



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.03.2004 Patentblatt 2004/12

(51) Int Cl.7: **H04R 25/00**

(21) Anmeldenummer: **03019877.4**

(22) Anmeldetag: **01.09.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder: **Weidner, Tom**
91056 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: **Berg, Peter, Dipl.-Ing. et al**
European Patent Attorney,
Siemens AG,
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

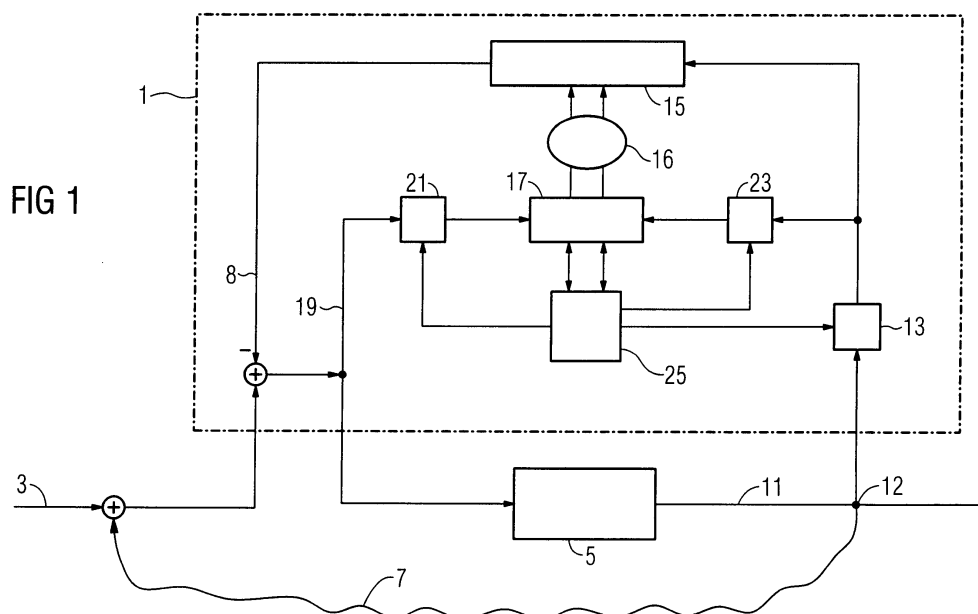
(30) Priorität: **13.09.2002 DE 10242700**

(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik**
GmbH
91058 Erlangen (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Rückkopplungskompensation in einem akustischen Verstärkungssystem, insbesondere in einem Hörnhelpsgerät**

(57) Die Erfindung betrifft einen Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) in einem akustischen Verstärkungssystem mit einem adaptiven Rückkopplungskompensationsfilter (15), der ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal (11) ein Kompensationssignal (8) erzeugt, mit einem oder mehreren Filtern (13, 21, 23), die den Frequenzbereich begrenzen, in dem das Kompensationssignal (8) erzeugt wird, wobei diese Filter in ihrer Filterfunktion während des Betriebs des Rück-

kopplungskompensators (1, 39, 65, 71) adaptierbar sind. Die Adaption erfolgt mit einer Analyse- und Steuereinheit (25), die den von Rückkopplung betroffenen Frequenzbereich überprüft und die Filterfunktionen der Filter (13, 21, 23) daran anpasst. Die Überprüfung erfolgt beispielsweise durch einen Vergleich der Filterfunktion des Rückkopplungskompensationsfilters (15) mit den Filterfunktionen der Filter (13, 21, 23) zur Begrenzung des Frequenzbereichs oder mithilfe eines Oszillationsdetektors (67).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rückkopplungskompensator in einem akustischen Verstärkungssystem zur Kompensation eines Rückkopplungssignals, das bei einer Verstärkung eines Eingangssignals aufgrund eines Rückkopplungspfads von einem verstärkten Ausgangssignal auf das Eingangssignal entsteht, mit einem adaptiven Rückkopplungskompensationsfilter, der ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal ein Kompensationssignal erzeugt, und mit einem ersten Filter, der den Frequenzbereich begrenzt, in dem das Kompensationssignal erzeugt wird.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Hörhilfsgerät mit einem solchen Rückkopplungskompensator.

[0003] Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Kompensation eines Rückkopplungssignals in einem akustischen System, wobei das Rückkopplungssignal bei einer Verstärkung eines Eingangssignals aufgrund eines Rückkopplungspfads von einem verstärkten Ausgangssignal auf das Eingangssignal entsteht, und wobei ein adaptiver Rückkopplungskompensationsfilter ein Kompensationssignal zur Nachbildung des Rückkopplungssignals ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal erzeugt. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Anwendung des Verfahrens in einem Hörhilfsgerät.

[0004] Bei Hörhilfsgeräten besteht allgemein das Problem einer unerwünschten akustischen Rückkopplung (Feedback) zwischen einem Hörwandler und einem Mikrofon. Ursache für Rückkopplung ist eine Amplitude rückgekoppelter Frequenzen im Eingangssignal, die jenseits der Stabilitätsgrenze liegt. Eine solche Rückkopplung kann Pfeifgeräusche oder andere Störungen verursachen und dadurch den Nutzen des Hörhilfsgerätes für den Hörhilfsgeräteträger erheblich verringern oder sogar auf Null reduzieren. Je nach den Eigenschaften des Hörhilfsgeräts und der Hörsituation kann eine Rückkopplung bei unterschiedlichen Frequenzen auftreten.

[0005] Mit Hilfe von adaptiven Rückkopplungskompensatoren der eingangs beschriebenen Art wird ein Kompensationssignal erzeugt, das vom Eingangssignal vor der Verstärkung subtrahiert wird und das derart beschaffen ist, dass eine Rückkopplung verursachende Frequenz auf eine Intensität reduziert wird, die unterhalb einer sogenannten Stabilitätsgrenze liegt.

[0006] Die Erzeugung des Rückkopplungskompensationswegs erfolgt mit dem adaptiven Rückkopplungskompensationsfilter, der meist ein sogenannter FIR-Filter (FIR: Finite Impulse Response) ist. Dieser erzeugt mittels einer Filterung des verstärkten Ausgangssignals das Kompensationssignal. Der Rückkopplungskompensationsfilter wird mit einer Adaptionseinheit eingestellt, die zum Beispiel anhand von Filterkoeffizienten des Rückkopplungskompensationsfilters versucht die Wirkung des Rückkopplungskompensationsfilters der-

art einzustellen, dass ein Fehlersignal, meist das Eingangssignal direkt vor seinem Eintritt in das Verstärkungssystem, auf kleinste Signalenergie minimiert wird. Für eine solche Optimierung werden das Fehlersignal und das Ausgangssignal von der Adaptionseinheit mittels einer LMS-Funktion (least mean square) verglichen. Die Adaption der Koeffizienten darf nicht zu schnell oder zu langsam erfolgen; sie wird charakterisiert durch die Adaptionsschrittweite, d.h. der Änderung der Koeffizienten, und durch die Geschwindigkeit, mit der neue Koeffizienten an den Rückkopplungskompensationsfilter übermittelt werden.

