1 kHz et la deuxième fréquence de division (TF2) étant supérieure à 700 Hz.

50

6. Système composé d'un appareil d'aide auditive (100) et d'un dispositif (6) destiné à inhiber une contre-réaction acoustique pour l'appareil d'aide auditive (100), l'appareil d'aide auditive (100) possédant un convertisseur d'entrée (2) acousto-électrique, un traitement de signal (3) et un convertisseur de sortie (4) acousto-électrique et le dispositif (6) se trouvant en liaison de signal avec l'appareil d'aide auditive (100) ;

55

le dispositif étant conçu pour diviser une plage de fréquences acoustique à transmettre par l'appareil

d'aide auditive (100) en une première plage de fréquences (FB1) au-dessus d'une première fréquence de division (TF) et une deuxième plage de fréquences (FB2) au-dessous de la première fréquence de division (TF) ; le dispositif étant conçu pour estimer une première fonction de transfert en tant que représentation d'une fonction de transfert réelle d'une boucle de contre-réaction par le biais du convertisseur de sortie (4) acousto-électrique, d'un chemin de contre-réaction acoustique, du convertisseur d'entrée (2) acousto-électrique et du traitement de signal (3) dans la première plage de fréquences (FB1) ;

le dispositif étant conçu pour évaluer la première fonction de transfert en référence à une valeur limite (AG) prédéterminée afin de déterminer si un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre du fait du comportement de la première fonction de transfert dans un environnement de la première fréquence de division (TF) ;

le dispositif (6) étant conçu pour, lorsqu'un dépassement d'une valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle n'est pas à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF), augmenter la première fréquence de division (TF) à une deuxième fréquence de division (TF2) de sorte que toutes les valeurs d'une amplification de la première fonction de transfert pour les fréquences inférieures à la deuxième fréquence de division (TF2) sont inférieures à la valeur limite (AG) prédéterminée,

le dispositif étant en outre conçu pour, lorsqu'un dépassement d'une valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF), réduire la première fréquence de division (TF) à une deuxième fréquence de division (TF2) ; et le dispositif étant conçu pour régler un changement de phase ou de fréquence dans l'appareil d'aide auditive en vue de l'inhibition de la contre-réaction dans le traitement du signal (3) seulement au-dessus d'une fréquence d'utilisation en fonction de la deuxième fréquence de division (TF2),

caractérisé en ce

que le dispositif est conçu pour, en vue d'évaluer la première fonction de transfert, vérifier si la première fonction de transfert croît en direction de la fréquence de division (TF) et, dans ce cas, un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF), ou **que** le dispositif est conçu pour, en vue d'évaluer la première fonction de transfert, déterminer une deuxième fonction de transfert de la boucle de contre-réaction fermée dans une troisième plage de fréquences (FB3) au-dessous de la première fréquence de division (TF) en fonction de la première fonc-

tion de transfert de la boucle de contre-réaction et évaluer si la deuxième fonction de transfert dans la troisième plage de fréquences (FB3) dépasse la valeur limite (AG) prédéterminée et, dans ce cas, un dépassement de la valeur limite (AG) prédéterminée par la fonction de transfert réelle est à attendre dans l'environnement de la première fréquence de division (TF).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7. Système selon la revendication 6, le dispositif étant conçu pour identifier la deuxième fréquence de division (TF2) à partir de la première fréquence de division (TF) moins un écart de fréquence prédéterminé.

8. Système selon l'une des revendications 6 et 7, la valeur limite (AG) prédéterminée étant une amplification de la première ou de la deuxième fonction de transfert de 0 dB moins un écart de stabilité.

9. Système selon l'une des revendications 6 à 8, le dispositif (6) étant conçu pour estimer une première fonction de transfert modifiée pour une fréquence de division (TF) modifiée et déterminer une deuxième fonction de transfert modifiée pour la fréquence de division (TF) modifiée.

