



(11)

EP 3 373 599 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.08.2019 Patentblatt 2019/34

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

(21) Anmeldenummer: **18151664.2**

(22) Anmeldetag: **15.01.2018**

**(54) VERFAHREN ZUR FREQUENZVERZERRUNG EINES AUDIOSIGNALS UND NACH DIESEM
VERFAHREN ARBEITENDE HÖRVORRICHTUNG**

METHOD FOR FREQUENCY WARPING OF AN AUDIO SIGNAL AND HEARING AID OPERATING
ACCORDING TO THIS METHOD

PROCÉDÉ D'AJUSTEMENT FRÉQUENTIEL D'UN SIGNAL AUDIO ET DISPOSITIF AUDITIF
FONCTIONNANT SELON LEDIT PROCÉDÉ

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

(30) Priorität: **06.03.2017 DE 102017203630**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.09.2018 Patentblatt 2018/37

(73) Patentinhaber: **Sivantos Pte. Ltd.
Singapore 539775 (SG)**

(72) Erfinder:
• **ROSENKRANZ, Tobias Daniel
91054 Erlangen (DE)**
• **WURZBACHER, Tobias
90768 Fürth (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 2 988 529 EP-A2- 2 252 081
EP-B1- 2 244 491 WO-A1-00/02418
US-A1- 2012 106 762 US-A1- 2017 064 464**

- **Marshall Chasin: "Back to Basics: Frequency
Compression Is for Speech, Not Music", , 27. Mai
2016 (2016-05-27), XP055487072, Gefunden im
Internet:
URL:<http://www.hearingreview.com/2016/05/back-basics-frequency-compression-speech-not-music/> [gefunden am 2018-06-22]**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals. Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf eine nach diesem Verfahren arbeitende Hörvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

[0002] Als "Hörvorrichtung" wird allgemein ein Gerät bezeichnet, das ein zugeführtes oder durch Aufnahme von Umgebungsschall erzeugtes Audiosignal (nachfolgend als "Eingangssignal" bezeichnet) - verstärkt und/oder in sonstiger Weise modifiziert - als Schallsignal in einer für den Nutzer wahrnehmbaren Form (z.B. als in den Gehörgang eingespeister Luftschall oder als Körperschall) ausgibt. Zu den Hörvorrichtungen gehören neben Kopfhörern insbesondere auch Hörhilfegeräte. Als "Hörhilfegerät" wird wiederum allgemein eine tragbare Hörvorrichtung bezeichnet, die dazu dient, die Wahrnehmung des an das Ohr eines Nutzers anbrandenden Umgebungsschalls zu verbessern. Eine klassischerweise als "Hörgeräte" bezeichnete Unterklasse der Hörhilfegeräte ist zur Versorgung von Minderhörenden eingerichtet, die im medizinischen Sinne an einem Hörverlust leiden.

[0003] Um den zahlreichen individuellen Bedürfnissen von Nutzern entgegenzukommen, werden unterschiedliche Bauformen von Hörhilfegeräten wie Hinter-dem-Ohr-Hörhilfegeräte (HdO), Hörhilfegeräte mit externem Hörer (RIC, Receiver in the Canal), In-dem-Ohr-Hörhilfegeräte (IdO), oder auch Concha-Hörhilfegeräte oder Kanal-Hörhilfegeräte (ITE, CIC) angeboten. Die beispielhaft aufgeführten Hörhilfegeräte werden am Außenohr oder im Gehörgang getragen. Darüber hinaus stehen auf dem Markt auch Knochenleitungshörhilfen, implantierbare oder vibro-taktile Hörhilfen zur Verfügung. Bei diesen erfolgt die Stimulation des geschädigten Gehörs entweder mechanisch oder elektrisch.

[0004] Neuerdings gibt es zusätzlich zu den vorbeschriebenen klassischen Hörgeräten auch Hörhilfegeräte zur Unterstützung von normal hörenden Menschen. Solche Hörhilfegeräte werden auch als "Personal Sound Amplification Products" oder "Personal Sound Amplification Devices" (kurz: "PSAD") bezeichnet. Diese PSAD dienen der Verbesserung des normalen menschlichen Hörvermögens und sind meist auf spezifische Hörsituationen spezialisiert (z.B. zur verbesserten Wahrnehmung von Tiergeräuschen, einem verbesserten Sprachverständnis in komplexen Geräuschumgebungen oder zur gezielten Unterdrückung von Umgebungsgeräuschen).

[0005] Bei Hörvorrichtungen der vorstehend beschriebenen Arten wird das zugeführte Eingangssignal häufig frequenzverzerrt, insbesondere frequenzverschoben und/oder frequenzkomprimiert, wiedergegeben. Die Frequenzverzerrung wird hierbei einerseits häufig im Rahmen einer Rückkopplungsunterdrückung eingesetzt und ermöglicht in diesem Zusammenhang eine bessere Abschätzung des Rückkopplungssignals und somit eine bessere Rückkopplungsunterdrückung und verringerte

Artefakte in dem wiedergegebenen Signal. Andererseits wird die Frequenzverzerrung in Hörgeräten häufig eingesetzt, um Minderhörenden eine verbesserte Schallwahrnehmung (insbesondere von Sprachschall) zu ermöglichen, indem hochfrequente Geräuschanteile, die von Minderhörenden oft besonders schlecht wahrgenommen werden können, auf niedrigere Frequenzen abgebildet werden.

[0006] In beiden Fällen wird die Frequenzverzerrung allerdings in der Regel nicht auf das gesamte Tonspektrum angewendet, sondern nur auf einen hochfrequenten Signalanteil desselben, der eine vorgegebene Grenzfrequenz überschreitet.

[0007] Ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Hörvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 7 sind aus EP 2 244 491 B2 bekannt. Dabei wird ein Eingangssignal mittels einer Frequenzweiche in einen hochfrequenten Signalanteil und einen niederfrequenten Signalanteil aufgeteilt, wobei der hochfrequente Signalanteil frequenzverzerrt wird. Der niederfrequente Signalanteil und der frequenzverzerrte hochfrequente Signalanteil werden anschließend zur Bildung eines Ausgangssignals überlagert. Das Dokument EP 2 244 491 B2 thematisiert das Problem, dass die beiden Signalanteile aufgrund der Ungenauigkeit realer Frequenzweichen im Bereich der Grenzfrequenz stets einen gewissen spektralen Überlapp haben. Aufgrund dieses Überlapps kann die Frequenzverzerrung bekanntermaßen zu charakteristischen Artefakten führen, insbesondere wenn das Eingangssignal dominante Frequenzen (d.h. spektrale Peaks, insbesondere laute Sinustöne) in dem Überlappbereich aufweist. In diesem Fall wird nämlich ein Teil der dominanten Frequenz mit dem hochfrequenten Signalanteil frequenzverzerrt, während ein anderer Teil der dominanten Frequenz mit dem niederfrequenten Signalanteil unverzerrt bleibt. Die dominante Frequenz des Eingangssignals wird somit auf zwei eng benachbarte Frequenzen des Ausgangssignals abgebildet, die eine hörbare und oft als störend empfundene Schwebung hervorrufen. Gemäß EP 2 244 491 B2 wird dieses Problem dadurch verringert, dass die Grenzfrequenz derart verschoben wird, dass Artefakte in dem Ausgangssignal reduziert werden.

[0008] Aus WO 00/02418 A1 ist des Weiteren eine Hörvorrichtung bekannt, die ein Eingangssignal mittels einer Frequenzweiche in ein niederfrequentes und ein hochfrequentes Frequenzband teilt und die Amplitude der Signale der beiden Frequenzbänder mittels zweier AGCs regelt. Die Kompressionsrate der AGCs wird über ein Steuersignal eingestellt, wobei ein Erhöhen der einen Kompressionsrate ein gleichzeitiges Senken der anderen Kompressionsrate bewirkt. Anschließend werden die beiden verstärkten Frequenzbänder mit einem Summierer überlagert.

[0009] Aus EP 2 988 529 A1 ist schließlich ein Verfahren zum Unterdrücken einer akustischen Rückkopplung in einem Hörhilfegerät bekannt. In dem Verfahren wird ein von dem Hörhilfegerät zu übertragender Frequenz-

bereich in zwei durch eine Teilungsfrequenz getrennte Frequenzbereiche aufgeteilt. Eine Transferfunktion eines Rückkopplungspfades wird in einem Frequenzbereich geschätzt und auf ihr Verhalten an der Teilungsfrequenz bewertet. Je nach Ergebnis der Bewertung wird die Teilungsfrequenz gesenkt oder angehoben und in dem oberen Frequenzbereich eine Phasen- und/oder Frequenzveränderung zur Rückkopplungsunterdrückung angewandt.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals anzugeben, mit welchem sich Artefakte der vorstehend beschriebenen Art besonders effektiv unterdrücken lassen. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Hörvorrichtung anzugeben, bei der Artefakte der vorstehend beschreibenden Art besonders effektiv unterdrückt sind.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Aufgabe wird weiterhin erfindungsgemäß gelöst durch eine Hörvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen und der nachstehenden Beschreibung angegeben.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals, insbesondere im Betrieb einer Hörvorrichtung. Dieses nachfolgend als "Eingangssignal" bezeichnete Audiosignal wird in einen niederfrequenten Signalanteil (nachfolgend kurz: "NF-Anteil") und einen hochfrequenten Signalanteil (nachfolgend kurz: "HF-Anteil") geteilt. Die Frequenz, bei der diese beiden Signalanteile aneinander angrenzen, ist nachfolgend als "Grenzfrequenz" bezeichnet. Die Begriffe "niederfrequenter Signalanteil" ("NF-Anteil") und "hochfrequenter Signalanteil" ("HF-Anteil") bezeichnen hierbei lediglich die spektrale Lage dieser Signalanteile relativ zueinander in dem Sinne, dass der spektrale Schwerpunkt des hochfrequenten Signalanteils bei einer höheren Frequenz liegt als der spektrale Schwerpunkt des niederfrequenten Signalanteils.

[0013] Vorzugsweise decken der NF-Anteil und der HF-Anteil das Spektrum des Eingangssignals vollständig ab. In diesem Fall wird das Eingangssignal also nur in die beiden genannten Signalanteile aufgeteilt. Grundsätzlich können im Rahmen der Erfindung aber aus dem Eingangssignal neben dem NF-Anteil und dem HF-Anteil auch noch weitere Signalanteile abgeleitet werden, die im Tonspektrum oberhalb des HF-Anteils und/oder unterhalb des NF-Anteils liegen und sich von den benachbarten Signalanteilen jeweils durch die Art der Frequenzverzerrung unterscheiden.

