



(11) **EP 2 373 063 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**20.06.2012 Patentblatt 2012/25**

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

(21) Anmeldenummer: **11154523.2**

(22) Anmeldetag: **15.02.2011**

(54) **Hörvorrichtung und Verfahren zum Einstellen derselben für einen rückkopplungsfreien Betrieb**

Hearing device and method for setting the same for acoustic feedback-free operation

Dispositif auditif et procédé de réglage de celui-ci pour un fonctionnement sans contre-réaction

(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**

(30) Priorität: **17.03.2010 DE 102010011729**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.10.2011 Patentblatt 2011/40**

(73) Patentinhaber: **Siemens Medical Instruments Pte. Ltd.**  
**Singapore 139959 (SG)**

(72) Erfinder:  
• **Arndt, Georg-Erwin**  
**90587 Obermichelbach (DE)**  
• **Hain, Jens**  
**91077 Kleinsendelbach (DE)**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**  
**Siemens Aktiengesellschaft**  
**Postfach 22 16 34**  
**80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2005/091675 WO-A1-2007/098808**  
**WO-A1-2007/113282**

**EP 2 373 063 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 Einstellen einer Hörvorrichtung, um einen rückkopplungs-  
verminderten Betrieb der Hörvorrichtung zu ermögli-  
chen. Die Erfindung betrifft auch eine Hörvorrichtung, bei  
welcher ein solcher rückkopplungsverminderter Betrieb  
ermöglicht werden kann. Bei der Hörvorrichtung ist dabei  
zumindest ein Richtparameter zum Festlegen einer  
Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung der Hörvor-  
richtung einstellbar. Unter dem Begriff Hörvorrichtung  
wird hier insbesondere ein Hörgerät verstanden. Darüber  
hinaus fallen unter den Begriff aber auch andere tragbare  
akustische Geräte wie Headsets, Kopfhörer und derglei-  
chen.

**[0002]** Hörgeräte sind tragbare Hörvorrichtungen, die  
zur Versorgung von Schwerhörenden dienen. Um den  
zahlreichen individuellen Bedürfnissen entgegenzukom-  
men, werden unterschiedliche Bauformen von Hörgerä-  
ten 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 beispiel-  
haft aufgeführten Hörgeräte werden am Außenohr oder  
im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem  
Markt aber auch Knochenleitungshörhilfen, implantier-  
bare oder vibrotaktile Hörhilfen zur Verfügung. Dabei er-  
folgt 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 Schallempfänger, 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. Knochen-  
leitungshörer, realisiert. Der Verstärker ist üblicherweise  
in eine Signalverarbeitungseinheit integriert. Dieser prin-  
zipielle Aufbau ist in FIG 1 am Beispiel eines Hinter-dem-  
Ohr-Hörgeräts dargestellt. In ein Hörgerätegehäuse 1  
zum Tragen hinter dem Ohr sind ein oder mehrere Mi-  
krofone 2 zur Aufnahme des Schalls aus der Umgebung  
eingebaut. Eine Signalverarbeitungseinheit 3, die eben-  
falls in das Hörgerätegehäuse 1 integriert ist, verarbeitet  
die Mikrofonsignale und verstärkt sie. Das Ausgangssi-  
gnal der Signalverarbeitungseinheit 3 wird an einen Laut-  
sprecher bzw. Hörer 4 übertragen, der ein akustisches  
Signal ausgibt. Der Schall wird gegebenenfalls über ei-  
nen Schallschlauch, der mit einer Otoplastik im Gehör-  
gang fixiert ist, zum Trommelfell des Geräteträgers über-  
tragen. Die Energieversorgung des Hörgeräts und ins-  
besondere die der Signalverarbeitungseinheit 3 erfolgt  
durch eine ebenfalls ins Hörgerätegehäuse 1 integrierte  
Batterie 5.

**[0004]** Bei einer Hörvorrichtung, insbesondere einem  
Hörgerät, kann es vorkommen, dass der von dem Hörer  
erzeugte Schall aus dem Gehörgang des Geräteträgers

heraus und zurück zu einem Mikrofon der Hörvorrichtung  
gelangt. Die möglichen Wege, auf denen der Schall dabei  
akustisch übertragen werden kann, bilden zusammen ei-  
nen akustischen Rückkopplungspfad von dem Hörer zu  
dem Mikrofon. Beispielsweise kann bei einem Ohrstück  
zum Fixieren eines Schallschlauchs in einem Gehörgang  
eine Durchgangsöffnung zum Belüften des Gehörgangs,  
ein sogenannter Vent, vorgesehen sein. Durch eine sol-  
che Öffnungen kann dann aber auch der Schall des Hö-  
rers aus dem Gehörgang austreten. Entsprechend kann  
sich also ein Rückkopplungspfad ergeben, der durch die-  
sen Vent führt. Ein Rückkopplungspfad kann auch durch  
Bereiche des Schädels des Geräteträgers führen, wenn  
diese Bereiche z.B. durch Schallwellen des Hörers zu  
Schwingungen angeregt werden und sich das Schallsi-  
gnal als Körperschall ausbreitet. Bei Knochenleithörhil-  
fen erzeugt bereits der Hörer einen Körperschall, der un-  
ter Umständen rückgekoppelt wird.

**[0005]** Wird das Schallsignal des Hörers von einem  
Mikrofon erfasst, so kann es in der Hörvorrichtung ver-  
stärkt und wieder vom Hörer abgestrahlt werden. In ei-  
nem solchen Fall bilden der akustische Rückkopplungs-  
pfad und die Signalverarbeitung des Hörgeräts zusam-  
men eine Rückkopplungsschleife. Im Zusammenhang  
mit der Darstellung der Erfindung wird die Übertragung  
eines Signals entlang einer Rückkopplungsschleife als  
Rückkopplungseffekt bezeichnet.

**[0006]** Der Rückkopplungseffekt ist dann kritisch,  
wenn sich bei der Rückkopplungsschleife insgesamt ei-  
ne Verstärkung des Signals ergibt, die größer als Eins  
ist. Wenn beispielsweise eine Otoplastik der Hörvorrich-  
tung nicht in der vorgesehenen Weise in den Gehörgang  
eingesetzt wurde, sodass ein Luftspalt zwischen der Oto-  
plastik und der Haut des Geräteträgers bleibt, kann sich  
ein Rückkopplungspfad ergeben, der hauptsächlich  
durch diesen Spalt führt. Eine Dämpfung des rückgekop-  
pelten Schalls ist dann besonders gering. Am Mikrofon  
weist der rückgekoppelte Schall eine entsprechend gro-  
ße Lautstärke auf. Wird das empfangene Mikrofonssi-  
gnal dann verstärkt und erneut durch den Hörer in einen Schall  
gewandelt, so kann dies dazu führen, dass der Hörer  
einen immer lauter werdenden Schall erzeugt. Eine  
Rückkopplungsschleife mit einer Verstärkung, die größer  
als Eins ist, kann eine Selbsterregung der Hörvorrichtung  
zur Folge haben, die zu einem Pfeifton führt, der im Zu-  
sammenhang mit der Darstellung der Erfindung als  
Feedback oder Rückkopplung bezeichnet wird. Ein sol-  
cher Pfeifton wird vom Geräteträger und von Personen  
in seiner Nähe in der Regel als störend empfunden.

**[0007]** Eine andere Art, um eine Hörvorrichtung und  
Bereiche in ihrer Umgebung, durch welche die Rück-  
kopplungspfade verlaufen, zu beschreiben, ergibt sich,  
wenn die Hörvorrichtung und ihre Umgebung zusammen  
als ein System betrachtet werden. Dieses System wird  
dann als instabil bezeichnet, wenn es durch einen aus  
einer Umgebung auf die Hörvorrichtung treffenden  
Schall zu einer Rückkopplung angeregt werden kann.  
Umgekehrt ist in einem stabilen System stets ein rück-

kopplungsverminderter Betrieb der Hörvorrichtung möglich. Eine mathematische Beschreibung eines solchen Systems wird hier als Gesamtübertragungsfunktion des Systems bezeichnet.

**[0008]** Die Wahrscheinlichkeit für eine Rückkopplung steigt insbesondere dann, wenn durch die Signalverarbeitungseinheit der Hörvorrichtung die Mikrofonsignale in einigen Frequenzbereichen sehr stark verstärkt werden, um einen Hörverlust des Geräteträgers zu kompensieren. Eine Verstärkung, durch welche eine Rückkopplung ausgelöst wird, heißt auch kritische Verstärkung.

