

(19)



(11)

EP 3 373 601 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.09.2018 Patentblatt 2018/37

(51) Int Cl.:
H04R 25/00 ^(2006.01) *H04R 27/00* ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18154220.0**

(22) Anmeldetag: **30.01.2018**

(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:
MA MD TN

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

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

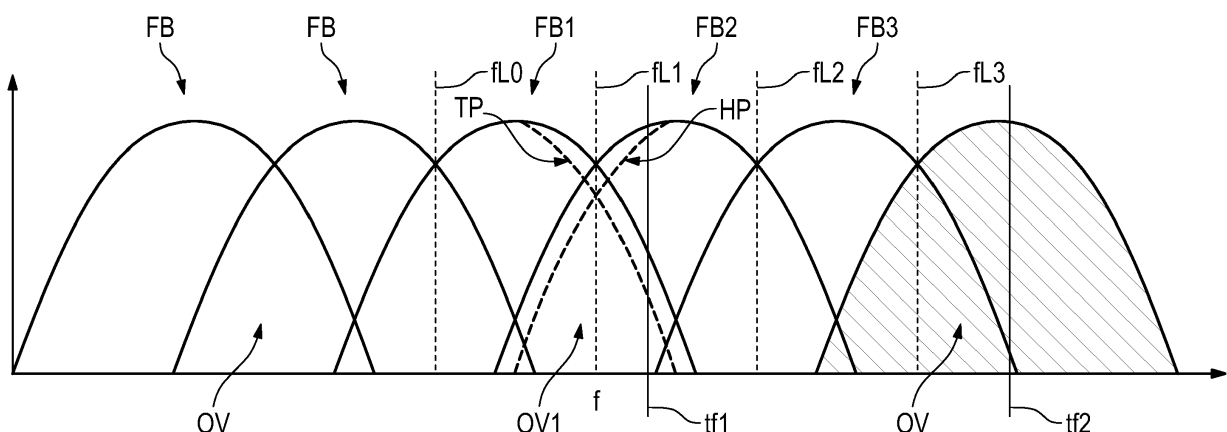
(30) Priorität: **06.03.2017 DE 102017203631**

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

(54) **VERFAHREN ZUR FREQUENZVERZERRUNG EINES AUDIOSIGNALS SOWIE EIN HÖRGERÄT ZUM AUSFÜHREN DIESER VERFAHRENS**

(57) Die Erfindung nennt ein Verfahren (40) zur Frequenzverzerrung (22) eines Audiosignals (42), wobei das Audiosignal (42) in eine Mehrzahl an vorgegebenen Frequenzbändern (FB, FB1, FB2, FB3) aufgeteilt wird, wobei durch je zwei unmittelbar benachbarte Frequenzbänder (FB1, FB2, FB3) jeweils eine Bandgrenzfrequenz (fL0-fL3) festgelegt wird, wobei anhand des Audiosignals (42) ein erstes Frequenzband (FB1) und ein unmittelbar

über dem ersten Frequenzband (FB1) liegendes zweites Frequenzband (FB2) bestimmt werden, und wobei auf Signalanteile (44) im ersten Frequenzband (FB1) eine unterschiedliche Verzerrung (22) der Frequenzen angewandt wird als auf Signalanteile (44) im zweiten Frequenzband (FB2) und hierdurch ein frequenzverzerrtes Signal (24) erzeugt wird.

**Fig. 3****EP 3 373 601 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals, wobei auf verschiedene Signalanteile des Audiosignals eine unterschiedliche Verzerrung der Frequenzen angewandt wird und hierdurch ein frequenzverzerrtes Signal erzeugt wird.

