



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 489 882 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.12.2004 Patentblatt 2004/52

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

(21) Anmeldenummer: **04010127.1**

(22) Anmeldetag: **28.04.2004**

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

(72) Erfinder:
• **Niedertränk, Torsten, Dr.**
91056 Erlangen (DE)
• **Weidner, Tom**
91056 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **20.06.2003 DE 10327891**

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

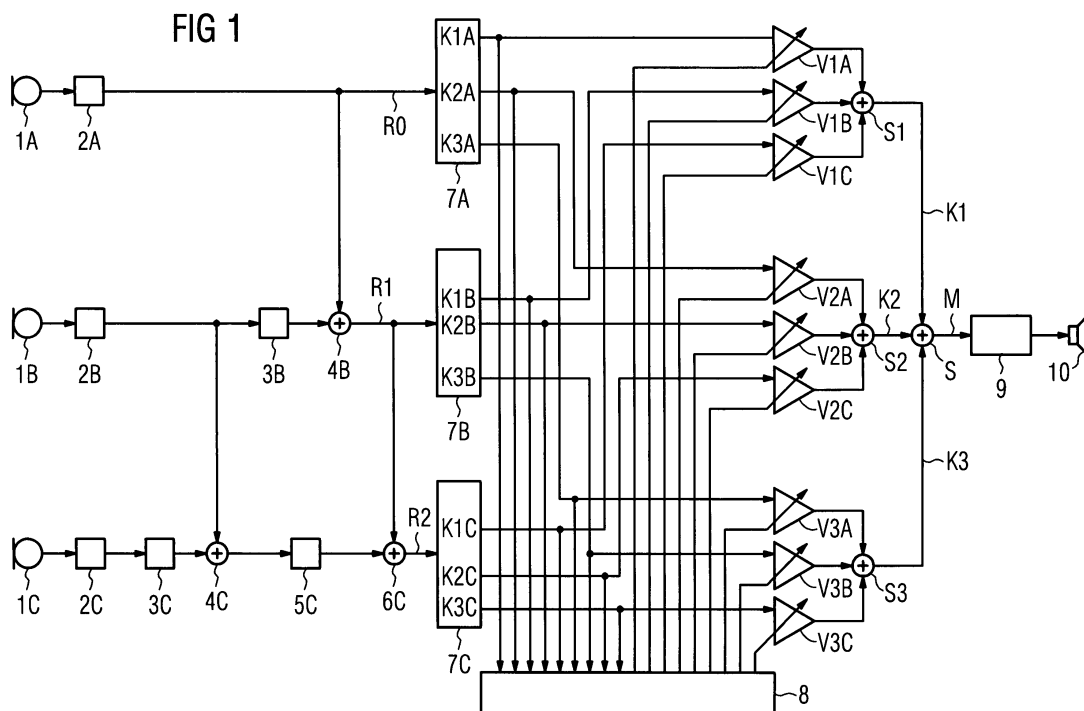
(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik
GmbH**
91058 Erlangen (DE)

(54) **Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes, sowie Hörhilfegerät mit einem Mikrofonsystem, bei dem unterschiedliche Richtcharakteristiken einstellbar sind**

(57) Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes sowie Hörhilfegerät mit einem Mikrofonsystem, bei dem unterschiedliche Richtcharakteristiken einstellbar sind

Die Klangqualität bei einem Hörhilfegerät mit einem Richtmikrofonsystem (1A, 1B, 1C) soll verbessert werden. Hierzu werden die Mikrofonsignale (R0, R1, R2) von Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) mit

Richtwirkungen unterschiedlicher Ordnung analysiert und in Frequenzbänder eingeteilt. Es erfolgt eine Gewichtung der von den Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) mit Richtwirkungen unterschiedlicher Ordnung ausgehenden Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in den einzelnen Frequenzbändern. Die Gewichtung erfolgt insbesondere in Abhängigkeit des Signalpegels der Mikrofonsignale (R0, R1, R2).



EP 1 489 882 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes mit einem Mikrofonsystem, einer Signalverarbeitungseinheit und einem Ausgangswandler, wobei das Mikrofonsystem wenigstens zwei Mikrofoneinheiten umfasst, von denen Mikrofon-signale ausgehen und die Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung aufweisen. Ferner betrifft die Erfindung ein Hörhilfegerät zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] In modernen Hörhilfegeräten finden Einrichtungen zur Klassifikation von Hörsituationen Verwendung. Je nach Hörsituation werden die Übertragungsparameter des Hörhilfegerätes automatisch variiert. Dabei kann die Klassifikation u.a. Einfluss haben auf die Wirkungsweise von Störgeräuschunterdrückungs-algorithmen als auch auf das Mikrofonsystem. So wird beispielsweise je nach erkannter Hörsituation gewählt (diskret umgeschaltet bzw. kontinuierlich übergeblendet) zwischen einer omnidirektionalen Richtcharakteristik (Richtcharakteristik nullter Ordnung) und einer deutlichen Richtwirkung des Mikrofonsystems (Richtcharakteristik erster oder höherer Ordnung). Zur Erzeugung der Richtcharakteristik werden Gradientenmikrofone verwendet oder mehrere omnidirektionale Mikrofone elektrisch miteinander verschaltet. Derartige Mikrofonsysteme zeigen ein frequenzabhängiges Übertragungsverhalten, bei dem ein deutlicher Abfall zu tiefen Frequenzen zu verzeichnen ist. Das Rauschverhalten der Mikrofone ist dagegen frequenzunabhängig und gegenüber einem omnidirektionalen Mikrofon geringfügig verstärkt. Zum Erreichen eines natürlichen Klangeindrucks muss der Hochpassfrequenzgang des Mikrofonsystems durch Verstärkung der tiefen Frequenzen ausgeglichen werden. Dabei wird das im tiefen Frequenzbereich vorhandene Rauschen ebenfalls mitverstärkt und unter Umständen deutlich und störend hörbar, während leise Geräusche vom Rauschen verdeckt werden.