**[0009]** Einen weiteren Einfluss auf das Entstehen einer Rückkopplung hat die Richtcharakteristik eines Mikrofons bzw. einer Mikrofonanordnung der Hörvorrichtung. Die Richtcharakteristik beschreibt, wie stark ein Schallsignal durch die Signalverarbeitung der Hörvorrichtung in Abhängigkeit davon gedämpft wird, aus welcher Richtung der Schall auf die Hörvorrichtung trifft. Er gibt es sich dabei, dass ein vom Hörer rückgekoppelter Schall aus einer Richtung auf die Mikrofone trifft, für welche sich gemäß der Richtcharakteristik eine besonders starke Dämpfung ergibt, so kann dies möglicherweise eine Rückkopplung verhindern. Gelangt dagegen ein rückgekoppelter Schall aus einer Richtung auf die Mikrofone, für welche sich gemäß der Richtcharakteristik eine besonders geringe Dämpfung ergibt, so kann dies eine Rückkopplung sogar begünstigen.

**[0010]** Bei einer Mikrofonanordnung aus mehreren Mikrofonen kann die Richtcharakteristik mittels eines Richtparameters einstellbar sein. Dann kann bei der Hörvorrichtung ermöglicht sein, dass der Wert des Richtparameters beispielsweise in Abhängigkeit von Umgebungsparametern gesteuert wird, sodass in unterschiedlichen Situationen, wie z.B. in einem Gespräch oder während eines Konzerts, jeweils eine Richtcharakteristik bereitgestellt wird, durch welche ein Geräteträger seine Umgebung besonders gut wahrnehmen kann.

**[0011]** Aus der Druckschrift DE 103 13 330 A1 ist ein Verfahren und ein Hörgerät mit einem Richtmikrofonensystem bekannt, welches mindestens zwei Mikrofone aufweist. Durch Gewichtung der Mikrofonsignale auch in verschiedenen Frequenzbändern wird eine richtungsabhängige Empfindlichkeit des Richtmikrofons bestimmt. Mit dem Verfahren kann so mindestens ein akustisches Störsignal wirksam unterdrückt werden.

**[0012]** Aus der Druckschrift DE 198 44 748.A1 geht ein Verfahren zum Bereitstellen einer Richtcharakteristik sowie ein Hörgerät hervor, welches eine hohe Störgeräuschunterdrückung unter sich laufend verändernden Hörsituationen aufweist. Durch Mischer und adaptive Korrekturereinheiten können unterschiedliche Richtcharakteristiken erzielt werden. Ferner können auch Gewichtssignale, die als Verstärkungswerte verrechnet werden, eine ausgeprägte Richtcharakteristik unterstützen.

**[0013]** Ferner wird in der Druckschrift DE 10 2005 019 149 B3 eine Hörhilfsvorrichtung beschrieben, die akustische und elektromagnetische Rückkopplungssignale mit

Hilfe einer adaptiven Kompensationseinrichtung kompensiert. Die Hörhilfseinrichtung weist dabei eine Gewichtungseinrichtung auf, mit der das Signal des Mikrofons und/oder des elektromagnetischen Empfängers gewichtet wird.

**[0014]** In dem Dokument WO 2005/091675 A1 ist ein Hörgerät beschrieben, welches sowohl eine Mehrmikrofonanordnung mit einer Verarbeitungseinheit zum Erzeugen einer Richtcharakteristik als auch eine Einheit für eine Rückkopplungsunterdrückung aufweist. Eine Schrittweite der Rückkopplungsunterdrückung wird bei dem Hörgerät immer dann verändert, wenn ein Richtparameter innerhalb eines mittleren Intervalls zwischen den beiden möglichen Extremwerten 0 und 1 liegt. Hierdurch soll einem möglichen Rückkopplungspfeifen vorgekommen werden. Die Einheit für die Rückkopplungsunterdrückung ist in der Lage, ein tatsächlich auftretendes Rückkopplungspfeifen mithilfe eines Ton-Detektors zu dämpfen. Dazu werden Parameter eines FIR-Filters der Rückkopplungsunterdrückungseinheit solange verändert, bis der Pfeifton verschwindet.

**[0015]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für eine Hörvorrichtung, bei welcher eine Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung von einem Wert eines Richtparameters abhängt, einen rückkopplungsverminderten Betrieb der Hörvorrichtung zu ermöglichen.

**[0016]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 6 sowie durch eine Hörvorrichtung gemäß Patentanspruch 7 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung sind durch die Unteransprüche gegeben.

**[0017]** Mittels der erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich eine Hörvorrichtung betreiben. Das erste dieser Verfahren betrifft dabei eine Hörvorrichtung mit einer Mikrofonanordnung, bei der ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung einstellbar ist. Solche einstellbaren Mikrofonanordnungen sind aus dem Stand der Technik in vielen Ausführungsformen prinzipiell bekannt.

**[0018]** Gemäß dem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Stabilitätsbedingung für einen rückkopplungsverminderten Betrieb der Hörvorrichtung vorgegeben. Eine solche Stabilitätsbedingung kann beispielsweise auf einer Berechnungsvorschrift beruhen, anhand welcher ermittelt werden kann, ob das System in dem oben beschriebenen Sinne stabil ist. Es wird dabei stets eine Stabilitätsbedingung vorgegeben, bei der es von dem Wert des Richtparameters abhängt, ob sie erfüllt ist oder nicht. Anhand der Stabilitätsbedingung werden dann gemäß dem Verfahren diejenigen Werte des Richtparameters ermittelt, für welche die Stabilitätsbedingung erfüllt ist. In einem weiteren Schritt werden dann die im Betrieb der Hörvorrichtung möglichen Werte für den Richtparameter auf die ermittelten Werte begrenzt. Mit anderen Worten werden solche Einstellungen der Richtcharakteristik verhindert, durch welche eine Rückkopp-

lung begünstigt ist. Dies wird durch das ausschließliche Zulassen der ermittelten Werte erreicht.

**[0019]** Welcher der zugelassenen Werte tatsächlich eingestellt wird, kann dabei durch ein anderes Verfahren bestimmt sein. Ein solches Verfahren kann zum Beispiel das bereits erwähnte Verfahren zum Optimieren der Richtcharakteristik in Abhängigkeit von Umgebungsparametern sein. Durch die Begrenzung auf die ermittelten Stabilitätswerte ist dabei dann stets in vorteilhafter Weise sichergestellt, dass der Betrieb der Hörvorrichtung rückkopplungsvermindert bleibt.

**[0020]** Eine Stabilitätsbedingung kann zum Beispiel sein, dass eine Gesamtverstärkung, welche sich bei einem Durchlauf einer Rückkopplungsschleife ergibt, kleiner als Eins ist. Die Gesamtverstärkung ist eine von der Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung abhängige Größe. Dass die Gesamtverstärkung kleiner als Eins ist, muss aber nicht immer die Bedingung für einen stabilen, also im Wesentlichen rückkopplungsfreien, Betrieb sein. Ist beispielsweise bei der Hörvorrichtung auch ein Algorithmus für eine Rückkopplungsunterdrückung bereitgestellt, so kann eine Stabilitätsbedingung darin bestehen, dass nur eine solche Rückkopplung verhindert wird, die durch den Algorithmus nicht mehr in einer für den Geräteträger akzeptablen Zeitdauer unterdrückt werden kann.

**[0021]** Als eine Stabilitätsbedingung kann aber auch vorgegeben werden, dass die Gesamtverstärkung der Rückkopplungsschleife signifikant kleiner als Eins sein muss. Dies kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn Änderungen in der Übertragungsfunktion zu erwarten sind und auch für solche geänderten Übertragungsfunktionen immer noch ein im Wesentlichen rückkopplungsfreier Betrieb gewährleistet sein soll. Ändern kann sich eine Übertragungsfunktion beispielsweise dadurch, dass die Hörvorrichtung an einem Ohr des Geräteträgers verrutscht.

**[0022]** Eine Stabilitätsbedingung kann schließlich auch das Kriterium umfassen, dass ein Messwert einer physikalischen Größe oder ein Wert eines Steuerparameters in einem entsprechend vorgegebenen Intervall liegt.