[0007] Beim Einsatz von Rückkopplungskompensationsfiltern kann es zu Artefakten und/oder ungewollten Verzerrungen des Eingangssignals kommen. So erzeugte Artefakte werden beispielsweise bei der Benutzung des Rückkopplungskompensators in einem Hörhilfsgerät von einem Hörhilfsgeräteträger wahrgenommen.

[0008] Verschiedene Rückkopplungskompensatoren sind zum Beispiel aus der WO 00/19605 bekannt. Dabei wird die Bandbreite des Kompensationssignals begrenzt, um Störungen aufgrund des Rückkopplungskompensationsfilters zu minimieren und auf den instabilen Frequenzbereich zu begrenzen. Die Begrenzung des Frequenzbereichs hat den Nachteil, dass sie mit einem den instabilen Frequenzbereich selektierenden Filter durchgeführt wird. Der Frequenzbereich der Rückkopplung kann sich aber während der Anwendung ändern, zum Beispiel aufgrund eines zusätzlich auftretenden Spalts zwischen einem Im-Ohr-Hörhilfsgerät und dem Ohrkanal des Hörhilfsgeräteträgers oder aufgrund sich ändernder äußerer akustischer Rahmenbedingungen wie dem Tragen eines Helms. Dies führt schnell zu einer zu breiten, zu engen oder gänzlich falschen Begrenzung des Frequenzbereichs mit einer entsprechend mangelhaften Funktion des Rückkopplungskompensators und damit des Hörhilfsgeräts.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Rückkopplungskompensator, ein Hörhilfsgerät mit einem Rückkopplungskompensator, ein Verfahren zur Kompensation eines Rückkopplungssignals in einem akustischen Verstärkungssystem und eine Anwendung eines solchen Verfahrens anzugeben, die eine wirksame und schnelle Rückkopplungskompensation mit hoher Klangqualität ermöglichen.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einem Rückkopplungskompensator der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der erste Filter in seiner Filterfunktion während des Betriebs des Rückkopplungskompensators adaptierbar ist. Dabei beschreibt die Filterfunktion eines Filters die Übertragungsfunktion, d.h. die Transmission des Filters bei einer vorgegebenen Frequenz. Sie bestimmt damit auch den Frequenzbereich, in dem der Filter wirkt. „In seiner Filterfunktion adaptierbar“ bedeutet im Sinne der Erfindung, dass die Filterfunktion aufgrund der Rückkopplungssituation veränderbar ist. Eine Adaptionfähigkeit des ersten Filters hat den Vorteil, dass

der erste Filter an den aktuell vorliegenden instabilen Frequenzbereich automatisch angepasst werden kann. Dadurch kann auch der Ablauf der Rückkopplungskompensation bezüglich des Frequenzbereichs automatisch optimiert werden, so dass die Rückkopplungskompensation sehr wirksam und schnell mit minimalen Artefakten im verstärkten Ausgangssignal durchgeführt werden kann.

[0011] Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Rückkopplungskompensator aufgrund eines Adaptionprozesses eine Lernfähigkeit hinsichtlich der Filterfunktion aufweisen kann. Dies erlaubt es, den ersten Filter anfangs auf eine auf Erfahrung oder Messung beruhende Grundeinstellung zu setzen. Kommt es während der Benutzung des Rückkopplungskompensationsfilters zu einer Rückkopplung bei einer anderen, vom Rückkopplungskompensator nicht abgedeckten Frequenz zu einer Rückkopplung, kann die Filterfunktion auf diesen Frequenzbereich erweitert werden. Ein solches lernfähiges System kann z.B. auch Tests durchführen, die überprüfen, ob der von der Filterfunktion erfasste Frequenzbereich zu breit eingestellt ist. Falls ja, kann der Frequenzbereich entsprechend reduziert werden. Dies bewirkt eine beschleunigte und an Artefakten ärmere Rückkopplungskompensation.

[0012] In einer Ausführungsform des Rückkopplungskompensators besteht der erste Filter aus mehreren Einzelfiltern. Diese ergeben gemeinsam die Filterfunktion des ersten Filters. Der Vorteil eines solchen modularen Filteraufbaus liegt in der vielfältigen Einstellmöglichkeit der Filterfunktion. Eine einfache Realisierung der Adaptierbarkeit des Frequenzbereichs des ersten Filters besteht dann darin durch Umschalten zwischen zwei oder mehreren Einzelfiltern an den Frequenzbereich der vorliegenden Rückkopplung zu adaptieren.

[0013] In einer anderen Ausführungsform des Rückkopplungskompensators ist die Filterfunktion des ersten Filters mittels einstellbarer Koeffizienten veränderbar. Dies hat den Vorteil, dass man mit einem einzigen einstellbaren Filter alle notwendigen Filterfunktionen realisieren kann.

[0014] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Rückkopplungskompensators ist das verstärkte Ausgangssignal über den ersten Filter mit dem Rückkopplungskompensationsfilter verbunden. Dies hat den Vorteil, dass sich der erste Filter primär auf den Rückkopplungskompensationspfad auswirkt.

[0015] In einer besonderen Ausführungsform weist der Rückkopplungskompensator eine Steuereinheit zur Adaption des ersten Filters auf. Eine solche Steuereinheit kann beispielsweise ein Umschalter zur Auswahl der Einzelfilter sein oder sie kann Mittel zur Einstellung von Filterkoeffizienten des ersten Filters aufweisen.

[0016] In einer anderen Ausführungsform weist der Rückkopplungskompensator eine Analyseeinheit zur Überprüfung der Rückkopplungskompensation auf. Eine solche Analyseeinheit kann beispielsweise die Parameter des adaptiven Rückkopplungskompensationsfil-

ters überprüfen und diese mit den Filterparametern des ersten Filters vergleichen. Aus einer guten Übereinstimmung der Filterfunktionen kann beispielsweise gefolgert werden, dass der erste Filter auf den Rückkopplungskompensationsfilter ideal angepasst ist. Eine schlechte Übereinstimmung der Filterfunktionen kann auf die Notwendigkeit eines weiteren Adaptionsschritts zur Anpassung der Filterfunktion des ersten Filters hinweisen.