[0003] Aus der WO 00/76268 A2 ist ein Hörhilfegerät bekannt mit einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen, die zur Bildung von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung miteinander verschaltbar sind, wobei die Richtmikrofonsysteme ihrerseits in von der Frequenz der von den Mikrofonen abgegebenen Mikrofon-signale abhängiger Gewichtung miteinander verschaltbar sind. In Abhängigkeit des Ergebnisses einer Signalanalyse kann die Grenzfrequenz zwischen benachbarten Frequenzbändern, bei denen eine unterschiedliche Gewichtung der Mikrofon-signale vorgesehen ist, eingestellt werden.

[0004] Aus der DE 197 03 228 A1 ist ein Verfahren zur Verstärkung von Eingangssignalen eines Hörgerätes bekannt, bei dem unter Einsatz einer AGC(Automatic Gain Control)-Schaltung eine Kompression der vom Hörgerät aufgenommenen Signale in Abhängigkeit des erfassbaren Signalpegels erfolgt. Zusätzlich zur Erfassung des Signalpegels des Eingangssignals wird eine Signalanalyse zur Erkennung der akustischen Situation

durchgeführt und aufgrund des Ergebnisses der Signalanalyse das Verhalten der Kompression adaptiv variiert. Die Signalanalyse sowie die Kompression können auch parallel in unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt werden.

[0005] Aus der EP 0 942 627 A2 ist ein Hörgerät mit Richtmikrofon-System mit einer Signalverarbeitungseinrichtung, einem Hörer und mehreren Mikrofonen bekannt, deren Ausgangssignale zur Erzeugung einer individuellen Richtmikrofoncharakteristik über Verzögerungseinrichtungen und die Signalverarbeitungseinrichtung in unterschiedlicher Gewichtung miteinander verschaltbar sind. Bei dem Richtmikrofon-System kann die bevorzugte Empfangsrichtung (Haupttrichtung) in Anpassung an eine vorliegende Hörsituation individuell eingestellt werden.

[0006] Aus der US 5,524,056 ist ein Hörgerät mit einem omnidirektionalen Mikrofon und einem directionalen Mikrofon erster oder höherer Ordnung bekannt. Das Mikrofon-signal des directionalen Mikrofons wird im Bereich niedriger Signalfrequenzen in seiner Amplitude verstärkt und dem Mikrofon-signal des omnidirektionalen Mikrofons angeglichen. Sowohl das Mikrofon-signal des omnidirektionalen Mikrofons als auch das Mikrofon-signal des directionalen Mikrofons sind einer Umschalteinheit zugeführt. In einer ersten Schaltstellung der Umschalteinheit ist das omnidirektionale Mikrofon und in einer zweiten Schaltstellung der Umschalteinheit das directionale Mikrofon mit einem Hörgeräte-Verstärker verbunden. Die Umschalteinheit kann in Abhängigkeit des Signalpegels eines Mikrofon-signals automatisch umschalten.

[0007] Nachteilig bei den bekannten Hörhilfegeräten mit einem Richtmikrofonsystem ist, dass in bestimmten Hörsituationen entweder die Richtwirkung des Mikrofonsystems nicht optimal verwendet wird oder dass ein hoher Grad an Richtwirkung zu einer deutlich hörbaren Verschlechterung der Klangqualität führt.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Klangqualität eines Hörhilfegerätes mit Richtmikrofonsystem zu verbessern.

[0009] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes mit einem Mikrofonsystem, einer Signalverarbeitungseinheit und einem Ausgangswandler, wobei das Mikrofonsystem wenigstens zwei Mikrofoneinheiten umfasst, von denen Mikrofon-signale ausgehen und die Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung aufweisen, gelöst durch folgende Verfahrensschritte:

- a) Durchführen einer Signalanalyse bei wenigstens einem Mikrofon-signal zum Ermitteln von Signaleigenschaften bei bestimmten Frequenzen oder innerhalb bestimmter Frequenzbänder,
- b) unterschiedliche Gewichtung der von den Mikrofoneinheiten mit unterschiedlicher Richtcharakteristik ausgehenden Mikrofon-signale in Abhängigkeit des Ergebnisses der Signalanalyse und der Fre-

quenz der Mikrofonsignale.

[0010] Ferner wird die Aufgabe bei einem Hörhilfegerät zur Durchführung des Verfahrens mit einem Mikrofonssystem, einer Signalverarbeitungseinheit und einem Ausgangswandler, wobei das Mikrofonssystem wenigstens zwei Mikrofoneinheiten umfasst, von denen Mikrofonsignale ausgehen und die Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung aufweisen, gelöst durch Mittel zur Aufspaltung der Mikrofonsignale der Mikrofoneinheiten mit Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung in mehrere Frequenzbänder, Mittel zur Durchführung einer Signalanalyse bei wenigstens einem der Mikrofonsignale sowie Mittel zur unterschiedlichen Gewichtung der Mikrofonsignale in den einzelnen Frequenzbändern in Abhängigkeit des Ergebnisses der Signalanalyse.