[0002] Für den Betrieb von akustischen Systemen, durch welche im weitesten Sinne Schallsignale der Umgebung elektrisch verstärkt wiedergegeben werden, also beispielsweise auch für den Betrieb von Hörgeräten, spielt die Kontrolle einer akustischen Rückkopplung oftmals eine zentrale Rolle. Die akustische Rückkopplung kann hierbei dann auftreten, wenn ein vom akustischen System erzeugtes Ausgangsschallsignal teilweise in einen Eingangswandler des akustischen Systems einkoppelt, welcher zur Aufnahme des Schallsignals der Umgebung und zur entsprechenden Erzeugung eines elektrischen Eingangssignals vorgesehen ist. Signalanteile des Ausgangsschallsignals können in diesem Fall erneut durch das akustische System elektrisch verstärkt werden, sodass hierdurch im Ausgangsschallsignal Störgeräusche gebildet werden, welche mögliche Nutzsignale im Schallsignal der Umgebung bis zu deren Unhörbarkeit völlig überlagern können. Im elektrischen Signalweg des akustischen Systems ist deswegen häufig eine Unterdrückung oder Kompensation einer akustischen Rückkopplung vorgesehen. Eine derartige Kompensation geschieht dabei oftmals mittels eines adaptiven Filters, welchem das fertig verstärkte Ausgangssignal, aus dem das Ausgangsschallsignal erzeugt wird, als Eingangsgröße zugeführt wird. Daraus wird ein Kompensationssignal erzeugt, das dem noch unverstärkten Eingangssignal zur Kompensation der Rückkopplung zugeführt wird. Die Kontrolle des adaptiven Filters erfolgt hierbei meist über ein Fehlersignal, welches aus der Differenz von Eingangssignal und Kompensationssignal gebildet wird.

[0003] Hierfür wird das fertig verstärkte Ausgangssignal im akustischen System oftmals einer Frequenzverzerrung unterzogen, wodurch das Ausgangssignal vom Eingangssignal decorreliert wird, sodass ein Auftreten der beschriebenen Signalauslöschung weitgehend vermieden werden kann. Die Frequenzverzerrung wird hierbei je nach Art des Schallsignals der Umgebung meist nur auf einen bestimmten Frequenzbereich des verstärkten Signals angewandt, wofür letzteres bei einer gegebenen Teilungsfrequenz in einen zu verzerrenden Signalanteil und einen nicht zu verzerrenden Signalanteil gefiltert wird.

[0004] Um dabei das Auftreten von Artefakten im Ausgangssignal möglichst zu unterdrücken, wird die Teilungsfrequenz meist an eine ermittelte akustische Rückkopplung angepasst. Die Implementierung der Teilungsfrequenz erfolgt hierbei üblicherweise über Hochpass- und Tiefpassfilter, welche im akustischen System zu einer zusätzlichen Latenz führen.

[0005] Die EP 2 244 491 B2 nennt ein Verfahren zum

Betrieb eines Hörgerätes, welches die Aufteilung eines Eingangssignals in einen hoch- und einen niederfrequenten Signalanteil vorsieht, wobei auf den hochfrequenten Signalanteil eine Frequenzverzerrung angewandt wird. Hierbei wird eine Grenzfrequenz für die Aufteilung in den hoch- und den niederfrequenten Signalanteil mittels einer Analyse des Eingangssignals derart bestimmt, dass Artefakte in einem Ausgangssignal, welches anhand des niederfrequenten und des frequenzverzerrten hochfrequenten Signalanteils gebildet wird, möglichst reduziert werden.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals anzugeben, welche die Latenz möglichst minimieren soll und dabei die Bildung von Artefakten möglichst unterdrücken soll.

[0007] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals, wobei das Audiosignal in eine Mehrzahl an vorgegebenen Frequenzbändern aufgeteilt wird, wobei durch je zwei unmittelbar benachbarte Frequenzbänder jeweils eine Bandgrenzfrequenz festgelegt wird, wobei anhand des Audiosignals (unmittelbar oder mittelbar) ein erstes Frequenzband und ein unmittelbar über dem ersten Frequenzband liegendes zweites Frequenzband bestimmt werden, und wobei auf Signalanteile im ersten Frequenzband eine unterschiedliche Verzerrung der Frequenzen angewandt wird als auf Signalanteile im zweiten Frequenzband. Hierdurch (d.h. aus den beiden unterschiedlich frequenzverzerrten Signalanteilen) wird ein frequenzverzerrtes Signal erzeugt. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung dargelegt.

[0008] Insbesondere ist das frequenzverzerrte Signal in der Frequenz-Domäne gegeben.