[0017] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist die Analyseeinheit Mittel zum Vergleichen des Eingangssignals mit dem gefilterten Ausgangssignal auf. Durch einen solchen Vergleich kann herausgefunden werden, ob und in welchem Frequenzbereich Rückkopplung vorliegt. Der Frequenzbereich des ersten Filters kann dann angepasst werden.

[0018] In einer weiteren besonderen Ausführungsform des Rückkopplungskompensators umfasst die Analyseeinheit einen Oszillationsdetektor, der zur Messung von Rückkopplung im verstärkten Frequenzbereich eingesetzt wird. Der Vorteil in der Verwendung eines solchen Oszillationsdetektors liegt darin, dass eine kontinuierliche Überwachung hinsichtlich Rückkopplung möglich ist, und dass, falls Rückkopplung auftritt, auch sofort Information über den Frequenzbereich der Rückkopplung verfügbar ist. Ein weitere Vorteil liegt darin, dass in vielen Hörhilfsgeräten solche Oszillationsdetektoren schon implementiert sind.

[0019] In einer anderen Ausführungsform werden mit dem Rückkopplungskompensator Rückkopplungen unterdrückt, die über einen akustischen Rückkopplungspfad entstehen. Dabei versteht man unter dem akustischen Rückkopplungspfad sowohl die Übermittlung der Rückkopplung über Körperschall als auch über Luftschall. Der Körperschall kann beispielsweise durch geeignete Verstärkungen des Hörhilfsgerätgehäuses, d.h. durch bauliche Maßnahmen, verhindert werden. Im Gegensatz dazu ist der Luftschall im allgemeinen schwerer zu kontrollieren. Einerseits hängt er von der Anpassung eines Im-Ohr-Hörhilfsgeräts an die anatomischen Gegebenheiten ab und andererseits kann er sich beispielsweise aufgrund von Verformungen der Anatomie beim Kauen oder Gähnen oder aufgrund von Veränderungen im akustischen Umfeld ändern. Eine Ausnahme bildet Luftschall, der z.B. entlang der Belüftungsbohrung zu Rückkopplung führt. Da sich dieser Rückkopplungsweg nicht ändert kann er beispielsweise schon bei der Signalverarbeitung berücksichtigt werden.

[0020] In einer anderen Ausführungsform dient der Rückkopplungskompensator der Kompensation eines elektromagnetischen Rückkopplungspfads. Unter einem elektromagnetischen Rückkopplungspfad versteht man z.B. die Rückkopplung von der Lautsprecherspule auf die Telespule durch elektromagnetische Felder, die bei der Funktion des Lautsprechers emittiert und von der Telespule empfangen werden. Der Vorteil des Rückkopplungskompensators nach der Erfindung liegt in seiner Flexibilität gegenüber den möglichen Rückkopplungspfaden.

[0021] In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des Rückkopplungskompensators weist der adaptive Rückkopplungskompensationsfilter eine Adaptionseinheit auf, die z.B. zur Minimierung der Fehlersignalenergie mit dem als Fehlersignal fungierenden Eingangssignal verbunden ist. Um diese Verbindung auf den rückkopplungsrelevanten Frequenzbereich einzuschränken, ist es vorteilhaft einen zweiten Filter zwischenschalten. Dies hat den Vorteil, dass der Rückkopplungskompensationsfilter nur im Frequenzbereich, der von Rückkopplung betroffen ist, betrieben wird und dass so im nicht von Rückkopplung betroffenen Frequenzbereich auch keine Artefakte im verstärkten Ausgangssignal erzeugt werden.

[0022] In einer anderen Ausführungsform des Rückkopplungskompensators ist die Adaptionseinheit mit dem Ausgang des ersten Filters über einen dritten Filter verbunden. Dies hat den Vorteil, dass die Adaptionseinheit und der Rückkopplungskompensationsfilter mit unterschiedlich gefilterten Signalen betrieben werden können.

[0023] In einer Weiterbildung ist die Filterfunktion des dritten Filters zumindest im wesentlichen gleich der Filterfunktion des zweiten Filters. Dies hat den Vorteil, dass die beiden Signale, die von der Adaptionseinheit zur Adaption des Rückkopplungskompensationsfilters benötigt werden, im wesentlichen die gleichen Filter durchlaufen. Dies ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Adaption.

[0024] In einer besonders ausgezeichneten Ausführungsform des Rückkopplungskompensators sind neben dem ersten Filter auch der zweite und/oder der dritte Filter in ihrer Filterfunktion adaptierbare Filter. Auch diese adaptierbaren Filter können mit einer Steuereinheit, beispielsweise der gleichen wie für den ersten Filter, adaptiert werden. Die Adaption kann beispielsweise wieder über eine Umschaltung zwischen verschiedenen Filtern oder durch Einstellen der Filterkoeffizienten des zweiten und/oder dritten Filters erfolgen. Ein System, in dem alle drei Filter adaptierbar sind, hat den Vorteil der größtmöglichen Freiheit über die Filterfunktionen, die zu einer hochwertigen Rückkopplungskompensation benötigt werden. Das Zusammenwirken von in ihrer Filterfunktion veränderbaren Filtern, Steuereinheit und Analyseeinheit gewährleistet dabei immer den optimalen Einsatz der die Bandbreite begrenzenden Filter, so dass die optimale Funktion der Adaptionseinheit gewährleistet ist.

[0025] Die Aufgabe bezüglich eines Hörhilfsgeräts wird durch ein Hörhilfsgerät gelöst, das ein Rückkopplungskompensator der oben beschriebenen Art aufweist. Dabei kann die Erfindung bei allen bekannten Hörhilfsgeräte-Typen angewendet werden, beispielsweise bei hinter dem Ohr tragbaren Hörhilfsgeräten, in dem Ohr tragbaren Hörhilfsgeräten, implantierbaren Hörhilfsgeräten, Hörhilfsgerätesystemen oder Taschenhörhilfsgeräten. Der Vorteil der Lernfähigkeit des Rückkopplungskompensators überträgt sich dabei auf das

Hörhilfsgerät. So kann der Frequenzbereich im Auslieferungszustand des Geräts in seiner Voreinstellung besonders eng gewählt werden, um einen möglichst guten Klang zu gewährleisten. Erst nachdem Rückkopplungsprobleme auftreten, passt sich das Gerät selbst an die neuen akustischen Verhältnisse an. Eine vereinfachte Variante, um die Adaptivität des ersten Filters auszunutzen, besteht darin, mithilfe einer in-situ-Messung des Rückkopplungspfads den Frequenzbereich manuell oder automatisiert geeignet einzustellen.

