



(11) **EP 4 135 345 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.02.2023 Patentblatt 2023/07**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H04R 25/00<sup>(1968.09)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22184006.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H04R 25/356; H04R 25/505; H04R 25/70**

(22) Anmeldetag: **11.07.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Sivantos Pte. Ltd. Singapore 539775 (SG)**

(72) Erfinder:  
• **MÜLLER-WEHLAU, Matthias 90411 Nürnberg (DE)**  
• **SCHULTZ-AMLING, Richard 90482 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **09.08.2021 DE 102021208643**

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

(54) **VERFAHREN ZUR ANPASSUNG EINES DIGITALEN HÖRGERÄTES, HÖRGERÄT UND COMPUTERPROGRAMMPRODUKT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung eines digitalen Hörgerätes (2), welches einen Eingangswandler (4), eine Signalverarbeitungseinrichtung (6) und einen Ausgangswandler (8) aufweist, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (6) eingerichtet ist zur Ausbildung einer Bewertungseinheit (18), einer Komparatoreinheit (20) sowie eine Vorverstärkungseinheit (22), wobei mittels einer externen Prüfeinrichtung (34) ein akustisches Prüfsignal generiert wird, während das Hörgerät (2) von einem Hörgeräteträger (38) getragen wird, wobei mittels des Eingangswandlers (4) in Abhängigkeit

des akustischen Prüfsignals ein digitales Prüf-Eingangssignal generiert wird, wobei basierend auf dem digitalen Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) eine schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt wird, wobei mittels der Komparatoreinheit (20) eine Abweichung ermittelt wird zwischen der schalldruckabhängigen Prüfgröße und einer Referenzgröße, welche in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt ist, und wobei in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung eine Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit (22) angepasst wird.

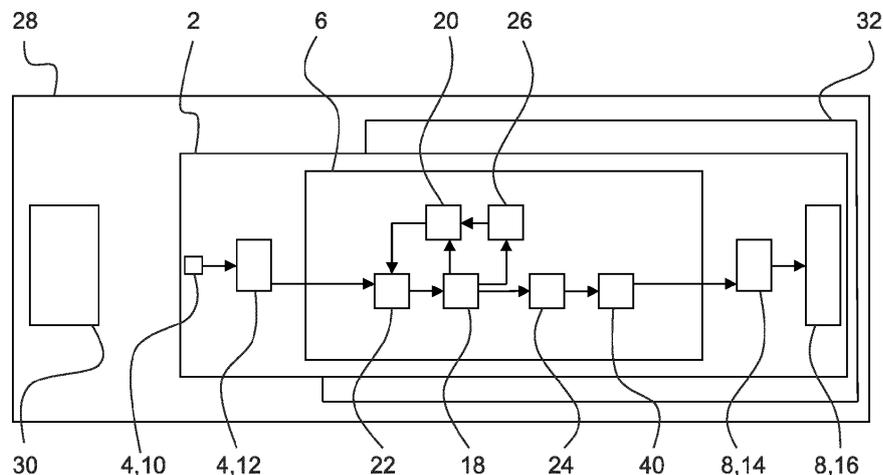


Fig. 1

**EP 4 135 345 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung eines digitalen Hörgerätes, welches einen Eingangswandler, eine Signalverarbeitungseinrichtung und einen Ausgangswandler aufweist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Hörgerät sowie ein Computerprogrammprodukt.

**[0002]** Als Hörgeräte bezeichnet man typischerweise klassische Hörhilfen, mit denen Hördefizite kompensierbar sind. Solche Hörgeräte dienen zur Versorgung von Schwerhörenden, also Menschen mit einem Funktionsdefizit des Hörorgans.

**[0003]** Bei einem entsprechenden Funktionsdefizit des Hörorgans ist in der Regel die Hörschwelle in zumindest einem Frequenzbereich oder Frequenzband dahingehend verändert, dass der betroffene Schwerhörere akustische Signale im entsprechenden Frequenzbereich erst bei einem höheren oder erhöhten Schalldruckpegel wahrnimmt. Zur Kompensation oder zumindest teilweisen Kompensation eines solchen Hördefizits durch ein Hörgerät erfolgt daher zweckdienlicherweise eine Anpassung oder Änderung von Schalldruckpegeln dahingehend, dass ein eingangsseitiger Pegelbereich am Eingang des Hörgerätes abgebildet wird auf einen ausgangsseitigen Pegelbereich am Ausgang des Hörgerätes.

**[0004]** Verbreitet sind hierbei vor allem digitale Hörgeräte, wie sie zum Beispiel in der DE 10 2016 221 692 B3 und der DE 101 31 964 A1 beschrieben sind.

**[0005]** Digitale Hörgeräte weisen üblicherweise einen Eingangswandler, eine Signalverarbeitungseinrichtung und einen Ausgangswandler als wesentliche Komponenten auf. Teil des Eingangswandlers ist dabei zweckdienlicherweise ein akusto-elektrischer Wandler, also insbesondere ein Mikrofon, sowie ein Analog-Digital-Wandler. Der Ausgangswandler wiederum weist typischerweise einen Digital-Analog-Wandler auf sowie entweder einen elektromechanischen Wandler, zum Beispiel ein Knochenleitungshörer, oder einen elektro-akustischen Wandler, beispielsweise einen Miniaturlautsprecher, welcher auch als "Hörer" bezeichnet wird.

**[0006]** Die zuvor beschriebene Abbildung des eingangsseitigen Pegelbereichs auf den ausgangsseitigen Pegelbereich erfolgt dann zweckdienlicherweise durch eine zuvor genannte Signalverarbeitungseinrichtung, welche in der Regel durch eine auf einer Leiterplatte realisierte elektronische Schaltung realisiert ist. Dabei ist eine solche Signalverarbeitungseinrichtung zur Umsetzung einer entsprechenden Abbildung typischerweise derart eingerichtet, dass digitale Eingangssignale vom Analog-Digital-Wandler mit Hilfe einer Anzahl Datenverarbeitungs-Bausteine verarbeitet werden und hierdurch digitale Ausgangssignale für den Digital-Analog-Wandler generiert werden. Üblicherweise handelt es sich bei den Datenverarbeitungs-Bausteinen um programmierbare Datenverarbeitungs-Bausteine, also insbesondere um Softwareprogramme oder Softwareprogramm-Bau-

steine.

**[0007]** Die Abbildung erfolgt außerdem bevorzugt derart, dass das entsprechende Hörgerät ein kompressives Verhalten zeigt. Bildet man also den Schalldruckpegel am Ausgang des Hörgerätes in Abhängigkeit des Schalldruckpegels am Eingang des Hörgerätes grafisch ab, so zeigt sich, dass zumindest ab einem vorgegebenen Schwellwert der Schalldruckpegel am Ausgang, also der Ausgangspegel, langsamer ansteigt als der Schalldruckpegel am Eingang, also der Eingangspegel.

**[0008]** Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein vorteilhaftes Verfahren zur Anpassung eines digitalen Hörgerätes anzugeben. Zudem ist es Aufgabe der Erfindung ein vorteilhaft ausgestaltetes Hörgerät sowie ein vorteilhaftes Computerprogrammprodukt anzugeben.

**[0009]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Hörgerät mit den Merkmalen des Anspruchs 14 sowie durch ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den rückbezogenen Ansprüchen enthalten. Die im Hinblick auf das Verfahren angeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen sind sinngemäß auch auf das Hörgerät übertragbar und umgekehrt. Außerdem sind die im Hinblick auf das Verfahren angeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen sinngemäß auch auf das Computerprogrammprodukt übertragbar und umgekehrt.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren dient dabei zur Anpassung eines digitalen Hörgerätes. Umgekehrt ist ein erfindungsgemäßes digitales Hörgerät derart eingerichtet, dass damit das erfindungsgemäße Verfahren ausführbar ist. Dabei ist das digitale Hörgerät, nachfolgend auch kurz Hörgerät genannt, typischerweise ausgebildet nach Art eines eingangs beschriebenen Hörgerätes und weist einen Eingangswandler, eine Signalverarbeitungseinrichtung sowie einen Ausgangswandler auf.

**[0011]** Der Eingangswandler dient hierbei zur Generierung digitaler Eingangssignale basierend auf akustischen Eingangssignalen, die eingangsseitig auf das Hörgerät auftreten. Hierzu weist der Eingangswandler zweckdienlicherweise einen akustoelektrischen Wandler, also insbesondere zumindest ein Mikrofon, sowie einen Analog-Digital-Wandler auf. Die entsprechenden digitalen Eingangssignale werden dann in der Signalverarbeitungseinrichtung verarbeitet, wobei basierend auf den digitalen Eingangssignalen digitale Ausgangssignale generiert werden. Durch den Ausgangswandler werden schließlich basierend auf den digitalen Ausgangssignalen akustische Ausgangssignale generiert und ausgangsseitig vom Hörgerät abgegeben und zwar insbesondere in einen Gehörgang eines Hörgeräteträgers. Hierbei weist der Ausgangswandler typischerweise einen Digital-Analog-Wandler sowie einen elektro-akustischen-Wandler auf, beispielsweise einen Lautsprecher.