[0014] Verfahrensgemäß wird der HF-Anteil frequenzverzerrt, insbesondere frequenzverschoben oder komprimiert. Der Begriff "Frequenzverschiebung" bezeichnet dabei eine Abbildung des HF-Anteils des Eingangssignals auf einen anderen spektralen Bereich gleicher spektraler Ausdehnung. Der Begriff "Kompression" bezeich-

net dagegen eine Abbildung des HF-Anteils auf einen spektralen Bereich kleinerer spektraler Ausdehnung. Grundsätzlich kann die Frequenzverzerrung im Rahmen der Erfindung alternativ auch in einer "Dehnung", d.h. einer Abbildung des HF-Anteils auf einen spektralen Bereich größerer spektraler Ausdehnung bestehen, auch wenn eine solche Frequenzverzerrung bei Hörvorrichtungen derzeit unüblich ist.

[0015] Der NF-Anteil wird vorzugsweise nicht frequenzverzerrt, hinsichtlich seiner spektralen Lage und Ausdehnung also unverändert gelassen. Abweichend davon kann im Rahmen der Erfindung allerdings auch der NF-Anteil einer Frequenzverzerrung unterliegen, die in diesem Fall allerdings verschieden von der Frequenzverzerrung des HF-Anteils ausgeprägt ist.

[0016] Der NF-Anteil und der frequenzverzerrte HF-Anteil werden verfahrensgemäß zur Bildung eines Ausgangssignals überlagert.

[0017] Optional werden dabei an dem Eingangssignal vor der Frequenzaufteilung in den NF-Anteil und den HF-Anteil oder zwischen der Frequenzaufteilung und der Überlagerung des NF-Anteils und des frequenzverzerrten HF-Anteils (und hier wahlweise vor oder nach der Frequenzverzerrung) auch ein oder mehrere weitere Signalverarbeitungsschritte, wie z.B. Analog-Digital-Wandlung, frequenzabhängige Verstärkung, Rückkopplungsunterdrückung, etc. vorgenommen. Ebenso kann das Ausgangssignal im Rahmen der Erfindung einer weiteren Signalverarbeitung (z.B. einer Digital-Analog-Wandlung und/oder einer Verstärkung) unterworfen werden. Erfindungsgemäß wird zumindest für einen die Grenzfrequenz beinhaltenden spektralen Randbereich des HF-Anteils und/oder des NF-Anteils ein zugeordneter Verstärkungsfaktor verändert, d.h. erhöht oder erniedrigt, so dass ein Pegelunterschied zwischen einem Signalpegel des NF-Anteils und einem Signalpegel des frequenzverzerrten HF-Anteils vergrößert wird. Sofern die Änderung des Verstärkungsfaktors nicht den gesamten NF- bzw. HF-Anteil betrifft, sondern lediglich den Randbereich desselben, so ist bei der Bestimmung des Pegelunterschiedes ein Signalpegel aus diesem Randbereich heranzuziehen. Insbesondere werden zur Bestimmung des Pegelunterschiedes die Signalpegel des NF-Anteils und des HF-Anteils bei einer dominanten Frequenz miteinander verglichen. Die Veränderung des Verstärkungsfaktors wird zweckmäßigerweise derart vorgenommen, dass hörbare Schwebungen in einem Überlappbereich des HF-Anteils und des NF-Anteils eliminiert oder zumindest reduziert werden.

[0018] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die eingangs beschriebenen Artefakte um so deutlicher wahrnehmbar sind, je ähnlicher der Signalpegel einer dominanten Frequenz des Eingangssignals in dem NF-Anteil und dem frequenzverzerrten HF-Anteil ausgeprägt ist. Durch die erfindungsgemäße Vergrößerung des Pegelunterschiedes zwischen dem NF-Anteil und dem HF-Anteil, jedenfalls in dem Randbereich dieser Signalanteile, wird die Wahrnehmbarkeit von Artefakten er-

kanntermaßen besonders effektiv reduziert.

[0019] Grundsätzlich ist im Rahmen der Erfindung denkbar, dass das Eingangssignal - z.B. mittels einer Frequenzweiche, wie sie in EP 2 244 491 B2 beschrieben ist - genau in zwei (selbst nicht weiter untergliederte) Signalanteile, nämlich den NF-Anteil und den HF-Anteil aufgeteilt wird. In bevorzugter Ausführung der Erfindung wird zur Aufteilung des Eingangssignals aber eine Filterbank herangezogen, die das Eingangssignal in eine Vielzahl (d.h. wesentlich mehr als zwei, mindestens aber vier) Frequenzbänder aufteilt. In einer typischen Ausbildung einer solchen Filterbank wird das Eingangssignal beispielsweise in 48 Frequenzbänder aufgeteilt.

[0020] Verfahrensgemäß führt hiervon eine Anzahl hochfrequenter Frequenzbänder den HF-Anteil. Entsprechend werden diese hochfrequenten Frequenzbänder in der vorstehend beschriebenen Weise frequenzverzerrt. Eine Anzahl niederfrequenter Frequenzbänder führt dagegen den NF-Anteil. Entsprechend werden diese Frequenzbänder entweder nicht frequenzverzerrt oder im Vergleich zu dem HF-Anteil in verschiedener Weise frequenzverzerrt. Die Begriffe "hochfrequent" ("HF") und "niederfrequent" ("NF") sind dabei wiederum als relative Angaben zu verstehen. Zudem können im Sinne der vorstehenden Erläuterungen weitere Frequenzbänder mit Frequenzen oberhalb der "hochfrequenten" Frequenzbänder oder unterhalb der niederfrequenten Frequenzbänder vorhanden sein, die weder dem HF-Anteil noch dem NF-Anteil zugeordnet sind, sondern sich davon infolge verschiedenartiger Frequenzverzerrung als weitere Signalanteile abheben.

[0021] Der Randbereich des hochfrequenten Signalanteils wird dabei gegebenenfalls durch eine Untermenge der hochfrequenten Frequenzbänder gebildet, die an die niederfrequenten Frequenzbänder angrenzen. Zusätzlich oder alternativ hierzu wird der Randbereich des niederfrequenten Signalanteils durch eine Untermenge der niederfrequenten Frequenzbänder gebildet, die an die hochfrequenten Frequenzbänder angrenzen.

[0022] Der Begriff "Untermenge von Frequenzbändern" bezeichnet dabei eine Anzahl von Frequenzbändern, die kleiner als die Gesamtanzahl der Frequenzbänder des zugehörigen Signalanteils ist und im Grenzfall auch nur ein einzelnes Frequenzband umfassen kann. Tatsächlich stellt dieser Grenzfall, in dem der jeweilige Randbereich des HF- oder NF-Anteils durch ein einzelnes Frequenzband gebildet wird, eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung dar. Der Plural "Frequenzbänder" ist in diesem Sinne dahingehend zu verstehen, dass der Fall eines einzelnen Frequenzbandes darin umfasst ist.

[0023] Der jeweilige Randbereich und die diesem zugeordneten Frequenzbänder zeichnen sich dadurch aus, dass - im Unterschied zu den übrigen Frequenzbändern des HF- bzw. NF-Anteils - nur in den Frequenzbändern des jeweiligen Randbereichs der Verstärkungsfaktor zur Erhöhung des Pegelunterschieds relativ zu dem Signalpegel des jeweils anderen Signalanteils verändert wird.

[0024] Der Randbereich des NF-Anteils und/oder des HF-Anteils ist insbesondere derart gewählt, dass seine spektrale Ausdehnung den spektralen Überlappbereich des NF-Anteils und des HF-Anteils beinhaltet. Sofern das Eingangssignal auf eine Vielzahl von Frequenzbändern aufgeteilt wird, wird der jeweilige Randbereich insbesondere durch diejenigen Frequenzbänder gebildet, die den Überlappbereich beinhalten.

[0025] In zweckmäßigen Ausführungen der Erfindung ist der Randbereich, in dem der Verstärkungsfaktor zur Erhöhung des Pegelunterschieds verändert wird, nur für einen der beiden Signalanteile (also entweder nur für den HF-Anteil oder nur für den NF-Anteil) definiert, während der Verstärkungsfaktor in dem jeweils anderen Signalanteil konstant gehalten wird. In einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist abweichend hiervon aber sowohl für den NF-Anteil als auch für den HF-Anteil jeweils ein Randbereich definiert. Der Verstärkungsfaktor in diesen beiden Randbereichen wird hierbei stets gegenläufig verändert. In dem Randbereich eines ersten der beiden Signalanteile (also dem HF-Anteil oder dem NF-Anteil) wird der Verstärkungsfaktor somit erhöht, während der Verstärkungsfaktor in dem Randbereich des zweiten Signalanteils (also dem NF-Anteil bzw. dem HF-Anteil) erniedrigt wird.

[0026] In einer besonders vorteilhaften Variante der Erfindung wird der Verstärkungsfaktor in dem zweiten Signalanteil dabei derart erniedrigt, dass hierdurch die Erhöhung des Verstärkungsfaktors in dem ersten Signalanteil kompensiert wird. Die Verstärkungsfaktoren in den beiden Randbereichen werden also mit anderen Worten derart gegenläufig verändert, dass der über beide Randbereiche gemittelte Signalpegel oder die über beide Randbereiche gemittelte Signalleistung konstant (d.h. von der Veränderung des Verstärkungsfaktors unbeeinflusst) bleiben. Dies führt - insbesondere bei stark tonaler Natur des Eingangssignals in dem Überlappbereich des HF-Anteils und des NF-Anteils (also bei Anwesenheit einer sehr dominanten Frequenz in diesem Überlappbereich) - dazu, dass die erfindungsgemäße Änderung als Verstärkungsfaktors in dem Ausgangssignal nicht oder in nur sehr geringem Umfang wahrnehmbar ist, zumal die wahrnehmbare Lautstärke der dominanten Frequenz durch die Pegeländerung nicht oder nur sehr gering beeinflusst wird.

[0027] Die Änderung des Verstärkungsfaktors führt somit zu einer deutlichen Reduzierung oder gar Eliminierung von Artefakten der Frequenzverzerrung, ohne ihrerseits die Wiedergabequalität des Eingangssignals negativ zu beeinflussen. Konkret werden Sinustöne in der Umgebung der Grenzfrequenz mit nahezu gleicher Lautstärke wiedergegeben wie bei herkömmlichen Verfahren, wobei allerdings die durch die Frequenzverzerrung gewöhnlich verursachten Schwebungen dieser Sinustöne gänzlich oder zumindest weitgehend eliminiert werden.