[0026] Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zur Kompensation eines Rückkopplungssignals in einem akustischen System gelöst, wobei das Rückkopplungssignal bei einer Verstärkung eines Eingangssignals aufgrund eines Rückkopplungspfads von einem verstärkten Ausgangssignal auf das Eingangssignal entsteht, wobei ein adaptiver Rückkopplungskompensationsfilter zur Nachbildung des Rückkopplungspfads ein Kompensationssignal ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal erzeugt, und wobei der Frequenzbereich, in dem das Kompensationssignal erzeugt wird, während der Kompensation adaptiert wird.

[0027] In einer besonderen Ausführungsform des Verfahrens wird zur Frequenzbereichsadaption zwischen mehreren parallel vorhandenen Filtern oder Filtersätzen umgeschaltet. Der Frequenzbereich des Kompensationssignals wird dann durch die Filter bzw. Filtersätze, d.h. mehrere Filter, bestimmt.

[0028] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die Frequenzbereichsadaption mit einem in seiner Filterfunktion veränderbaren ersten Filter durchgeführt. Vorteilhaft kann dabei die Filterfunktion beispielsweise mittels Koeffizienten verändert werden. Dies ermöglicht die Einstellung des Frequenzbereichs mit einem einzigen Filter.

[0029] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird mittels Signalanalyse die Rückkopplungskompensation kontinuierlich überprüft. In einer Weiterbildung werden mittels einer Signalanalyse Parameter des adaptiven Rückkopplungskompensationsfilters mit dem Frequenzbereich, in dem die Rückkopplungspfadnachbildung stattfindet, verglichen. Dadurch erhält man wichtige Information darüber, ob der Frequenzbereich des Rückkopplungssignals mit dem Frequenzbereich, der vom Rückkopplungskompensationsfilter benötigt wird, übereinstimmt oder ob eine Adaption des Frequenzbereichs notwendig ist.

[0030] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird mittels einer Signalanalyse das Eingangssignal auf Rückkopplungssignaleanteile überprüft. Dazu wird beispielsweise das Eingangssignal auf Oszillationen untersucht, die einen Hinweis auf Rückkopplung geben.

[0031] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird ein mit einem zweiten Filter gefiltertes Fehlersignal mit dem Signal zur Nachbildung des Rückkopplungspfads während der Adaption verglichen. Dabei kann das Signal zur Nachbildung des Rückkopplungs-

pfads vor dem Vergleich mit einem dritten Filter gefiltert werden. Um ideale Ausgangsbedingungen für eine erfolgreiche Adaption zu schaffen, werden auch die Filterfunktionen des zweiten und/oder dritten Filters adaptiert. Dabei können beispielsweise die Filterfunktion des zweiten und/oder dritten Filters mittels eines Umschalters aus einer Auswahl von Einzelfiltern gewählt werden. Alternativ können zur Adaption des zweiten und/oder dritten Filters auch deren Filterfunktionen mittels Filterkoeffizienten eingestellt werden.

[0032] In einer besonders günstigen Weiterbildung werden alle drei Filter von der gleichen Steuereinheit angesteuert und in ihrem Frequenzbereich adaptiert.

[0033] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

[0034] Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht demnach in der Steuerung des oder der Filter, die die Frequenzselektion für das eigentliche Rückkopplungskompensationsfilter vornehmen. Wird der Frequenzbereich verändert, kann auch gleichzeitig die Adaptiongeschwindigkeit verändert werden, um z.B. eine schnellere Adaption auf den neuen Frequenzbereich zu bewirken. Dies kann auf verschiedene Weisen geschehen. Beispielsweise kann durch kontinuierliche Auswertung der Koeffizienten des Rückkopplungskompensationsfilters ermittelt werden, in welchem Frequenzbereich gerade das größte Rückkopplungsrisiko vorliegt. Wird nun erkannt, dass im Bereich der bisherigen Grenzfrequenz eine verstärkte Rückkopplungsneigung existiert, kann dem Rückkopplungskompensationsfilter nun mittels anderem Filterverhalten, anderen Koeffizienten oder einem anderen Filter ein erweiterter Frequenzbereich angeboten werden. Eine andere Möglichkeit bietet sich bei Vorhandensein eines Oszillationsdetektors an. Hier kann dieser die Frequenzbereiche außerhalb des Rückkopplungskompensationsbereichs überwachen. Entdeckt nun dieser Oszillationsdetektor eine Schwingung an den Flanken oder außerhalb des derzeit vom Rückkopplungskompensator verarbeiteten Frequenzbereichs, kann wiederum der Frequenzbereich des Kompensationssignals angepasst werden.

[0035] Im Rahmen der Erfindung liegt es auch noch, dass bei einem Hörhilfsgerät mit einem Rückkopplungskompensator, der eine adaptive Frequenzbereichselektion ermöglicht, veränderte auf die Situation angepasster Frequenzbereichseinstellungen abgespeichert werden. Dies kann zum einen dauerhaft oder auch nur vorübergehend stattfinden und gibt damit dem Hörhilfsgerät eine Art Gedächtnis an seine Parameter unter bestimmten Situationen. Die so abgespeicherten Frequenzbereichseinstellungen können bei der Anpassung an neue Rückkopplungsbedingungen als mögliche Grundeinstellung zur Adaption ausgewählt werden. Damit ist das Hörhilfsgerät quasi lernfähig und passt sich an die individuellen Rückkopplungsbedingungen des jeweiligen Hörhilfsgeräteträgers an.

[0036] Diese Lernfähigkeit erlaubt z.B. die Auswahl

eines deutlich eingeschränkten Frequenzbereichs im Auslieferungszustand des Hörhilfsgeräts. Dies minimiert die mögliche Artefakte und ermöglicht einen guten Klang, auch bei tonalen Eingangssignalen. Hat der Hörhilfsgeräteträger keine Rückkopplungsprobleme oder nur in dem sehr eingeschränkten Frequenzbereich der Grundeinstellung, so bleibt alles unverändert. Tritt dennoch einmal Feedback an anderer Stelle auf, so passt sich das Hörhilfsgerät an, erweitert oder verlagert den vom Rückkopplungskompensationsfilter abgedeckten Frequenzbereich und regelt die Rückkopplung aus. Das Hörhilfsgerät speichert diese Veränderung des Frequenzbereiches ab und benutzt die neuen Grenzfrequenzen als neue Voreinstellungen.