10. Système selon l'une des revendications 6 à 9, la première fréquence de division (TF) étant supérieure à 1 kHz et la deuxième fréquence de division (TF2) étant supérieure à 700 Hz.

FIG 1

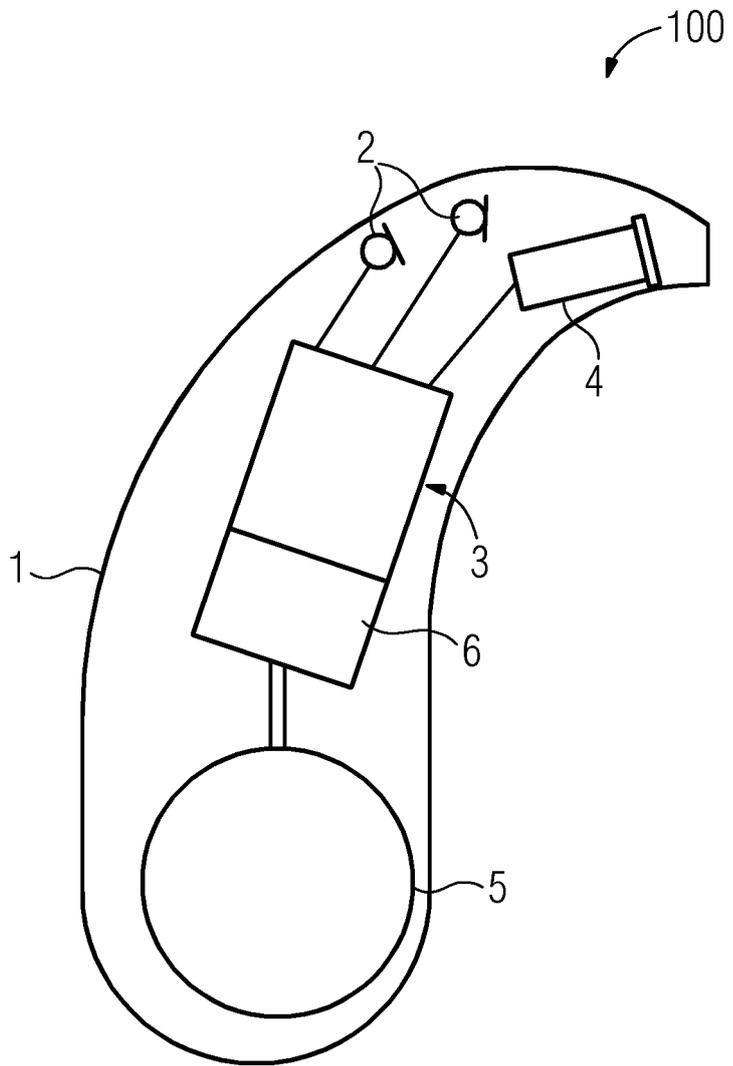