[0011] Das erfindungsgemäße Hörhilfegerät umfasst ein Mikrofonssystem mit mindestens zwei Mikrofonen, um Richtcharakteristiken nullter und erster Ordnung realisieren zu können. Vorzugsweise sind jedoch mehr als zwei Mikrofone vorhanden, so dass auch Richtcharakteristiken zweiter und höherer Ordnung möglich sind. Weiterhin umfasst das Hörhilfegerät eine Signalverarbeitungseinheit zur Verarbeitung und frequenzabhängigen Verstärkung des von dem Mikrofonssystem erzeugten Mikrofonsignals. Die Signalausgabe erfolgt üblicherweise durch ein akustisches Ausgangssignal mittels eines Hörers. Es sind aber auch andere, z.B. Vibrationen erzeugende Ausgangswandler bekannt.

[0012] Als Richtcharakteristik nullter Ordnung im Sinne der Erfindung ist eine omnidirektionale Richtcharakteristik zu verstehen, die beispielsweise von einem einzelnen, nicht mit weiteren Mikrofonen verschalteten omnidirektionalen Mikrofon hervorgeht. Eine Mikrofoneinheit mit einer Richtcharakteristik erster Ordnung (Richtmikrofon erster Ordnung) kann beispielsweise durch ein einzelnes Gradientenmikrofon oder die elektrische Verschaltung zweier omnidirektionaler Mikrofone realisiert werden. Mit Richtmikrofonen erster Ordnung ist ein theoretisch erreichbarer Maximalwert des Direktivitätsindex (DI) von 6 dB (Hyperniere) zu erreichen. In der Praxis erhält man am KEMAR (einer Standardforschungspuppe) bei optimaler Lage der Mikrofone und bestem Abgleich der von den Mikrofonen erzeugten Signale DI-Werte von 4-4,5 dB. Richtmikrofone zweiter und höherer Ordnung weisen DI-Werte von 10 dB und mehr auf, die beispielsweise für eine bessere Sprachverständlichkeit vorteilhaft sind. Enthält ein Hörhilfegerät ein Mikrofonssystem mit beispielsweise drei omnidirektionalen Mikrofonen, so können auf dieser Basis durch geeignete Verschaltung der Mikrofone gleichzeitig Mikrofoneinheiten mit Richtcharakteristiken nullter bis zweiter Ordnung realisiert werden.

[0013] Ein einzelnes omnidirektionales Mikrofon stellt für sich eine Mikrofoneinheit nullter Ordnung dar. Wird bei zwei omnidirektionalen Mikrofonen das Mikrofonsignal eines Mikrofons verzögert, invertiert und zu dem

Mikrofonsignal des anderen Mikrofons addiert, so entsteht eine Mikrofoneinheit erster Ordnung. Wird wiederum bei zwei Mikrofoneinheiten erster Ordnung das Mikrofonsignal einer Mikrofoneinheit verzögert, invertiert und zu dem Mikrofonsignal der zweiten Mikrofoneinheit erster Ordnung addiert, so ergibt sich eine Mikrofoneinheit mit Richtcharakteristik zweiter Ordnung. Auf diese Weise lassen sich - abhängig von der Anzahl omnidirektionaler Mikrofone - Mikrofoneinheiten beliebiger Ordnung realisieren.

[0014] Umfasst ein Mikrofonssystem Mikrofoneinheiten unterschiedlicher Ordnung, so kann zwischen unterschiedlichen Richtcharakteristiken umgeschaltet werden, z.B. durch An- oder Ausschalten eines oder mehrerer Mikrofone. Weiterhin können durch eine geeignete elektrische Verschaltung der Mikrofoneinheiten auch beliebige Mischformen zwischen den Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung erzeugt werden. Hierzu werden die Mikrofonsignale der Mikrofoneinheiten unterschiedlich gewichtet und addiert, bevor sie in der Signalverarbeitungseinheit des Hörhilfegerätes weiter verarbeitet und verstärkt werden. So kann ein kontinuierlicher, gleitender Übergang zwischen unterschiedlichen Richtcharakteristiken realisiert werden, wodurch sich störende Artefakte beim Umschalten vermeiden lassen.

[0015] Bei dem Hörhilfegerät gemäß der Erfindung erfolgt vorteilhaft bei wenigstens einem Mikrofonsignal eine Signalanalyse, bei der bestimmte Eigenschaften des Mikrofonsignals festgestellt werden. Wichtig bei der Signalanalyse im Zusammenhang mit der Erfindung ist, dass diese Signaleigenschaften in Abhängigkeit der Signalfrequenz ermittelt werden. Dadurch wird es möglich, die Gewichtung von Mikrofonsignalen, die von Mikrofoneinheiten mit unterschiedlicher Richtwirkung ausgehen, in Abhängigkeit des Ergebnisses der Signalanalyse adaptiv an die jeweilige Hörsituation anzupassen. So kann in jedem Frequenzbereich eine für den jeweiligen Frequenzbereich optimierte Richtwirkung eingestellt werden. Insbesondere kann dadurch so viel Richtwirkung wie möglich zugelassen werden, ohne dass dabei der Anteil des von dem Mikrofonssystem verursachten Rauschens in dem Ausgangssignal des Hörhilfegerätes als störend empfunden wird. Dieser durch die Erfindung erzeugte Effekt wird dadurch erreicht, dass eine Richtwirkung nur in den Frequenzbereichen des Nutzsymbols erzeugt wird, in denen ein erhöhtes Mikrofonrauschen allenfalls eine geringfügige Klangverschlechterung für den Hörgeräteträger verursacht. Wird z.B. in der Hörsituation "Gespräch" ein hoher Signalpegel lediglich in dem Frequenzbereich zwischen 1 kHz und 3 kHz festgestellt, so bekommt in diesem Frequenzbereich das Mikrofonsignal von der Mikrofoneinheit mit der höchsten Ordnung das größte Gewicht. In den anderen Frequenzbereichen mit niedrigeren Signalpegeln wird vorteilhaft durch eine entsprechende Gewichtung der Mikrofonsignale auf eine Richtwirkung zumindest weitgehend verzichtet.