**[0012]** Die Signalverarbeitungseinrichtung ist weiter-

hin eingerichtet zur Ausbildung einer Bewertungseinheit, einer Komparatoreinheit sowie einer Vorverstärkungseinheit. Die entsprechenden Einheiten, also die Bewertungseinheit, die Komparatoreinheit sowie die Vorverstärkungseinheit, werden dabei typischerweise durch Signalverarbeitung-Bausteine oder Datenverarbeitungs-Bausteine, insbesondere Datenverarbeitungs-Bausteine der eingangs genannten Art, ausgebildet, also zum Beispiel durch Softwareprogramm-Bausteine.

**[0013]** Im Zuge der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun ein erster Anpassungs-Sitzungs-Teil (first fitting-session-part) ausgeführt zur Anpassung des Hörgerätes, also des digitalen Hörgerätes, an einen Hörgeräteträger, insbesondere den zuvor genannten Hörgeräteträger. Hierbei wird mit Hilfe einer externen Prüfeinrichtung, also einer Prüfeinrichtung, die nicht Teil des Hörgerätes ist, ein akustisches Prüfsignal generiert. Das akustische Prüfsignal wird dabei generiert, während das Hörgerät von dem Hörgeräteträger getragen wird, also insbesondere von dem Hörgeräteträger, für den das Hörgerät vorgesehen ist und an den das Hörgerät angepasst wird. Es handelt sich bei dem Hörgeräteträger somit insbesondere um den sogenannten Endkunden.

**[0014]** Mittels des Eingangswandler des Hörgerätes wird dann in Abhängigkeit des akustischen Prüfsignals ein digitales Prüf-Eingangssignal generiert, also ein digitales Eingangssignal, welches vom akustischen Prüfsignal abhängig ist. Dabei bedingt das generierte akustische Prüfsignal typischerweise am Eingang des Hörgerätes ein akustisches Eingangssignal und basierend auf diesem Eingangssignal wird dann durch den Eingangswandler ein digitales Eingangssignal generiert, nämlich das digitale Prüf-Eingangssignal.

**[0015]** Dabei sei angemerkt, dass das generierte akustische Prüfsignal beispielsweise von einem Lautsprecher oder mehreren Lautsprechern der externen Prüfeinrichtung generiert wird. Das akustische Prüfsignal wird dann weiter insbesondere durch die räumlichen Gegebenheiten verändert, also zum Beispiel auch durch den Hörgeräteträger. Somit ist dann das eingangsseitig auf das Hörgerät auftreffende akustische Eingangssignal einerseits abhängig vom generierten akustischen Prüfsignal und andererseits von den räumlichen Gegebenheiten, die unter anderem auch bestimmt sind durch die Form des Kopfes des Hörgeräteträgers sowie insbesondere durch die Formen der Außenohren des Hörgeräteträgers.

**[0016]** Weiter wird basierend auf dem Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit der Signalverarbeitungseinrichtung eine schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt. Diese schalldruckabhängigen Prüfgröße wird dann mittels der Komparatoreinheit mit einer Referenzgröße verglichen, welche in der Signalverarbeitungseinrichtung hinterlegt ist, und es wird eine Abweichung ermittelt zwischen der schalldruckabhängigen Prüfgröße und der Referenzgröße. In Abhängigkeit der ermittelten Abweichung wird dann eine Vorverstärkung durch die

Vorverstärkungseinheit angepasst.

**[0017]** Die entsprechende Vorverstärkung ist hierbei mitbestimmend für die eingangs beschriebene Abbildung des eingangsseitigen Pegelbereichs auf den ausgangsseitigen Pegelbereich durch das Hörgerät. Allerdings handelt es sich bei der Vorverstärkung typischerweise um eine zusätzliche Verstärkung zusätzlich zur eingangs beschriebenen Verstärkung nach dem Stand der Technik. Daher erfolgt die Anpassung der Vorverstärkung bevorzugt unabhängig von einem Hördefizit des Hörgeräteträgers. D. h., dass bei einer angepassten Vorverstärkung das Hördefizit des Hörgeräteträgers unberücksichtigt ist. Eine eingangs beschriebene Verstärkung nach dem Stand der Technik erfolgt bevorzugt zusätzlich mittels einer Hauptverstärkung durch eine Hauptverstärkungseinheit.

**[0018]** Von Vorteil ist es weiter, wenn eine Vorverstärkung realisiert ist, durch welche eingangsseitige Schalldruckpegel um einen vorgegebenen Betrag erhöht werden. In diesem Fall wird dann also mittels des Eingangswandlers zunächst ein digitales Eingangssignal generiert. Dieses digitale Eingangssignal repräsentiert ein ermitteltes oder messtechnisch erfasstes akustisches Signal mit einem messtechnisch erfassten Schalldruckpegelwert. Durch die Vorverstärkung wird dieses digitale Eingangssignal in ein vorverstärktes digitales Eingangssignal umgesetzt, wobei bei dem vorverstärkten digitalen Eingangssignal der Schalldruckpegel ausgehend vom messtechnisch erfassten Schalldruckpegelwert um den vorgegebenen Betrag erhöht ist. Die Erhöhung um den vorgegebenen Betrag erfolgt hierbei unabhängig vom messtechnisch erfassten Wert des Schalldruckpegels. Bei der Umsetzung von digitalen Eingangssignalen in vorverstärkte digitale Eingangssignale erfolgt somit eine Art Offsetverschiebung des Schalldruckpegels. Einer alternativen Variante entsprechend werden eingangsseitige Schalldruckpegel durch die Vorverstärkung um einen Faktor, nämlich einen Vorverstärkungsfaktor, erhöht.

**[0019]** Bei der zuvor genannten schalldruckabhängigen Prüfgröße handelt es sich je nach Anwendungsfall beispielsweise um einen Schalldruckpegelwert. In einem solchen Fall ist dann zweckdienlicherweise auch die Referenzgröße durch einen Schalldruckpegelwert gegeben. Einer vorteilhaften Alternative entsprechend handelt es sich bei der schaltungsabhängigen Prüfgröße und/oder der Referenzgröße um eine Größe, die von einem entsprechenden Schalldruckpegelwert ableitbar ist. Gemäß einer weiteren Alternative handelt es sich bei der schalldruckabhängigen Prüfgröße zum Beispiel um eine mathematische Funktion, welche verschiedenen Frequenzen verschiedene Schalldruckpegelwerte zuordnet, oder um eine Gruppe von mehreren Schalldruckpegelwerten für mehrere Frequenzbereiche.

**[0020]** Weiter ist das akustische Prüfsignal bevorzugt durch ein Rauschsignal oder eine Sequenz von aufeinander folgenden Rauschsignalen gegeben. Davon unabhängig ist für das akustische Prüfsignal vorzugsweise

ein Schalldruckpegelwert vorgegeben. Dabei erfolgt die Vorgabe des Schalldruckpegelwertes zum Beispiel basierend auf einer Information in einem vorgegebenen digitalen Testsignal, welches bevorzugt genutzt wird, um mittels der externen Prüfeinrichtung das akustische Prüfsignal zu generieren.

**[0021]** Wird nun für das akustische Prüfsignal ein Schalldruckpegelwert vorgegeben, so liegt der Schalldruckpegelwert (SPL: sound pressure level) bevorzugt zwischen 60 dB und 80 dB, also zum Beispiel bei 65 dB.

**[0022]** Von Vorteil ist es zudem, wenn lediglich das zuvor genannte akustische Prüfsignal mit dem vorgegebenen Schalldruckpegelwert genutzt wird zum Zwecke der Anpassung der Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit. Es wird dann bevorzugt darauf verzichtet, ein weiteres akustisches Prüfsignal mit einem weiteren Schalldruckpegelwert hierfür zu nutzen. Zumindest aber wird bevorzugt darauf verzichtet, einen weiteren Schalldruckpegelwert zu nutzen. Werden also mehrere akustische Prüfsignale genutzt, so ist bevorzugt für alle derselbe Schalldruckpegelwert vorgegeben.

