



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.10.2007 Patentblatt 2007/44

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

(21) Anmeldenummer: **07103023.3**

(22) Anmeldetag: **26.02.2007**

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

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

(72) Erfinder: **Hamacher, Volkmär**
91077, Neunkirchen am Brand (DE)

(30) Priorität: **27.04.2006 DE 102006019694**

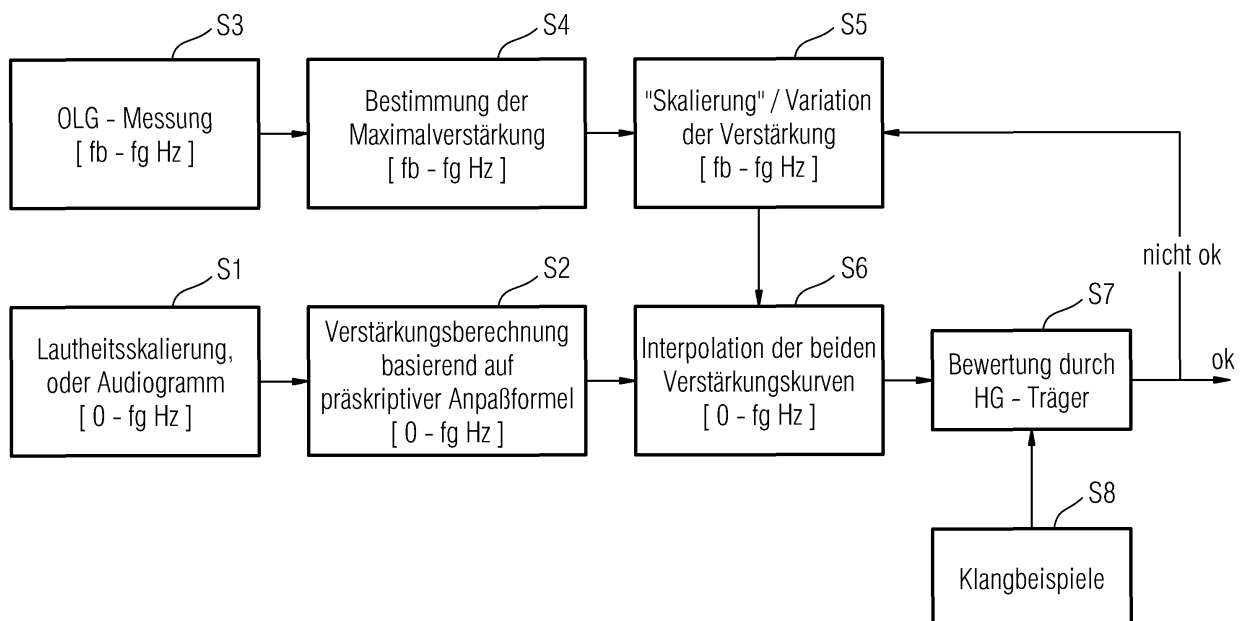
(74) Vertreter: **Berg, Peter**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Verfahren zum Einstellen eines Hörgeräts mit Hochfrequenzverstärkung**

(57) Die Anpassung eines Hörgeräts soll auch im Hochfrequenzbereich oberhalb von 8 kHz rasch und wirksam durchgeführt werden können. Hierzu ist vorgesehen, eine Open-Loop-Gain-Messung (S3) in dem oberen Frequenzbereich durchzuführen und eine maximale Verstärkung oder eine frequenzabhängige Maximalverstärkungskurve festzulegen (S4). Diese Maximalverstärkung im Hochfrequenzbereich soll nicht überschritten werden.

den. Der Hörgeräteträger kann sich dann gegebenenfalls für eine von mehreren darunter liegenden Verstärkungskurven entscheiden (S5, S7). Im niederfrequenten Bereich wird eine konventionelle Verstärkungsanpassung beispielsweise durch eine präskriptive audiogrammbasierte Formel durchgeführt (S1, S2). Damit steht eine leicht durchzuführende hybride Anpassprozedur für den gesamten Frequenzbereich zur Verfügung.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen der Verstärkung eines Hörgeräts durch lautheitsbasiertes oder präskriptives Einstellen der Verstärkung des Hörgeräts in einem unteren Frequenzbereich und andersartiges Einstellen im oberen Frequenzbereich.