[0009] Unter einem Audiosignal ist hierbei generell ein elektrisches Signal umfasst, dessen Signalverlauf als Träger von akustischen Informationen dienen kann, und welches durch einen geeigneten Ausgangswandler in ein entsprechendes Schallsignal gewandelt werden kann. Die Aufteilung des Audiosignals in eine Mehrzahl an vorgegebenen Frequenzbändern erfolgt hierbei beispielsweise mittels einer Filterbank. Die Vorgabe der einzelnen Frequenzbänder, insbesondere der Bandcharakteristiken der einzelnen Frequenzbänder wie zum Beispiel die jeweilige Mittenfrequenz und/oder Bandweite, erfolgt hierbei beispielsweise durch eine übergeordnete Anwendung, in welcher das Audiosignal Verwendung findet. Die übergeordnete Anwendung ist beispielsweise durch einen Signalverarbeitungsprozess in einem Hörgerät gegeben. In diesem Fall erfolgt die Vorgabe der einzelnen Frequenzbänder insbesondere anhand der Anforderungen für die frequenzbandweise Signalverarbeitung im Hörgerät.

[0010] Zwei Frequenzbänder sind insbesondere dann als unmittelbar benachbart anzusehen, wenn zwischen den beiden charakteristischen Frequenzen, welche je-

weils die Position eines Frequenzbandes im Frequenzraum festlegen, keine weitere charakteristische Frequenz eines anderen Frequenzbandes gelegen ist. Als eine derartige charakteristische Frequenz wird insbesondere eine Mittenfrequenz eines Frequenzbandes oder eine Maximumfrequenz des Betragsfrequenzgangs herangezogen. Die Bandgrenzfrequenz zweier unmittelbar benachbarter Frequenzbänder ist vorzugsweise so festzulegen, dass hieraus in dem Frequenzbereich, in welchem die beiden betreffenden Frequenzbänder benachbart sind, also insbesondere in einem möglichen Überlappungsbereich, Information über das Filterverhalten jedes der beiden betreffenden Frequenzbänder geliefert wird. Insbesondere wird die Bandgrenzfrequenz als diejenige Frequenz bestimmt, für welche die beiden unmittelbar benachbarten Frequenzbänder denselben Betragsfrequenzgang aufweisen, oder als arithmetischer oder geometrischer Mittelwert zwischen den die beiden unmittelbar benachbarten Frequenzbänder bestimmenden charakteristischen Frequenzen.

[0011] Im Rahmen der Erfindung wird anhand des Audiosignals zunächst eine (erste) Zielfrequenz bestimmt, die eine gewünschte Grenze zwischen zwei Frequenzbereichen mit unterschiedlicher Verzerrung angibt. Anhand dieser Zielfrequenz werden dann mittelbar das erste und zweite Frequenzband bestimmt. Da die Zielfrequenz aus Eigenschaften des Audiosignals abgeleitet ist, fällt diese Zielfrequenz nur in Ausnahmefällen exakt mit einer der Bandgrenzfrequenzen zusammen. In der Regel ist sie von der nächsten Bandgrenzfrequenz mehr oder weniger beabstandet.

[0012] Die erste Zielfrequenz wird dabei insbesondere im Rahmen der übergeordneten Anwendung des Audiosignals bestimmt, z.B. im Fall eines Signalverarbeitungsprozesses in einem Hörgerät in Abhängigkeit von einer im Hörgerät auftretenden Anforderlichkeit frequenzverzerrter Signale in einem bestimmten Frequenzbereich. In diesem Zusammenhang wird die erste Zielfrequenz bevorzugt derart bestimmt, dass sie den Anforderungen an die gewünschte Frequenzverzerrung des Audiosignals durch die übergeordnete Anwendung besonders gut gerecht wird, so dass insbesondere die erste Zielfrequenz für die übergeordnete Anwendung des Audiosignals hinsichtlich der Frequenzverzerrung einen kritischen Wert darstellt, an welchem geeigneterweise eine Änderung der Frequenzverzerrung des Audiosignals bevorzugt zu erfolgen hat. Im Fall eines Signalverarbeitungsprozesses in einem Hörgerät als übergeordnete Anwendung ist eine derartige kritische Frequenz für die Frequenzverzerrung beispielsweise gegeben durch eine zu unterdrückende akustische Rückkopplung am Hörgerät, welche bevorzugt in einem möglichst kleinen Frequenzbereich durchzuführen ist, wobei im Rahmen der Unterdrückung der akustischen Rückkopplung eine Frequenzverzerrung angewandt wird. Als kritische Frequenz ist in diesem Fall beispielsweise die minimale Frequenz gewählt, für welche eine Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung erforderlich ist, um in der aus