[0028] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die erfindungsgemäße Erhöhung des Pegel-

unterschieds nicht bedingungslos vorgenommen, sondern nur dann, wenn (oder in dem Maße, in dem) dies wirklich sinnvoll ist, nämlich dann, wenn hörbare Artefakte im Ausgangssignal zu erwarten sind (bzw. entsprechend der Stärke der zu erwartenden Artefakte). Erkann-
 5 termaßen sind hörbare Artefakte dann zu erwarten, wenn das Eingangssignal in dem spektralen Überlappbereich des HF-Anteils und des NF-Anteils eine hohe Tonalität aufweist, wenn also in diesem Überlappbereich domi-
 10 nante Frequenzen (insbesondere laute Sinustöne) vorhanden sind. Deshalb wird in dieser Weiterbildung des Verfahrens eine Kenngröße erfasst, die für die Tonalität des Eingangssignals in dem Überlappbereich charakteristisch ist (die also mit anderen Worten einen Schätz- oder Vergleichswert für die Tonalität des Eingangssignals in dem Überlappbereich bildet).

[0029] Die erfindungsgemäße Änderung des Verstärkungsfaktors und damit die Vergrößerung des Pegelunterschieds zwischen HF-Anteil und NF-Anteil werden dabei verfahrensgemäß in Abhängigkeit dieser Kenngröße
 20 vorgenommen. Insbesondere wird die Vergrößerung des Pegelunterschieds dabei nur dann vorgenommen, wenn diese Kenngröße ein vorgegebenes Kriterium erfüllt, insbesondere einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt. In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird die Vergrößerung des Pegelunterschieds in Abhängigkeit dieser Kenngröße (linear oder nicht-linear) gewich-
 30 tet. Die für die Tonalität des Eingangssignals in dem Überlappbereich charakteristische Kenngröße wird hierbei vorzugsweise durch Autokorrelation des Eingangssignals in dem Überlappbereich ermittelt. Insbesondere ist die Kenngröße durch den Betrag der (im mathematischen Sinne komplexwertigen) Autokorrelationsfunktion gebildet.

[0030] Die erfindungsgemäße Hörvorrichtung ist allge-
 35 mein zur automatischen Durchführung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet. Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen und Weiterentwicklungen des Verfahrens korrespondieren entsprechend mit zugehörigen Ausbildungs-
 40 formen und Weiterentwicklungen der Vorrichtung, wobei Vorteile dieser Verfahrensvarianten sich auch auf die entsprechenden Ausbildungsformen der Hörvorrichtung übertragen lassen. Konkret umfasst die erfindungsgemäße Hörvorrichtung einen Frequenz-Splitter, der dazu eingerichtet ist, ein Empfangssignal in einen niederfrequenten Signalanteil (NF-Anteil) und einen hochfrequenten Signalanteil (HF-Anteil) zu teilen, wobei diese beiden
 50 Signalanteile bei einer Grenzfrequenz aneinander angrenzen. Die Hörvorrichtung umfasst weiterhin einen Signalprozessor, der dazu eingerichtet ist, den hochfrequenten Signalanteil frequenzzuverzerren sowie einen Synthetisierer, der dazu eingerichtet ist, den niederfrequenten Signalanteil und den frequenzverzerren hochfrequenten Signalanteil zur Bildung eines Ausgangssignals zu überlagern.

[0031] Der Signalprozessor ist erfindungsgemäß dazu eingerichtet, zumindest für einen die Grenzfrequenz be-

inhaltenden spektralen Randbereich des HF-Anteils und/oder des NF-Anteils einen zugeordneten Verstärkungsfaktor zu verändern, sodass ein Pegelunterschied zwischen einem Signalpegel des NF-Anteils und einem
 5 Signalpegel des frequenzverzerren HF-Anteils vergrößert wird.

[0032] Bevorzugt ist der Frequenz-Splitter durch eine (Analyse-)Filterbank gebildet, die dazu eingerichtet ist, das Eingangssignal in eine Vielzahl von Frequenzbän-
 10 dern aufzuspalten. Der Synthetisierer ist in dieser Ausführungsform entsprechend durch eine (Synthese-)Filterbank gebildet, die die Frequenzbänder dann nach der Frequenzverzerrung (sowie gegebenenfalls weiteren Signalverarbeitungsschritten) zu dem Ausgangssignal zusammenführt. Im Hinblick auf Ausführungsvarianten des Signalprozessors wird im Übrigen sinngemäß auf die vorstehenden Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren Bezug genommen.

[0033] Bei der erfindungsgemäßen Hörvorrichtung handelt es sich insbesondere um ein Hörhilfegerät, und hier wiederum vorzugsweise um ein zur Versorgung von
 20 Minderhörenden ausgebildetes Hörgerät.

[0034] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild eine Hörvorrichtung in Form eines Hörgeräts, bei dem ein eingehendes Audiosignal (Eingangssignal) mittels einer (Analyse-)Filterbank in eine Vielzahl von Frequenzbändern aufgeteilt wird, wobei das in den Frequenzbändern geführte Eingangssignal bei einer Grenzfrequenz in einen niederfrequenten Signalanteil (NF-Anteil) und einen hochfrequenten Signalanteil (HF-Anteil) untergliedert sind, wobei der HF-Anteil des Eingangssignals durch einen Signalprozessor frequenzverzerren wird, und wobei der frequenzverzerren HF-Anteil in einer (Synthese-)Filterbank mit dem NF-Anteil des Eingangssignals überlagert wird,

Fig. 2 in einem Diagramm der Signalverstärkung gegen die Frequenz den Betragsfrequenzgang der (Analyse-)Filterbank,

Fig. 3 in einem Flussdiagramm ein durch die Hörvorrichtung durchgeführtes Verfahren zur Frequenzverzerrung des Eingangssignals, sowie

Fig. 4 und 5 jeweils in einem Diagramm der Signalverstärkung gegen die Frequenz die Wirkung des Verfahrens anhand des Betragsfrequenzgangs der zwei unmittelbar an die Grenzfrequenz angrenzenden Frequenzbänder für zwei verschiedenartige Eingangssignale.

[0035] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0036] Fig. 1 zeigt eine Hörvorrichtung in Form eines Hörgeräts 2. Das Hörgerät 2 umfasst als wesentliche Komponenten einen Eingangswandler 4, einen Subtrahierer 6, eine (Analyse-)Filterbank 8, einen Signalprozessor 10, eine (Synthese-)Filterbank 12, einen Ausgangswandler 14 sowie einen elektrischen Rückkopplungspfad 16 mit einem darin angeordneten (adaptiven) Filter 18.

[0037] Der (im vorliegenden Fall beispielhaft durch ein Mikrofon gebildete) Eingangswandler 4 wandelt ein aus der Umgebung eingehendes Schallsignal S_i in ein (ursprüngliches) Eingangssignal E_i um.

[0038] Zur Unterdrückung von akustischen Rückkopplungen wird von dem ursprünglichen Eingangssignal E_i in dem Subtrahierer 6 ein elektrisches Kompensationssignal K subtrahiert, welches in dem elektrischen Rückkopplungspfad 16 erzeugt wird. Aus der Subtraktion des Eingangssignals E_i und des Kompensationssignals K resultiert ein (kompensiertes) Eingangssignal E_k , das der (Analyse-)Filterbank 8 zugeführt ist.

[0039] In der Filterbank 8 wird das Eingangssignal E_k spektral in eine Vielzahl von Frequenzbändern F_j geteilt. Bei dem Parameter j handelt es sich hierbei um einen Zählindex, mit dem die Frequenzbänder F_j durchnummeriert sind. In dem vereinfachten Beispiel gemäß Fig. 1 bis 6 teilt die Filterbank 8 das Eingangssignal E_k in sechs Frequenzbänder F_j (mit $j = 1, 2, \dots, 6$) auf, die im einzelnen auch als F_1 bis F_6 bezeichnet sind. In einer realistischen praktischen Ausführung des Hörgeräts 2 teilt die Filterbank 8 das Eingangssignal E_k in wesentlich mehr (z.B. 48) Frequenzkanäle F_j auf.

[0040] In dem Signalprozessor 10 wird das in die Frequenzbänder F_j aufgesplittete Eingangssignal E_k frequenzbandspezifisch verarbeitet. Ein von dem Signalprozessor 10 verarbeitetes Signal P wird - wiederum spektral aufgeteilt in Frequenzbänder F_j' ($j = 1, 2, \dots, 6$) - der (Synthese-)Filterbank 12 zugeführt, die die Frequenzbänder F_j' zu einem elektrischen Ausgangssignal A zusammenführt (überlagert).

[0041] Das Ausgangssignal A wird einerseits dem (beispielsweise durch einen Lautsprecher oder "Hörer" gebildeten) Ausgangswandler 14 zugeführt, der das Ausgangssignal A in ein ausgehendes Schallsignal S_a umwandelt.

[0042] Das Ausgangssignal A wird andererseits über den elektrischen Rückkopplungspfad 16 dem adaptiven Filter 18 zugeführt, der hieraus das Kompensationssignal K ermittelt. Dem adaptiven Filter 18 ist als Führungsgröße zusätzlich das kompensierte Eingangssignal E_k zugeführt.

[0043] Im Betrieb des Hörgeräts 2 wird das Schallsignal S_a entweder unmittelbar in den Gehörgang eines Hörgeräteträgers ausgegeben oder dem Gehörgang über einen Schallschlauch zugeführt. Insbesondere bei Ausführungen des Hörgeräts 2, bei denen das Hörgerät 2

selbst in dem Gehörgang angeordnet ist, wird ein Teil des ausgegebenen Schallsignals S_a aber unvermeidbar über einen akustischen Rückkopplungspfad 20 (z.B. über einen Ventkanal des Hörgeräts 2 oder über Körperschall) als Rückkopplungssignal R auf den Eingangswandler 4 zurückgekoppelt, wo sich das Rückkopplungssignal R mit Umgebungsschall zu dem eingehenden Schallsignal S_i überlagert.

[0044] Bei den Schallsignalen S_i , S_a und dem Rückkopplungssignal R handelt es sich dabei um originäre Schallsignale, insbesondere Luftschall und/oder Körperschall. Bei den Eingangssignalen E_i , E_k , dem verarbeiteten Signal P, dem Ausgangssignal A und dem Kompensationssignal K handelt es sich dagegen um Audiosignale, d.h. um elektrische Signale, die eine Schallinformation transportieren.

[0045] Im Bereich zwischen der Analyse-Filterbank 8 und der Synthese-Filterbank 12 werden die betreffenden Audiosignale, nämlich das Eingangssignal E_k und das verarbeitete Signal P, wie erwähnt spektral aufgespalten in den Frequenzbändern F_j bzw. F_j' geführt.