**[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Term eines Nenners einer Gesamtübertragungsfunktion vorgegeben, wobei der Term zumindest den Richtparameter und eine Übertragungsfunktion eines Rückkopplungspfads umfasst. Es werden diejenigen Werte für den Richtparameter ermittelt, für welche die Stabilitätsbedingung erfüllt ist, dass der Term ein vorbestimmtes Kriterium erfüllt. Durch den Term ist dabei bevorzugt eine Lage eines Pols der Gesamtübertragungsfunktion in der komplexen Zahlenebene bestimmt.

**[0024]** Besonders vorteilhaft ist dabei, dass die Gesamtübertragungsfunktion auch eine Übertragungsfunktion eines Rückkopplungspfads umfasst. Dadurch wird auch ein Einfluss einer Umgebung der Hörvorrichtung auf das Rückkopplungsverhalten berücksichtigt. Indem

die Gesamtübertragungsfunktion auch den Richtparameter selbst umfasst, ist in vorteilhafter Weise eine analytische Berechnung des Stabilitätswerts oder eines Intervalls von Stabilitätswerten möglich. Bevorzugt wird zu jedem Mikrofon eine entsprechende Übertragungsfunktion ermittelt.

**[0025]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird auch in vorteilhafter Weise weitergebildet, wenn die Werte in Abhängigkeit einer Frequenz eines Signals ermittelt werden. Dann können beispielsweise für einzelne Kanäle einer Filterbank unterschiedliche Stabilitätswerte bereitgestellt werden. Dadurch kann für jeden Kanal eine andere Stabilitätsbedingung vorgegeben werden, ohne dass zum Erfüllen einer Stabilitätsbedingung in einem Kanal eine Richtcharakteristik in einem anderen Kanal unnötig stark beschränkt werden muss.

**[0026]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Gesamtübertragungsfunktion als Quotient A/B gebildet, wobei  $A = [1 - \exp(-j\omega(\tau_e + \tau_i))]H_c$  und  $B = 1 - H_c [F_1(1 + a \exp(-j\omega\tau_i)) - F_2(a + \exp(-j\omega\tau_i))]$  gilt. Hierbei sind von der Gesamtübertragungsfunktion:

- eine Übertragungsfunktion  $F_1$  eines ersten Rückkopplungspfads und eine Übertragungsfunktion  $F_2$  eines zweiten Rückkopplungspfads,
- eine Verstärkungsfunktion  $H_c$  der Hörvorrichtung,
- eine Frequenz  $\omega$  eines Signals,
- eine Verzögerungszeit  $\tau_i$  und ein Gewichtungsfaktor  $a$  als der Richtparameter, durch welche beiden die Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung festgelegt ist, und
- eine Laufzeit  $\tau_e$  eines Schalls zwischen zwei Mikrofonen der Mikrofonanordnung umfasst. Die Laufzeit  $\tau_e$  ergibt sich als  $\tau_e = d/c \cdot \cos(\alpha)$ , wobei  $d$  ein Abstand der beiden Mikrofone und  $c$  die Schallgeschwindigkeit in Luft ist. Der Faktor  $\cos(\alpha)$  ist der Kosinus des Einfallswinkels  $\alpha$  des Schalls bezüglich der Hörvorrichtung. Die Verstärkungsfunktion  $H_c$  umfasst insbesondere einen Frequenzgang, durch welchen ein Hörverlust eines Geräteträgers ausgeglichen wird. Für die Frequenz des Umgebungssignals gilt:  $\omega = 2\pi f$ , wobei  $f$  eine Frequenz gemessen in Hertz ist. Auch die übrigen Größen in der Gesamtübertragungsfunktion können frequenzabhängig sein.

**[0027]** Durch die Gesamtübertragungsfunktion A/B ist erstmalig eine analytische Berechnung von Werten für einen stabilen Betrieb ermöglicht. Als Richtparameter ist hierbei bevorzugt der Gewichtungsfaktor  $a$  zu sehen. Die Weiterbildung des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens beruht auf der Erkenntnis, dass ein rückkopplungsverminderter bzw. im Wesentlichen rückkopplungsfreier Betrieb oftmals für ganze Intervalle  $a < a_0$  möglich ist. Entsprechend muss dann in vorteilhafter Weise lediglich die Grenze  $a_0$  des Intervalls ermittelt werden. Für jeden Wert aus diesem Intervall besteht dann die Sicherheit, dass ein rückkopplungsverminderter Betrieb möglich ist.

Durch eine genaue Berechnung von Werten für den Gewichtungsfaktor ist dabei in vorteilhafter Weise sichergestellt, dass eine vorbestimmte Stabilitätsbedingung eingehalten wird und dennoch der Gewichtungsfaktor nicht unnötig stark eingeschränkt wird.

**[0028]** Anhand der Gesamtübertragungsfunktion kann gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ermitteln der Werte überprüft werden, für welche Werte des Gewichtungsfaktors  $a$  ein Betrag eines Terms  $H_{cf}F_1(1+a \exp(-j \omega \tau_1))-F_2(a+\exp(-j \omega \tau_1))$  kleiner als ein Stabilitätsgrenzwert ist. Anhand des Terms kann auf einfache Weise ein Intervall von möglichen Stabilitätswerten für den Gewichtungsfaktor  $a$  berechnet werden.

**[0029]** Zusätzlich kann anhand des Terms ein Maß für eine Stärke des Rückkopplungseffekts bereitgestellt werden. Dieses Maß erlaubt es z.B. zu ermitteln, wie robust die Hörvorrichtung bei einem gegebenen Wert des Gewichtungsfaktors  $a$  gegen eine Rückkopplung ist. Eine Hörvorrichtung ist dabei umso robuster, je mehr sich die Übertragungsfunktion  $F_1$  und  $F_2$  und andere in dem Term enthaltene Größen verändern können, ohne dass es dadurch zu einer unvorhergesehenen Rückkopplung kommt. Als Stabilitätsgrenzwert wird bevorzugt der Wert Eins verwendet.

**[0030]** Das zweite erfindungsgemäße Verfahren betrifft den Betrieb einer Hörvorrichtung, bei der als ein erster Parameter ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung und als ein zweiter Parameter ein Steuerparameter zum Steuern einer Einrichtung zur Rückkopplungsunterdrückung einstellbar ist. Bei dem Verfahren wird ein Maß für einen Rückkopplungseffekt vorgegeben. Ein Beispiel für ein solches Maß sind die bereits beschriebene Gesamtübertragungsfunktion oder der obige mathematische Term. Anhand des Terms kann eine Stärke des Rückkopplungseffekts, z.B. die Rückkopplungsverstärkung, ermittelt werden. Anhand eines momentanen Werts des Richtparameters wird ein Wert für das Maß ermittelt. In Abhängigkeit von dem ermittelten Wert wird dann zumindest einer der Parameter eingestellt.

**[0031]** Als das Maß für den Rückkopplungseffekt wird ein Abstandsmaß zu einer Stabilitätsgrenze in Abhängigkeit von dem Richtparameter vorgegeben. Als Parameter wird eine Schrittweite für einen Anpassungsalgorithmus der Einheit zur Rückkopplungsunterdrückung eingestellt. Hierbei wird dann eine Anpassungsgeschwindigkeit des Anpassungsalgorithmus erhöht, falls die Hörvorrichtung nahe der Stabilitätsgrenze betrieben wird.

**[0032]** Zusätzlich oder alternativ zu dem Abstandsmaß wird als Maß für den Rückkopplungseffekt analysiert, ob eine Rückkopplung vorhanden ist, und beim Schritt des Einstellens der momentane Wert des Richtparameters solange verändert, bis ein Rückkopplungseffekt eine vorgegebene Schwelle unterschreitet. Eine solche Schwelle ist hierbei insbesondere dadurch bestimmt, dass für die Rückkopplungsschleife eine Verstär-

kung kleiner als Eins ist, so dass eine bestehende Rückkopplung selbständig abklingt.

**[0033]** Mit dem Verfahren können in vorteilhafter Weise zum Vermeiden oder Unterdrücken einer Rückkopplung die Richtcharakteristik bzw. die Rückkopplungsunterdrückung eingestellt werden. Aus dem Stand der Technik ist hierzu lediglich bekannt, die Verstärkung des Hörsignals zu reduzieren.

**[0034]** Der Anpassungsalgorithmus kann beispielsweise Bestandteil einer Einheit zur Rückkopplungsunterdrückung sein, wie sie bereits beschrieben wurde. Durch die Schrittweite ist dabei die Anpassungsgeschwindigkeit des Algorithmus gesteuert. Gemäß dem zweiten Verfahren wird die Anpassungsgeschwindigkeit erhöht, falls sich aus dem Wert des Richtparameters ergibt, dass die Hörvorrichtung nahe einer Stabilitätsgrenze betrieben wird. Durch Steuern der Schrittweite in Abhängigkeit von dem Wert für den Richtparameter ergibt sich der Vorteil, dass die Anpassungsgeschwindigkeit immer dann besonders hoch ist, wenn auch das Risiko für eine Rückkopplung groß ist.