[0037] Es folgt die Erläuterung von vier Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Figuren 1 bis 7. Es zeigen:

FIG 1 einen schematischen Aufbau eines Rückkopplungskompensators, der mittels einer Analyse- und Steuereinheit die Koeffizienten der Filter, die zur Rückkopplungskompensation benötigt werden, einstellt,

FIG 2 eine Skizze zur Verdeutlichung der Wirkungsweise der Adaption der Filterfunktion mittels Koeffizienten,

FIG 3 einen schematischen Aufbau eines Rückkopplungskompensators ähnlich dem Rückkopplungskompensator in Figur 1, bei dem zur Adaption des Frequenzbereichs eine Analyse- und Steuereinheit einen Umschalter zum Auswählen verschiedener Filter ansteuert,

FIG 4 eine Skizze der Transmissionsbereiche eines Filtersatzes, aus dem genau ein Filter ausgewählt wird,

FIG 5 eine Skizze der Transmissionsbereiche eines Filtersatzes mit schmalbandigen Transmissionsbereichen,

FIG 6 einen schematischen Aufbau eines Rückkopplungskompensators ähnlich dem Rückkopplungskompensator in Figur 1, bei dem die Analyse- und Steuereinheit zusätzlich einen Oszillationsdetektor aufweist, der Rückkopplungssignalanteile im Eingangssignal detektiert, und

FIG 7 einen schematischen Aufbau eines Rückkopplungskompensators ähnlich den Rückkopplungskompensatoren in den Figuren 3 und 6, der sowohl einen Umschalter als auch einen Oszillationsdetektor umfasst.

[0038] Figur 1 zeigt einen schematischen Überblick über einen Rückkopplungskompensator 1, der eine

qualitativ gute Verstärkung eines akustischen Eingangssignals 3 mit einer Hörhilfsgerätsignalverarbeitung 5 auch ermöglicht, falls ein Rückkopplungspfad 7 vorliegt, dessen Frequenzbereich sich aufgrund variierender äußerer Bedingungen verändern kann. Der Rückkopplungspfad 7 wird beispielsweise durch den Durchmesser und durch die Lage der Ventilationslüftungsbohrung eines Im-Ohr-Hörhilfsgeräts sowie durch einen sich ändernden mangelhaften Abschluss des Im-Ohr-Hörhilfsgeräts mit dem Ohr bestimmt. Veränderungen des Rückkopplungspfads 7 treten auch auf, wenn sich das akustische Umfeld ändert, z.B. wenn ein Helm auf- oder abgesetzt wird.

[0039] Der Rückkopplungskompensator 1 ist dadurch ausgezeichnet, dass er den Frequenzbereich des Kompensationssignals 8 an den sich ändernden Frequenzbereich des Rückkopplungspfads 7 adaptieren kann. Dazu erzeugt der Rückkopplungskompensator 1 das Kompensationssignal 8 folgendermaßen. Ein kleiner Teil des Ausgangssignals 11 der Hörhilfsgerätsignalverarbeitung 5 wird an einem Knoten 12 für den Rückkopplungskompensator 1 abgetrennt. Dort wird es mit einem Filter 13 im Frequenzbereich eingeschränkt und einem FIR-Filter 15 zugeführt. Dieser erzeugt aus dem gefilterten Signal mittels seiner Filterfunktion das Kompensationssignal 8. Zur Rückkopplungskompensation wird das Kompensationssignal 8 vom Eingangssignal 3 subtrahiert, noch bevor dieses der Hörhilfsgerätsignalverarbeitung 5 zugeführt wurde.

[0040] Die Einstellung der Filterfunktion des FIR-Filters 15 erfolgt mittels Filterkoeffizienten 16, die von einer Adaptionseinheit 17 an den FIR-Filter 15 übermittelt werden. Zur Adaption vergleicht die Adaptionseinheit 17 ein Fehlersignal 19, das dem Eingangssignal 3 nach der Zusammenführung mit dem Kompensationssignal 8 entstammt, und das mit dem Filter 13 gefilterten Ausgangssignal 11. Beide Signale werden mit je einem Filter 21 bzw. 23 im Frequenzbereich weiter eingeschränkt. Durch Veränderung der Koeffizienten 16 des FIR-Filters 15 versucht die Adaptionseinheit 17 Rückkopplungen zu unterbinden. Als Steuergröße dient beispielsweise die auf das mit dem Filter 13 gefilterten Ausgangssignal 11 normierte Signalenergie des Fehlersignals 19. Die Koeffizienten 16 des FIR-Filters 15 werden so verändert, dass die Signalenergie des Fehlersignals 19 minimal, d.h. frei von Rückkopplung, ist.

[0041] Von entscheidender Bedeutung für die Anpassung des Frequenzbereichs des Kompensationssignals 8 an den sich ändernden Frequenzbereich des Rückkopplungspfads 7 ist es nun, dass die Filter 13, 21 und 23 in ihrer Filterfunktion adaptierbar sind. Die Adaption erfolgt über die Filterkoeffizienten der Filter, die von einer Analyse- und Steuereinheit 25 eingestellt werden. Die Analyse- und Steuereinheit 25 ist mit der Adaptionseinheit 17 zum Informationsaustausch über z.B. die Filterkoeffizienten 16 des FIR-Filters 15 verbunden. Ein Vergleich der Koeffizienten 16 mit den Koeffizienten- bzw. Filterfunktionen der drei Filter 13, 21 und 23 er-

möglicht es der Analyse- und Steuereinheit 25, die drei Filter 13, 21 und 23 derart in ihrer Filterfunktion nachzuregeln, dass sie sich optimal mit der Filterfunktion des FIR-Filters 15 überlagern. Die Analyse- und Steuereinheit 25 informiert dann die Adaptionseinheit 17 über die Adaptionsschrittweite und Adaptionsgeschwindigkeit, die am besten zu den durch die drei Filter 13, 21 und 23 eingestellten Frequenzbereichen passen.

[0042] Figur 2 verdeutlicht die Wirkungsweise der Adaption der Filterfunktion mittels Koeffizienten am Beispiel des Filters 13. Aufgetragen ist die Amplitude des Rückkopplungspfads 7 in Abhängigkeit von der Frequenz zum einen für den Fall von Rückkopplung in einem engen Frequenzbereich (Rückkopplungsamplitude 27) und zum anderen für den Fall einer Veränderung im akustischen Umfeld, die zu einem Rückkopplungsrisiko in einem größeren Frequenzbereich führt (Rückkopplungsamplitude 29). Für beide Fälle ist zusätzlich die Transmission des Filters 13 eingezeichnet. Die Transmissionskurve 31 für den ersten Fall ist um 2kHz zentriert. Die Transmission fällt zu niedrigeren Frequenzen entsprechend der Rückkopplungsamplitude stark ab, so dass nur oberhalb 1kHz Signalenergie zur Rückkopplungskompensation an den FIR-Filter 15 weitergeleitet wird. Im zweiten Fall sind aufgrund der Veränderungen im akustischen Umfeld Rückkopplungen auch im Frequenzbereich von 0,5kHz bis 1 kHz wahrscheinlich. Die Analyse- und Steuereinheit 25 des Rückkopplungskompensators 1 stellt daraufhin eine neue Filterfunktion für den Filter 13 ein (Transmissionskurve 33), die einen erheblich vergrößerten Frequenzbereich von ca. 0,5kHz bis zu 2,5kHz zum FIR-Filter 15 durchlässt. Zur Verdeutlichung des Rückkopplungsrisikos ist in Figur 2 zusätzlich die Stabilitätsgrenze 35 eingetragen.