**[0023]** Bei dem zuvor beschriebenen ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil ist es in der Regel nicht notwendig, akustische Ausgangssignale zu generieren. Daher wird in einigen Anwendungsfällen hierauf verzichtet. Unabhängig davon, ob im ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil durch das Hörgerät akustische Ausgangssignale generiert werden, wird bevorzugt darauf verzichtet, entsprechende akustische Ausgangssignale messtechnisch zu erfassen, insbesondere mittels einer externen Sonde der Prüfeinrichtung. Es wird also zum Beispiel darauf verzichtet, ein Mikrofon der Prüfeinrichtung in den Gehörgang des Hörgeräträgers einzubringen.

**[0024]** Zweckdienlich ist es weiter, wenn das digitale Hörgerät als ein Mehrkanal-Hörgerät ausgebildet ist. Dabei sind dann bevorzugt 4 bis 10 Kanäle realisiert. Bei einer derartigen Ausgestaltung des digitalen Hörgeräts erfolgt durch die Signalverarbeitungseinrichtung zweckdienlicherweise zunächst eine kanal-abhängige und somit frequenzabhängige Auftrennung oder Aufspaltung eines digitalen Eingangssignals in mehrere Teilsignale. Jedes Teilsignal gibt dabei einen Frequenzbereich des digitalen Eingangssignals wieder, der einem Kanal zugeordnet ist. Die sich daraus ergebenden Teilsignale werden dann weiter bevorzugt in den einzelnen Kanälen unabhängig voneinander weiterverarbeitet und am Ende zusammengeführt zum digitalen Ausgangssignal.

**[0025]** Alternativ erfolgt eine kanal-abhängige und somit frequenzabhängige Auftrennung oder Aufspaltung noch vor einer Digitalisierung durch den zuvor genannten Analog-Digital-Wandler des Eingangswandlers, also auf analoger Ebene. In beiden Fällen werden jedoch schlussendlich die zuvor genannten digitale Teilsignale generiert und nachfolgend weiterverarbeitet.

**[0026]** In vorteilhafter Weiterbildung ist dann für jeden Kanal eine Bewertungseinheit, eine Komparatoreinheit und eine Vorverstärkungseinheit der zuvor beschriebenen Art realisiert und es wird weiter bevorzugt für jeden

Kanal eine Anpassung der Vorverstärkung der zuvor beschriebenen Art vorgenommen.

**[0027]** Insbesondere in diesem Fall enthält dann das akustische Prüfsignal oder zumindest das zugrunde liegende digitale Testsignal vorzugsweise einen Anteil für jeden Kanal oder zumindest mehrere Anteile für mehrere Kanäle. Hierbei ist typischerweise jeder Anteil durch ein Rauschsignal in einem vorgegebenen Frequenzband gegeben. Die Anteile sind dann beispielsweise in einer Sequenz aneinandergereiht. Alternativ wird für jeden Kanal ein eigenes akustisches Prüfsignal generiert.

**[0028]** Von Vorteil ist es außerdem, wenn eine Prä-Anpassungs-Sitzung (pre-fitting-session) Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist. In einer solchen Prä-Anpassungs-Sitzung wird dann ein vorgegebenes digitales Testsignal, insbesondere das zuvor genannte digitale Testsignal, genutzt, um mittels einer externen Referenz-Prüfeinrichtung ein akustisches Referenzsignal zu generieren. Die entsprechende Referenz-Prüfeinrichtung ist dabei wiederum nicht Teil des Hörgerätes und es handelt sich zudem bevorzugt um eine von der zuvor genannten externen Prüfeinrichtung verschiedene Einrichtung. Die Referenz-Prüfeinrichtung weist typischerweise zumindest einen Lautsprecher auf und zudem eine Prüfhalterung, wie zum Beispiel einen Haltearm oder einen Kunstkopf. Während der Generierung des akustischen Referenzsignals wird das digitale Hörgerät von der Prüfhalterung gehalten.

**[0029]** Bei dem ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil und der Prä-Anpassungs-Sitzung handelt es sich somit also um zwei Verfahrensteile oder Teilprozesse, die zweckdienlicherweise zeitversetzt ausgeführt werden. Dabei wird die Prä-Anpassungs-Sitzung typischerweise vor dem ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil durchgeführt. Zudem findet die Prä-Anpassungs-Sitzung bevorzugt beim Hersteller des digitalen Hörgerätes statt, während der erste Anpassungs-Sitzungs-Teil vorzugsweise bei einem Servicedienstleister, wie zum Beispiel einem Hörgeräteakustiker, stattfindet. Davon abgesehen liegen bei der Prä-Anpassungs-Sitzung typischerweise sogenannte Laborbedingungen vor, die insbesondere auch durch die Prüfhalterung vorgegeben sind. Dagegen werden beim ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil realitätsnahe Bedingungen simuliert, indem das Hörgerät vom Hörgeräträger getragen wird.

**[0030]** In der Prä-Anpassungs-Sitzung wird nun also das vorgegebene digitale Testsignal genutzt, um mittels der externen Referenz-Prüfeinrichtung das akustische Referenzsignal zu generieren. Weiter wird dann mittels des Eingangswandlers in Abhängigkeit des akustischen Referenzsignals ein digitales Referenz-Eingangssignal generiert, also ein digitales Eingangssignal basierend auf dem akustischen Referenzsignal. Dabei bedingt das akustische Referenzsignal ein akustisches Eingangssignal am Eingang des digitalen Hörgerätes, welches abhängig ist von der Referenz-Prüfeinrichtung, und basierend auf diesem akustischen Eingangssignal wird mittels des Eingangswandlers das vom akustischen Referenz-

signal abhängige digitale Eingangssignal, nämlich das digitale Referenz-Eingangssignal, generiert. Weiter wird basierend auf dem digitalen Referenz-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit die zuvor genannte Referenzgröße ermittelt und diese Referenzgröße wird dann in der Signalverarbeitungseinrichtung hinterlegt, also insbesondere in einem Permanent Speicher abgespeichert.

**[0031]** Das zuvor genannte vorgegebene digitale Testsignal wird üblicherweise zudem genutzt, um mittels der externen Prüfeinrichtung das akustische Prüfsignal zu generieren. Dies geschieht dann im Zuge des Teils des Verfahrens, welcher zuvor als erster Anpassungs-Sitzungs-Teil bezeichnet wurde. Dabei sei darauf hingewiesen, dass das vorgegebene digitale Testsignal in der Prä-Fitting-Sitzung üblicherweise ein anderes akustisches Eingangssignal am Eingang des Hörgeräts hervorruft als im ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil. Grund dafür sind die Unterschiede in den vorliegenden Bedingungen, die bestimmt sind durch die genutzten Einrichtungen, also die Referenz-Prüfeinrichtung einerseits und die Prüfeinrichtung andererseits, und durch die unterschiedlichen Umgebungsbedingungen für das Hörgerät. So wird das Hörgerät einmal von der Prüfhaltung gehalten und einmal von dem Hörgeräteträger getragen.

**[0032]** Weiter sind Varianten des Verfahrens von Vorteil, bei denen die Vorverstärkungseinheit der Bewertungseinheit vorgelagert ist. D. h., dass in der Reihenfolge der Signalverarbeitung in der Signalverarbeitungseinrichtung, also in der Reihenfolge der einzelnen Prozessschritte oder Verfahrensschritte der Signalverarbeitung, zunächst die Verstärkungseinheit auf ein Signal angewendet wird und erst im weiteren Verlauf der Signalverarbeitung wird die Bewertungseinheit angewendet. Es findet somit also bevorzugt erst die Vorverstärkung und nachfolgend die Bewertung statt. Je nach Anwendungsfall erfolgt dann zum Beispiel eine Anpassung der Vorverstärkung ausgehend von einer voreingestellten Vorverstärkung. In einigen Fällen ist dann eine Art Regelkreis realisiert, mittels dessen die Vorverstärkung solange angepasst wird, bis Prüfgröße und Referenzgröße übereinstimmen und somit keine Abweichung mehr ermittelt wird.

**[0033]** Wie bereits zuvor angedeutet ist es außerdem zweckdienlich, wenn die Signalverarbeitungseinrichtung eingerichtet ist zur Ausbildung einer Hauptverstärkungseinheit. Auch eine solche Hauptverstärkungseinheit ist typischerweise durch einen Signalverarbeitung-Baustein oder Datenverarbeitungs-Baustein, insbesondere einen Datenverarbeitungs-Baustein der eingangs genannten Art, ausgebildet, also zum Beispiel durch einen Softwareprogramm-Baustein. Sie ist weiterhin der Vorverstärkungseinheit nachgelagert, also insbesondere signalbearbeitungstechnisch nachgelagert, und dient bevorzugt zur Umsetzung einer eingangs beschriebenen Verstärkung nach dem Stand der Technik. Die Verstärkung durch die Hauptverstärkungseinheit wird nachfolgend Hauptverstärkung genannt.