**[0035]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Hörvorrichtung, bei der als ein erster Parameter ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung und als ein zweiter Parameter ein Steuerparameter zum Steuern einer Einrichtung zur Rückkopplungsunterdrückung einstellbar ist. Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung ist des Weiteren eine Steuerungseinrichtung bereitgestellt, die dazu ausgelegt ist, die Hörvorrichtung gemäß zumindest einem der beiden erfindungsgemäßen Verfahren oder einer der beschriebenen Weiterbildungen derselben zu betreiben.

**[0036]** Die erfindungsgemäße Hörvorrichtung ist somit in vorteilhafter Weise in der Lage, mittels der Steuerungseinrichtung selbständig einen rückkopplungsverminderten Betrieb sicherzustellen.

**[0037]** Bei einer Mikrofonanordnung kann eine Richtcharakteristik beispielsweise durch eine Überlagerung einer Kardiod-Richtcharakteristik und einer Anti-Kardiod-Richtcharakteristik ermöglicht sein. Dabei kann vorgesehen sein, dass ein Anteil der Anti-Kardiod-Richtcharakteristik an der Gesamtrichtcharakteristik der Mikrofonanordnung durch einen Gewichtungsfaktor  $a$  bestimmt ist. Dann ist die Gesamtrichtcharakteristik mittels des Gewichtungsfaktors  $a$  einstellbar.

**[0038]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dazu zeigt:

FIG 1 eine schematische Darstellung eines Aufbaus eines hinter-dem-Ohr-Hörgeräts ohne Schallschlauch und Ohrstück;

FIG 2 einen Signalflussgraphen zu einem System, welches eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung umfasst; und

FIG 3 ein Blockschaltbild zur prinzipiellen Funktionsweise einer Ausführungsform einer erfindungs-

gemäßigen Hörvor- richtung.

**[0039]** Die Beispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dar.

**[0040]** In FIG 2 ist ein Hörgerät 12 mit einer Mikrofonanordnung 14 aus zwei Mikrofonen 16, 18 gezeigt. Das Hörgerät 12 kann z.B. ein Hinter-dem-Ohr-Hörgerät sein, von dem sich ein in FIG 2 nicht weiter dargestelltes Gehäuse mit der Mikrofonanordnung 14 hinter einem Ohr eines Geräteträgers befindet.

**[0041]** Das Hörgerät 12 kann beispielsweise auch einen Schallschlauch und eine Otoplastik umfassen. Die Otoplastik kann dabei in einem Gehörgang des Geräteträgers eingesetzt sein. Durch einen Hörer 20 des Hörgeräts 12 wird ein Schall erzeugt, welcher durch den Schallschlauch und die Otoplastik in den Gehörgang geleitet wird. Anstelle einer Otoplastik kann auch eine andere Art von Ohrstück vorgesehen sein.

**[0042]** Eine das Hörgerät 12 umgebende Luft und das Ohr des Geräteträgers bilden eine Umgebung des Hörgeräts 12, welche zusammen mit dem Hörgerät 12 ein System 10 bilden, in welchem es zu einer Rückkopplung kommen kann. Durch die Umgebung sind Rückkopplungspfade 22, 24 gebildet, über welche ein Schall Y des Hörers 20 zu der Mikrofonanordnung 14 gelangen kann. Die Rückkopplungspfade 22, 24 umfassen beispielsweise einen akustischen Ausbreitungspfad, welcher durch eine Lüftungsöffnung der Otoplastik führt. Bei einer Ausbreitung des Schallsignals Y entlang des Rückkopplungspfads 22 wird das Schallsignal Y gemäß einer Übertragungsfunktion  $F_1$  verändert, die in FIG 2 mit dem Bezugszeichen 26 bezeichnet ist. Für den Rückkopplungspfad 24 ergibt sich eine Übertragungsfunktion  $F_2$ , die in FIG 2 mit dem Bezugszeichen 28 bezeichnet ist.

**[0043]** Durch das Mikrofon 16 wird ein Schall X einer Schallquelle empfangen, die sich in einer Nähe des Geräteträgers befindet. Der Schall X trifft mit einer Zeitverzögerung  $\tau_e$  auch auf das Mikrofon 18. Die Zeitverzögerung  $\tau_e$  hängt dabei von einem Abstand d der Mikrofone 16, 18 und von einem Winkel  $\alpha$  zwischen der Ausbreitungsrichtung des Schalls X und einer Achse der Mikrofonanordnung 14 in der beschriebenen Weise ab. Der Schall X und der über die Rückkopplungspfade 22, 24 gelangte Schall Y überlagern sich an den Mikrofonen 16, 18. Dies ist in FIG 2 durch Summensymbole 30, 30' angedeutet.

**[0044]** Das Hörgerät 12 weist eine Einrichtung 32 zum Erzeugen einer Richtwirkung der Mikrofonanordnung 14 auf. Die Mikrofone 16 und 18 selbst können dabei jeweils eine omnidirektionale Richtwirkung aufweisen, d.h. jedes einzelne der Mikrofone 16, 18 erfasst einen Schall in diesem Fall ungerichtet. Die Einrichtung 32 umfasst Verzögerungselemente 34, durch welche ein Mikrofonensignal um eine Verzögerungszeit  $\tau_i$  verzögert werden kann. Eine solche Verzögerung kann beispielsweise durch Verändern einer Phase einer spektralen Komponente des Mikrofonensignals bewirkt werden. Zu der Einrichtung 32 gehören auch Summierer 36, 38, 40, durch welche je-

weils zwei Signale überlagert, d.h. addiert werden können. Dabei wird bei den Summierern 36, 38 eines der Eingangssignale vor der Überlagerung invertiert. Dies ist in FIG 2 durch ein Minuszeichen angedeutet. Die Einheit 32 umfasst des Weiteren einen Multiplizierer 42, durch welchen ein Signal mit einem Gewichtungsfaktor a gewichtet, d.h. multipliziert werden kann.

**[0045]** Durch die Einrichtung 32 sind ein Kardioid-Zweig 44 und ein Anti-Kardioid-Zweig 46 als Signalpfade bereitgestellt. Bei einem Signal, welches über den Kardioid-Zweig 44 zu dem Summierer 40 gelangt, sind Signalanteile gemäß einer Kardioid-Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung 14 gedämpft. Über den Anti-Kardioid-Zweig 46 gelangt ein Signal zu dem Summierer 40, bei welchem Signalanteile gemäß einer Anti-Kardioid-Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung 14 gedämpft sind. Ein Anteil des Signals des Zweigs 46 an einem Summensignal am Ausgang 48 der Einheit 32 wird durch den Gewichtungsfaktor a bestimmt. Der Gewichtungsfaktor a ist ein Richtparameter der Einrichtung 32.

**[0046]** Der Ausgang 48 der Einheit 32 ist mit einem Verstärker 50 des Hörgeräts 12 gekoppelt. Durch den Verstärker 50 kann ein Signal in Abhängigkeit von einer Hörkurve des Geräteträgers zum Ausgleichen eines Hörverlusts verstärkt werden.

**[0047]** Ein Signalpfad bestehend aus dem Rückkopplungspfad 22 und dem elektrischen Pfad vom Mikrofon 16 hin zum Hörer 20 bildet eine erste Rückkopplungsschleife. Der Rückkopplungspfad 24 und der elektrische Signalpfad vom Mikrofon 18 zum Hörer 20 bilden zusammen eine zweite Rückkopplungsschleife. Über die beiden Rückkopplungsschleifen ergibt sich ein Rückkopplungseffekt. Von einer Verstärkung entlang der Rückkopplungsschleifen hängt ab, ob ein Signal zu einer Rückkopplung in dem bereits beschriebenen Sinne, d.h. einem hörbaren Pfeifen, führt.

**[0048]** Für das in FIG 2 gezeigte System 10 aus dem Hörgerät 12 und seiner Umgebung ergibt sich eine Gesamtübertragungsfunktion  $Y/X = A/B$ , wobei A bzw. B in der bereits beschriebenen Weise definiert sind. In Zusammenhang mit den Größen A und B sei noch erwähnt, dass  $\exp()$  die Exponentialfunktion ist und j die imaginäre Einheit, für die gilt:  $j^2 = -1$ .