[0046] Bei dem Hörgerät 2 handelt es sich insbesondere um ein digitales Hörgerät, in dem die Signalverarbeitung in dem Signalprozessor 10 mittels Digitaltechnik erfolgt. In diesem Fall wird das Audiosignal vor der Signalverarbeitung durch einen Analog-Digital-Wandler 22 digitalisiert und nach der Signalverarbeitung durch einen Digital-Analog-Wandler 24 in ein elektrisches Analogsignal zurückgewandelt. In dem dargestellten Beispiel ist der Analog-Digital-Wandler 22 der Filterbank 8 unmittelbar vorgeschaltet und wirkt somit auf das kompensierte Eingangssignal E_k , während der Digital-Analog-Wandler 24 der Filterbank 12 nachgeschaltet ist. In diesem Fall führt der elektrische Rückkopplungspfad 16 das Ausgangssignal A und das Kompensationssignal K in Form von Analogsignalen.

[0047] Alternativ hierzu ist der Analog-Digital-Wandler 22 zwischen den Eingangswandler 4 und den Subtrahierer 6 geschaltet und wirkt somit auf das ursprüngliche Eingangssignal E_i (nicht dargestellt). In diesem Fall führt der elektrische Rückkopplungspfad 16 das Ausgangssignal A und das Kompensationssignal K zweckmäßigerweise in Form von Digitalsignalen.

[0048] In einer weiteren (ebenfalls nicht dargestellten) Ausführungsform des Hörgeräts 2 ist der Subtrahierer 6 der Analysefilterbank 8 nachgeschaltet. Dem adaptiven Filter 18 werden hierbei die Frequenzbänder F_j' oder das mittels einer weiteren Frequenzanalyse spektral aufgesplittete Ausgangssignal A zugeführt. Das adaptive Filter 18 umfasst eine entsprechende Anzahl von Kanälen.

[0049] Der Signalprozessor 10 unterzieht das in den Frequenzbändern F_j zugeführte Eingangssignal E_k in der für Hörgeräte typischen Weise vielfältigen Signalverarbeitungsprozessen, insbesondere einer frequenzbandspezifisch variierenden Verstärkung, um die Widergabe des Eingangssignals E_i an die individuellen Bedürfnisse eines minderhörenden Hörgerätenutzers anzupassen und somit für diesen bestmöglich hörbar zu machen.

Des Weiteren führt der Signalprozessor 10 eine Frequenzverzerrung durch, die das Ausgangssignal A zur Erzielung einer verbesserten Rückkopplungsunterdrückung von dem Eingangssignal E_i dekorreliert.

[0050] Zur Verdeutlichung des Effekts der Frequenzverzerrung ist in Fig. 2 der Frequenzgang der Analysefilterbank 8 in einem Diagramm der frequenzabhängigen Signalverstärkung g (auch: Gain) gegen die Frequenz f dargestellt ist. Die Signalverstärkung g kann hierbei auch Werte kleiner 1 annehmen und in diesem Fall eine Abschwächung (Dämpfung) des Eingangssignals E_k bewirken.

[0051] Zu erkennen ist in Fig. 2 der Betragsfrequenzgang der (im Beispiel vereinfacht sechs) Frequenzbänder F_j , die sich in drei niederfrequente Frequenzbänder F_1, F_2 und F_3 sowie drei hochfrequente Frequenzbänder F_4, F_5 und F_6 gliedern. Die niederfrequenten Frequenzbänder F_1-F_3 führen hierbei einen niederfrequenten Signalanteil NF des Eingangssignals E_k , während die hochfrequenten Frequenzbänder F_4-F_6 einen hochfrequenten Signalanteil HF des Eingangssignals E_k führen.

[0052] Zusätzlich zu den dem Signalprozessor 10 zugeführten Frequenzbändern F_j sind in Fig. 2 auch die Frequenzbänder F_j' eingetragen, die das von dem Signalprozessor 10 ausgegebene verarbeitete Signal P führen, und in denen sich die von dem Signalprozessor 10 vorgenommene Frequenzverzerrung niederschlägt. Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, wirkt hierbei die Frequenzverzerrung lediglich auf den hochfrequenten Signalanteil HF, also auf die hochfrequenten Frequenzbänder $F_4'-F_6'$, indem diese Frequenzbänder $F_4'-F_6'$ gegenüber den korrespondierenden ursprünglichen Frequenzbändern F_4-F_6 bei gleicher Bandbreite jeweils geringfügig zu hohen Frequenzen f hin verschoben sind. An den Frequenzbändern F_1-F_3 des niederfrequenten Signalanteils NF wird dagegen von dem Signalprozessor 10 keine Frequenzverzerrung vorgenommen, so dass die Frequenzbänder $F_1'-F_3'$ des verarbeiteten Signals P hinsichtlich ihrer spektralen Position mit den ursprünglichen Frequenzbändern F_1-F_3 zusammenfallen.

[0053] Signalverarbeitungsprozesse, die die jeweiligen Verstärkungsfaktoren der einzelnen Frequenzbänder $F_1'-F_6'$ relativ zueinander verändern, wurden in der schematischen Darstellung gemäß Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht abgebildet, so dass hier alle Frequenzbänder $F_1'-F_6'$ mit gleicher Signalverstärkung g dargestellt sind.

[0054] Die Bandbreite der Frequenzbänder F_1-F_6 und der korrespondierenden Frequenzbänder $F_1'-F_6'$ ist insbesondere durch die Halbwertsbreite gegeben. Das Halbwertsniveau entspricht in der Darstellung gemäß Fig. 2 beispielsweise der Grundlinie (Abszisse) des Diagramms.

[0055] Aus Fig. 2 ist weiterhin ersichtlich, dass sich die Frequenzbänder F_1 bis F_6 , und damit auch die Signalanteile NF und HF spektral überlappen. Ein Überlappbereich U der Signalanteile NF und HF ist dabei durch die spektrale Distanz der jeweils äußeren Halbwertsgrenzen

der jeweils äußeren Frequenzbänder F_3 und F_4 des niederfrequenten Signalanteils NF bzw. des hochfrequenten Signalanteils HF gebildet (siehe Fig. 2). Das Zentrum des Überlappbereichs U, bei dem sich die Kurven des Betragsfrequenzgangs der Frequenzbänder F_3 und F_4 schneiden, definiert dabei eine Grenzfrequenz f_g der Signalanteile NF und HF. Die beiden grenznahen Frequenzbänder F_3 und F_4 bilden einen Randbereich R_L des niederfrequenten Signalanteils NF bzw. einen Randbereich R_H des hochfrequenten Signalanteils HF, in dem der Überlappbereich U jeweils aufgenommen ist.

[0056] Um im Betrieb des Hörgeräts 2, und somit bei der Durchführung der Frequenzverzerrung gemäß Fig. 2, Artefakte der eingangs beschriebenen Art im Ausgangssignal A zu vermeiden, verändert der Signalprozessor 10 die jeweils zugeordneten Verstärkungsfaktoren für die grenznahen Frequenzbänder F_3' und F_4' (und somit für die Randbereiche R_L und R_H) nach einem Verfahren, das in Fig. 3 in einer beispielhaften Ausbildung skizziert ist. Die Kurven des den Frequenzbändern F_3' und F_4' jeweils zugeordneten Betragsfrequenzgangs werden durch diese Änderung der zugeordneten Verstärkungsfaktoren in der Darstellung gemäß Fig 2 somit quasi nach oben oder unten verschoben, s. Fig 4. Und 5.

[0057] In einem ersten Schritt 30 des genannten Verfahrens (das einen Teil eines Verfahrens zum Betrieb des Hörgerätes 2 darstellt) erhält der Signalprozessor 10 das Eingangssignal E_k , das wie vorstehend beschrieben durch die Filterbank 8 in die Frequenzbänder F_j , und damit implizit auch in die Signalanteile NF und HF aufgeteilt wurde.

[0058] In einem folgenden Schritt 32 bildet der Signalprozessor 10 über die grenznahen Frequenzbänder F_3 und F_4 (und somit über die jeweiligen Randbereiche R_L und R_H der Signalanteile NF bzw. HF) jeweils die Autokorrelationsfunktion, um eine Kenngröße zu gewinnen, die ein quantitatives Maß für die Tonalität des Eingangssignals E_k in den Randbereichen R_L und R_H darstellt.

[0059] Wie vorstehend erwähnt, bezeichnet der Begriff "Tonalität" eine Eigenschaft des Eingangssignals E_k , die die Dominanz einer einzelnen Frequenz f_0 (Fig. 4 und 5) in dem von den Frequenzbändern F_3 und F_4 abgedeckten Frequenzbereich charakterisiert. Eine hohe Tonalität ist dabei dann gegeben, wenn das Eingangssignal E_k in den Randbereichen R_L und R_H durch einen dominanten Ton (z.B. einen Violinton) mit einer bestimmten Frequenz geprägt ist, bei der der frequenz aufgelöste Signalpegel den gemittelten Signalpegel erheblich übersteigt. Die Tonalität ist dagegen dann niedrig, wenn das Signal der grenznahen Frequenzbänder F_3 und F_4 durch breitbandige Geräuschanteile (z.B. Rauschen, Verkehrslärm, Sprachgeräusch, etc.) dominiert wird.

[0060] Das Verfahren nutzt hierbei die Erkenntnis, dass die Autokorrelationsfunktion ein gutes Maß für die Tonalität darstellt. Insbesondere in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung, bei denen es sich bei der Filterbank 8 um eine DFTmodulierte Filterbank (d.h. eine auf diskreter Fourier-Transformation basierende Filter-

bank) oder eine ähnliche Implementierung handelt, entspricht ein sinusartiges Signal in den Frequenzbändern F_3 und F_4 einem rotierenden komplexen Zeiger, der bei einer konstanten Frequenz mit konstanten Winkelsprüngen zwischen aufeinander folgenden Zeitschritten rotiert. In einer Ein-Schritt-Autokorrelation ("onetap-autocorrelation"), wie sie im Schritt 32 des Verfahrens vorzugsweise bestimmt wird, wird dieser rotierende Zeiger auf einen komplexen Zeiger abgebildet, der einen dem Winkelschritt entsprechenden konstanten Phasenwinkel aufweist.