**[0034]** In vorteilhafter Weiterbildung arbeiten Vorverstärkungseinheit und Hauptverstärkungseinheit unabhängig voneinander. Hierbei arbeitet die Hauptverstärkungseinheit typischerweise nach Art einer Verstärker-  
5 einheit nach dem Stand der Technik, wobei jedoch der Hauptverstärkungseinheit Signale zugeführt werden, die durch die Vorverstärkungseinheit vorverstärkt sind. Diese vorverstärkten Signale werden dann von der Haupt-  
10 verstärkungseinheit üblicherweise so bearbeitet, wie die digitalen Eingangssignale durch eine Verstärkereinheit nach dem Stand der Technik. Die Hauptverstärkungseinheit hat somit also bevorzugt keine Kenntnis von der Vorverstärkungseinheit und dementsprechend wird  
15 dann die Wirkung der Vorverstärkungseinheit von der Hauptverstärkungseinheit nicht berücksichtigt. Unabhängig davon arbeitet die Vorverstärkungseinheit bevorzugt nicht kompressiv, wohingegen die Hauptverstärkungseinheit vorzugsweise kompressiv arbeitet, also ein kompressives Verhalten zeigt.

**[0035]** Ist nun eine zuvor beschriebene Hauptverstärkungseinheit vorgesehen und durch die Signalverarbeitungseinrichtung realisiert, so weist das Verfahren bevorzugt einen weiteren Teil oder Prozess auf, der nachfolgend zweiter Anpassungs-Sitzungs-Teil (second fitting-session-part) genannt wird. In diesem zweiten Anpassungs-Sitzungs-Teil wird bevorzugt die Hauptverstärkung durch die Hauptverstärkungseinheit angepasst. Dabei wird der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil zweckdienlicherweise durchgeführt, nachdem der erste Anpassungs-Sitzungs-Teil abgeschlossen ist. Die Anpassung der Hauptverstärkung erfolgt weiter bevorzugt in Abhängigkeit eines Hördefizits des Hörgeräteträgers und dementsprechend entspricht der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil typischerweise einer klassischen Anpassungs-Sitzung nach dem Stand der Technik, zumindest im Hinblick auf die Anpassung der Signalverarbeitungseinrichtung.

**[0036]** Der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil erfolgt bevorzugt bei einem Servicedienstleister, wie zum Beispiel einem Hörgeräteakustiker. Vorzugsweise erfolgt außerdem der erste Anpassungs-Sitzungs-Teil bei einem Servicedienstleister, wie zum Beispiel einem Hörgeräteakustiker. Weiter bevorzugt erfolgen beide Teile, also der erste und der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil bei einem Servicedienstleister, wie zum Beispiel einem Hörgeräteakustiker, und zwar insbesondere beim selben Servicedienstleister. Die Prä-Anpassungs-Sitzung findet dagegen bevorzugt beim Hersteller des digitalen Hörgerätes statt.

**[0037]** Von Vorteil ist es weiterhin, wenn die Hauptverstärkungseinheit der Bewertungseinheit nachgelagert ist, wenn also die Hauptverstärkungseinheit der Bewertungseinheit signalverarbeitungstechnisch nachgelagert ist. Somit erfolgt dann die Bewertung durch die Bewertungseinheit und insbesondere die Ermittlung der schaltungsabhängigen Prüfgröße im ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil vor der Hauptverstärkung und somit insbesondere auch unabhängig von der Hauptverstärkung

durch die Hauptverstärkungseinheit.

**[0038]** Außerdem ist es günstig, wenn die schaltungsabhängige Prüfgröße in der Signalverarbeitungseinrichtung hinterlegt wird, also zum Beispiel in einem Permanentspeicher der Signalverarbeitungseinrichtung abgespeichert wird.

**[0039]** Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn die Signalverarbeitungseinrichtung automatisch erkennt, welches digitale Testsignal während des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils genutzt wird zur Generierung des akustischen Prüfsignals oder zumindest ob das vorgesehene digitale Testsignal genutzt wird. In einem solchen Fall ist es weiter von Vorteil, wenn eine Anpassung der Vorverstärkung nur dann vorgenommen wird, wenn in der Signalverarbeitungseinrichtung eine mit dem erkannten digitalen Testsignal korrelierende Referenzgröße hinterlegt ist. Auf diese Weise lässt es sich vermeiden, dass versehentlich ein falsches Signal für eine Anpassung der Vorverstärkung genutzt wird.

**[0040]** In vorteilhafter Weiterbildung stehen dann mehrere digitale Testsignale zur Auswahl und in der Signalverarbeitungseinrichtung ist für mehrere digitale Testsignale jeweils ein Referenzgröße hinterlegt. Bevorzugt ist dann das Hörgerät derart eingerichtet, dass die Signalverarbeitungseinrichtung erkennt, welches digitale Testsignal aus der Auswahl genutzt wird. In der Folge wählt die Signalverarbeitungseinrichtung dann die mit dem erkannten digitalen Testsignal korrigierende Referenzgröße für die Anpassung der Vorverstärkung aus und zieht diese Referenzgröße für einen Vergleich mit der Prüfgröße heran.

**[0041]** Das zuvor beschriebene erfindungsgemäße Verfahren dient der Anpassung eines erfindungsgemäßen Hörgerätes und ist dementsprechend hierfür ausgestaltet. Umgekehrt ist das erfindungsgemäße Hörgerät zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in zumindest einem Betriebsmodus eingerichtet. Dazu weist das Hörgerät insbesondere die zuvor beschriebene Signalverarbeitungseinrichtung auf. Mit Hilfe der Signalverarbeitungseinrichtung erfolgt dann bevorzugt die Ausführung einer Anzahl Verfahrensschritte des Verfahrens, wobei hierfür weiter bevorzugt ein ausführbares Programm in der Signalverarbeitungseinrichtung hinterlegt oder installiert ist, welches nach einem Start die Anzahl Verfahrensschritte des Verfahrens automatisch ausführt. Mit Hilfe des Programms werden bevorzugt die zuvor genannten Datenverarbeitungs-Bausteine realisiert.

**[0042]** Ein entsprechendes Programm lässt sich auch nachträglich mittels eines erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukts installieren oder hinterlegen. Bei jenem Computerprogrammprodukt handelt es sich typischerweise um eine Datei oder einen Datenträger mit einer Datei, wobei die Datei das ausführbare Programm enthält, also insbesondere einen geeigneten Programmcode.

**[0043]** Die zuvor beschriebene Realisierung einer Vorverstärkungseinheit und die Anpassung der Vorverstärkung im Zuge der beschriebenen Anpassung im ersten

Anpassungs-Sitzungs-Teil ist nicht nur vorteilhaft im Hinblick auf die Ausführung der Hauptfunktion des Hörgerätes, also der Verstärkerfunktion, sondern auch im Hinblick auf bekannte Hilfsfunktionen, bei denen nach dem Stand der Technik in irgendeiner Weise die digitalen Eingangssignale genutzt werden. Ist in dem erfindungsgemäßen Hörgerät eine solche Hilfsfunktion realisiert, so ist diese bevorzugt derart angepasst, dass anstelle der digitalen Eingangssignale die vorverstärkten digitalen Eingangssignale herangezogen werden.

**[0044]** Ein Beispiel für eine solche Hilfsfunktion ist die sogenannte adaptive Direktionalität. Hier werden dann beispielsweise die vorverstärkten digitalen Eingangssignale herangezogen zur Aktivierung und/oder Steuerung von Störgeräuschunterdrückungs-Algorithmen. Derartige Algorithmen beruhen häufig auf einer Schätzung des Umgebungslärms, der bei eingangsseitigen Abweichungen verfälscht sein kann.

**[0045]** Ein weiteres Beispiel für eine solche Hilfsfunktion ist die sogenannte Microphone Noise Reduction (MNR), die auch als Low Level Expansion bekannt ist. Dieser sehr simple Algorithmus beruht darauf, in sehr ruhigen Situationen die Hörgeräteverstärkung und damit das hörbare Eigenrauschen massiv zu reduzieren. Nimmt das Hörgerät einen höheren Pegel wahr, muss die Verstärkung sehr schnell wieder auf das gewünschte Niveau gebracht werden um die Sprachverständlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Ein solcher Algorithmus wäre natürlich durch eine individuelle Abweichung des Eingangspegels in seiner Funktion beeinträchtigt.