**[0049]** Anhand der Gesamtübertragungsfunktion  $Y/X$  kann eine Stabilitätsgrenze des Systems 10 in Abhängigkeit von Werten für die Übertragungsfunktionen  $F_1$  und  $F_2$  berechnet werden. Eine Stabilitätsbedingung für das System 10 ist, dass der Betrag des Terms  $H_{cl}F_1(1 + a \exp(-j \omega \tau_i) - F_2(a + \exp(-j \omega \tau_i)))$  kleiner oder gleich 1 ist. Dann erzeugt der Schall X keine Rückkopplung. Das heißt, ein über die Rückkopplungspfade 22 und 24 zu der Mikrofonanordnung 14 gelangender Schall Y des Hörers 20 erzeugt zwar einen Rückkopplungseffekt, so dass durch ihn wieder ein Mikrofonensignal in dem Hörgerät 12 hervorgerufen werden kann, das erneut prozessiert wird. Das Signal wird dabei aber stets entlang der Rückkopplungsschleife so weit abgeschwächt, dass es im Laufe der Zeit selbstständig abklingt.

**[0050]** Ergibt sich für den Term dagegen ein Wert größer als Eins, weil beispielsweise der Gewichtungsfaktor  $a$  zu groß gewählt wurde, so kann dies zu einer Rückkopplung, d.h. einem hörbaren Pfeifen, führen.

**[0051]** Von dem angegebenen Term können auch Teile einzeln untersucht werden. Der Faktor  $C_1 = H_c (1 + a \exp(-j \omega \tau_1))$  für  $F_1$  und der Faktor  $C_2 = H_c (a + \exp(-j \omega \tau_1))$  für  $F_2$  kann beispielsweise jeweils daraufhin untersucht werden, ob er größer oder kleiner 1 ist. Ist wenigstens einer dieser Faktoren größer 1, so ist die Stabilitätsgrenze bei dem System 10 früher erreicht als bei einem System mit einem einzelnen, omnidirektionalen Mikrofon. Wenn die beiden Übertragungsfunktionen  $F_1$  und  $F_2$  der Rückkopplungspfade 22 und 24 ähnlich sind, haben dabei natürlich beide eine signifikante Auswirkung auf die Stabilitätsgrenze.

**[0052]** Sind die Summanden  $C_1$  und  $C_2$  dagegen kleiner als 1, so ist das System 10 stabiler als ein System mit einem einzelnen omnidirektionalen Mikrofon. Dann ist eine größere Verstärkung des Signals durch den Verstärker 50 möglich als bei einem Hörgerät mit einem einzelnen Mikrofon. Beide Summanden  $C_1$  und  $C_2$  hängen von dem Gewichtungsfaktor  $a$  für den Anti-Kardiod-Zweig 46 und von der Frequenz  $\omega$  ab. Abhängig von dem Gewichtungsfaktor  $a$  ist der kritische Verstärkungswert größer als bei einem Hörgerät mit nur einem einzigen, omnidirektionalen Mikrofon. In einem solchen Fall kann durch das Hörgerät 12 eine entsprechend größere Verstärkung bereitgestellt werden, ohne dass dabei eine Rückkopplung ausgelöst wird.

**[0053]** Durch die Gesamtübertragungsfunktion ist eine Berechnung eines maximalen Gewichtungsfaktors  $a$  für den Anti-Kardiod-Zweig 46 möglich, bis zu welchem ein im Wesentlichen rückkopplungsfreier Betrieb des Hörgeräts 12 möglich ist. Diese Berechnung erfordert eine Messung der Übertragungsfunktionen  $F_1$  und  $F_2$  der Rückkopplungspfade 22, 24. Übertragungsfunktionen  $F_1$  und  $F_2$  und weitere Übertragungsfunktionen für die einzelnen Rückkopplungspfade können beispielweise dadurch ermittelt werden, dass ein Geräteträger eine für ihn bestimmte Hörvorrichtung in der vorgesehenen Weise trägt und Testmessungen, beispielsweise durch einen Hörgeräteakustiker, durchgeführt werden. Anhand der so ermittelten Übertragungsfunktionen der Rückkopplungspfade kann dann z.B. ein Intervall  $a < a_0$  von Werten ermittelt werden, für die sich ein rückkopplungsverminderter Betrieb ergibt.

**[0054]** Im Betrieb kann der Gewichtungsfaktor  $a$  kann dann auf den maximalen Wert  $a_0$  begrenzt werden, d.h. auf die obere Grenze des ermittelten Intervalls. Ein Geräteträger nimmt eine solche Begrenzung dann als verringerte Direktivität in solchen Situationen wahr, in welchen eine Rückkopplung zu erwarten ist.

**[0055]** Durch Berechnen eines Abstandes des Gewichtungsfaktors  $a$  zu dem maximal zulässigen Wert  $a_0$  lässt sich auch ein Algorithmus zur Rückkopplungsunterdrückung steuern. Ist der Gewichtungsfaktor  $a$  zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einen Wert nahe dem ma-

ximal zulässigen Wert  $a_0$  eingestellt, kann bereits eine verhältnismäßig kleine Änderung des Gewichtungsfaktors  $a$  zu einem instabilen System führen. Genauso kann die Instabilität durch eine geringfügige Veränderung der Übertragungsfunktionen  $F_1$  oder  $F_2$  verursacht werden. Befindet sich das System 10 nahe an einer solchen Stabilitätsgrenze, so kann eine Anpassungsgeschwindigkeit des Algorithmus zur Rückkopplungsunterdrückung erhöht werden. Kommt es dann tatsächlich zu einer Rückkopplung, wird diese durch den Algorithmus besonders schnell unterdrückt.

**[0056]** Bei einem Algorithmus zur Rückkopplungsunterdrückung kann auch eine Erkennung oder Detektion für eine Rückkopplung bereitgestellt sein. Auf Grundlage einer solchen Erkennung kann eine adaptive Begrenzung des Gewichtungsfaktors  $a$  ermöglicht werden. Wird eine Rückkopplung erkannt, so kann eine Grenze für den Gewichtungsfaktor  $a$  reduziert werden. Dadurch wird dann auch der momentane Wert des Gewichtungsfaktors  $a$  selbst soweit reduziert, bis das System wieder stabil ist. Dann klingt die Rückkopplung selbstständig ab. Wird anschließend für eine vorbestimmte Zeitdauer keine erneute Rückkopplung erkannt, kann die Grenze für den Gewichtungsfaktor  $a$  wieder angehoben werden. Bei einer solchen adaptiven Begrenzung lässt sich dabei durch Vorgeben entsprechender Zeitkonstanten sicherstellen, dass keine zyklische Wiederholung von Rückkopplungen verursacht wird. Durch die adaptive Anpassung des Gewichtungsfaktors  $a$  für den Anti-Kardiod-Zweig 46 mithilfe des Algorithmus für die Rückkopplungsunterdrückung ergibt sich der Vorteil, dass ein Hörgerät auch bei einer Veränderung der Umgebung stets einen entsprechend maximal möglichen Wert für den Gewichtungsfaktor  $a$  zulässt.

**[0057]** Ein besonderer Aspekt der Erfindung ist die Möglichkeit, eine Stabilitätsgrenze für ein System auf Grundlage des Richtparameters  $a$  und der Übertragungsfunktionen  $F_1$ ,  $F_2$  für Rückkopplungspfade mathematisch zu bestimmen. Dadurch ist eine Begrenzung des Gewichtungsfaktors  $a$  ermöglicht, so dass stets ein stabiles System gewährleistet ist. Dabei sind auch die beispielsweise durch eine Hörkurve eines Geräteträgers vorgegebene Verstärkung der Mikrofonsignale berücksichtigt.

**[0058]** In Verbindung mit einem Algorithmus für eine Rückkopplungsunterdrückung ergeben sich des Weiteren Möglichkeiten, die Begrenzung adaptiv während eines Betriebs der Hörvorrichtung anzupassen, wenn ein Schall kritisch verstärkt wird. Indem Kerben der Richtcharakteristik in entsprechender Weise ausgerichtet werden, lässt sich auch eine besonders hohe Verstärkung, wie sie für Hörgeräte mit lediglich einem einzelnen, omnidirektionalen Mikrofon möglich ist, auch für ein Hörgerät mit Richtwirkung erreichen. Eine Kerbe einer Richtcharakteristik ist dabei eine solche Erfassungsrichtung, für welche sich eine vergleichsweise starke Dämpfung ergibt.