[0061] Der Betrag dieser komplexwertigen Autokorrelationsfunktion wird dabei durch den Signalprozessor 10 als Maß für die Tonalität herangezogen. Alternativ wird die Varianz des komplexen Zeigers oder des Phasenwinkels als Maß für die Tonalität herangezogen, wobei ausgenutzt wird, dass eine kleine Varianz auf eine stabile Frequenz, mithin eine hohe Tonalität hinweist. Aus dem Phasenwinkel der komplexwertigen Autokorrelationsfunktion leitet der Signalprozessor 10 den Betrag der dominanten Frequenz f_0 ab, indem er diesen Phasenwinkel durch den Betrag des Zeitintervalls zwischen zwei Zeitschritten teilt (konkret: $f_0 = \varphi / (\pi \cdot T_s)$), wobei φ für den Phasenwinkel und T_s für das genannte Zeitintervall steht; die dominante Frequenz f_0 ist hierbei auf die Bandmitte des jeweiligen Frequenzbandes T_3 bzw. T_4 bezogen).

[0062] In einem Schritt 34 wird durch den Signalprozessor 10 die Frequenzverzerrung durchgeführt, indem - wie in Fig. 2 dargestellt - die ursprünglichen Frequenzbänder F_4 - F_6 in die frequenzverschobenen Frequenzbänder F_4' - F_6' überführt werden.

[0063] In einem Schritt 36 prüft der Signalprozessor 10, ob das zuvor ermittelte Maß für die Tonalität, beispielsweise also der Betrag der ermittelten Autokorrelationsfunktion in den Frequenzbändern F_3 und F_4 , einen vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

[0064] Solange das der Fall ist (Y), erkennt dies der Signalprozessor 10 als Anzeichen dafür, dass keine störenden Artefakte durch die Frequenzverzerrung zu erwarten sind. Entsprechend springt der Signalprozessor 10 in diesem Fall in der Verfahrensdurchführung zu einem Schritt 38, in dem er das frequenzverzerrte Signal P (ggf. nach Durchführung weiterer Signalverarbeitungsschritte) in Frequenzbändern F_j' zur Synthese des Ausgangssignals A an die Filterbank 12 ausgibt.

[0065] Sofern andernfalls die in Schritt 36 durchgeführte Prüfung ergibt, dass das Maß für die Tonalität den vorgegebenen Grenzwert nicht unterschreitet (N), schätzt der Signalprozessor 10 in einem Schritt 40 den Pegelunterschied ΔL (Fig. 4 und 5) in den grenznahen Frequenzbändern F_3' und F_4' bei der dominanten Frequenz f_0 bzw. bei der verschobenen dominanten Frequenz f_0' ab. Der Signalprozessor 10 ermittelt den Pegelunterschied ΔL dabei insbesondere, indem er als Maß für die Signalpegel L_1 und L_2 in den Frequenzbändern F_3' und F_4' bei der Frequenz f_0' bzw. f_0 die Werte der jeweiligen Kurven des Betragsfrequenzgangs bei diesen Frequenzen f_0' bzw. f_0 ermittelt und miteinander ver-

gleicht ($\Delta L = |L_1 - L_2|$; s. Fig. 4 und 6).

[0066] In einem folgenden Schritt 42 prüft der Signalprozessor 10, ob der zuvor bestimmte Pegelunterschied ΔL einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

5 **[0067]** Solange dies der Fall ist (Y), erkennt der Signalprozessor 10 dies als Anzeichen dafür, dass störende Artefakte infolge der Frequenzverzerrung aufgrund des von Haus aus schon hohen Pegelunterschieds ΔL nicht zu erwarten sind. Entsprechend springt der Signalprozessor 10 in diesem Fall in der Verfahrensdurchführung wiederum zu dem Schritt 38.

10 **[0068]** Andernfalls (N), wenn also die in Schritt 42 durchgeführte Prüfung negativ ausfällt und entsprechend der Pegelunterschied ΔL den Schwellwert nicht überschreitet, passt der Signalprozessor 10 in einem Schritt 44 die Verstärkungsfaktoren der grenznahen Frequenzbänder F_3' und F_4' gegeneinander an, sodass ein vergrößerter Pegelunterschied $\Delta L'$ ($\Delta L' = |L_1' - L_2'|$; s. Fig. 4 und 6) erreicht wird, der den für die Prüfung in Schritt 42 vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Optional wird die Vergrößerung des Pegelunterschieds dabei nach einen vorgegebenen Kriterium begrenzt. Die Vergrößerung des Pegelunterschieds wird in diesem Fall also derart vorgenommen, dass ein vorgegebener Maximalwert nicht überschritten wird. In einzelnen, von der Erfindung abgedeckten Fällen können die Verstärkungsfaktoren, vor und/oder nach der Änderung auch Werte kleiner als Eins aufweisen und somit eine frequenzselektive Abschwächung des Eingangssignals E_K hervorrufen, auch wenn dies für klassische Hörgeräte untypisch ist.

20 **[0069]** Der Signalprozessor 10 berechnet diese Änderung der Verstärkungsfaktoren dabei insbesondere derart, dass sich die Pegelerhöhung und die Pegelniedrigung in den grenznahen Frequenzbändern F_3' und F_4' gegenseitig kompensieren, dass also die angepassten Signalpegel L_1' und L_2' der Frequenzbänder F_3' und F_4' bei der dominanten Frequenz f_0 bzw. f_0' in Summe (oder im Mittelwert) den entsprechenden Pegeln L_1 bzw. L_2 vor der Pegelanpassung entsprechend ($L_1' + L_2' = L_1 + L_2$). Abweichend von der einfachen Summen- oder Mittelwertbildung wird in einer weitergebildeten Ausführungsform des Verfahrens auch der Betragsfrequenzgang der betroffenen Frequenzbänder berücksichtigt.

25 **[0070]** Anschließend springt der Signalprozessor 10 in der Verfahrensdurchführung wiederum zu dem Schritt 38.

30 **[0071]** Durch die in Schritt 44 vorgenommene gegenläufige Änderung der Verstärkungsfaktoren in den grenznahen Frequenzbändern F_3' und F_4' wird erreicht, dass der dominante Ton in dem Ausgangssignal A mit etwa gleicher Stärke zu hören ist, als wäre die Pegelanpassung in Schritt 44 nicht vorgenommen worden. Je nachdem, in welchem der Signalanteile NF und HF die dominante Frequenz f_0 stärker ausgeprägt ist, wird der dominante Ton dabei entweder mit der unverschobenen Frequenz f_0 oder mit der verschobenen Frequenz f_0' gehört. Infolge des vergrößerten Pegelunterschieds $\Delta L'$ werden

dabei allerdings störende Artefakte in Form von Schwebungen zwischen den Frequenzen f_0 und f_0' unterdrückt.

[0072] Im Rahmen der Erfindung sind zahlreiche alternative Ausführungen des Verfahrens möglich. Beispielsweise kann die Frequenzverzerrung (Schritt 34) auch an anderer Stelle des Verfahrensablaufs durchgeführt werden, z.B. nach der Pegeländerung (Schritt 42). Des Weiteren können im Rahmen der Erfindung zwischen den Schritten 30 und 38 noch vielfältige weitere Signalbearbeitungsschritte vorgenommen werden, insbesondere Schritte zur frequenzselektiven Verstärkung des Eingangssignals E_k , zur Rauschunterdrückung, etc.

[0073] Die Wirkung der erfindungsgemäßen Pegeländerung in den grenznahen Frequenzbändern F_3' und F_4' ist anhand der Fig. 4 und 5 nochmals verdeutlicht. Aus dem Vergleich dieser beiden Figuren wird dabei insbesondere deutlich, dass die Richtung der Pegeländerung abhängig ist von der spektralen Position der dominanten Frequenz f_0 . Wenn die dominante Frequenz gemäß der Darstellung in Fig. 4 überwiegend in dem hochfrequenten Signalanteil HF liegt ($f_0 > f_g$), so werden der Signalpegel L_2 des hochfrequenten grenznahen Frequenzbandes F_4' erhöht und der Signalpegel L_1 des niederfrequenten grenznahen Frequenzbandes F_3' erniedrigt, um den Pegelunterschied ΔL zu vergrößern. Wenn dagegen die dominante Frequenz f_0 überwiegend in dem niederfrequenten Signalanteil NF liegt ($f_0 < f_g$), so werden der Signalpegel L_1 des niederfrequenten grenznahen Frequenzbandes F_3' erhöht und der Signalpegel L_2 des hochfrequenten grenznahen Frequenzbandes F_4' erniedrigt.

[0074] Die Erfindung wird anhand der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele besonders deutlich. Sie ist gleichwohl auf diese Ausführungsbeispiele aber nicht beschränkt. Vielmehr können zahlreiche weitere Ausführungsformen der Erfindung aus den Ansprüchen und der vorstehenden Beschreibung abgeleitet werden.

Bezugszeichenliste

[0075]

2	Hörgerät
4	Eingangswandler
6	Subtrahierer
8	(Analyse-)Filterbank
10	Signalprozessor
12	(Synthese-)Filterbank
14	Ausgangswandler
16	(elektrischer) Rückkopplungspfad
18	(adaptiver) Filter
20	(akustischer) Rückkopplungspfad
22	Analog-Digital-Wandler
24	Digital-Analog-Wandler
30	Schritt
32	Schritt
34	Schritt
36	Schritt
38	Schritt

40	Schritt
42	Schritt
44	Schritt
5	ΔL Pegelunterschied
	$\Delta L'$ (vergrößerter) Pegelunterschied
	f Frequenz
	f_0 (dominante) Frequenz
	f_0' (verschobene dominante) Frequenz
10	f_g Grenzfrequenz
	g Signalverstärkung
	A Ausgangssignal
	E_i (ursprüngliches) Eingangssignal
	E_k (kompensiertes) Eingangssignal
15	F_j Frequenzband ($j = 1, 2, \dots, 6$)
	F_j' Frequenzband ($j = 1, 2, \dots, 6$)
	HF (hochfrequenter) Signalanteil
	K Kompensationssignal
	L_1 Signalpegel
20	L_2 Signalpegel
	L_1' Signalpegel
	L_2' Signalpegel
	NF (niederfrequenter) Signalanteil
	P (verarbeitetes) Signal
25	R Rückkopplungssignal
	R_H Randbereich
	R_L Randbereich
	S_a (ausgehendes) Schallsignal
	S_i (eingehendes) Schallsignal
30	U Überlappbereich