[0016] Vorzugsweise wird bei der Signalanalyse der Signalpegel des Mikrofonsignals in Abhängigkeit der Signalfrequenz bestimmt.

[0017] Daraus lassen sich dann grob folgende Einstellungen des Mikrofonsystems ableiten: Bei einem hohen Signalpegel des Mikrofonsignals wird das Mikrofonrauschen von dem Eingangssignal überdeckt und nicht als störend wahrgenommen. So kann in einer derartigen Hörsituation eine hohe, mit dem Mikrofonssystem erzielbare Ordnung der Richtwirkung eingestellt werden. Anders hingegen bei einem sehr leisen Eingangssignal. Hier kann das durch die Richtwirkung des Mikrofonsystems hervorgerufene Mikrofonrauschen als störend empfunden werden. Zweckmäßig ist es daher, in einer derartigen Hörsituation zumindest weitgehend auf die Richtwirkung zu verzichten und lediglich das omnidirektionale Mikrofonsignal weiterzuverarbeiten bzw. das Gewicht der Mikrofonsignale von Mikrofoneinheiten höherer Ordnung zu reduzieren.

[0018] Zum Erfassen des Signalpegels des akustischen Eingangssignals bei einem Hörhilfegerät gemäß der Erfindung ist dem Mikrofonsystem vorteilhaft eine Mess- und Steuereinheit direkt zugeordnet. Neben der direkten Pegelmessung können auch andere Messungen durchgeführt werden, z.B. Messung des quadratischen Mittelwertes RMS (Root Mean Square), die in direktem Zusammenhang mit dem Signalpegel des Eingangssignals stehen und Rückschlüsse auf diesen zulassen. Ausgehend von dem so gemessenen Wert steuert die Mess- und Steuereinheit die Richtcharakteristik des Mikrofonsystems.

[0019] Die Erfindung bietet den Vorteil, dass bei niedrigen Signalpegeln des akustischen Eingangssignals die Richtwirkung des Mikrofonsystems automatisch reduziert wird. Insbesondere wird bei niedrigen Eingangssignalpegeln eine omnidirektionale Richtcharakteristik des Mikrofonsystems eingestellt. Lästiges Mikrofonrauschen, das besonders bei niedrigen Signalpegeln als störend empfunden wird, kann so verhindert werden.

[0020] Neben dem Signalpegel kann jedoch auch eine Reihe weiterer Signaleigenschaften gemessen werden, z.B. die Modulationsfrequenz oder die Modulationstiefe. Weitere Beispiele sind die Steigung der Einhüllenden oder die Charakteristik des Nulldurchgangs. Gemäß der Erfindung erfolgt die Ermittlung dieser Signaleigenschaften in Abhängigkeit der Signalfrequenz. Vorteilhaft wird das zu analysierende Signal hierfür in mehrere Frequenzbänder unterteilt. Dann wird in dem Frequenzbereich bzw. in den Frequenzbereichen des Eingangssignals die Richtwirkung erhöht, die gemäß dem Ergebnis der Signalanalyse für den Hörgeräteträger von besonderer Bedeutung ist. Dies kann beispielsweise ein Frequenzbereich sein, bei dem das Ergebnis der Modulationsanalyse auf ein Sprachsignal hindeutet. Selbstverständlich kann die Gewichtung der Mikrofonsignale auch auf einer kombinatorischen Auswertung mehrerer Signaleigenschaften beruhen, z.B. des Signalpegels und der Modulationsfrequenz.

[0021] Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird das von der omnidirektionalen Mikrofoneinheit erzeugte Mikrofonsignal analysiert. Dies hat den Vorteil, dass bei der Signalanalyse aus unterschiedlichen Richtungen in das Mikrofonsystem einfallende Schallsignale gleichermaßen berücksichtigt werden. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird das Mikrofonsignal eines direktionalen Mikrofons analysiert. Dies kann z.B. in der Hörsituation "Gespräch" von Vorteil sein, bei der der Gesprächspartner des Hörgeräteträgers in Blickrichtung vermutet wird und daher vorteilhaft das Mikrofonsignal einer in diese Richtung ausgerichteten Mikrofoneinheit analysiert wird. Die besten Ergebnisse bei der Analyse des augenblicklichen Schallfeldes werden jedoch dann gewonnen, wenn die Mikrofonsignale mehrerer Mikrofoneinheiten gleichzeitig ausgewertet werden.