dem akustischer Rückkopplungspfad und der Signalverarbeitung gebildeten geschlossenen Schleife eine Gesamtverstärkung kleiner als eins zu gewährleisten.

[0013] Die Bestimmung des ersten Frequenzbandes und des unmittelbar über dem ersten Frequenzband liegenden zweiten Frequenzbandes erfolgt vorzugsweise allein anhand der ersten Zielfrequenz, beispielsweise, indem als erstes Frequenzband und unmittelbar darüber liegendes zweites Frequenzband diejenigen unmittelbar benachbarten Frequenzbänder ausgewählt werden, deren Bandgrenzfrequenz insbesondere unmittelbar unter der ersten Zielfrequenz liegt, das heißt, dass also insbesondere zwischen der ersten Zielfrequenz und der darunter liegenden Bandgrenzfrequenz, an welcher das erste Frequenzband und das zweite Frequenzband benachbart sind, keine weitere Bandgrenzfrequenz anderer Frequenzbänder mehr liegt. In einer alternativen Ausführung der Erfindung werden zusätzlich zu der ersten Zielfrequenz auch noch weitere Parameter herangezogen. Beispielsweise werden die jeweiligen Signalanteile in den einzelnen Frequenzbändern mitberücksichtigt, und somit als erstes Frequenzband und zweites Frequenzband nur solche Frequenzbänder zugelassen werden, für deren Signalanteile ein vorgegebener Maximalpegel nicht überschritten wird. Ist in diesem Fall im Rahmen der übergeordneten Anwendung des Audiosignals die erste Zielfrequenz als eine hinsichtlich der Frequenzverzerrung maximale kritische Frequenz definiert, so erfolgt eine Berücksichtigung der Signalpegel beispielsweise derart, dass zwei benachbarte Frequenzbänder mit einer Bandgrenzfrequenz unterhalb der ersten Zielfrequenz ermittelt werden, deren Signalanteile den vorgegebenen Maximalpegel nicht überschreiten.

[0014] Optional erfolgen zwischen der Aufspaltung des Audiosignals in die Frequenzbänder und der vorstehend beschriebenen Frequenzverzerrung weitere Signalverarbeitungsschritte, z.B. eine frequenzbandspezifische Verstärkung der in den einzelnen Frequenzbändern geführten Signalanteile. Dies bedeutet, dass die Signalanteile im ersten Frequenzband bzw. im zweiten Frequenzband, auf welche die voneinander unterschiedliche Verzerrung von Frequenzen anzuwenden ist, nicht zwingend identisch sind zu den Signalanteilen des Audiosignals bei der Aufteilung in die einzelnen Frequenzbänder. Zusätzlich oder alternativ können solche weiteren Signalverarbeitungsschritte der Frequenzverzerrung auch nachgeschaltet sein.

[0015] Vorzugsweise bleibt dabei die jeweilige Verzerrung der Frequenzen nicht nur auf die Signalanteile des ersten Frequenzbandes bzw. des zweiten Frequenzbandes beschränkt, sondern kann sich jeweils auch auf weitere, von der Bandgrenzfrequenz zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband weiter entfernt gelegene Frequenzbänder mit erstrecken. Dies umfasst insbesondere den Fall, dass auf Signalanteile in allen niederen Frequenzbändern bis einschließlich dem ersten Frequenzband eine bestimmte Verzerrung von Frequenzen angewandt wird, und auf Signalanteile