**[0046]** Ein weiteres Beispiel für eine solche Hilfsfunktion ist eine sogenannte Classification. Hierbei handelt es sich um eine Hörgerätefunktion, die versucht, die akustische Umgebung zu klassifizieren und nachgeleitet abhängig von der akustischen Klasse die Konfiguration/Funktion des Hörgerätes zu ändern. Konkret heißt dies zum Beispiel: erkennt das Hörgerät anhand des Eingangssignals, dass es sich in einem Kraftfahrzeug befindet, so wird die Direktionalität des Hörgerätes so verändert, dass die primäre Hörrichtung nicht mehr von vorne ist, sondern zur Seite oder nach hinten gesteuert wird. Die sogenannten akustischen Cues, auf denen die Klassifikation basiert, hängen zum Teil von den spektralen Pegeln des Eingangssignals ab.

**[0047]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1 in einem Blockschaltbild ein digitales Hörgerät in einer externen Referenz-Prüfeinrichtung,  
 FIG 2 in einem Blockschaltbild das digitale Hörgerät in einer externen Prüfeinrichtung sowie  
 FIG 3 in einem Diagramm zwei Verstärkungskurven.

**[0048]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0049]** Ein nachfolgend exemplarisch beschriebenes Hörgerät 2 ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Es ist als

ein digitales Hörgerät 2 ausgebildet und weist einen Eingangswandler 4, eine Signalverarbeitungseinrichtung 6 sowie einen Ausgangswandler 8 auf.

**[0050]** Der Eingangswandler 4 dient zur Generierung digitaler Eingangssignale basierend auf akustischen Eingangssignalen, die eingangsseitig auf das Hörgerät 2 auftreffen. Hierzu weist der Eingangswandler 4 im Ausführungsbeispiel ein Mikrofon 10 sowie einen Analog-Digital-Wandler 12 auf. Die entsprechenden digitalen Eingangssignale werden in der Signalverarbeitungseinrichtung 6 verarbeitet, wobei basierend auf den digitalen Eingangssignalen digitale Ausgangssignale generiert werden. Durch den Ausgangswandler 8 werden basierend auf den digitalen Ausgangssignalen akustische Ausgangssignale generiert und ausgangsseitig vom Hörgerät 2 abgegeben. Hierbei weist der Ausgangswandler 8 gemäß Fig. 1 einen Digital-Analog-Wandler 14 sowie einen Lautsprecher 16 auf.

**[0051]** Die Signalverarbeitungseinrichtung 6 ist weiterhin eingerichtet zur Ausbildung mehrerer Datenverarbeitungs-Bausteine oder Softwareprogramm-Bausteine, nämlich einer Bewertungseinheit 18, einer Komparator-einheit 20, einer Vorverstärkungseinheit 22 und einer Hauptverstärkungseinheit 24. Außerdem weist die Signalverarbeitungseinrichtung 6 einen Permanentenspeicher 26 auf.

**[0052]** Zur Anpassung des Hörgerätes 2 wird das nachfolgend exemplarisch beschriebene Verfahren genutzt, welches zumindest drei Teile umfasst, nämlich eine Prä-Anpassungs-Sitzung (pre-fitting-session), einen ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil (first fitting-session-part) und einen zweiten Anpassungs-Sitzungs-Teil (second fitting-session-part).

**[0053]** Von diesen drei Teilen wird die Prä-Anpassungs-Sitzung zeitlich gesehen als erstes ausgeführt. Sie erfolgt bevorzugt beim Hersteller des Hörgerätes 2. Für die Prä-Anpassungs-Sitzung wird eine Referenz-Prüfeinrichtung 28 genutzt mit einem Lautsprecher 30 und mit Prüfhalterung 32. Hierbei ist die Prüfhalterung 32 beispielsweise durch einen Kunstkopf ausgebildet. Während der Prä-Anpassungs-Sitzung wird das Hörgerät 2 von der Prüfhalterung 32 gehalten, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist.

**[0054]** Im Zuge der Prä-Anpassungs-Sitzung wird ein vorgegebenes digitales Testsignal genutzt, um mittels des Lautsprechers 30 der Referenz-Prüfeinrichtung 28 ein akustisches Referenzsignal zu generieren. In der Folge wird dann mittels des Eingangswandlers 4 in Abhängigkeit des akustischen Referenzsignals ein digitales Referenz-Eingangssignal generiert, also ein digitales Eingangssignal basierend auf dem akustischen Referenzsignal. Zudem wird basierend auf dem digitalen Referenz-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit 18 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 eine Referenzgröße ermittelt und diese Referenzgröße wird dann im Permanentenspeicher 26 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 abgespeichert.

**[0055]** Bei dem digitalen Testsignal, welches bei-

spielsweise als Datei vorliegt, handelt es sich bevorzugt um ein Rauschsignal und insbesondere um ein Rauschsignal mit einem vorgegebenen Schalldruckpegelwert von zum Beispiel 65 dB. Durch Wiedergabe des digitalen Testsignals mittels des Lautsprechers 30 der Referenz-Prüfeinrichtung 28 wird dann als akustisches Referenzsignal ein Rauschen generiert, das auf dem digitalen Testsignal basiert und durch die Referenz-Prüfeinrichtung 28 beeinflusst ist.

**[0056]** Im Ausführungsbeispiel wird nun im Zuge der Prä-Anpassungs-Sitzung durch die Bewertungseinheit 18 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 der Schalldruckpegelwert des Rauschens als Referenzgröße ermittelt, wobei der während der Prä-Anpassungs-Sitzung ermittelte Schalldruckpegelwert beeinflusst ist durch die Referenz-Prüfeinrichtung 28, also den Lautsprecher 30, die Prüfhalterung 32 sowie die übrige Umgebung des Hörgerätes 2, und durch die Komponenten des Hörgerätes 2, wie zum Beispiel das Mikrofon 10.

**[0057]** Die beiden anderen genannten Teile des Verfahrens, also der erste Anpassungs-Sitzungs-Teil und der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil werden im Ausführungsbeispiel bei einem Servicedienstleister, zum Beispiel einem Hörgeräteakustiker, ausgeführt. Dabei wird zunächst der erste Anpassungs-Sitzungs-Teil ausgeführt und nachfolgend der zweite Anpassungs-Sitzungs-Teil. Zumindest für den ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil wird eine Prüfeinrichtung 34 mit einem Lautsprecher 36 genutzt und während des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils wird das Hörgerät 2 von einem Hörgeräte-träger 38 getragen.

**[0058]** Im Zuge der Ausführung des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils wird das digitale Testsignal genutzt, um mit Hilfe des Lautsprechers 36 der Prüfeinrichtung 34 ein akustisches Prüfsignal zu generieren. Mittels des Eingangswandler 4 des Hörgerätes 2 wird dann in Abhängigkeit des akustischen Prüfsignals ein digitales Prüf-Eingangssignal generiert, also ein digitales Eingangssignal, welches vom akustischen Prüfsignal abhängig ist. Weiter wird basierend auf dem digitalen Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit 18 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 eine schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt. Diese schalldruckabhängigen Prüfgröße wird dann mittels der Komparatoreinheit 20 mit der Referenzgröße verglichen, welche im Permanentenspeicher 26 der Signalverarbeitungseinrichtung 4 hinterlegt ist, und es wird eine Abweichung ermittelt zwischen der schalldruckabhängigen Prüfgröße und der Referenzgröße. In Abhängigkeit der ermittelten Abweichung wird dann eine Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit 22 angepasst.

**[0059]** Durch die Wiedergabe des digitalen Testsignals mittels des Lautsprechers 36 der Prüfeinrichtung 34 wird als akustisches Prüfsignal ein Rauschen generiert, das auf dem digitalen Testsignal basiert und durch die Prüfeinrichtung 34 beeinflusst ist. Im Zuge der Ausführung des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils wird dann im Ausführungsbeispiel durch die Bewertungseinheit 18

der Signalverarbeitungseinrichtung 6 der Schalldruckpegelwert des Rauschens als schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt, wobei der während des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils ermittelte Schalldruckpegelwert beeinflusst ist durch die Prüfeinrichtung 34, also insbesondere den Lautsprecher 36, durch die übrige Umgebung des Hörgeräts 2, also auch durch den Hörgeräträger 38, und durch die Komponenten des Hörgeräts 2, wie zum Beispiel das Mikrofon 10.

**[0060]** Während der Prä-Anpassungs-Sitzung und während dem ersten Anpassungs-Sitzungs-Teil werden daher also durch die Bewertungseinheit 18 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 typischerweise zwei unterschiedliche Schalldruckpegelwerte ermittelt trotz gleichem digitalem Testsignal. Diese beiden Schalldruckpegelwerte werden miteinander verglichen und mittels Anpassung der Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit 22 der Signalverarbeitungseinrichtung 6 wird vorzugsweise eine Art Kompensation vorgenommen. Die Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit 22 wird dabei bevorzugt derart angepasst, dass der während des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils ermittelte Schalldruckpegelwert hin zum Schalldruckpegelwert verändert wird, der während der Prä-Anpassungs-Sitzung ermittelt wurde.