[0022] Bei modernen Hörhilfegeräten wird das zu verarbeitende Mikrofonsignal üblicherweise zunächst in Frequenzbänder unterteilt. Im Zusammenhang mit der Erfindung werden bei einer Ausführungsform zunächst die Ausgangssignale der einzelnen Mikrofone in einzelne Frequenzbänder unterteilt. Anschließend werden die Mikrofonsignale in den einzelnen Frequenzbändern zur Erzeugung von Mikrofoneinheiten mit Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung miteinander verschaltet. Eine andere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass zunächst Mikrofoneinheiten bereitgestellt werden, die sich hinsichtlich ihrer Richtcharakteristik unterscheiden, um anschließend die Ausgangssignale dieser Mikrofoneinheiten in Frequenzbänder zu unterteilen. Auch die von der Frequenz abhängige, unterschiedliche Gewichtung der Mikrofonsignale der Mikrofoneinheiten unterschiedlicher Ordnung erfolgt dann vorteilhaft in diesen Frequenzbändern, wobei vorzugsweise sowohl die Gewichte der Mikrofonsignale unterschiedlicher Mikrofoneinheiten in einem Frequenzband als auch die Gewichte der von einer Mikrofoneinheit ausgehenden Mikrofonsignale in unterschiedlichen Frequenzbändern unabhängig voneinander einstellbar sind.

[0023] Weiterhin erfolgt bei der Erfindung vorzugsweise auch die Analyse des bzw. der Mikrofonsignale parallel in den einzelnen Frequenzbändern. Dies ist insbesondere deshalb vorteilhaft, weil die Erzielung einer Richtwirkung im tiefen Frequenzbereich ohnehin problematisch ist. So kann gemäß der Erfindung das Mikrofonsystem so eingestellt werden, dass dieses in den tieffrequenten Frequenzbändern erst bei sehr hohen Signalpegeln als Richtmikrofon wirkt und bei niedrigeren Signalpegeln lediglich auf omnidirektionalen Empfang eingestellt ist. In Frequenzbändern mit höheren Frequenzen kann hingegen bereits bei niedrigeren Signalpegeln eine Richtwirkung des Mikrofonsystems aktiviert sein.

[0024] Durch die Möglichkeit, die von den Mikrofoneinheiten unterschiedlicher Ordnung ausgehenden Mikrofonsignale nahezu beliebig gewichten und summieren zu können, kann auch jede beliebige Zwischenstufe

zwischen den einzelnen Ordnungen eingestellt werden. Dadurch lassen sich ein abruptes Umschalten zwischen verschiedenen Ordnungen und die damit verbundenen Umschaltartefakte vermeiden. Insbesondere werden auch bei einem Wechsel der Hörsituation die Gewichte der einzelnen Mikrofonsignale vorteilhaft nicht schlagartig von einem Anfangswert in einen neuen Endwert überführt, sondern ganz allmählich angeglichen.

[0025] Die Erfindung kann bei allen bekannten Hörhilfegeräte-Typen mit einem Richtmikrofonsystem angewendet werden, beispielsweise bei hinter dem Ohr tragbaren Hörhilfegeräten, in dem Ohr tragbaren Hörhilfegeräten, implantierbaren Hörhilfegeräten oder Taschenhörhilfegeräten. Weiterhin kann das Hörhilfegerät gemäß der Erfindung auch Teil eines mehrere Geräte zur Versorgung eines Schwerhörigen umfassenden Hörgerätesystems sein, z.B. Teil eines Hörgerätesystems mit zwei am Kopf getragenen Hörhilfegeräten zur binauralen Versorgung oder Teil eines Hörgerätesystems, bestehend aus einem am Kopf tragbaren Gerät und einer am Körper tragbaren Prozessoreinheit.

[0026] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

[0027] Es zeigen:

Figur 1 das Blockschaltbild eines Hörhilfegerätes mit einem Mikrofonsystem gemäß der Erfindung,

Figur 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Richtwirkung des Mikrofonsystems in Abhängigkeit des Eingangssignalpegels.

[0028] Figur 1 zeigt das vereinfachte Blockschaltbild eines Hörhilfegerätes mit einem Richtmikrofonsystem. Das Richtmikrofonsystem umfasst drei omnidirektionale Mikrofone 1A, 1B und 1C. Den omnidirektionalen Mikrofonen 1A, 1B und 1C ist jeweils direkt eine Signalvorverarbeitungseinheit 2A, 2B bzw. 2C nachgeschaltet. In dieser findet z.B. eine A/D-Wandlung sowie eine Signalvorverstärkung statt. Die beiden Mikrofone 1A und 1B sind elektrisch zu einer Mikrofoneinheit mit Richtcharakteristik erster Ordnung verschaltet. Hierzu wird das von dem omnidirektionalen Mikrofon 1B ausgehende Mikrofonsignal in einer Schaltungseinheit 3B verzögert und invertiert und ebenso wie das von dem Mikrofon 1A ausgehende Mikrofonsignal einem Summierer 4B zugeführt. Dadurch entsteht aus den beiden Mikrofonen 1A und 1B eine Mikrofoneinheit mit Richtcharakteristik erster Ordnung, aus der das Mikrofonsignal R1 hervorgeht. Ebenso bilden auch die beiden omnidirektionalen Mikrofone 1B und 1C durch Verzögerung und Invertierung des von dem Mikrofon 1C ausgehenden Mikrofonsignals und Addition des von dem Mikrofon 1B ausgehenden Mikrofonsignals in dem Summierer 4C eine Mikrofoneinheit mit Richtcharakteristik erster Ordnung. Wird wiederum das von dem Summierer 4C ausgehende Mikrofonsignal in der Schaltungs-

einheit 5C verzögert und invertiert und zu dem Mikrofonsignal R1 addiert, so wird dadurch eine Mikrofoneinheit mit Richtcharakteristik zweiter Ordnung gebildet. Aus dieser geht am Ausgang des Summierers 6C das Mikrofonsignal R2 hervor. Das Ausgangssignal des omnidirektionalen Mikrofons 1A mit Richtcharakteristik nullter Ordnung wird mit R0 bezeichnet.