Patentansprüche

- 35 **1.** Verfahren zur Frequenzverzerrung eines als Audiosignal vorliegenden Eingangssignals (E_k),
- bei dem das Eingangssignal (E_k) in einen niederfrequenten Signalanteil (NF) und einen hochfrequenten Signalanteil (HF) geteilt wird, wobei diese beiden Signalanteile (NF, HF) bei einer Grenzfrequenz (f_g) aneinander angrenzen,
- bei dem der hochfrequente Signalanteil (HF) frequenzverzerrt wird, und
- bei dem der niederfrequente Signalanteil (NF) und der frequenzverzerrte hochfrequente Signalanteil (HF) zur Bildung eines Ausgangssignals (A) überlagert werden,
- 40
- 45
- 50
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** zumindest für einen die Grenzfrequenz (f_g) beinhaltenden Randbereich (R_H, R_L) des hochfrequenten Signalanteils (HF) und/oder des niederfrequenten Signalanteils (NF) ein zugeordneter Verstärkungsfaktor verändert wird, so dass ein Pegelunterschied (ΔL) zwischen einem Signalpegel (L_1) des niederfrequenten Signalanteils (NF) und einem Sig-
- 55

nalpegel (L_2) des frequenzverzerrten hochfrequenten Signalanteils (HF) vergrößert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- wobei das Eingangssignal (E_k) mittels einer Filterbank (8) in eine Vielzahl von Frequenzbändern (F_j ; $j=1-6$) aufgeteilt wird, von denen eine Anzahl niederfrequenter Frequenzbänder (F_1-F_3) den niederfrequenten Signalanteil (NF) führt, und von denen eine daran anschließende Anzahl hochfrequenter Frequenzbänder (F_4-F_6) den hochfrequenten Signalanteil (HF) führt,
- wobei der Randbereich (R_H) des hochfrequenten Signalanteils (HF) durch eine Untermenge der hochfrequenten Frequenzbänder (F_4-F_6) gebildet wird, die an die niederfrequenten Frequenzbänder (F_1-F_3) angrenzen und/oder wobei der Randbereich (R_L) des niederfrequenten Signalanteils (NF) durch eine Untermenge der niederfrequenten Frequenzbänder (F_1-F_3) gebildet wird, die an die hochfrequenten Frequenzbänder (F_4-F_6) angrenzen, und
- wobei nur in den dem Randbereich (R_L, R_H) zugeordneten Frequenzbändern (F_3, F_4) der Verstärkungsfaktor verändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

wobei zumindest für den Randbereich (R_L, R_H) eines ersten der beiden Signalanteile (NF, HF) der Verstärkungsfaktor erhöht wird, und wobei zumindest für den Randbereich (R_H, R_L) des zweiten Signalanteils (HF; NF) der Verstärkungsfaktor erniedrigt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

wobei der Verstärkungsfaktor für den zweiten Signalanteil (HF; NF) derart erniedrigt wird, dass die Erhöhung des Verstärkungsfaktors für den ersten Signalanteil (NF, HF) kompensiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei eine Kenngröße ermittelt wird, die für die Tonalität des Eingangssignals (E_k) in einem Überlappbereich (U) des hochfrequenten Signalanteils (HF) und des niederfrequenten Signalanteils (NF) charakteristisch ist, und wobei die Änderung des Verstärkungsfaktors in Abhängigkeit dieser Kenngröße vorgenommen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

wobei die für die Tonalität charakteristische Kenngröße durch Autokorrelation des Eingangssignals (E_k) in dem Überlappbereich (U) ermittelt wird.

7. Hörvorrichtung (2),

- mit einem Frequenz-Splitter (8), der dazu eingerichtet ist, ein Eingangssignal (E_k) in einen

niederfrequenten Signalanteil (NF) und einen hochfrequenten Signalanteil (HF) zu teilen, wobei diese beiden Signalanteile (NF, HF) bei einer Grenzfrequenz (f_g) aneinander angrenzen,

- mit einem Signalprozessor (10), der dazu eingerichtet ist, den hochfrequenten Signalanteil (HF) frequenzzuverzerren, und
- mit einem Synthetisierer (12), der dazu eingerichtet ist, den niederfrequenten Signalanteil (NF) und den frequenzverzerrten hochfrequenten Signalanteil (HF) zur Bildung eines Ausgangssignals (A) zu überlagern,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist, zumindest für einen die Grenzfrequenz (f_g) beinhaltenden Randbereich (R_H, R_L) des hochfrequenten Signalanteils (HF) und/oder des niederfrequenten Signalanteils (NF) einen Verstärkungsfaktor zu verändern, so dass ein Pegelunterschied (ΔL) zwischen einem Signalpegel (L_1) des niederfrequenten Signalanteils (NF) und einem Signalpegel (L_2) des frequenzverzerrten hochfrequenten Signalanteils (HF) vergrößert wird.

8. Hörvorrichtung (2) nach Anspruch 7,

- wobei der Frequenz-Splitter durch eine Filterbank (8) gebildet, die dazu eingerichtet ist, das Eingangssignal (E_k) in eine Vielzahl von Frequenzbändern (F_j ; $j=1-6$) aufzuteilen, von denen eine Anzahl niederfrequenter Frequenzbänder (F_1-F_3) den niederfrequenten Signalanteil (NF) führt, und von denen eine daran anschließende Anzahl hochfrequenter Frequenzbänder (F_4-F_6) den hochfrequenten Signalanteil (HF) führt, wobei eine Untermenge der hochfrequenten Frequenzbänder (F_4-F_6), die an die niederfrequenten Frequenzbänder (F_1-F_3) angrenzen, den Randbereich (R_H) des hochfrequenten Signalanteils (HF) bildet und/oder wobei eine Untermenge der niederfrequenten Frequenzbänder (F_1-F_3), die an die hochfrequenten Frequenzbänder (F_4-F_6) angrenzen, den Randbereich (R_L) des niederfrequenten Signalanteils (NF) bildet, und
- wobei der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist, nur in den dem Randbereich (R_H, R_L) zugeordneten Frequenzbändern (F_3, F_4) den Verstärkungsfaktor zu verändern.

9. Hörvorrichtung (2) nach Anspruch 7 oder 8,

wobei der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist, zumindest für den Randbereich (R_H, R_L) eines ersten der beiden Signalanteile (HF, NF) den Verstärkungsfaktor zu erhöhen, und zumindest für den Randbereich (R_L, R_H) des zweiten Signalanteils (NF; HF) den Verstärkungsfaktor zu erniedrigen.

10. Hörvorrichtung (2) nach Anspruch 9,
wobei der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist,
den Verstärkungsfaktor für den zweiten Signalanteil
(NF; HF) derart zu erniedrigen, dass die Erhöhung
des Verstärkungsfaktors für den ersten Signalanteil
(HF, NF) kompensiert wird. 5
11. Hörvorrichtung (2) nach einem der Ansprüche 7 bis
10,
wobei der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist,
eine Kenngröße zu ermitteln, die für die Tonalität
des Eingangssignals (E_k) in einem Überlappbereich
(U) des hochfrequenten Signalanteils (HF) und des
niederfrequenten Signalanteils (NF) charakteris-
tisch ist, und die Änderung des Verstärkungsfaktors
nur dann vorzunehmen, wenn die Kenngröße ein
vorgegebenes Kriterium erfüllt. 10 15
12. Hörvorrichtung (2) nach Anspruch 11,
wobei der Signalprozessor (10) dazu eingerichtet ist,
die für die Tonalität charakteristische Kenngröße
durch Autokorrelation des Eingangssignals (E_k) in
dem Überlappbereich (U) zu ermitteln. 20

Claims

1. Method for distorting the frequency of an input signal
(E_k) that is present as an audio signal, 30
- in which the input signal (E_k) is divided into a
low-frequency signal component (LF) and a
high-frequency signal component (HF), wherein
these two signal components (LF, HF) adjoin
one another at a cut-off frequency (f_g), 35
 - in which the high-frequency signal component
(HF) is frequency-distorted, and
 - in which the low-frequency signal component
(LF) and the frequency-distorted high-frequency
signal component (HF) are overlaid to form an
output signal (A), 40
- characterized**
in that an associated gain factor is modified, at least
for an edge region (R_H , R_L), containing the cut-off
frequency (f_g), of the high-frequency signal compo-
nent (HF) and/or of the low-frequency signal com-
ponent (LF), such that a level difference (ΔL) be-
tween a signal level (L_1) of the low-frequency signal
component (LF) and a signal level (L_2) of the fre-
quency-distorted high-frequency signal component
(HF) is increased. 45 50
2. Method according to Claim 1, 55
- wherein the input signal (E_k) is divided into a
multiplicity of frequency bands (F_j ; $j = 1-6$) by
means of a filter bank (8), of which a number of

low-frequency frequency bands (F_1-F_3) carry
the low-frequency signal component (LF) and of
which an adjoining number of high-frequency
frequency bands (F_4-F_6) carry the high-fre-
quency signal component (HF),
- wherein the edge region (R_H) of the high-fre-
quency signal component (HF) is formed by a
subset of the high-frequency frequency bands
(F_4-F_6) which adjoin the low-frequency frequen-
cy bands (F_1-F_3) and/or wherein the edge region
(R_L) of the low-frequency signal component (LF)
is formed by a subset of the low-frequency fre-
quency bands (F_1-F_3) which adjoin the high-fre-
quency frequency bands (F_4-F_6), and
- wherein the gain factor is only modified in the
frequency bands (F_3 , F_4) that are assigned to
the edge region (R_L , R_H).

3. Method according to Claim 1 or 2,
wherein the gain factor is increased, at least for the
edge region (R_L , R_H) of a first of the two signal com-
ponents (LF, HF), and wherein the gain factor is re-
duced, at least for the edge region (R_H , R_L) of the
second signal component (HF; LF). 25
4. Method according to Claim 3,
wherein the gain factor for the second signal com-
ponent (HF; LF) is reduced in such a way that the
increase of the gain factor for the first signal compo-
nent (LF, HF) is compensated. 30
5. Method according to any one of Claims 1 to 4,
wherein a characteristic is ascertained, said charac-
teristic being characteristic for the tonality of the input
signal (E_k) in an overlap region (U) of the high-fre-
quency signal component (HF) and of the low-fre-
quency signal component (LF), and wherein the
change in the gain factor is undertaken depending
on this characteristic. 35 40
6. Method according to Claim 5,
wherein the characteristic that is characteristic for
the tonality is ascertained by autocorrelating the in-
put signal (E_k) in the overlap region (U). 45
7. Hearing apparatus (2), 50
- having a frequency splitter (8) which is config-
ured to divide an input signal (E_k) into a low-
frequency signal component (LF) and a high-
frequency signal component (HF), wherein
these two signal components (LF, HF) adjoin
one another at a cut-off frequency (f_g),
 - having a signal processor (10) which is config-
ured to distort the frequency of the high-frequen-
cy signal component (HF), and
 - having a synthesizer (12) which is configured
to overlay the low-frequency signal component

(LF) and the frequency-distorted high-frequency signal component (HF) for forming an output signal (A),

characterized

in that the signal processor (10) is configured to modify a gain factor, at least for an edge region (R_H , R_L), containing the cut-off frequency (f_g), of the high-frequency signal component (HF) and/or of the low-frequency signal component (LF), such that a level difference (ΔL) between a signal level (L_1) of the low-frequency signal component (LF) and a signal level (L_2) of the frequency-distorted high-frequency signal component (HF) is increased.