FIG 2

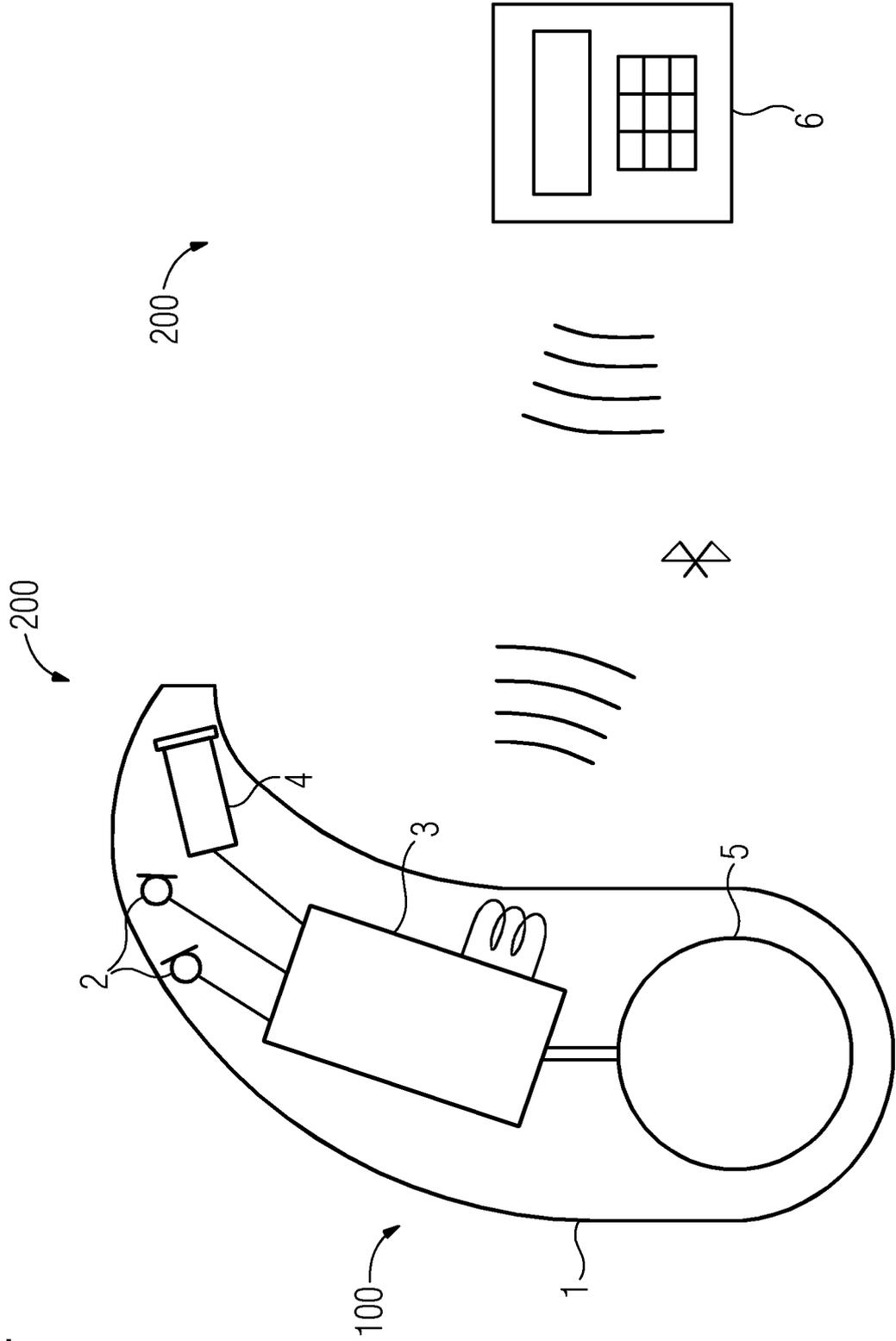
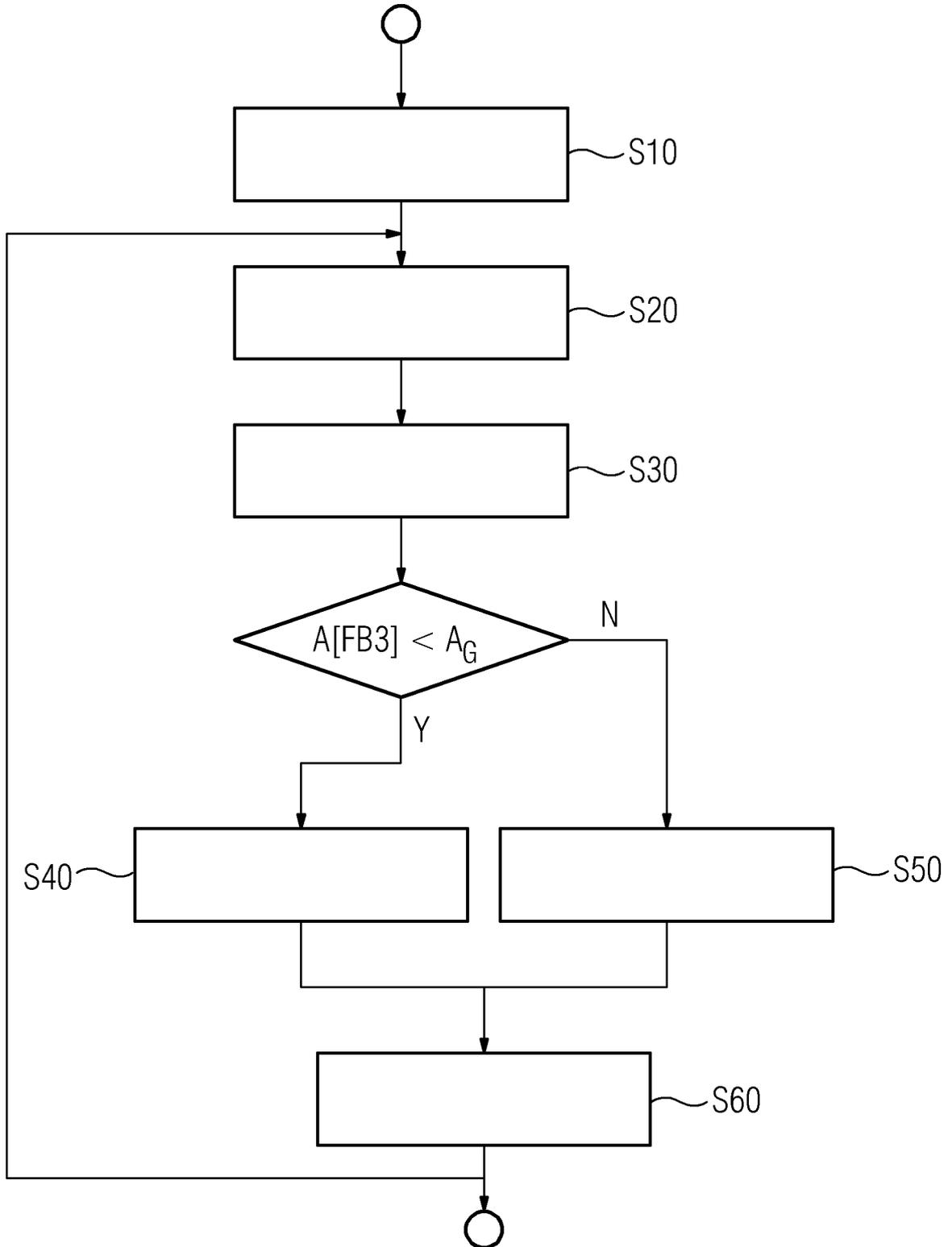