[0029] Zur Einteilung der Mikrofonsignale R0, R1 und R2 in Frequenzbänder ist das Mikrofonsignal R0 einer Filterbank 7A, das Mikrofonsignal R1 einer Filterbank 7B und das Mikrofonsignal R2 einer Filterbank 7C zugeführt. Die drei Filterbänke 7A, 7B und 7C im Ausführungsbeispiel führen zu einer Aufspaltung des jeweiligen Mikrofonsignals in drei aneinander grenzenden Frequenzbändern. Dabei erfolgt in jeder Filterbank eine Aufteilung des jeweiligen Mikrofonsignals in die gleichen Frequenzbänder.

[0030] Am Ausgang der Filterbank 7A liegen die Mikrofonsignale K1A, K2A sowie K3A an. Analog sind die Mikrofonsignale am Ausgang der Filterbank 7B mit K1B, K2B, K3B sowie die Mikrofonsignale am Ausgang der Filterbank 7C mit K1C, K2C und K3C bezeichnet. Die Ausgangssignale der Filterbänke 7A, 7B sowie 7C sind zur Auswertung einer Signalanalyse- und Steuereinheit 8 zugeführt. In dieser werden die Mikrofonsignale der Mikrofoneinheiten mit Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung in den unterschiedlichen Frequenzbändern analysiert. Die Signalanalyse umfasst insbesondere die Ermittlung des Signalpegels der jeweiligen Mikrofonsignale. Es können jedoch auch andere charakteristische Signalgrößen, wie beispielsweise die Modulationsfrequenz, die Modulationstiefe, die Steigung der Einhüllenden oder die Charakteristik des Nulldurchgangs ermittelt und ausgewertet werden. Aus dem Ergebnis der Signalanalyse werden in der Signalanalyse- und Steuereinheit 8 Steuerparameter errechnet, mittels derer die Richtcharakteristik in den einzelnen Frequenzbändern eingestellt werden kann. Hierzu sind die Ausgangssignale der Filterbänke 7A, 7B sowie 7C jeweils einem Verstärker V1A, V1B, V1C bzw. V2A, V2B, V2C bzw. V3A, V3B, V3C zugeführt. Die jeweilige Verstärkung durch die Verstärker wird durch die Signalanalyse- und Steuereinheit 8 mittels der errechneten Parameter eingestellt. Dadurch wird die Richtcharakteristik in den einzelnen Frequenzbändern optimiert. Vorzugsweise wird dabei die Richtcharakteristik so eingestellt, dass eine möglichst hohe Richtwirkung vorhanden ist, ohne dabei jedoch eine als störend empfundene Erhöhung des Mikrofonrauschens zu verursachen. Im Anschluss an die unterschiedliche Gewichtung der Mikrofonsignale der Richtmikrofone unterschiedlicher Ordnung in den einzelnen Frequenzbändern durch die Verstärker V1A bis V3C mit einstellbarer Verstärkung werden die Ausgangssignale der Verstärker zunächst innerhalb der Frequenzbänder mittels Summierer S1, S2 sowie S3 addiert, wodurch die drei Mikrofonsignale K1, K2 und K3 entstehen. Diese wiederum sind einem Summierer S zugeführt, an dessen Ausgang das Mikro-

fonsignal des Mikrofonsystems abgegriffen werden kann. Dieses ist zur Weiterverarbeitung und Verstärkung durch das Hörhilfegerät einer Signalverarbeitungseinheit 9 zugeführt. Das daraus hervorgehende Ausgangssignal ist schließlich zur Wandlung in ein akustisches Signal einem Hörer 10 zugeführt, von dem das akustische Ausgangssignal in den Gehörgang eines Höreräteträgers abgegeben wird.

[0031] Durch die Möglichkeit, die Mikrofonsignale der Richtmikrofone nullter bis zweiter Ordnung unterschiedlich gewichten zu können, lässt sich bei einem Hörhilfegerät mit dem gezeigten Mikrofonsystem jede beliebige Ordnung zwischen der nullten und der zweiten Ordnung einstellen, also auch jede beliebige "Zwischenordnung". Das Maß an Richtwirkung kann damit zwischen der höchsten Ordnung und keiner Richtwirkung beliebig variieren, wobei auch alle Zwischenstufen eingeschlossen sind. So kann für jedes Eingangssignal das optimale Maß an Richtwirkung mit dem betreffenden Mikrofonsystem eingestellt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das optimale Maß an Richtwirkung auch von dem individuellen Hörverlust eines Höreräteträgers abhängig sein kann. Der individuelle Verlauf der Richtwirkungskennlinien ergibt sich insbesondere durch die Berücksichtigung audiologischer Kenngrößen, wie z.B. der Ruhehörschwelle eines Höreräteträgers in den einzelnen Frequenzbereichen, oder der Berücksichtigung von Höreräteinstellungen, wie z.B. einer bei Hörhilfegeräten üblichen automatischen Verstärkungsregelung AGC (Automatic Gain Control) oder dem Querschnitt einer Ventilationsöffnung.

[0032] Das Mikrofonsystem gemäß der Erfindung ermöglicht insbesondere die Einstellung eines individuellen Verlaufes der Richtwirkung in Abhängigkeit des Eingangssignals. Ein hartes "Umschalten" zwischen unterschiedlichen Richtwirkungen und die damit verbundenen Umschaltartefakte bei einem Wechsel der Hörsituation werden dadurch vermieden.