**[0061]** Bei der Vorverstärkung handelt es sich um eine zusätzliche Verstärkung zusätzlich zur Hauptverstärkung durch die Hauptverstärkungseinheit 24. Die Anpassung der Vorverstärkung erfolgt dabei im Ausführungsbeispiel unabhängig von einem Hördefizit des Hörgeräträgers 38.

**[0062]** Im Gegensatz zur Vorverstärkung wird die Hauptverstärkung durch die Hauptverstärkungseinheit 24 an das Hördefizit des Hörgeräträgers 38 angepasst. Dies geschieht im zweiten Anpassungs-Sitzungs-Teil nach Abschluss des ersten Anpassungs-Sitzungs-Teils.

**[0063]** Zweckdienlich ist es weiter, wenn das digitale Hörgerät 2 als ein Mehrkanal-Hörgerät ausgebildet ist. Dabei sind dann bevorzugt 4 bis 10 Kanäle realisiert. Bei einer derartigen Ausgestaltung des Hörgeräts 2 erfolgt durch die Signalverarbeitungseinrichtung 6 beispielsweise zunächst eine kanal-abhängige und somit frequenz-abhängige Auftrennung oder Aufspaltung eines digitalen Eingangssignals in mehrere Teilsignale. Jedes Teilsignal gibt dabei einen Frequenzbereich des digitalen Eingangssignals wieder, der einem Kanal zugeordnet ist. Die sich daraus ergebenden Teilsignale werden dann weiter bevorzugt in den einzelnen Kanälen unabhängig voneinander weiterverarbeitet und am Ende zusammengeführt zu einem digitalen Ausgangssignal.

**[0064]** In vorteilhafter Weiterbildung ist dann für jeden Kanal eine zuvor beschriebene Signalbearbeitung realisiert mittels einer Bewertungseinheit 18, einer Komparatoreinheit 20, einer Vorverstärkungseinheit 22 und einer Hauptverstärkungseinheit 24. D. h., dass dann für jeden Kanal die in Fig. 1 und Fig. 2 in der Signalverarbeitungseinrichtung 6 gezeigten Datenverarbeitungs-Bausteine realisiert sind.

**[0065]** Davon unabhängig ist die Vorverstärkungseinheit 22 bevorzugt der Bewertungseinheit 18 signalverarbeitungstechnisch vorgelagert. D. h., dass in der Reihenfolge der Signalverarbeitung in der Signalverarbeitungseinrichtung 6, also in der Reihenfolge der einzelnen Prozessschritte oder Verfahrensschritte der Signalverarbeitung, zunächst die Vorverstärkungseinheit 22 angewendet wird und erst im weiteren Verlauf der Signalverarbeitung wird die Bewertungseinheit 18 angewendet. Weiter ist die Hauptverstärkungseinheit 22 bevorzugt der Bewertungseinheit 18 signalverarbeitungstechnisch nachgelagert.

**[0066]** In den meisten Fällen ist die Signalverarbeitungseinrichtung 6 weiterhin eingerichtet zur Ausbildung eines zusätzlichen Datenverarbeitungs-Bausteins, nämlich eines Bausteins zur Rauschunterdrückung 40. Die Rauschunterdrückung 40 ist hierbei bevorzugt der Hauptverstärkungseinheit 22 signalverarbeitungstechnisch nachgelagert.

**[0067]** Die Grundidee der Erfindung wird nachfolgend noch anhand eines schematischen Diagramms erläutert, welches in Fig. 3 wiedergegeben ist:

Dargestellt ist dabei der Schalldruckpegel  $L_o$  am Ausgang eines digitalen Hörgerätes, kurz der Ausgangspegel, in Abhängigkeit des Schalldruckpegels  $L_i$  am Eingang des Hörgerätes, kurz des Eingangspegels. Die exemplarische dargestellte Kurve mit durchgezogener Linie zeigt dabei zwei sogenannte Kniepunkte bei 50 dB und bei 65 dB.

**[0068]** Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird hier ein vereinfachter Fall betrachtet, bei dem durch eingangsseitige Effekte, wie zum Beispiel einer Abschattung der Hörgerätemikrofone, der von dem Hörgerät erfasste Schalldruckpegel  $L_i$ , also insbesondere der unter Alltagsbedingungen (Hörgerät wird von Hörgeräträger getragen) erfasste Schalldruckpegel  $L_i$ , um einen Betrag von 7 dB niedriger ist als in der ursprünglichen Annahme, also insbesondere unter Laborbedingungen (Hörgerät ist an einem Kunstkopf fixiert). Zudem wird nachfolgend nur die Differenz bei zwei unterschiedlichen Eingangspegeln betrachtet.

**[0069]** Die durchgezogene Kurve zeigt nun also den Ausgangspegel des Hörgeräts in Abhängigkeit des Eingangspegels. Das Hörgerät arbeitet kompressiv, d.h. es gibt bestimmte Punkte, hier die zwei zuvor genannten Kniepunkte, ab denen der Ausgangspegel langsamer ansteigt als der Eingangspegel. Die Kniepunkte sind in der Regel so gesetzt, dass für ein bestimmtes Eingangssignal, etwa ein sprachsimulierendes Rauschen bei niedrigen und mittleren Eingangspegeln, ein gewünschter Ausgangspegel erzielt wird.

**[0070]** Im hier betrachteten Fall ist durch eingangsseitige Abschattung der Pegel, den das Hörgerät erfasst, also insbesondere unter Alltagsbedingungen, nun um 7 dB geringer als erwartet. In Fig. 3 sind exemplarisch vier Pegelwerte durch gestrichelte Linien markiert, nämlich zwei erwartete Pegelwerte  $L_{i,E1}$  und  $L_{i,E2}$  sowie zwei dazugehörige tatsächlich erfasste Pegelwerte  $L_{i,A1}$  und

$L_{I,A2}$ . In beiden Fällen liegt der tatsächlich erfasste Pegelwert wegen der eingangsseitigen Abschattung um 7 dB unter dem erwarteten Pegelwert.

**[0071]** Das führt dazu, dass der Ausgangspegel des Hörgeräts von dem Sollwert oder Zielwert abweicht. Durch das kompressive Verhalten des Hörgeräts ist diese Abweichung DL aber nicht konstant. Während sie für niedrige Eingangspegel vom Betrag her genau der Differenz des Eingangs entspricht, also 7dB bei der Gegenüberstellung von  $L_{I,A1}$  und  $L_{I,E1}$ , ist sie bei mittleren Eingangspegeln deutlich geringer, nämlich 2.8 dB bei der Gegenüberstellung von  $L_{I,A2}$  und  $L_{I,E2}$ . Das stellt auch das grundsätzliche Problem bei derartigen eingangsseitigen Effekten dar.

**[0072]** Wird dann nur eine einzelne Messung bei einem Testpegel durchgeführt, kann die Pegelabhängigkeit nicht in vollem Umfang erfasst werden. Denn wird eine Messung bei niedrigem Eingangspegel durchgeführt, so wird festgestellt, dass der Ausgangspegel des Hörgeräts 7 dB zu gering ist. Wird diese Abweichung nun nicht erfindungsgemäß eingangsseitig kompensiert, sondern ausgangsseitig gemäß dem Stand der Technik, also mittels der standardmäßigen Verstärkungsstufe, d. h. linear, führt das zu einer Überkompensation bei mittleren Eingangspegeln. Eine solche ausgangsseitig Kompensation gemäß dem Stand der Technik, verschiebt im Prinzip die Kurve in Fig. 3 hin zu der gestrichelten Kurve. In dem Beispiel wäre der Ausgangspegel des Hörgerätes bei mittleren Pegeln, also bei der Gegenüberstellung von  $L_{I,A2}$  und  $L_{I,E2}$ , um 4.2 dB zu hoch.

**[0073]** Klassisch würde also der Ausgangspegel des Hörgeräts bei mehreren Eingangspegeln gemessen werden müssen und als Korrektur würden die Knipunkte verschoben werden. Das hat aber mehrere Nachteile. So ist unter anderem der Messaufwand relativ hoch. Weiter ist die Wiederholgenauigkeit der Messung insbesondere bei niedrigen Eingangspegeln gering. Außerdem ist prinzipiell eine Messung bei hohen Eingangspegeln von Nöten, was für den Hörgeräteträger unangenehm ist. Von besonderer Bedeutung ist aber, dass eine Verschiebung der Knipunkte nur den Ausgangspegel des Hörgeräts korrigiert. Viele adaptive Algorithmen, wie die Störgeräuschschätzung oder die Steuerung der Richtionalität, werden durch diese Maßnahme nicht korrigiert

**[0074]** Im Gegensatz dazu bewirkt eine zusätzliche (Vor-)Verstärkungsstufe vor der (Haut-)Verstärkungsstufe mit kompressivem Verhalten eine komplette Kompensation des eingangsseitigen Effekts. Eine Erhöhung der (Vor-)Verstärkung von 7 dB bewirkt dabei, dass die tatsächlich erfassten Pegelwerte, also auch  $L_{I,A1}$  und  $L_{I,A2}$  auf die erwarteten Pegelwerte, also  $L_{I,E1}$  bzw.  $L_{I,E2}$ , verschoben werden und das Hörgerät in Bezug auf den Ausgangspegel, insbesondere aber auch in Bezug auf adaptive, pegelabhängige Signalverarbeitungsalgorithmen, absolut korrekt arbeitet.