FIG 3



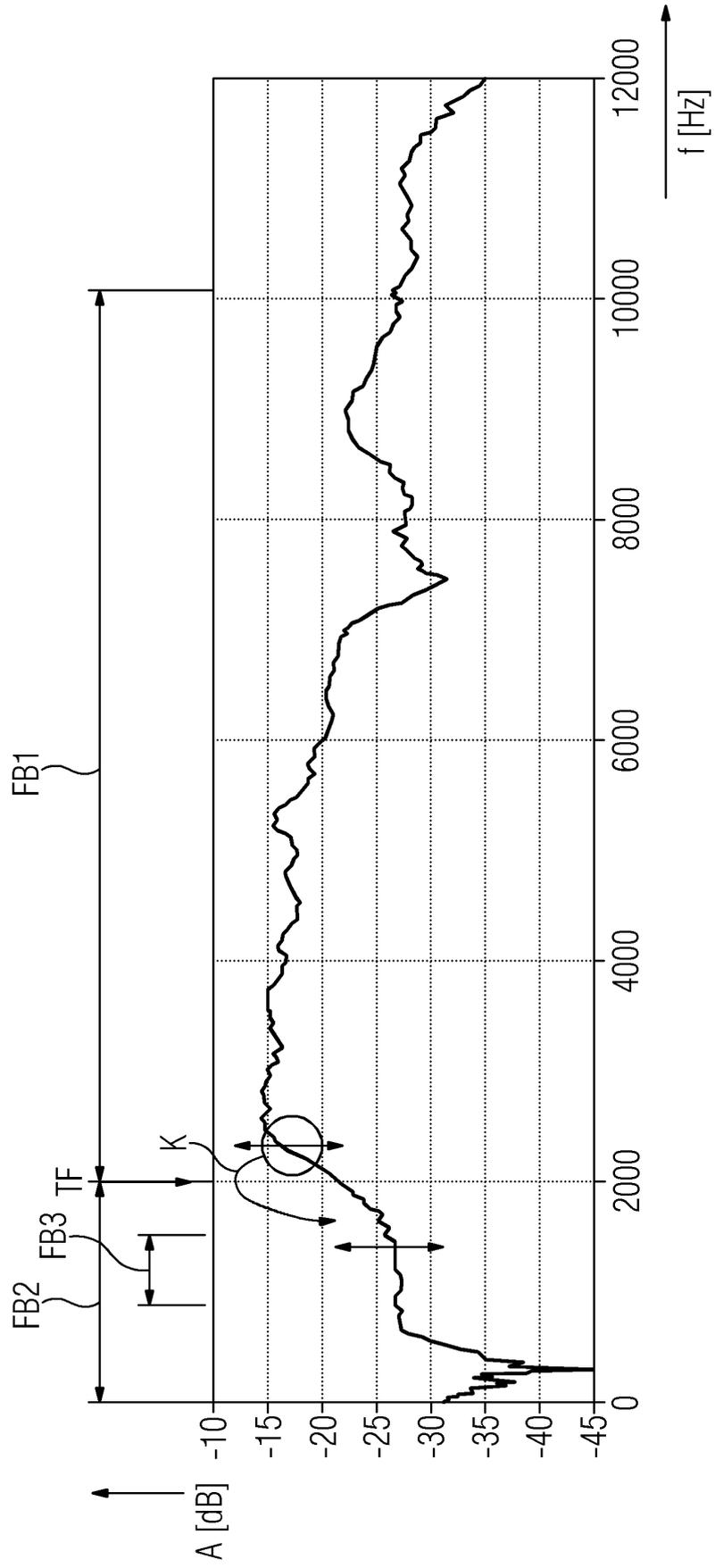
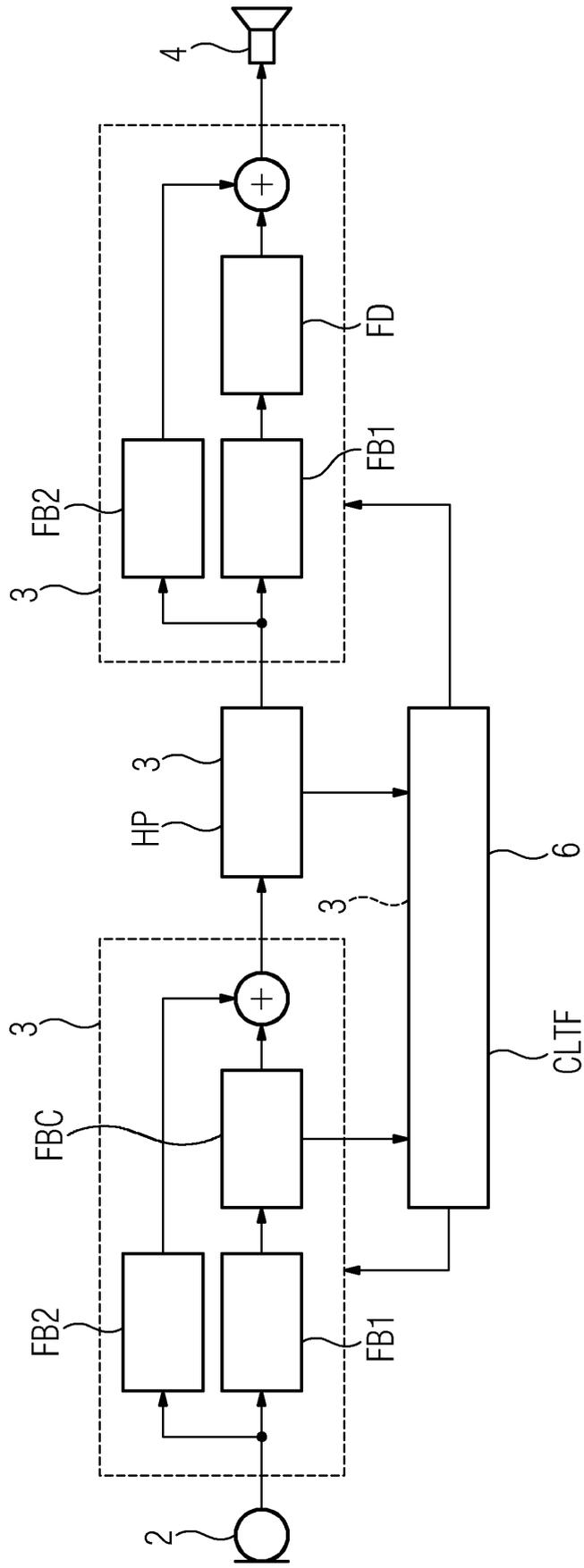
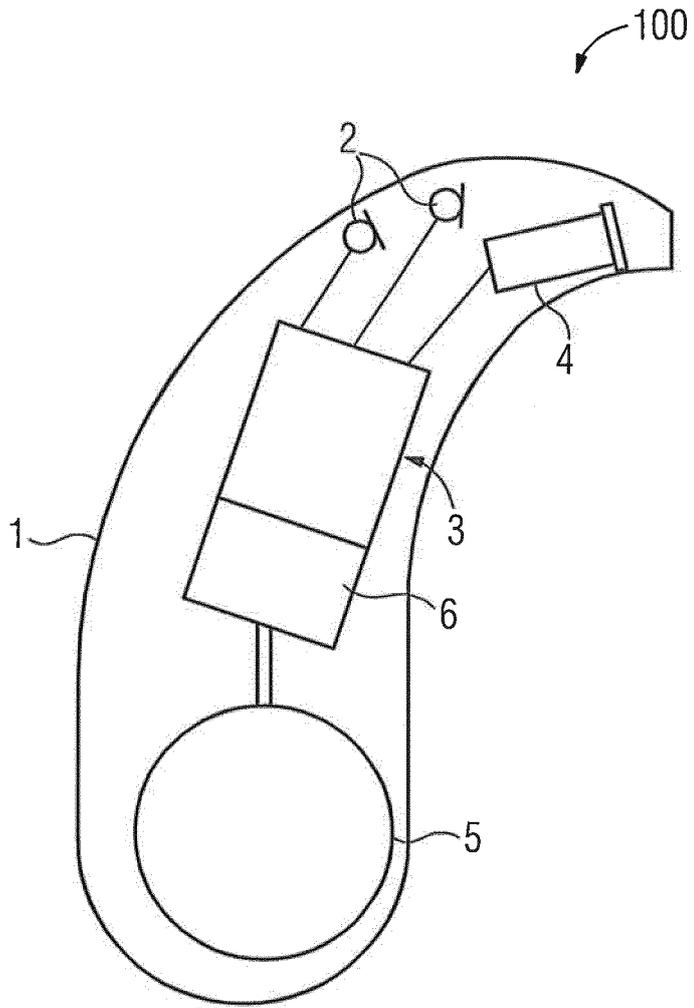


FIG 4

FIG 5





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]**
- EP 2003928 A1 **[0008]**
- WO 2008000842 A2 **[0009]**
- DE 3927765 A1 **[0010]**