[0033] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 werden die in den Verstärkern V1A bis V3C verstärkten Mikrofonsignale addiert und zur Weiterverarbeitung einer Signalverarbeitungseinheit 9 zugeführt. In der Signalverarbeitungseinheit 9 findet die frequenzabhängige Verstärkung des Mikrofonsignals M zum Ausgleich des individuellen Hörverlustes des Höreräteträgers statt. Auch diese Signalverarbeitung erfolgt vorzugsweise in unterschiedlichen Frequenzbändern (Kanälen) der Signalverarbeitungseinheit 9. Dabei können diese Frequenzbänder vorteilhaft hinsichtlich Anzahl und Kanalgrenzen auch unabhängig von der durch die Filterbänke 7A bis 7C erzeugten Einteilung sein. Alternativ kann jedoch die unterschiedliche Verstärkung einzelner Frequenzbänder zum Ausgleich des Hörverlustes ebenfalls bereits durch die Verstärker V1A bis V3C übernommen werden. Die Signalanalyse- und Steuereinheit 8 ist hierfür entsprechend zu programmieren. In der Signalverarbeitungseinheit 9 erfolgt in diesem Fall lediglich eine Signalnachverarbeitung, z.B. Endverstärkung und D/

A-Wandlung.

[0034] Figur 2 veranschaulicht Beispiele unterschiedlicher Richtwirkungen R in einem Frequenzband in Abhängigkeit des Signalpegels P in diesem Frequenzband. Die Richtwirkung R kann dabei beliebige Werte zwischen einer omnidirektionalen (nicht vorhandenen) Richtwirkung und der maximalen, mit dem Mikrofonsystem erreichbaren Richtwirkung annehmen. Bei der Kennlinie A ist bei einem sehr niedrigen Signalpegel in dem betreffenden Frequenzband keine Richtwirkung vorhanden. Die Richtwirkung steigt jedoch mit zunehmendem Pegel in dem Frequenzband nahezu linear an, bis ab einem bestimmten Pegel die maximale Richtwirkung erreicht ist.

[0035] Im Unterschied zur Kennlinie A zeigt die Kennlinie B mit zunehmendem Signalpegel in dem jeweiligen Frequenzband zunächst nur eine geringfügige Zunahme der Richtwirkung. Nur bei sehr hohen Signalpegeln erfolgt ein steiler Anstieg der Richtwirkung. Eine derartige nichtlineare Kennlinie sollte insbesondere in einem tieffrequenten Frequenzband eingestellt werden, da Richtmikrofone als Tiefpässe wirken und daher ein leises tieffrequentes Eingangssignal einer hohen Verstärkung bedarf, was zu einem erhöhten Rauschen führt. Daher wird im Tieftonbereich die Richtwirkung vorteilhaft nur dann ausgenutzt, wenn ein hoher Signalpegel des Eingangssignals in diesem Frequenzbereich vorliegt und daher nur eine geringfügige Verstärkung erforderlich ist.

[0036] Bei einer Richtwirkung gemäß der dritten Kennlinie C ist bereits bei einem niedrigen Signalpegel eine verhältnismäßig hohe Richtwirkung eingestellt. Dafür ist die Zunahme der Richtwirkung bei zunehmendem Eingangspegel kleiner als in den beiden vorhergehenden Beispielen. Eine derartige Richtwirkung in Abhängigkeit des Signalpegels ist insbesondere für einen höheren Frequenzbereich vorteilhaft, da in diesem durch die Hochpasscharakteristik des Richtmikrofonsystems auch bei niedrigem Signalpegel des Eingangssignals und einer hohen Verstärkung durch das Hörhilfegerät nur eine geringfügige Zunahme des Mikrofonrauschens durch die hohe Richtwirkung verursacht wird.

[0037] Neben dem Signalpegel können auch andere Signaleigenschaften den Verlauf der Richtwirkung beeinflussen, wie z.B. die Modulationsfrequenz. Insbesondere kann die augenblicklich eingestellte Richtwirkung auch gleichzeitig von mehreren Parametern abhängig sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes mit einem Mikrofonsystem (1A, 1B, 1C), einer Signalverarbeitungseinheit (9) und einem Ausgangswandler (10), wobei das Mikrofonsystem (1A, 1B, 1C) wenigstens zwei Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) umfasst, von denen Mikrofonsignale (R0,

R1, R2) ausgehen und die Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung aufweisen, mit folgenden Schritten:

- a) Durchführen einer Signalanalyse bei wenigstens einem Mikrofonsignal (R0, R1, R2) zum Ermitteln von Signaleigenschaften bei bestimmten Frequenzen oder innerhalb bestimmter Frequenzbänder, 5
 - b) unterschiedliche Gewichtung der von den Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) mit unterschiedlicher Richtcharakteristik ausgehenden Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in Abhängigkeit des Ergebnisses der Signalanalyse und der Frequenz der Mikrofonsignale (R0, R1, R2). 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die von den Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) ausgehenden Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in mehrere Frequenzbänder eingeteilt werden und die unterschiedliche Gewichtung der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in den einzelnen Frequenzbändern erfolgt. 20
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die von den Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) ausgehenden Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in den einzelnen Frequenzbändern analysiert werden. 25
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Analyse der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) die Ermittlung der Modulationsfrequenz und/oder der Modulationstiefe und/oder der Steigung der Einhüllenden und/oder der Charakteristik des Nulldurchgangs umfasst. 30
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Analyse der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) die Ermittlung des Signalpegels umfasst. 35
 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei mit zunehmendem Signalpegel das Gewicht eines Mikrofonsignals (R0, R1, R2) einer Mikrofoneinheit (1A, 1B, 1C) mit Richtcharakteristik höherer Ordnung gegenüber dem Gewicht einer Mikrofoneinheit (1A) mit Richtcharakteristik niedrigerer Ordnung erhöht wird. 40
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei bei der Gewichtung der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) die Ruhehörschwelle eines mit dem Hörhilfegerät versorgten Hörgeräteträgers berücksichtigt wird. 45
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei bei der Gewichtung der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) Hörgeräteinstellungen und insbesondere der Querschnitt einer Ventilationsöffnung berücksich-

tigt werden.