**[0059]** In FIG 3 sind eine Steuerungseinrichtung 52,

eine Richtmikrofoneinrichtung 54 und eine Einrichtung zur Unterdrückung einer Rückkopplung, d.h. eine Rückkopplungsunterdrückung 56, gezeigt. Die drei Einrichtungen 52, 54, 56 können als Programme auf einem Signalverarbeitungsprozessor einer Hörvorrichtung bereitgestellt sein. Durch die Richtmikrofoneinrichtung 54 können Signale einer Mikrofonanordnung beispielsweise in der in Zusammenhang mit der Einrichtung 32 erläuterten Weise verarbeitet werden, um eine Richtcharakteristik für die Mikrofonanordnung zu erzeugen. Die Rückkopplungsunterdrückung 56 kann beispielsweise dazu ausgelegt sein, Übertragungsfunktionen von Rückkopplungspfaden zu schätzen, um anhand der geschätzten Übertragungsfunktionen ein Kompensationssignal zu erzeugen, mit dem sich ein Signal einer akustischen Rückkopplung dämpfen lässt.

**[0060]** Die Richtmikrofoneinrichtung 54 und die Rückkopplungsunterdrückung 56 sind jeweils mit der Steuerungseinrichtung 52 gekoppelt. Durch die Steuerungseinrichtung 52 ist ein Richtparameter der Richtmikrofoneinrichtung 54 einstellbar. Des Weiteren ist eine Schrittweite für einen Anpassungsalgorithmus der Rückkopplungsunterdrückung 56 durch die Steuerungseinrichtung 52 einstellbar. Umgekehrt können auch momentane Werte dieser Parameter aus der Richtmikrofoneinrichtung 54 und der Rückkopplungsunterdrückung 56 ausgelesen werden. Zusätzlich können auch die geschätzten Übertragungsfunktionen für die Rückkopplungspfade aus der Rückkopplungsunterdrückung 56 ausgelesen werden.

**[0061]** Die Steuerungseinrichtung 52 ist dazu ausgelegt, anhand dieser Werte den Richtparameter bzw. die Schrittweite in der in Zusammenhang mit FIG 2 beschriebenen Weise zu steuern. Damit ist es bei der Hörvorrichtung möglich, zum Vorbeugen oder Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung die Richtmikrofoneinrichtung 54 und/oder die Rückkopplungsunterdrückung 56 entsprechend zu steuern. Es kann insbesondere ermöglicht werden, die Richtcharakteristik gemäß den Bedürfnissen eines Trägers der Hörvorrichtung flexibel einzustellen und dabei zum Unterdrücken einer eventuellen Rückkopplung die Schrittweite des Anpassungsalgorithmus der Rückkopplungsunterdrückung 56 entsprechend zu steuern. Genauso lässt es sich aber auch ermöglichen, eine Rückkopplung wirkungsvoll zu vermeiden bzw. eine aufgetretene Rückkopplung zu unterdrücken, indem die Richtcharakteristik durch eine entsprechende Steuerung der Richtmikrofoneinrichtung 54 eingestellt wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung (12), bei der ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung (14) der Hörvorrichtung (12) einstellbar ist, mit den Schritten:

- Vorgeben einer Stabilitätsbedingung für einen rückkopplungsverminderten Betrieb der Hörvorrichtung (12) in Abhängigkeit von dem Richtparameter;
- Ermitteln derjenigen Werte des Richtparameters, für welche die Stabilitätsbedingung erfüllt ist;
- Begrenzen der möglichen Werte für den Richtparameter im Betrieb der Hörvorrichtung auf die ermittelten Werte.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Term eines Nenners einer Gesamtübertragungsfunktion vorgegeben wird und hierbei der Term zumindest den Richtparameter (a) und eine Übertragungsfunktion (26, 28) eines Rückkopplungspfads (22, 24) umfasst, und wobei diejenigen Werte für den Richtparameter (a) ermittelt werden, für welche als Stabilitätsbedingung erfüllt ist, dass der Term ein vorbestimmtes Kriterium erfüllt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Werte in Abhängigkeit von einer Frequenz eines Signals ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei welchem die Gesamtübertragungsfunktion als Quotient A/B gebildet ist, wobei  $A=[1-\exp(-j \omega (\tau_e+\tau_i))] H_c$  und  $B=1-H_c[F_1(1+a \exp(-j \omega \tau_i))-F_2(a+\exp(-j \omega \tau_i))]$  gilt, und hierdurch

- eine Übertragungsfunktion  $F_1$  eines ersten Rückkopplungspfads und eine Übertragungsfunktion  $F_2$  eines zweiten Rückkopplungspfads,
- eine Verstärkungsfunktion  $H_c$  der Hörvorrichtung,
- eine Frequenz  $\omega$  eines Signals,
- eine Verzögerungszeit  $\tau_i$  und ein Gewichtungsfaktor a als der Richtparameter, durch welche beiden die Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung festgelegt ist, und
- eine Laufzeit  $\tau_e$  eines Schalls zwischen zwei Mikrofonen der Mikrofonanordnung umfasst ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zum Ermitteln der Werte für den Gewichtungsfaktor a überprüft wird, ob ein Betrag des Terms  $H_c[F_1(1+a \exp(-j \omega \tau_i))-F_2(a+\exp(-j \omega \tau_i))]$  kleiner als ein Stabilitätsgrenzwert, insbesondere kleiner als Eins, ist.

6. Verfahren zum Betreiben einer Hörvorrichtung (12), bei der als ein erster Parameter ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung (14) und als ein zweiter Parameter ein Steuerparameter zum Steuern einer Einrichtung

(56) zur Rückkopplungsunterdrückung einstellbar ist,  
mit den Schritten:

- Vorgeben eines Maßes für einen Rückkopplungseffekt; 5
- Ermitteln eines Werts für das Maß anhand eines momentanen Werts des Richtparameters;
- Einstellen zumindest eines der Parameter in Abhängigkeit von dem ermittelten Wert, 10

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) als** das Maß für den Rückkopplungseffekt ein Abstandsmaß zu einer Stabilitätsgrenze in Abhängigkeit von dem Richtparameter vorgegeben wird und als Parameter eine Schrittweite für einen Anpassungsalgorithmus der Einheit zur Rückkopplungsunterdrückung eingestellt wird und hierbei eine Anpassungsgeschwindigkeit des Anpassungsalgorithmus erhöht wird, falls die Hörvorrichtung nahe der Stabilitätsgrenze betrieben wird, **und/oder**
- b) als** Maß für den Rückkopplungseffekt analysiert wird, ob eine Rückkopplung vorhanden ist, und beim Schritt des Einstellens der momentane Wert des Richtparameters solange verändert wird, bis ein Rückkopplungseffekt eine vorgegebene Schwelle unterschreitet. 30

7. Hörvorrichtung (12), mit einer Mikrofonanordnung und einer Einrichtung (56) zur Rückkopplungsunterdrückung, wobei als ein erster Parameter ein Richtparameter zum Festlegen einer Richtcharakteristik einer Mikrofonanordnung (14) und als ein zweiter Parameter ein Steuerparameter zum Steuern der Einrichtung (56) zur Rückkopplungsunterdrückung einstellbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Steuereinrichtung (52), die dazu ausgelegt ist, die Hörvorrichtung gemäß einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu betreiben. 40
8. Hörvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung (14) durch eine Überlagerung einer Kardioid-Richtcharakteristik (44) und einer Anti-Kardioid-Richtcharakteristik (46) erzeugbar ist und durch den Richtparameter ein Anteil der Anti-Kardioid-Richtcharakteristik (46) bestimmt ist. 50

#### Claims 55

1. Method for operating a hearing device (12), in which a directional parameter for fixing a directional char-

acteristic of a microphone array (14) of the hearing device (12) can be set, comprising the steps of:

- prescribing a stability condition, depending on the directional parameter, for feedback-reduced operation of the hearing device (12);
- establishing those values of the directional parameter that satisfy the stability condition;
- restricting the possible values for the directional parameter during operation of the hearing device to the established values.