[0002] Die zum Ausgleich eines Hörverlustes optimale Verstärkung eines Hörgeräts wird üblicherweise durch Lautheitsskalierungen oder hörschwellenbasierte präskriptive Anpassformeln bestimmt. Diese Formeln beschreiben die Zielverstärkung in Abhängigkeit von der Frequenz und dem Schallpegel. Die gängigen Formeln, wie beispielsweise NAL-NL1 oder DSL-I/O, sind für den Frequenzbereich 0 bis 8 kHz definiert. Über die Zielverstärkung im Bereich oberhalb von 8 kHz machen sie keine Aussage. Dies liegt hauptsächlich daran, dass gängige Hörgeräte nur Frequenzen unterhalb von 8 kHz übertragen können, eine Anpassformel für hohe Frequenzen also nicht notwendig ist. Hinzu kommt, dass zur Messung des Hochtonhörverlustes spezielle Audiometer erforderlich sind und die Realisierung einer definierten Verstärkung in diesem Frequenzbereich sehr schwierig ist (Wellenlänge in der gleichen Größenordnung wie Ohrkanalgeometrien). Durch spezielle breitbandige Verstärker und elektroakustische Wandler sind heute aber Hörgeräte realisierbar, die Frequenzen oberhalb von 8 kHz bis hin zu 15 kHz übertragen können. Ein Problem ist nun die Anpassung der Verstärkung in diesem Frequenzbereich an den Hörverlust, was Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist. Hinzu kommt, dass akustische Rückkopplungen die Verstärkungseinstellung sehr beeinträchtigen können. Dies gilt generell für den gesamten Frequenzbereich aber im besonderen Maße für den Frequenzbereich oberhalb von 6 kHz.

[0003] Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems besteht in einer lautheitsnormalisierenden Anpassung. Hier wird durch Lautheitsskalierungen (schmalbandige Stimuli) und Vergleich mit Referenzskalierungen bei Normalhörenden die Verstärkung über den gesamten Frequenzbereich so eingestellt, dass der Lautheitseindruck sich normalisiert, d. h. ein Stimulus mit Hörgerät vom Schwerhörenden genauso laut empfunden wird wie von einer normalhörenden Versuchsperson ohne Hörgerät. Nachteilig sind hier allerdings die sehr langen Messzeiten für die Lautheitsskalierungen und das relativ häufig auftretende akustische Feedback. Hinzu kommt, dass für den Basisfrequenzbereich bislang kein Vorteil einer lautheitsbasierten Anpassung gegenüber den "schnellen", nur die Messung des Audiogramms erfordernden präskriptiven Anpassformeln nachgewiesen werden konnte.

[0004] Aus der Druckschrift DE 699 16 756 T2 ist ein Verfahren zur Anpassung eines Hörgeräts bekannt, mit dem die Aufgabe gelöst wird, das Audiogramm eines Patienten zu kompensieren. Dies wird dadurch erreicht, dass bestimmte Frequenzbänder verstärkt oder ge-

schwächt werden.

[0005] Ferner ist aus der Druckschrift DE 690 12 582 T2 ein Hörgerät bekannt, bei dem eine akustische Rückkopplung unwirksam gemacht wird.

[0006] In der Druckschrift DE 44 41 755 C1 ist eine Hörhilfesaltung beschrieben, bei der in einer Ausführungsform ein erster Frequenzkanal und ein zweiter Frequenzkanal vorhanden sind.

[0007] Auch die Druckschrift DE 41 25 378 C1 offenbart ein Hörgerät mit einem Signalweg für einen unteren Frequenzbereich und einen weiteren Signalweg für einen oberen Frequenzbereich.