**[0075]** Im Prinzip ist dann nur noch eine einzelne Messung bei einem Testsignalpegel notwendig, der einerseits einen ausreichenden Signal-Rausch-Abstand auf-

weist und andererseits nicht unangenehm laut ist. Bei dieser Messung wird in dem beschriebenen Verfahren erst der Eingang des Hörgeräts gemessen und ggf. korrigiert. Die Messung des Ausgangs des Hörgeräts kann dann durch eine lineare Verstärkung der zweiten Verstärkungsstufe korrigiert werden.

Bezugszeichenliste

10 **[0076]**

2	Hörgerät
4	Eingangswandler
6	Signalverarbeitungseinrichtung
8	Ausgangswandler
10	Mikrofon
12	Analog-Digital-Wandler
14	Digital-Analog-Wandler
16	Lautsprecher
18	Bewertungseinheit
20	Komparatoreinheit
22	Vorverstärkungseinheit
24	Hauptverstärkungseinheit
26	Permanentspeicher
28	Referenz-Prüfeinrichtung
30	Lautsprecher
32	Prüfhalterung
34	Prüfeinrichtung
36	Lautsprecher
38	Hörgeräteträger
40	Rauschunterdrückung
Lo	Ausgangspegel
$L_I$	Eingangspegel
$L_{I,E1}$	erwarteter Pegelwert 1
$L_{I,E2}$	erwarteter Pegelwert 2
$L_{I,A1}$	erfasster Pegelwert 1
$L_{I,A2}$	erfasster Pegelwert 2

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Anpassung eines digitalen Hörgerätes (2), welches einen Eingangswandler (4), eine Signalverarbeitungseinrichtung (6) und einen Ausgangswandler (8) aufweist, wobei

- die Signalverarbeitungseinrichtung (6) eingerichtet ist zur Ausbildung einer Bewertungseinheit (18), einer Komparatoreinheit (20) sowie einer Vorverstärkungseinheit (22),
- mittels einer externen Prüfeinrichtung (34) ein akustisches Prüfsignal generiert wird, während das Hörgerät (2) von einem Hörgeräteträger (38) getragen wird,
- mittels des Eingangswandlers (4) in Abhängigkeit des akustischen Prüfsignals ein digitales

- Prüf-Eingangssignal generiert wird,  
 - basierend auf dem digitalen Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) eine schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt wird,  
 - mittels der Komparatoreinheit (20) eine Abweichung ermittelt wird zwischen der schalldruckabhängigen Prüfgröße und einer Referenzgröße, welche in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt ist, und  
 - in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung eine Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit (22) angepasst wird.
- 2.** Verfahren nach Anspruch 1, wobei
- ein vorgegebenes digitales Testsignal genutzt wird, um mittels einer externen Referenz-Prüfeinrichtung (28) ein akustisches Referenzsignal zu generieren, während das Hörgerät (2) von einer Prüfhalterung (32) gehalten wird,  
 - mittels des Eingangswandlers (4) in Abhängigkeit des akustischen Referenzsignals ein digitales Referenz-Eingangssignal generiert wird,  
 - basierend auf dem digitalen Referenz-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) die Referenzgröße ermittelt wird und  
 - die Referenzgröße in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt wird.
- 3.** Verfahren nach Anspruch 2, wobei das vorgegebene digitale Testsignal genutzt wird, um mittels der externen Prüfeinrichtung (34) das akustische Prüfsignal zu generieren.
- 4.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Vorverstärkungseinheit (22) der Bewertungseinheit (18) vorgelagert ist.
- 5.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (6) eingerichtet ist zur Ausbildung einer Hauptverstärkungseinheit (24), welche der Vorverstärkungseinheit (22) nachgelagert ist.
- 6.** Verfahren nach Anspruch 5, wobei eine Hauptverstärkung durch die Hauptverstärkungseinheit (24) angepasst wird, nachdem die Anpassung der Vorverstärkung erfolgt ist.
- 7.** Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Hauptverstärkung in Abhängigkeit eines Hördefizits des Hörgeräteträgers (38) angepasst wird.
- 8.** Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die Hauptverstärkungseinheit (24) der Bewertungseinheit (18) nachgelagert ist.
- 9.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die schalldruckabhängige Prüfgröße in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt wird.
- 10.** Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei
- die Referenzgröße mit einem Erkennungsmerkmal verknüpft wird, welches die Referenzgröße dem zugrunde liegenden digitalen Testsignal zuordnet, und  
 - die Referenzgröße mit ihrem zugehörigen Erkennungsmerkmal in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt wird.
- 11.** Verfahren nach Anspruch 10, wobei
- basierend auf dem digitalen Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) ein Prüfmerkmal ermittelt wird und  
 - eine Abweichung zwischen der Prüfgröße und einer Referenzgröße lediglich dann ermittelt wird, wenn als Prüfmerkmal das Erkennungsmerkmal ermittelt wird.
- 12.** Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei
- nacheinander mehrere vorgegebene digitale Testsignale genutzt werden, um jeweils mittels der externen Referenz-Prüfeinrichtung (28) ein akustisches Referenzsignal zu generieren, während das Hörgerät (2) von der Prüfhalterung (32) gehalten wird,  
 - mittels des Eingangswandlers (4) in Abhängigkeit des jeweiligen akustischen Referenzsignals ein digitales Referenz-Eingangssignal generiert wird,  
 - basierend auf dem jeweiligen digitalen Referenz-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) eine Referenzgröße ermittelt wird,  
 - jede Referenzgröße mit einem Erkennungsmerkmal verknüpft wird, welches die Referenzgröße dem jeweils zugrunde liegenden digitalen Testsignal zuordnet, und  
 - die Referenzgrößen mit ihren zugehörigen Erkennungsmerkmalen in der Signalverarbeitungseinrichtung (6) hinterlegt werden.
- 13.** Verfahren nach Anspruch 12, wobei
- aus den vorgegebenen digitalen Testsignalen ein digitales Testsignal ausgewählt wird,  
 - das ausgewählte digitale Testsignal genutzt wird, um mittels der externen Prüfeinrichtung (34) das akustische Prüfsignal zu generieren,

- mittels des Eingangswandlers (4) in Abhängigkeit des Prüfsignals ein digitales Prüf-Eingangssignal generiert wird,
  - basierend auf dem Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) eine schalldruckabhängige Prüfgröße ermittelt wird, 5
  - basierend auf dem Prüf-Eingangssignal mittels der Bewertungseinheit (18) ein Prüfmerkmal ermittelt wird,
  - mittels der Komparatoreinheit (20) das Prüfmerkmal mit den hinterlegten Erkennungsmerkmalen verglichen wird und das Erkennungsmerkmal ermittelt wird, das dem Prüfmerkmal entspricht, 10
  - mittels der Komparatoreinheit (20) eine Abweichung ermittelt wird zwischen der Prüfgröße und der Referenzgröße, welche mit dem ermittelten Erkennungsmerkmal verknüpft ist, und 15
  - in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung eine Vorverstärkung durch die Vorverstärkungseinheit (22) angepasst wird. 20
14. Hörgerät (2) eingerichtet zur Ausführung zumindest eines Verfahrensschrittes eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche in zumindest einem Betriebsmodus. 25
15. Computerprogrammprodukt enthaltend ein auf einer Datenverarbeitungseinheit, insbesondere einer digitalen Signalverarbeitungseinrichtung (6) eines digitalen Hörgerätes (2), ausführbares Programm, welches nach einem Start zumindest einen Verfahrensschritt eines Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche automatisch ausführt. 30