2. Method according to Claim 1, wherein a term of a denominator of an overall transfer function is prescribed and, here, the term comprises at least the directional parameter (a) and a transfer function (26, 28) of a feedback path (22, 24), and wherein those values for the directional parameter (a) are established that satisfy as a stability condition that the term satisfies a predetermined criterion.
3. Method according to Claim 1 or 2, wherein the values are established as a function of a frequency of a signal.
4. Method according to one of Claims 2 or 3, in which the overall transfer function is formed as a fraction  $A/B$ , with  $A = [1 - \exp(-j\omega(\tau_e + \tau_i))] H_c$  and  $B = 1 - H_c [F_1(1 + a \exp(-j\omega\tau_i)) - F_2(a + \exp(-j\omega\tau_i))]$ , and this comprising:
- a transfer function  $F_1$  of a first feedback path and a transfer function  $F_2$  of a second feedback path,
  - a gain function  $H_c$  of the hearing device,
  - a frequency  $\omega$  of a signal,
  - a delay time  $\tau_i$  and a weighting factor  $a$  as the directional parameter, by means of which two factors the directional characteristic of the microphone array is fixed, and
  - a run time  $\tau_e$  of sound between two microphones of the microphone array.
5. Method according to one of the preceding claims, wherein, in order to establish the values for the weighting factor  $a$ , a check is carried out as to whether a value of the term  $H_c [F_1(1 + a \exp(-j\omega\tau_i)) - F_2(a + \exp(-j\omega\tau_i))]$  is less than a stability threshold, more particularly whether it is less than one.
6. Method for operating a hearing device (12), in which a directional parameter for fixing a directional characteristic of a microphone array (14) can be set as a first parameter and a control parameter for controlling an apparatus (56) for the purpose of feedback suppression can be set as a second parameter,

comprising the steps of:

- prescribing a measure for a feedback effect;
- establishing a value for the measure on the basis of a current value of the directional parameter;
- setting at least one of the parameters as a function of the established value,

**characterized in that**

a) a distance measure from a stability threshold, dependent on the directional parameter, is prescribed as a measure for the feedback effect and an increment for an adaptation algorithm of the unit for the purpose of feedback suppression is set as parameter and, here, an adaptation speed of the adaptation algorithm is increased if the hearing device is operated in the vicinity of the stability threshold, and/or

b) as a measure for the feedback effect, there is analysis relating to whether there is feedback and, in the step of setting, the current value of the directional parameter is changed until a feedback effect drops below a prescribed threshold.

7. Hearing device (12), with a microphone array and an apparatus (56) for the purpose of feedback suppression, wherein a directional parameter for fixing a directional characteristic of a microphone array (14) can be set as a first parameter and a control parameter for controlling the apparatus (56) for the purpose of feedback suppression can be set as a second parameter,

**characterized by**

a control apparatus (52) that is designed to operate the hearing device as per a method according to one of the preceding claims.

8. Hearing device according to Claim 7, wherein the directional characteristic of the microphone array (14) can be generated by a superposition of a cardioid directional characteristic (44) and an anti-cardioid directional characteristic (46) and an anti-cardioid directional characteristic (46) component is determined by the directional parameter.

## Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une prothèse ( 12 ) auditive, dans laquelle un paramètre directionnel est réglable pour la fixation d'une caractéristique directionnelle d'un agencement ( 14 ) de microphone de la prothèse ( 12 ) auditive, comprenant les stades dans lesquels :

- on prescrit une condition de stabilité pour un fonctionnement à réaction diminuée de la prothèse ( 12 ) auditive en fonction du paramètre directionnel ;
- on détermine les valeurs du paramètre directionnel pour lesquelles la condition de stabilité est satisfaite ;
- on limite les valeurs possibles du paramètre directionnel en fonctionnement de la prothèse auditive aux valeurs déterminées.

2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel on prescrit un terme d'un dénominateur d'une fonction globale de transfert et à cet effet le terme comprend au moins le paramètre ( a ) directionnel et une fonction ( 26, 28 ) de transfert d'un trajet ( 22, 24 ) de réaction, et dans lequel on détermine les valeurs du paramètre ( a ) directionnel pour lesquelles il est satisfait, comme condition de stabilité, que le terme satisfait un critère déterminé à l'avance.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel on détermine les valeurs en fonction d'une fréquence d'un signal.

4. Procédé suivant l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel on forme la fonction globale de transfert sous la forme d'un quotient A/B dans lequel  $A = [1 - \exp(-j\omega(\tau_e + \tau_i))]H_c$  et  $B = 1 - H_c[F_1(1 + a \exp(-j\omega\tau_i)) - F_2(a + \exp(-j\omega\tau_i))]$  et ainsi

- une fonction  $F_1$  de transfert d'un premier trajet de réaction et une fonction  $F_2$  de transfert d'un deuxième trajet de réaction,
- une fonction  $H_c$  d'amplification de la prothèse auditive,
- une fréquence  $\omega$  d'un signal,
- un temps  $\tau_i$  de temporisation et un facteur a de pondération comme les paramètres directionnels par lesquels la caractéristique directionnelle de l'agencement de microphone est fixée, et
- un temps  $\tau_e$  de parcours d'un son entre deux microphones de l'agencement de microphone.

5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel, pour la détermination des valeurs du facteur a de pondération, on contrôle si une valeur absolue du terme  $H_c[F_1(1 + a \exp(-j\omega\tau_i)) - F_2(a + \exp(-j\omega\tau_i))]$  est plus petite qu'une valeur limite de stabilité, notamment plus petite que un.

6. Procédé pour faire fonctionner une prothèse ( 12 ) auditive dans laquelle on peut régler, comme premier paramètre, un paramètre directionnel pour la fixation d'une caractéristique directionnelle d'un agencement ( 14 ) de microphone et, comme

deuxième paramètre, un paramètre de commande pour la commande d'un dispositif ( 56 ) de suppression de la réaction, comprenant les stades dans lesquels :

- on prescrit une mesure pour un effet de réaction ;
- on détermine une valeur de la mesure au moyen d'une valeur instantanée du paramètre directionnel ;
- on règle au moins l'un des paramètres en fonction de la valeur déterminée,

**caractérisé en ce que**

- a) on prescrit comme mesure de l'effet de réaction une mesure d'écart à une limite de stabilité en fonction du paramètre directionnel, et on règle comme paramètre un pas de progression d'un algorithme d'adaptation de l'unité de suppression de la réaction et on augmente ainsi une vitesse d'adaptation de l'algorithme d'adaptation si la prothèse auditive fonctionne près de la limite de stabilité et/ou
- b) on analyse comme mesure de l'effet de réaction s'il y a une réaction, et au stade du réglage, on modifie la valeur instantanée du paramètre directionnel jusqu'à ce qu'un effet de réaction devienne inférieur à un seuil prescrit.

7. Prothèse ( 12 ) auditive comprenant un agencement de microphone et un dispositif ( 56 ) de suppression d'une réaction, dans laquelle sont réglables, comme premier paramètre, un paramètre directionnel pour la fixation d'une caractéristique directionnelle d'un agencement ( 14 ) de microphone et, comme deuxième paramètre, un paramètre de commande pour la commande du dispositif ( 56 ) de suppression d'une réaction, **caractérisée par** un dispositif ( 52 ) de commande, qui est conçu pour faire fonctionner la prothèse auditive suivant un procédé suivant l'une des revendications précédentes.
8. Prothèse auditive suivant la revendication 7, dans laquelle la caractéristique directionnelle de l'agencement ( 14 ) de microphone peut être produite par une superposition d'une caractéristique ( 44 ) directionnelle en cardioïde et d'une caractéristique ( 46 ) directionnelle anti-cardioïde et une partie de la caractéristique directionnelle anti-cardioïde est déterminée par le paramètre directionnel.