[0008] Ein Verfahren zum Einregulieren eines Hörgeräts ist aus der Druckschrift DE 35 42 566 A1 bekannt. Dabei kann der Benutzer die Steilheit des Frequenzgangs oberhalb einer Grenzfrequenz verändern.

[0009] Aus der Druckschrift EP 1 414 271 A2 ist ferner ein Verfahren zum Aufzeichnen von Informationen in einem Hörgerät bekannt. Die Informationen können genutzt werden, um die Lautstärke einzustellen und Rückkopplungen zu vermeiden.

[0010] Des Weiteren zeigt die Druckschrift EP 0 917 397 A1 ein Verfahren zum Bestimmen eines Parametersatzes eines Hörgeräts. Dabei werden ebenfalls die Lautstärke und Rückkopplungen berücksichtigt.

[0011] Schließlich ist in der Druckschrift CH 678 692 A5 ein Verfahren zum Messen der individuellen akustischen Verhältnisse an einem menschlichen Ohr beschrieben, bei dem ein Audiogramm erstellt wird.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem eine Anpassung der Hörgeräteverstärkung im höheren Frequenzbereich, insbesondere oberhalb von 8 kHz, mit wenig Aufwand wirksam möglich ist.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Einstellen der Verstärkung eines Hörgeräts durch lautheitsbasiertes oder präskriptives Einstellen der Verstärkung des Hörgeräts in einem unteren Frequenzbereich, Durchführen einer Open-Loop-Gain-Messung in einem an den unteren Frequenzbereich anschließenden oberen Frequenzbereich und Festlegen einer maximalen Verstärkung oder einer frequenzabhängigen Maximalverstärkungskurve zumindest in dem oberen Frequenzbereich anhand der Open-Loop-Gain-Messung.

[0014] Es wird somit eine hybride Anpassprozedur bereitgestellt, bei der eine lautheitsbasierte oder präskriptive Anpassung im unteren Frequenzbereich und eine andersartige Anpassung im höheren Frequenzbereich durchgeführt wird. Damit ist eine schnelle Anpassung im Hochfrequenzbereich möglich, da keine audiometrischen Messungen erforderlich sind. Außerdem zeichnet sich die Anpassung der Verstärkung im Hochfrequenzbereich durch ihre Robustheit aus, da ein Feedbackpfeifen durch die OLG-Einschränkung (Open-Loop-Gain) prinzipiell ausgeschlossen wird.

[0015] Ein weiterer hervorzuhebender Vorteil besteht darin, dass eine gute Grundanpassung und eine hohe

Spontanakzeptanz durch bewährte Anpassformeln im Basisfrequenzbereich erzielt werden.

[0016] Entsprechend einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Feedbackanfälligkeit durch mindestens einen Schmalbandfilter und/oder durch einen Feedbackreduktionsalgorithmus reduziert, so dass eine höhere maximale Verstärkung oder eine höhere Maximalverstärkungskurve erzielbar ist. Damit können auch Personen mit gravierenderen Hörschäden versorgt werden, ohne dass es zu einem Feedbackpfeifen kommt.

[0017] Vorzugsweise wird ausgehend von der Maximalverstärkungskurve mindestens eine darunter liegende Verstärkungskurve gewonnen und der Hörgeräteträger kann eine der mehreren Verstärkungskurven für die Verstärkung auswählen. Hierzu ist es günstig, dem Hörgeräteträger Klangbeispiele darzubieten, so dass er interaktiv eine der mehreren Verstärkungskurven auswählen kann. Die Auswahl kann der Hörgeräteträger anhand von Alltagsgeräuschen treffen. Somit kann rasch eine subjektiv optimale Lösung für die Verstärkung im Hochfrequenzbereich gefunden werden.

[0018] Vorteilhafterweise wird die Verstärkungskurve im oberen Frequenzbereich an eine Verstärkungskurve im unteren Frequenzbereich oder umgekehrt oder beide aneinander angepasst. Dadurch werden Unstetigkeitsstellen an der Schnittstelle zwischen oberem und unterem Frequenzbereich vermieden.