8. Hearing apparatus (2) according to Claim 7,

- wherein the frequency splitter is formed by a filter bank (8) which is configured to divide the input signal (E_k) into a multiplicity of frequency bands (F_j ; $j = 1-6$), of which a number of low-frequency frequency bands (F_1-F_3) carry the low-frequency signal component (LF) and of which an adjoining number of high-frequency frequency bands (F_4-F_6) carry the high-frequency signal component (HF), wherein a subset of the high-frequency frequency bands (F_4-F_6) which adjoin the low-frequency frequency bands (F_1-F_3) forms the edge region (R_H) of the high-frequency signal component (HF) and/or wherein a subset of the low-frequency frequency bands (F_1-F_3) which adjoin the high-frequency frequency bands (F_4-F_6) form the edge region (R_L) of the low-frequency signal component (LF), and

- wherein the signal processor (10) is configured only to modify the gain factor in the frequency bands (F_3 , F_4) that are assigned to the edge region (R_H , R_L).

9. Hearing apparatus (2) according to Claim 7 or 8, wherein the signal processor (10) is configured to increase the gain factor, at least for the edge region (R_H , R_L) of a first of the two signal components (HF, LF), and to reduce the gain factor, at least for the edge region (R_L ; R_H) of the second signal component (LF; HF) .

10. Hearing apparatus (2) according to Claim 9, wherein the signal processor (10) is configured to reduce the gain factor for the second signal component (LF; HF) in such a way that the increase of the gain factor for the first signal component (HF, LF) is compensated.

11. Hearing apparatus (2) according to any one of Claims 7 to 10, wherein the signal processor (10) is configured to

ascertain a characteristic, said characteristic being characteristic for the tonality of the input signal (E_k) in an overlap region (U) of the high-frequency signal component (HF) and of the low-frequency signal component (LF), and to undertake the change in the gain factor only if the characteristic meets a predetermined criterion.

12. Hearing apparatus (2) according to Claim 11, wherein the signal processor (10) is configured to ascertain the characteristic that is characteristic for the tonality by autocorrelating the input signal (E_k) in the overlap region (U).

Revendications

1. Procédé de distorsion en fréquence d'un signal d'entrée (E_k) se présentant sous la forme d'un signal audio, procédé dans lequel

- le signal d'entrée (E_k) est divisé en une composante de signal à basse fréquence (NF) et une composante de signal à haute fréquence (HF), ces deux composantes de signal (NF, HF) étant adjacentes l'une à l'autre à une fréquence limite (f_g),
- la composante de signal à haute fréquence (HF) est distordue en fréquence, et
- la composante de signal à basse fréquence (NF) et la composante de signal à haute fréquence (HF) distordue en fréquence sont superposées pour former un signal de sortie (A),

caractérisé en ce que

un facteur d'amplification associé est modifié au moins pour une région limite (R_H , R_L), contenant la fréquence limite (f_g), de la composante de signal à haute fréquence (HF) et/ou de la composante de signal à basse fréquence (NF) de manière à augmenter la différence de niveau (ΔL) entre un niveau de signal (L_1) de la composante de signal à basse fréquence (NF) et un niveau de signal (L_2) de la composante de signal à haute fréquence (HF) distordue en fréquence.

2. Procédé selon la revendication 1,

- le signal d'entrée (E_k) étant divisé au moyen d'un groupe de filtres (8) en une pluralité de bandes de fréquences (F_j ; $j=1$ à 6), dont un certain nombre de bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3) portent la composante de signal à basse fréquence (NF) et dont un nombre ultérieur de bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6) porte la composante de signal à haute fréquence (HF),
- la région de bord (R_H) de la composante de

- signal à haute fréquence (HF) étant formée par un sous-ensemble de bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6) qui sont adjacentes aux bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3) et/ou la région de bord (R_L) de la composante de signal à basse fréquence (NF) étant formée par un sous-ensemble de bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3) qui sont adjacentes aux bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6), et
- le facteur d'amplification étant modifié uniquement dans les bandes de fréquences (F_3 , F_4) associées à la région de bord (R_L , R_H).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le facteur d'amplification étant augmenté au moins pour la région de bord (R_L , R_H) d'une première des deux composantes de signal (NF, HF) et le facteur d'amplification étant abaissé au moins pour la région de bord (R_H ; R_L) de la deuxième composante de signal (HF, NF).
4. Procédé selon la revendication 3, le facteur d'amplification étant réduit pour la deuxième composante de signal (HF; NF) de manière à compenser l'augmentation du facteur d'amplification pour la première composante de signal (NF, HF).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, un paramètre étant déterminé, lequel est caractéristique de la tonalité du signal d'entrée (E_K) dans une région de chevauchement (U) de la composante de signal à haute fréquence (HF) et de la composante de signal à basse fréquence (NF) et la modification du facteur d'amplification étant effectuée en fonction de ce paramètre.
6. Procédé selon la revendication 5, le paramètre caractéristique de la tonalité étant déterminé par autocorrélation du signal d'entrée (E_K) dans la région de chevauchement (U).
7. Dispositif auditif (2), comprenant
- un diviseur de fréquence (8) qui est adapté pour diviser un signal d'entrée (E_K) en une composante de signal à basse fréquence (NF) et une composante de signal à haute fréquence (HF), ces deux composantes de signal (NF, HF) étant adjacentes l'une à l'autre à une fréquence limite (f_g),
 - un processeur de signal (10) qui est adapté pour distordre en fréquence la composante de signal à haute fréquence (HF), et
 - un synthétiseur (12) qui est adapté pour superposer la composante de signal à basse fréquence (NF) et la composante de signal à haute fréquence (HF) distordue en fréquence pour former un signal de sortie (A),
- caractérisé en ce que le processeur de signal (10) est adapté pour modifier le facteur d'amplification pour au moins une région de bord (R_H , R_L), contenant la fréquence limite (f_g), de la composante de signal à haute fréquence (HF) et/ou de la composante de signal à basse fréquence (NF) de manière à augmenter la différence de niveau (ΔL) entre un niveau de signal (L_1) de la composante de signal à basse fréquence (NF) et un niveau de signal (L_2) de la composante de signal à haute fréquence (HF) distordue en fréquence.
8. Dispositif auditif (2) selon la revendication 7,
- le séparateur de fréquence étant formé par un groupe de filtres (8) qui est adapté pour diviser le signal d'entrée (E_K) en une pluralité de bandes de fréquences (F_j ; $j=1$ à 6), dont un certain nombre de bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3) portent la composante de signal à basse fréquence (NF) et dont un nombre ultérieur de bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6) porte la composante de signal à haute fréquence (HF), un sous-ensemble de bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6), qui sont adjacentes aux bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3), formant la région de bord (R_H) de la composante de signal à haute fréquence (HF) et/ou un sous-ensemble de bandes de fréquences à basse fréquence (F_1 à F_3), qui sont adjacentes aux bandes de fréquences à haute fréquence (F_4 à F_6), formant la région de bord (R_L) de la composante de signal à basse fréquence (NF) et
 - le processeur de signal (10) étant adapté pour modifier uniquement le facteur d'amplification dans les bandes de fréquences (F_3 , F_4) associées à la région de bord (R_H , R_L).
9. Dispositif auditif (2) selon la revendication 7 ou 8, le processeur de signal (10) étant adapté pour augmenter le facteur d'amplification au moins pour la région de bord (R_H , R_L) d'une première des deux composantes de signal (HF, NF) et pour diminuer le facteur d'amplification au moins pour la région de bord (R_L , R_H) de la deuxième composante de signal (NF; HF).
10. Dispositif auditif (2) selon la revendication 9, le processeur de signal (10) étant adapté pour diminuer le facteur d'amplification pour la deuxième composante de signal (NF, HF) de manière à compenser l'augmentation du facteur d'amplification pour la première composante de signal (HF, NF).
11. Dispositif auditif (2) selon l'une des revendications

7 à 10,

le processeur de signal (10) étant adapté pour déterminer un paramètre caractéristique de la tonalité du signal d'entrée (E_k) dans une région de chevauchement (U) de la composante de signal à haute fréquence (HF) et de la composante de signal à basse fréquence (NF), et pour effectuer la modification du facteur d'amplification uniquement si le paramètre satisfait à un critère prédéterminé.

5

10

12. Dispositif auditif (2) selon la revendication 11,

le processeur de signal (10) étant adapté pour déterminer le paramètre caractéristique de la tonalité par autocorrélation du signal d'entrée (E_k) dans la région de chevauchement (U).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