aller hohen Frequenzbänder ab dem einschließlich zweiten Frequenzband aufwärts jeweils eine zur vorigen Verzerrung unterschiedliche Verzerrung der Frequenzen angewandt wird. Die "unterschiedliche Frequenzverzerrung" der Signalanteile in dem ersten bzw. zweiten Frequenzband (und gegebenenfalls weiteren jeweils zugehörigen Frequenzbändern) umfasst dabei insbesondere auch den Fall, dass die Signalanteile in einem dieser beiden Frequenzbänder (und gegebenenfalls den zugehörigen weiteren Frequenzbändern) nicht verzerrt wird, so dass die Ausgangsfrequenz dieses Frequenzbandes oder dieser Frequenzbänder der jeweiligen Eingangsfrequenz entspricht.

[0016] Soll ein Audiosignal frequenzabhängig verzerrt werden, kann nun somit eine im Rahmen der übergeordneten Anwendung des Audiosignals erfolgende Aufteilung in einzelne Frequenzbänder für die besagte Frequenzverzerrung genutzt werden, so dass für die Implementierung der Frequenzabhängigkeit der Frequenzverzerrung selbst die bereits vorhandene Infrastruktur der übergeordneten Anwendung des Audiosignals genutzt werden kann. Dies wirkt einerseits in der übergeordneten Anwendung ressourcensparend, und spart andererseits einen zusätzlichen, für die Aufteilung der Frequenzen zur Frequenzverzerrung eigenständigen Filterprozess, wodurch zusätzliche Latenzen vermieden werden.

[0017] Erfindungsgemäß wird als erstes Frequenzband dasjenige Frequenzband bestimmt, dessen obere Bandgrenzfrequenz durch die insbesondere unmittelbar unterhalb der ersten Zielfrequenz gelegene Bandgrenzfrequenz gebildet wird. Die meisten üblichen Implementierungen einer Aufteilung eines Audiosignals in eine Mehrzahl an vorgegebenen Frequenzbändern sind derart gestaltet, dass die resultierenden Frequenzbänder jeweils einen Betragsfrequenzgang mit einem definierten Maximum und/oder ohne lokale Minima aufweisen. Für ein gegebenes Frequenzband wird insbesondere der Bereich zwischen den beiden Bandgrenzfrequenzen zu den jeweils unmittelbar benachbarten Frequenzbändern als der Bereich des Frequenzbandes angegeben, in welchen üblicherweise konstruktionsbedingt der Betragsfrequenzgang sein Maximum aufweist und/oder der Betragsfrequenzgang größer ist als jenseits einer der Bandgrenzfrequenzen. Dieser Bereich wird nun insbesondere als der Kernbereich des Frequenzbandes identifiziert. Durch die vorgeschlagene Bestimmung des ersten Frequenzbandes als das Frequenzband, dessen obere Bandgrenzfrequenz durch die unmittelbar unterhalb der ersten Zielfrequenz gelegene Bandgrenzfrequenz gebildet wird, wird erreicht, dass für die beschriebene Ausgestaltung der Frequenzbänder die erste Zielfrequenz im Kernbereich des zweiten Frequenzbandes liegt.

[0018] Wird die erste Zielfrequenz im Rahmen der übergeordneten Anwendung des Audiosignals als eine minimale Frequenz bestimmt, für welche eine bestimmte Art von Frequenzverzerrung gewünscht wird, so kann durch die genannte Auswahl und die damit einhergehende Einordnung der ersten Zielfrequenz in den Kernbe-

reich des zweiten Frequenzbandes durch eine entsprechende Frequenzverzerrung des zweiten Frequenzbandes im Rahmen der Erfindung vorteilhaft erreicht werden, dass dieser gewünschten Minimaleigenschaft der ersten Zielfrequenz in jedem Fall Rechnung getragen wird.

[0019] Zweckmäßigerweise wird zu einem Zeitpunkt nach dem Bestimmen des ersten und zweiten Frequenzbandes anhand des Audiosignals anstelle des ersten Frequenzbandes ein hiervon verschiedenes drittes Frequenzband bestimmt. Auf Signalanteile in diesem dritten Frequenzband wird dabei eine unterschiedliche Verzerrung der Frequenzen angewandt als auf Signalanteile in einem dem dritten Frequenzband unmittelbar benachbarten (insbesondere unmittelbar darüberliegenden) Frequenzband.