[0019] Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, die Verstärkung im unteren und/oder oberen Frequenzbereich automatisch mit der Zeit zu erhöhen. Dadurch kann ein Akklimatisierungseffekt beim Hörgeräteträger ausgenutzt werden.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Flussdiagramm zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens für die Anpassung bzw. Einstellung eines Hörgeräts und

FIG 2 das Glätten von Verstärkungskurven an der Grenze zwischen unterem und oberem Frequenzbereich.

[0021] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0022] Entsprechend FIG 1 erfolgt zunächst im unteren Frequenzbereich bzw. im Basisfrequenzbereich [0-fb] gemäß den Schritten S1 und S2 eine konventionelle Verstärkungsanpassung. Hierzu werden in Schritt S1 Lautheitseindrücke von einem Hörgeräteträger aufgenommen, so dass eine Verstärkungseinstellung auf der Basis der subjektiv empfundenen Lautheit durchgeführt werden kann. Alternativ wird ein Audiogramm des Patienten aufgenommen, so dass dessen Hörschwelle be-

kannt ist.

[0023] Aus der Lautheitskalierung bzw. dem Audiogramm wird entsprechend Schritt S2 diejenigen Verstärkungen bzw. Verstärkungskurven berechnet, die im Hörgerät implementiert werden sollen. Hierzu bedient man sich präskriptiver Anpassformeln, die beispielsweise unter dem Namen NAL-NL1, DSL-I/O bekannt sind. Darüber hinaus können für die Verstärkungsberechnung auch firmenspezifische Formeln aber auch eine Lautheitsnormalisierung angewandt werden. Letztendlich erhält man eine Verstärkungskurve oder eine Verstärkungskurvenschar für den unteren Frequenzbereich [0-fb Hz]. Dabei liegt die Basisgrenzfrequenz fb beispielsweise bei 6 kHz.

[0024] Für den oberen Frequenzbereich [fb-fg Hz], wobei fg beispielsweise bei 12 kHz liegt, wird nun gemäß Schritt S3 eine so genannte Open-Loop-Gain-Messung (OLG-Messung) durchgeführt.

[0025] Diese OLG-Messung kann auch auf den unteren Frequenzbereich ausgeweitet werden. Für die OLG-Messung wird beispielsweise der Signalpfad des Hörgeräts aufgetrennt, Testtöne verschiedener Frequenzen im Hörgerät digital generiert, über den Hörgerätehörer abgegeben und der digitale Pegel des über das/die Hörgerätemikrofon(e) wieder aufgenommenen Signals vor der Auftrennstelle bestimmt. Die Differenz zum ursprünglichen digitalen Pegel des Teststimulus stellt den Open-Loop-Gain (OLG) dar, anhand derer sich die ohne Feedbackpfeifen maximal mögliche Verstärkung (Feedbackschwelle) quantifizieren lässt. Diese Bestimmung der Maximalverstärkung entsprechend Schritt S4 erfolgt für jede Frequenz bzw. jedes gewünschte Frequenzband im Hochfrequenzbereich [fb-fg]. Günstigerweise wird ein gewisser Abstand [Feedbackreserve, vorzugsweise 6-12 dB] zur Feedbackschwelle gehalten, um auch bei leichten Änderungen des Feedbackpfades im Alltag Feedbackpfeifen zu vermeiden.

[0026] Optional wird die Reduktion der Feedbackanfälligkeit durch Notchfilter oder andere Schmalbandfilter reduziert. Alternativ oder zusätzlich können Feedbackreduktionsalgorithmen, wie beispielsweise Oszillationsdetektion und adaptive Notchfilter oder Feedback-Kompensatoren, eingesetzt. In jeden Fall lässt sich hierdurch der Verstärkungsbereich erweitern.