[0043] Figur 3 zeigt einen schematischen Überblick über einen Rückkopplungskompensator 39, der im Wesentlichen im Aufbau und in seiner Funktionsweise mit dem Rückkopplungskompensator 1 in Figur 1 übereinstimmt. Der entscheidende Unterschied besteht in der Realisierung der Filter 13, 21 und 23 und in der Adaption ihrer Filterfunktionen zur Beschränkung des Frequenzbereichs der Rückkopplungskompensation.

[0044] Die Filter 13, 21 und 23 umfassen je einen Filtersatz 41, 43 und 45 und je einen Umschalter 47, 49 und 51. Die Filter der Filtersätze 41, 43 und 45 decken den für die Rückkopplung relevanten Frequenzbereich ab. Die Adaption der Filterfunktionen erfolgt durch Umschalten zwischen den verschiedenen Filtern der Filtersätze 41, 43 und 45 umzuschalten oder durch den kombinierten Einsatz einer Auswahl von Filter, um deren Wirkungsweise zu addieren. Die Umschalter 47, 49 und 51 werden von der Analyse- und Steuereinheit 25 angesteuert. Die Analyse- und Steuereinheit 25 vergleicht dazu wie in Figur 1 die verschiedenen Filterfunktionen mit den Koeffizienten des FIR-Filters 15 und adaptiert die Filterfunktionen der drei Filter 13, 21 und 23 bestmöglichst an die Filterfunktion des FIR-Filters 15. Das Rückkopplungskompensator 39 hat gegenüber dem

Rückkopplungskompensator 1 den Vorteil, dass die Realisierung der Filter 13, 21 und 23 mithilfe der Umschalter 47, 49 und 51 und den fest voreingestellten Filtern der Filtersätze 41, 43 und 45 einfacher, platz- und energiesparender ist. Allerdings hat es den Nachteil, dass die Filterfunktionen in ihrem Verlauf nicht so exakt angepasst werden können, wie es mit dem Rückkopplungskompensator 1 der Figur 1 möglich ist.

[0045] In Figur 4 ist eine mögliche Aufteilung des rückkopplungsrelevanten Frequenzbereichs zwischen 0.5kHz und 6kHz auf die Filter eines Filtersatzes am Beispiel der vier Filter 53, 55, 57 und 59 des Filtersatzes 41 gezeigt. Die Transmissionsbereiche der Filter 53, 55, 57 und 59 erstrecken sich ausgehend von unterschiedlichen unteren Grenzfrequenzen bis zur gemeinsamen Obergrenze von 6kHz. Zur Unterdrückung der Rückkopplungsamplitude 27 ist der Einsatz des Filters 57 ausreichend. Bei einem Wechsel zur Rückkopplungsamplitude 29 mit einem Rückkopplungsrisiko in einem breiteren Frequenzbereich erkennt die Analyse- und Steuereinheit 25 diese Verbreiterung und steuert den Umschalter 47 derart an, dass der Filter 53 zur Frequenzbegrenzung eingesetzt wird.

[0046] Figur 5 zeigt eine alternative Aufteilung des Frequenzbereichs mit den Filtern 53, 55, 57 und 59, die in diesem Fall schmalbandige Filter sind. Die Transmissionsbereiche der Filter 53, 55, 57 und 59 decken gemeinsam den für die Rückkopplung relevanten Frequenzbereich ab. Dabei überlappen die Transmissionsbereiche in den Randzonen. Die Rückkopplungsamplitude 27 ist durch den Einsatz der Filter 53 und 55 ausreichend kompensiert, während für die Rückkopplungsamplitude 29 alle vier Filter 53, 55, 57 und 59 vom Umschalter 47 gleichzeitig eingesetzt werden.

[0047] In Figur 6 wird ein Rückkopplungskompensator 65 dargestellt, dessen Funktionalität und Wirkungsweise im Wesentlichen wieder denen der Rückkopplungskompensatoren 1 und 39 der Figuren 1 und 3 entsprechen. Die Analyse- und Steuereinheit 25 weist zusätzlich einen Oszillationsdetektor 67 auf, der mit dem Eingangssignal nach der Zuführung des Kompensationssignals 8 verbunden ist. Der Oszillationsdetektor 67 untersucht das Eingangssignal 3 auf Oszillationen, die das Eingangssignal 3 dominieren und einen Hinweis auf ein Rückkopplungsrisiko außerhalb des abgedeckten Frequenzbereichs geben. Hat die Analyse- und Steuereinheit 25 mit Hilfe des Oszillationsdetektors 67 eine neue Rückkopplungsfrequenz erkannt, wird die Filterfunktion der Filter 13, 21 und 23 auf diesen neuen Frequenzbereich erweitert. Der Vorteil dieses Ausführungsbeispiels liegt darin, dass meist schon auf einen im Hörhilfsgerät vorhandenen Oszillationsdetektor zurückgegriffen werden kann. Dies vereinfacht die Realisierung des Rückkopplungskompensators 65.

[0048] In Figur 7 ist ein schematischer Aufbau eines weiteren Ausführungsbeispiels für einen Rückkopplungskompensator dargestellt. Der Rückkopplungskompensator 71 ergibt sich im Wesentlichen aus der

Kombination der Rückkopplungskompensatoren 39 aus Figur 3 und 65 aus Figur 6. Dieses besonders vorteilhafte Ausführungsbeispiel kombiniert insofern die einfach zu realisierende Umschaltvorrichtung zwischen verschiedenen Filtern und dem Einsatz eines meist schon vorhandenen Oszillationsdetektors zur Analyse der Rückkopplung. Auch hier kann mit Hilfe der Frequenzbereichsadaption der Filter 13, 21 und 23 die Qualität und Geschwindigkeit des Adaptionsprozesses zur Einstellung der Filterfunktion des FIR-Filters 15 erhöht werden.