35

40

45

50

55

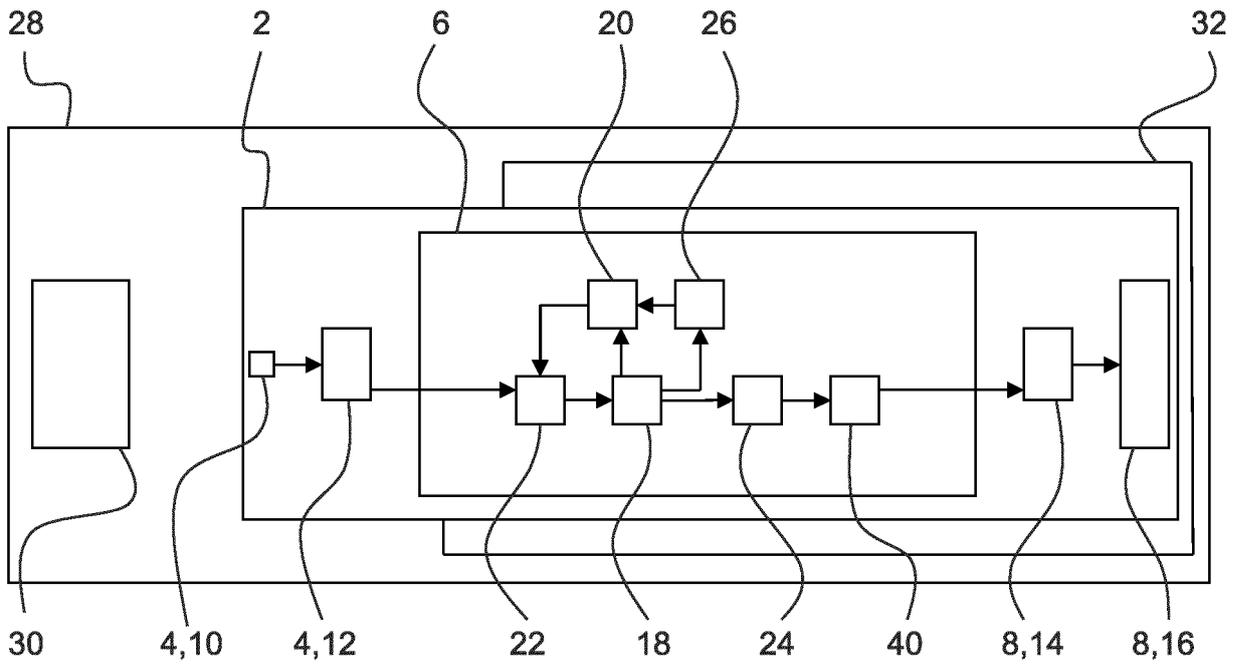


Fig. 1

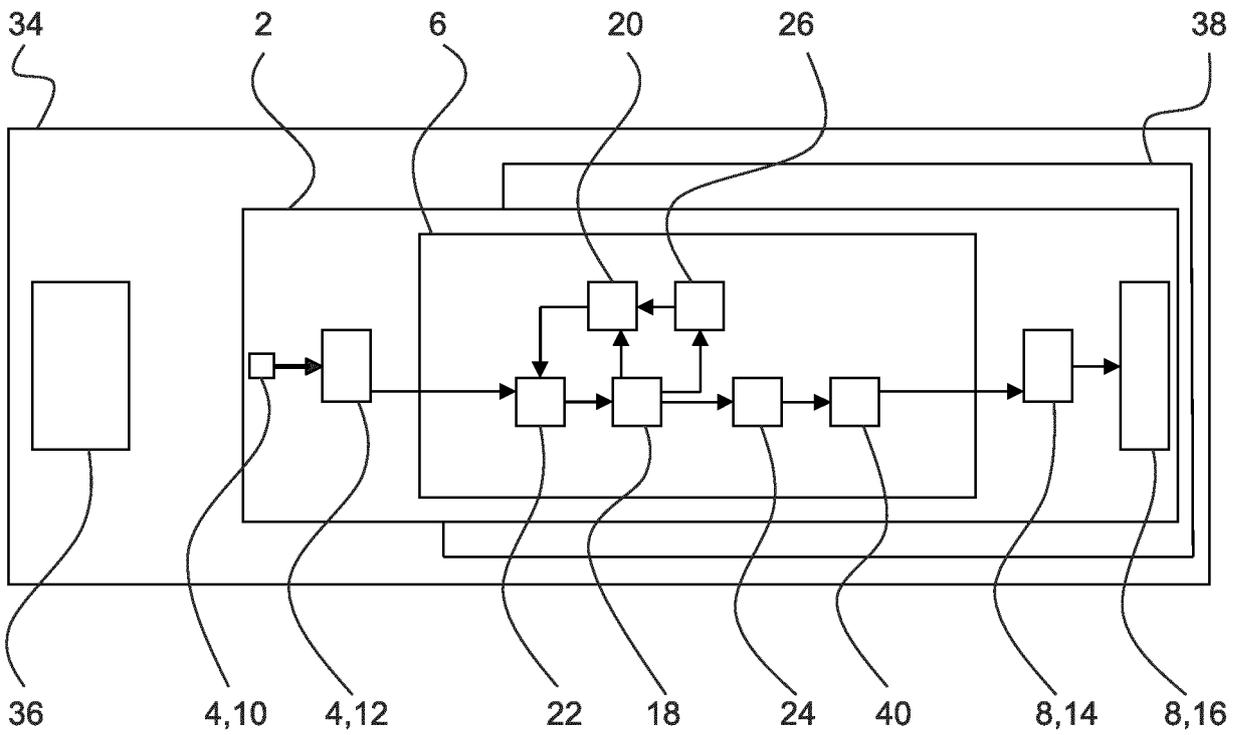


Fig. 2

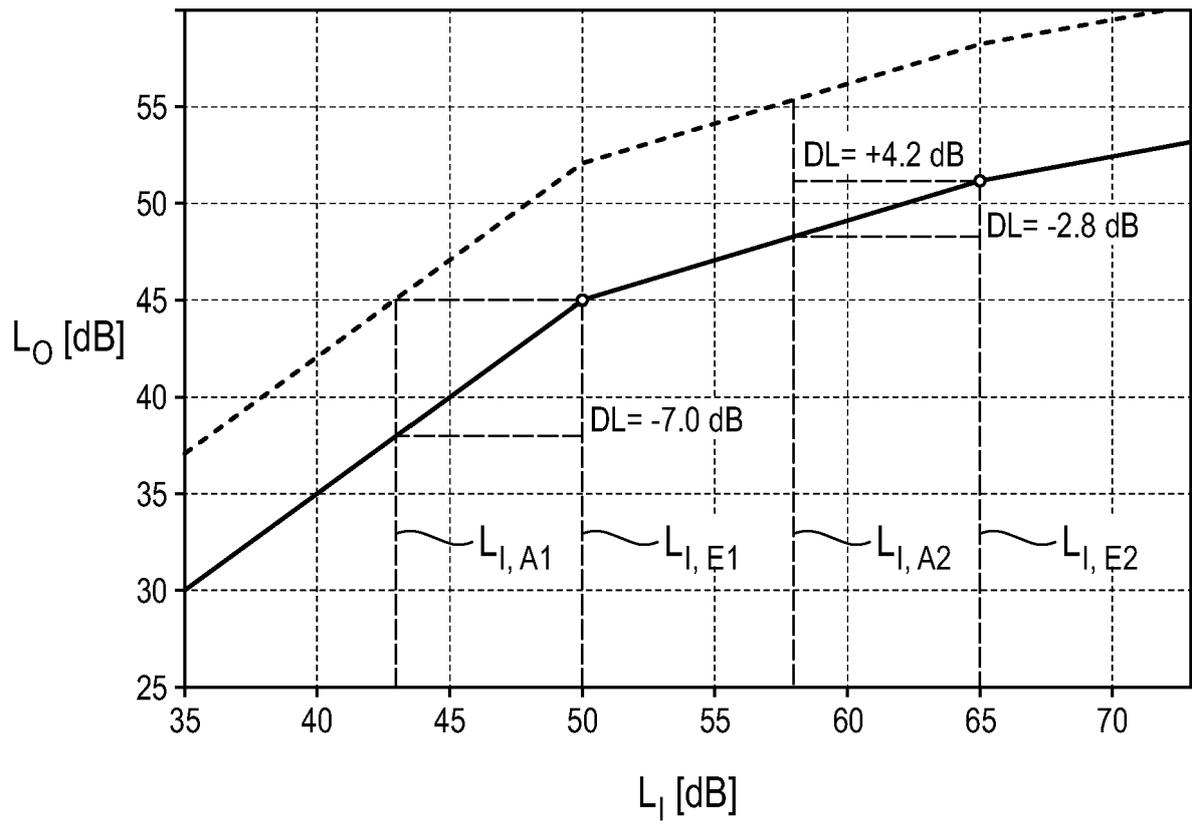


Fig. 3

**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 102016221692 B3 **[0004]**
- DE 10131964 A1 **[0004]**