[0027] Unter Beachtung der Feedbackschwelle (Maximalverstärkung) und der Feedbackreserve werden in Schritt S5 mehrere optionale Verstärkungskurven bestimmt. Beispielsweise bestehen die Verstärkungskurven aus der maximal möglichen Verstärkung im oberen Frequenzbereich $G_{\max}(f)$ und daraus abgeleiteten, reduzierten Verstärkungen in gewünschter Anzahl. Es können so beispielsweise prozentual reduzierte Kurven wie 75 % $G_{\max}(f)$, 50 % $G_{\max}(f)$, usw. bereitgestellt werden. Die genaue Einstellung der Verstärkung im Hochfrequenzbereich kann mit Hilfe mehrerer Bänder, insbesondere unter Verwendung einer Filterbank, erfolgen. Im Hochfrequenzbereich wird also explizit keine präskriptive oder lautheitsbasierte Anpassmethode angewendet.

[0028] Die Verstärkungskurven aus dem niederfrequenten und dem hochfrequenten Bereich würden in der Regel unstetig ineinander übergehen. Daher wird entsprechend Schritt S6 eine Glättung des sprunghaften Übergangs der Verstärkungsstufen, vom Basisfrequenzbereich zum Hochfrequenzbereich bei $f = f_b$ durchgeführt. Die Glättung erfolgt beispielsweise durch gewichtete Addition innerhalb eines Frequenzbandes $[f_1-f_2]$, mit $f_1 < f_b$ und $f_2 > f_b$. In einem konkreten Beispiel könnte $f_b = 6$ kHz, $f_1 = 4$ kHz und $f_2 = 8$ kHz sein. Somit erhält man einen stetigen Verstärkungskurvenverlauf für sämtliche Verstärkungskurven im gesamten Frequenzbereich [0-fg].

[0029] Aus der Gesamtschar von Verstärkungskurven wählt der Hörgeräteträger in Schritt S7 eine für ihn geeignete Variante aus. Hierzu werden ihm Klangbeispiele dargeboten oder er kann die Auswahl anhand der alltäglichen Schallumgebung treffen. In beiden Fällen können Hörsituationen wie Musik, Sprache oder Ähnliches herangezogen werden (vgl. Schritt S8).

[0030] Kommt der Hörgeräteträger zu dem Ergebnis, dass die Verstärkung im Hochfrequenzbereich für ihn unpassend ist, so wird die Verstärkung im Hochfrequenzbereich entsprechend Schritt S5 variiert. Anschließend erfolgt wieder die Glättung der Verstärkungskurven von Hochfrequenz- und Niederfrequenzbereich in Schritt S6 und der Hörgeräteträger kann dann die neu gewonnene Verstärkungskurve in Schritt S7 erneut bewerten.

[0031] Ist schließlich eine Verstärkungskurve für den Hörgeräteträger in Ordnung, so wird diese Verstärkungskurve im Hörgerät fest implementiert. Optional kann nach der Auswahl der Verstärkungskurve aber auch noch eine automatische Verstärkungsanhebung mit der Zeit erfolgen. Auf diese Weise kann sich der Hörgeräteträger allmählich auf den neuen Höreindruck einstellen, d. h. akklimatisieren.

[0032] Die oben erwähnte Glättung bzw. Anpassung der Verstärkungskurven im Hochfrequenzbereich und im Niederfrequenzbereich kann anhand von FIG 2 näher erläutert werden. Zunächst werden durch präskriptive Anpassung, z. B. durch die Formel NAL-NL 1, die Verstärkungszielkurve 1 für leise Pegel, die Verstärkungszielkurve 2 für mittlere Pegel und die Verstärkungszielkurve 3 für laute Pegel gewonnen. Diese Verstärkungszielkurven werden im unteren Frequenzbereich bis 4 kHz genutzt (vgl. Schritte S1 und S2). Außerdem wird über dem gesamten Frequenzbereich eine OLG-Messung durchgeführt und unter Berücksichtigung einer Feedbackreserve eine Maximalverstärkung 4 festgelegt (vgl. Schritte S3 und S4).