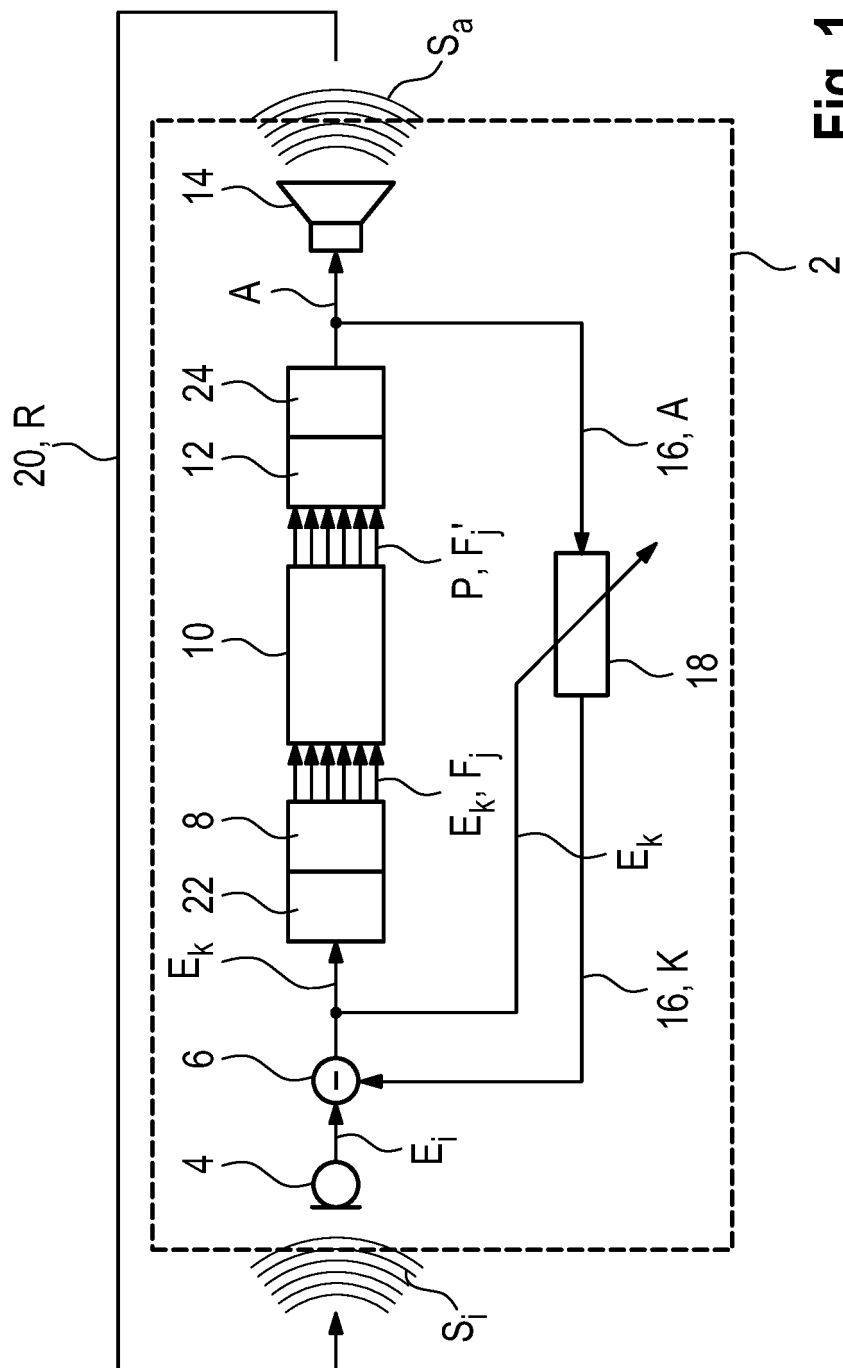


Fig. 1

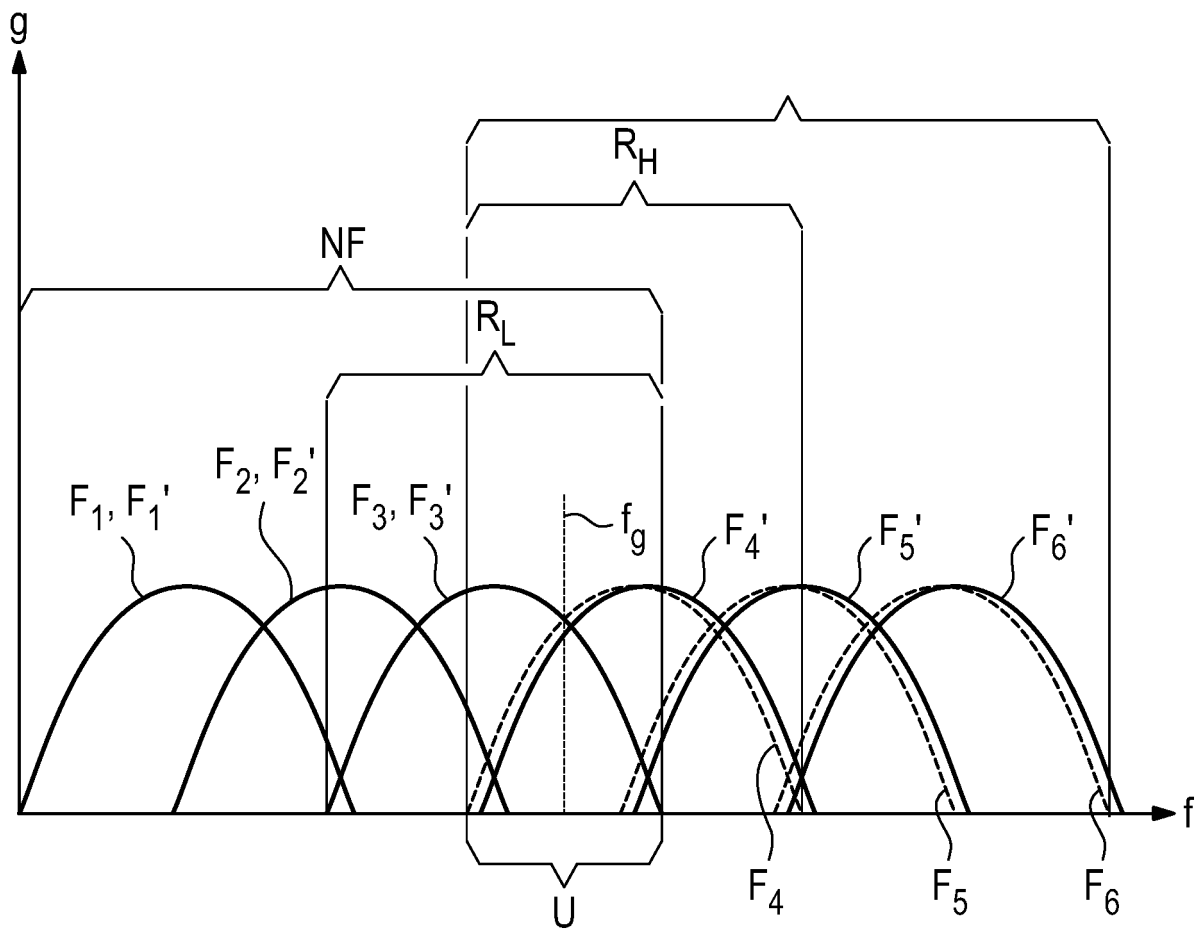


Fig. 2

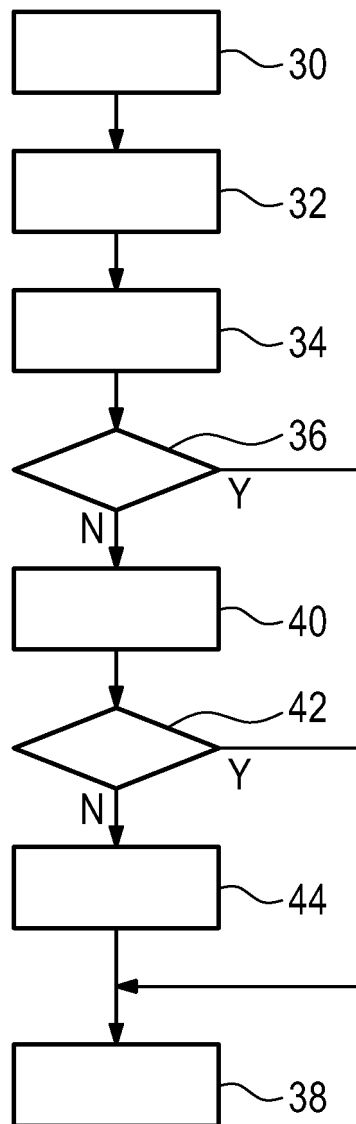


Fig. 3

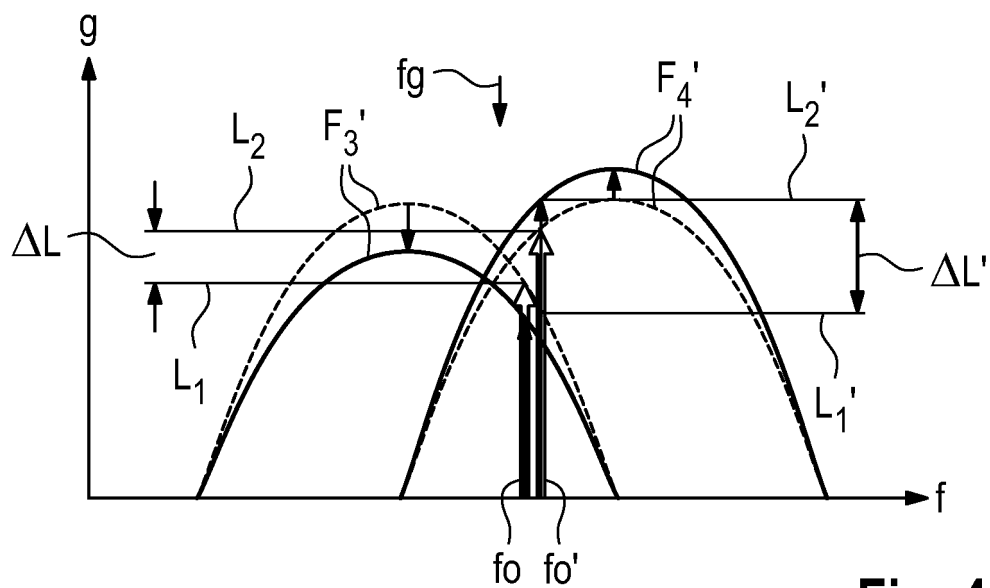


Fig. 4

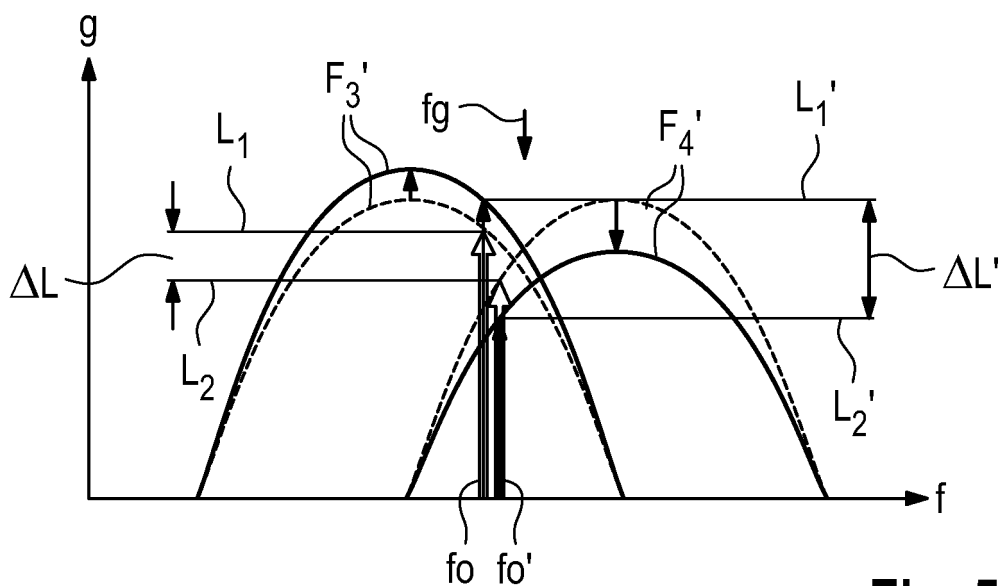


Fig. 5

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

- EP 2244491 B2 [0007] [0019]
- WO 0002418 A1 [0008]
- EP 2988529 A1 [0009]