Patentansprüche

1. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) in einem akustischen Verstärkungssystem zur Kompensation eines Rückkopplungssignals, das bei einer Verstärkung eines Eingangssignals (3) aufgrund eines Rückkopplungspfads (7) von einem verstärkten Ausgangssignal (11) auf das Eingangssignal (3) entsteht, mit einem adaptiven Rückkopplungskompensationsfilter (15), der ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal (11) ein Kompensationssignal (8) erzeugt, und mit einem ersten Filter (13), der den Frequenzbereich begrenzt, in dem das Kompensationssignal (8) erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Filter (13) in seiner Filterfunktion während des Betriebs des Rückkopplungskompensators (1, 39, 65, 71) adaptierbar ist.
2. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Filter (13) aus mehreren Einzelfiltern besteht, deren Filterfunktionen gemeinsam die Filterfunktion des ersten Filters (13) bestimmen.
3. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Adaption der Filterfunktion mindestens einer der Einzelfilter aus einer Auswahl von Einzelfiltern mit unterschiedlichen Filterfunktionen wählbar ist.
4. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kumulierte Filterfunktion aller Einzelfilter den zur Rückkopplung relevanten Frequenzbereich abdeckt.
5. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterfunktion des ersten Filters (13) mittels Koeffizienten veränderbar ist.

6. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das verstärkte Ausgangssignal über den ersten Filter (13) mit dem Rückkopplungskompensationsfilter (15) verbunden ist. 5
7. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Steuereinheit (25) zur Adaption des ersten Filters (13) vorhanden ist. 10
8. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (25) mit einem Umschalter (47) zur Auswahl der Einzelfilter verbunden ist. 15
9. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (25) Mittel zur Einstellung von Filterkoeffizienten aufweist. 20
10. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Analyseeinheit (25) zur Überprüfung der Rückkopplungskompensation vorhanden ist. 25
11. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Analyseeinheit (25) Mittel zur Überprüfung der Parameter des adaptiven Rückkopplungskompensationsfilters (15) aufweist. 30
12. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinheit (25) Mittel zum Vergleichen des Eingangssignals (3) mit Ausgangssignal (11) in Hinblick auf Rückkopplung aufweist. 35
13. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass die Analyseeinheit (25) einen Oszillationsdetektor (67) zur Messung von Rückkopplung im verstärkten Frequenzbereich umfasst. 40
14. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass der Rückkopplungspfad (7) ein akustischer Rückkopplungspfad ist. 45
15. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass der Rückkopplungspfad (7) ein elektromagnetischer Rückkopplungspfad ist. 50
16. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass der adaptive Rückkopplungskompensationsfilter (15) eine Adaptionseinheit (17) aufweist. 55
17. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Adaptionseinheit (17) zur Fehlersignalauswertung mit dem Eingangssignal (3) verbunden ist.
18. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung der Adaptionseinheit (17) mit dem Eingangssignal (3) einen zweiten Filter (21) aufweist.
19. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 16 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass die Adaptionseinheit (17) mit dem Ausgang des ersten Filters (13) verbunden ist.
20. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung der Adaptionseinheit (17) mit dem ersten Filter (13) einen dritten Filter (23) aufweist.
21. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterfunktion des dritten Filters (23) zumindest im wesentlichen gleich der Filterfunktion des zweiten Filters (21) ist.
22. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 18 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass der zweite und/oder der dritte Filter (21, 23) in ihrer Filterfunktion adaptierbare Filter sind.
23. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (25) Mittel zur Adaption des zweiten und/oder dritten Filters (21, 23) aufweist.
24. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (25) mit einem Umschalter (49, 51) zur Auswahl der Einzelfilter verbunden ist.
25. Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach Anspruch 23 oder 24,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (25) Mittel zur Einstellung von Filterkoeffizienten

aufweist.

26. Hörhilfsgerät mit einem Rückkopplungskompensator (1, 39, 65, 71) nach einem der Ansprüche 1 bis 25.

27. Verfahren zur Kompensation eines Rückkopplungssignals in einem akustischen System, wobei das Rückkopplungssignal bei einer Verstärkung eines Eingangssignals (3) aufgrund eines Rückkopplungspfads (7) von einem verstärkten Ausgangssignal (11) auf das Eingangssignal (3) entsteht, und wobei ein adaptiver Rückkopplungskompensationsfilter (15) zur Nachbildung des Rückkopplungssignals ein Kompensationssignal (8) ausgehend vom verstärkten Ausgangssignal (11) erzeugt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Frequenzbereich, in dem das Kompensationssignal (8) erzeugt wird, während der Kompensation adaptiert wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Frequenzbereichsadaption zwischen mehreren parallel vorhandenen Filtern oder Filtersätzen (41) umgeschaltet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenzbereichsadaption mit einem in seiner Filterfunktion veränderbaren ersten Filter (13) durchgeführt wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterfunktion des ersten Filters (13) mittels Koeffizienten verändert wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Signalanalyse die Rückkopplungskompensation überprüft wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Signalanalyse Parameter des adaptiven Rückkopplungskompensationsfilters (15) mit dem Frequenzbereich, in dem die Rückkopplungspfadnachbildung stattfindet, verglichen wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Frequenzbereichsadaption der Frequenzbereich des Rückkopplungskompensationsfilters (15) auf den Frequenzbereich, in dem die Rückkopplungspfadnachbildung stattfindet, abgestimmt wird.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Signalanalyse das Eingangssignal (3) auf Rückkopplungssignalanteile überprüft wird.

lungssignalanteile überprüft wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Signalanalyse zur Erkennung von Rückkopplung im verstärkten Frequenzbereich Oszillationen im Eingangssignal (3) detektiert werden und dass erkannte Rückkopplungen mithilfe der Frequenzbereichsadaption kompensiert werden.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 35, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Adaptionseinheit (17) der Rückkopplungskompensationsfilters (15) adaptiert wird.

37. Verfahren nach Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Adaptionseinheit (17) Koeffizienten (16) des Rückkopplungskompensationsfilters (15) eingestellt werden.

38. Verfahren nach Anspruch 36 oder 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Adaption ein mit einem zweiten Filter (21) gefiltertes Fehlersignal (19) mit dem Signal zur Nachbildung des Rückkopplungspfads verglichen wird.

39. Verfahren nach Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Signal zur Nachbildung des Rückkopplungspfads vor dem Vergleich mit einem dritten Filter (23) gefiltert wird.

40. Verfahren nach Anspruch 38 oder 39, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterfunktionen des zweiten und/oder dritten Filters (21, 23) adaptiert werden.

41. Verfahren nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Adaption die Filterfunktion des zweiten und/oder dritten Filters (21, 23) mittels eines Umschalters (49, 51) aus einer Auswahl von Einzelfiltern gewählt werden.

42. Verfahren nach Anspruch 40, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Adaption des zweiten und/oder dritten Filters (21, 23) ihre Filterfunktionen mittels Filterkoeffizienten eingestellt werden.

43. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 27 bis 42 in einem Hörhilfsgerät.

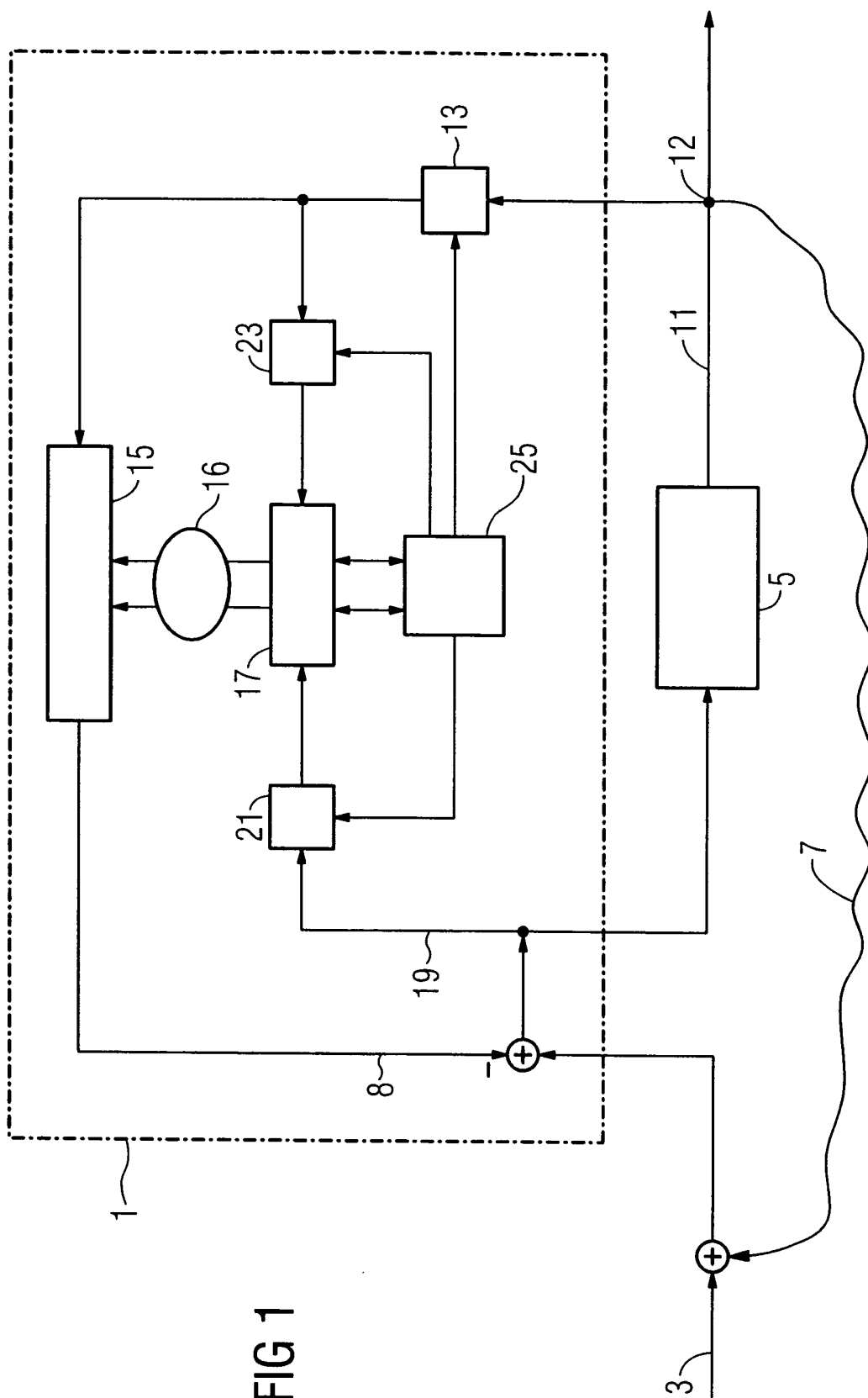


FIG 1

FIG 2

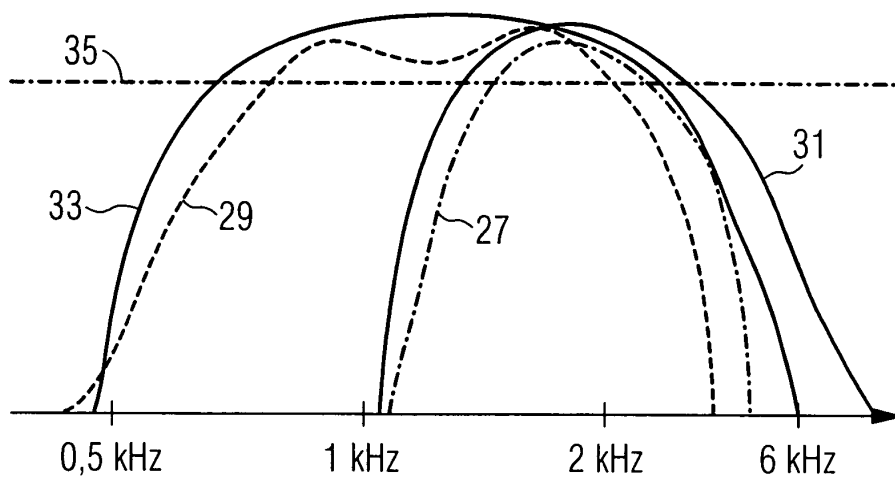


FIG 4

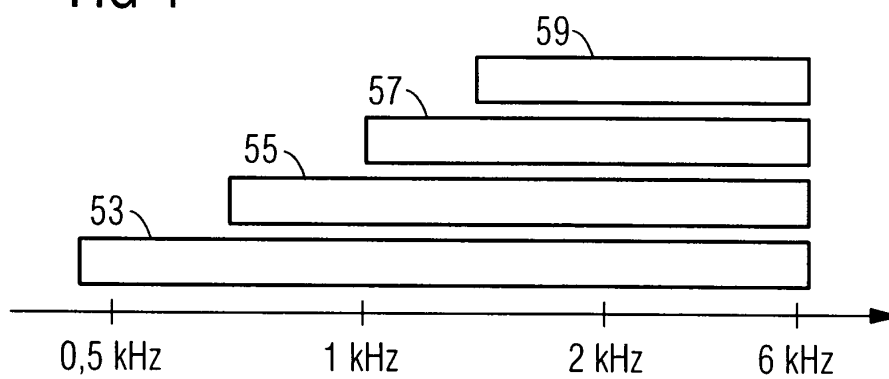


FIG 5