[0033] Im höheren Frequenzbereich ab ca. 6 kHz wird nach einer anderen Anpassungsmethode die Verstärkung festgelegt. Beispielsweise sollen die hochfrequenten Anteile entsprechend der Kurve 5 konstant verstärkt werden. Da sich die Maximalverstärkungskurve 4 bei etwa 4 kHz mit der Zielkurve 1 und bei etwa 8 kHz mit der Verstärkungskurve 5 schneidet, wird die Verstärkung für laute Pegel im Bereich zwischen 4 und 8 kHz auf die

Maximalverstärkung begrenzt. Für mittlere und leise Pegel werden im Bereich zwischen 4 und 6 kHz Interpolationen durchgeführt, die die Verstärkungskurve 5 bzw. die Maximalverstärkungskurve 4 bei etwa 6 kHz mit der Zielverstärkungskurve 2 oder der Zielverstärkungskurve 3 bei 4 kHz verbinden. Es ergeben sich dadurch die Interpolationsabschnitte 6 und 7. Auf diese Weise kann ein glatter Übergang von der jeweiligen Verstärkungskurve 1, 2, 3 im niederfrequenten Bereich zur Verstärkungskurve 5 im hochfrequenten Bereich gewährleistet werden.

[0034] Die Verstärkung im hochfrequenten Bereich kann entsprechend dem Pfeil 8 variiert werden. Damit kann beispielsweise ebenso eine Verstärkungskurve 9 im hochfrequenten Bereich gewählt werden. Auch diese Kurve 9 ist hier nicht durch Teilung der Maximalverstärkungskurve 4 mit einem konstanten Faktor entsprechend dem oben genannten Beispiel gewonnen. Vielmehr soll durch das Beispiel von FIG 2 gezeigt werden, dass die Verstärkungskurven im hochfrequenten Bereich auch durch andere Methoden als durch konstante Teilung gewonnen werden können. Auch für die Verstärkungskurve 9 werden in dem Frequenzbereich zwischen 4 kHz und 6 kHz Interpolationsübergänge zu den Zielverstärkungskurven 1 bis 3 genutzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Verstärkung eines Hörgeräts durch

- lautheitsbasiertes oder präskriptives Einstellen (S1, S2) der Verstärkung des Hörgeräts in einem unteren Frequenzbereich,

gekennzeichnet durch

- Durchführen einer Open-Loop-Gain-Messung (S3) in einem an den unteren Frequenzbereich anschließenden oberen Frequenzbereich und
- Festlegen einer maximalen Verstärkung oder einer frequenzabhängigen Maximalverstärkungskurve (S4) zumindest in dem oberen Frequenzbereich anhand der Open-Loop-Gain-Messung (S3) .

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei sie Feedbackanfälligkeit durch mindestens einen Schmalbandfilter und/oder durch einen Feedbackreduktionsalgorithmus reduziert wird, so dass eine höhere maximale Verstärkung oder eine höhere Maximalverstärkungskurve (4) erzielbar ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei im oberen Frequenzbereich ausgehend von der Maximalverstärkungskurve (4) mindestens eine darunter liegende Verstärkungskurve (5, 9) gewonnen wird und in

einer Anpassungssoftware eine der mehreren Verstärkungskurven für die Verstärkung ausgewählt werden kann.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Hörgeräte-
träger Klangbeispiele (S8) dargeboten bekommt und
interaktiv eine der mehreren Verstärkungskurven
auswählen kann. 5
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, wobei die Verstärkungskurve im oberen Fre-
quenzbereich an eine Verstärkungskurve im unteren
Frequenzbereich oder umgekehrt oder beide anein-
ander angepasst werden (S6). 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, wobei die Verstärkung im unteren und/oder
oberen Frequenzbereich automatisch mit der Zeit er-
höht wird. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