9. Hörhilfegerät zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem Mikrofonsystem (1A, 1B, 1C), einer Signalverarbeitungseinheit (9) und einem Ausgangswandler (10), wobei das Mikrofonsystem (1A, 1B, 1C) wenigstens zwei Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) umfasst, von denen Mikrofonsignale (R0, R1, R2) ausgehen und die Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung aufweisen, **gekennzeichnet durch** Mittel zur Aufspaltung der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) der Mikrofoneinheiten (1A; 1A, 1B; 1A, 1B, 1C) mit Richtcharakteristiken unterschiedlicher Ordnung in mehrere Frequenzbänder, Mittel zur Durchführung einer Signalanalyse bei wenigstens einem der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) sowie Mittel zur unterschiedlichen Gewichtung der Mikrofonsignale (R0, R1, R2) in den einzelnen Frequenzbändern in Abhängigkeit des Ergebnisses der Signalanalyse.

FIG 1

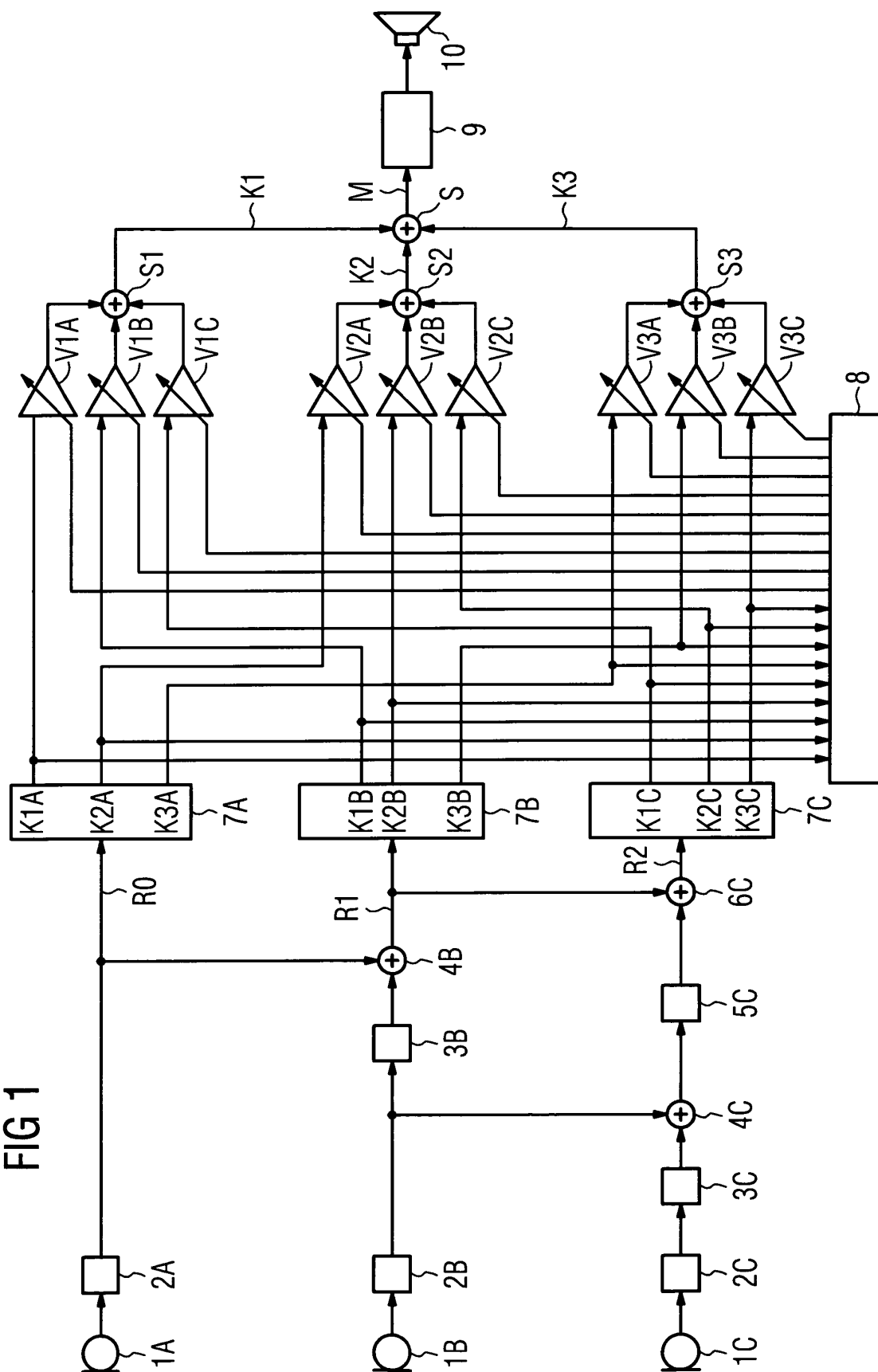


FIG 2