**FIG 1**  
(Stand der Technik)

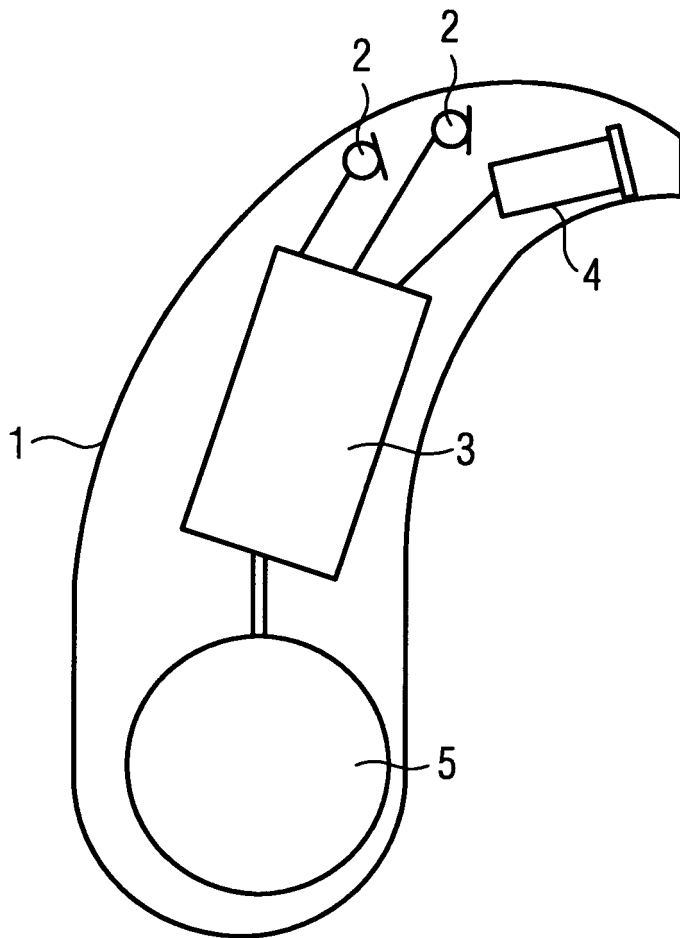


FIG 2

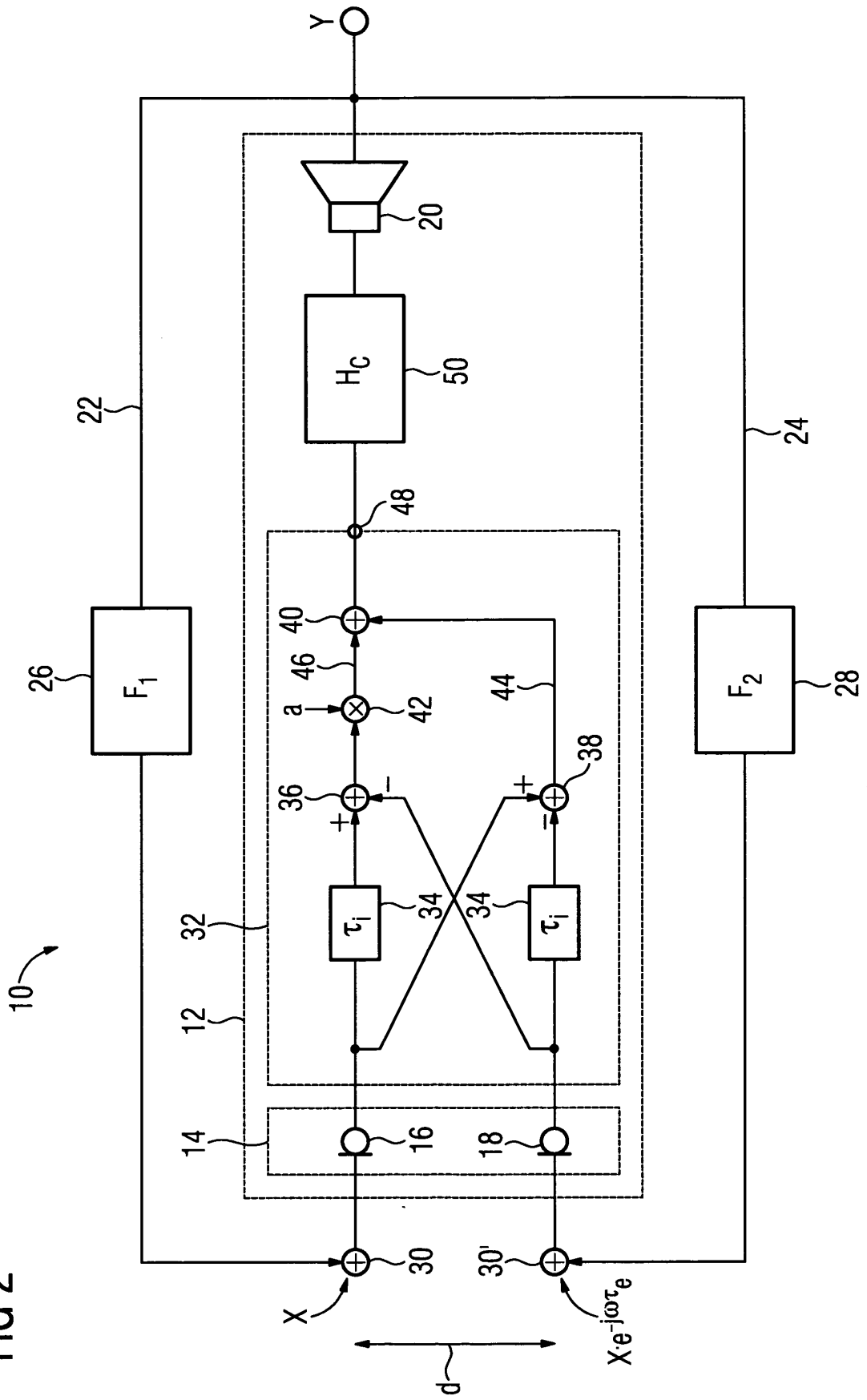
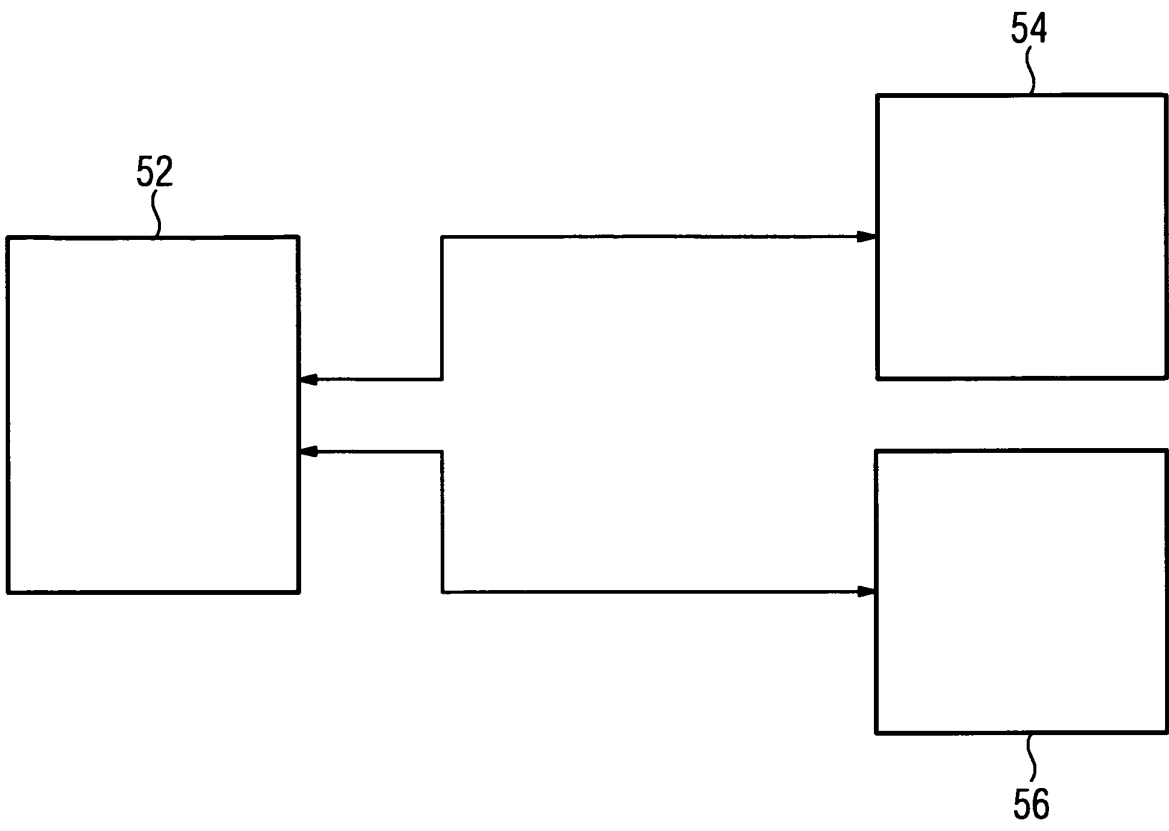


FIG 3



**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**

- DE 10313330 A1 **[0011]**
- DE 19844748 A1 **[0012]**
- DE 102005019149 B3 **[0013]**
- WO 2005091675 A1 **[0014]**