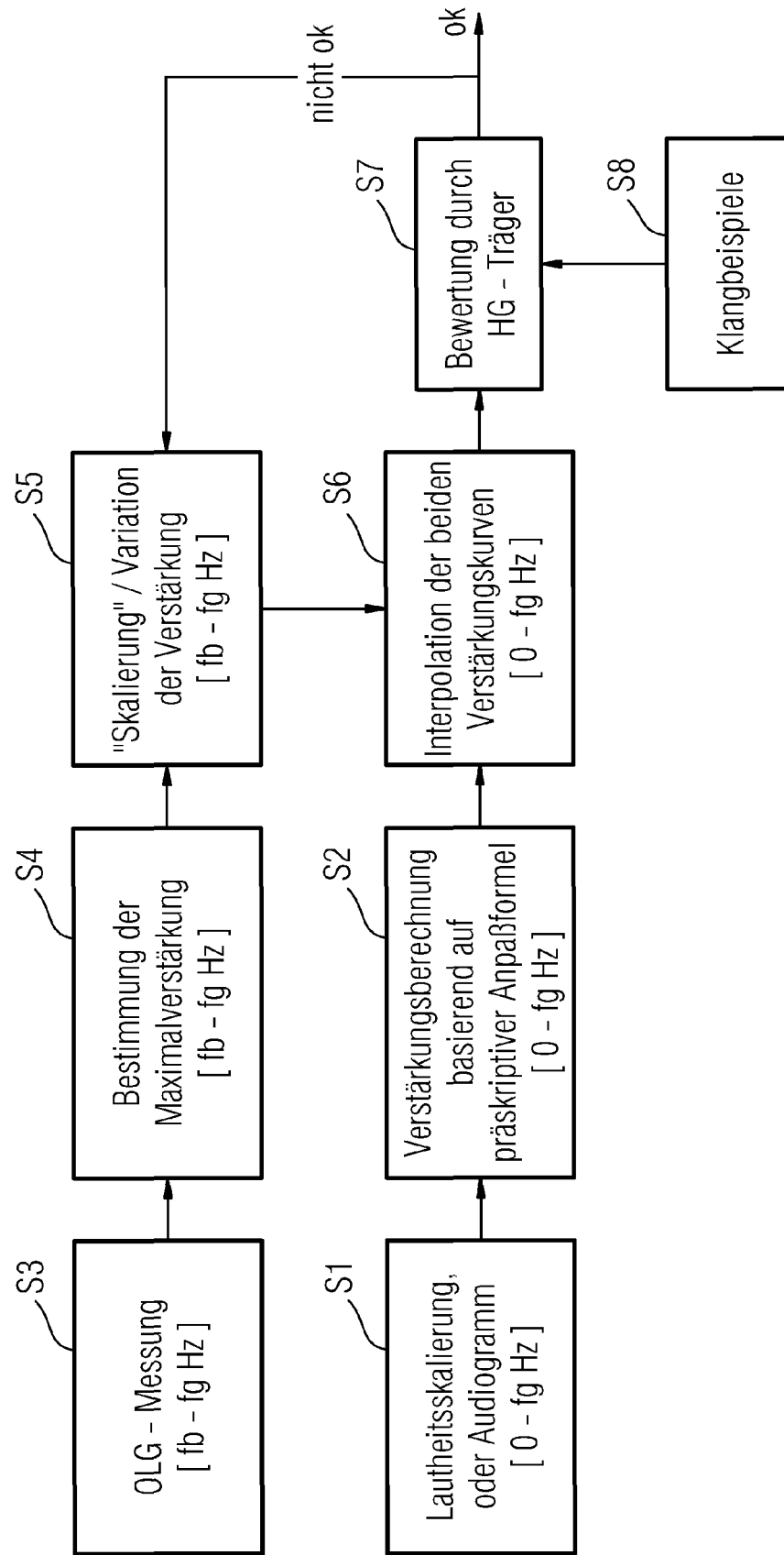
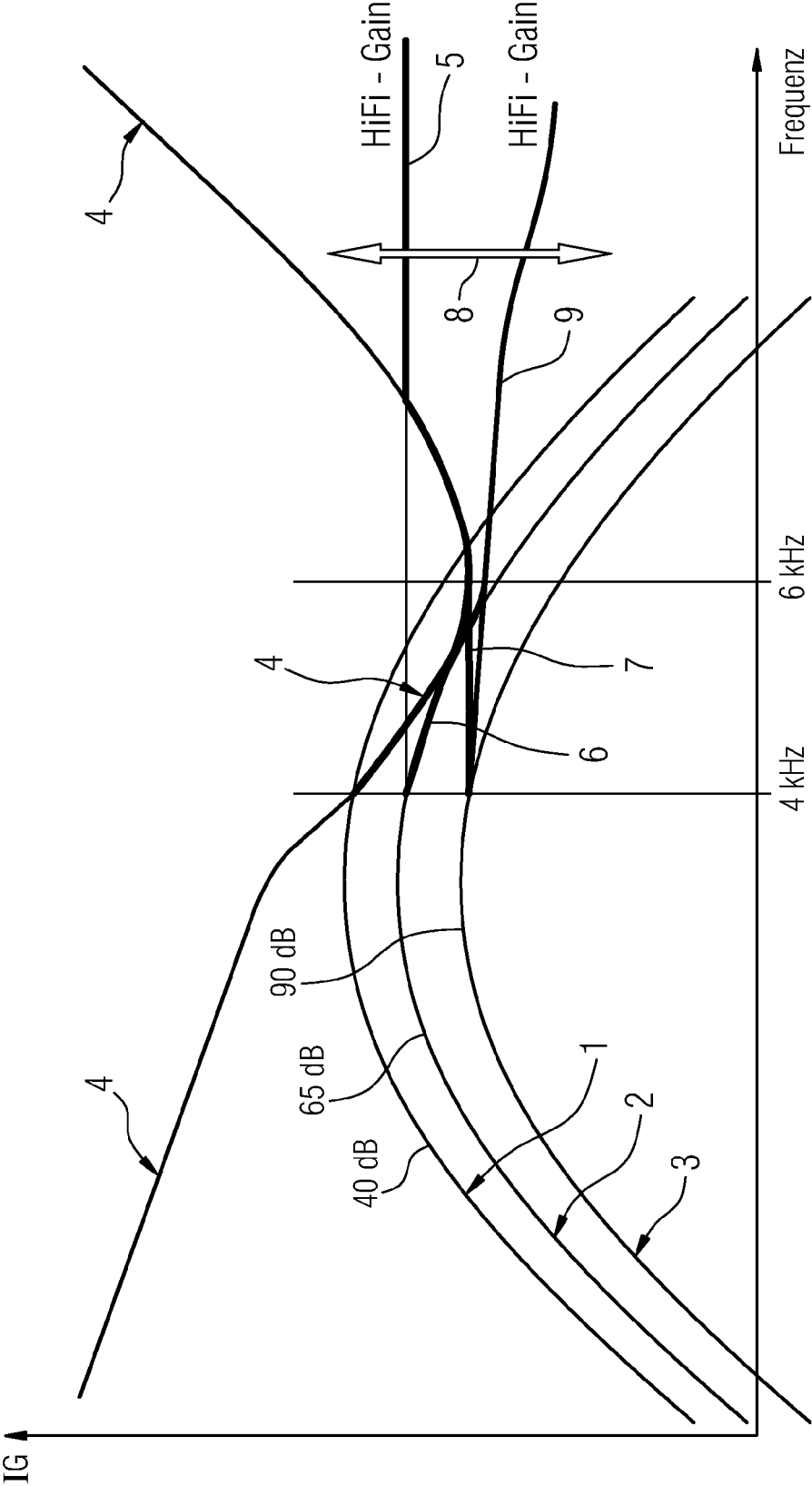


FIG 2



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 69916756 T2 [0004]
- DE 69012582 T2 [0005]
- DE 4441755 C1 [0006]
- DE 4125378 C1 [0007]
- DE 3542566 A1 [0008]
- EP 1414271 A2 [0009]
- EP 0917397 A1 [0010]
- CH 678692 A5 [0011]