[0020] In einer zweckmäßigen Ausführung der Erfindung wird dabei anhand des Audiosignals zunächst anstelle der ersten Zielfrequenz eine zweite Zielfrequenz bestimmt. Anhand dieser Zielfrequenz wird dann mittelbar das dritte Frequenzband bestimmt. Auch die zweite Zielfrequenz fällt in der Regel nicht mit einer der Bandgrenzfrequenzen zusammen, sondern ist von der nächsten Bandgrenzfrequenz regelmäßig mehr oder weniger beabstandet.

[0021] Die Bestimmung des dritten Frequenzbandes (und dabei gegebenenfalls auch die Bestimmung der zweiten Zielfrequenz) erfolgen hierbei insbesondere durch eine laufende, periodische oder ereignisgesteuerte Aktualisierung im Rahmen der für das Audiosignal übergeordneten Anwendung. Die Verzerrung von Frequenzen von Signalanteilen in dem dritten Frequenzband oder dem unmittelbar benachbarten Frequenzband erfolgen dabei insbesondere analog zur oben beschriebenen Form der Verzerrung der Frequenzen von Signalanteilen im ersten bzw. zweiten Frequenzband. Mit anderen Worten wird die Grenze zwischen zwei hinsichtlich der Frequenzverzerrung unterschiedlichen Frequenzbereichen in Abhängigkeit von dem Audiosignal verschoben, indem Frequenzbänder zwischen unterschiedlichen Arten der Frequenzverzerrung umgeschaltet werden.

[0022] Insbesondere kann hierbei eine zunächst wie vorbeschrieben bezüglich der Signalanteile im ersten Frequenzband und im zweiten Frequenzband eingestellte Verzerrung der Frequenzen durch eine bloße Verschiebung des Anwendungsbereiches hin zum dritten Frequenzband und dem unmittelbar über dem dritten Frequenzband liegenden Frequenzband erreicht werden. Die Anpassung der Verzerrung von Frequenzen an die zweite Zielfrequenz, welche in der genannten Weise einem anderen Frequenzband und somit einer anderen Bandgrenzfrequenz zuzuordnen ist als die erste Zielfrequenz, erlaubt es, auf geänderte Anforderungen an die Frequenzverzerrung des Audiosignals in der übergeordneten Anwendung zu reagieren, also beispielsweise auf Veränderungen einer zu unterdrückenden Rückkopplung bei der Signalverarbeitung in einem Hörgerät.

[0023] Vorzugsweise wird hierbei überprüft, ob die

zweite Zielfrequenz unmittelbar oberhalb der oberen Begrenzungsfrequenz eines weiteren, vom ersten Frequenzband verschiedenen Frequenzbandes liegt, wobei in Abhängigkeit dieser Überprüfung das weitere Frequenzband als das dritte Frequenzband bestimmt wird, und wobei auf die Signalanteile im dritten Frequenzband eine unterschiedliche Verzerrung der Frequenzen angewandt wird als auf die Signalanteile des unmittelbar über dem dritten Frequenzband liegenden Frequenzbandes. Hierdurch wird die zweite Zielfrequenz derart dem dritten Frequenzband zugeordnet, dass der Kernbereich des unmittelbar über dem dritten Frequenzband liegenden Frequenzbandes die zweite Zielfrequenz umfasst. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die zweite Zielfrequenz anhand des Audiosignals nach den Anforderungen der übergeordneten Anwendung als eine Minimalfrequenz für eine gewünschte Frequenzverzerrung bestimmt wird. Die Einordnung der zweiten Zielfrequenz in den Kernbereich des Frequenzbandes unmittelbar oberhalb des dritten Frequenzbandes und die entsprechende Anwendung der gewünschten Frequenzverzerrung zumindest auf das besagte Frequenzband und gegebenenfalls auf weitere Frequenzbänder oberhalb und ausschließlich des dritten Frequenzbandes trägt dann dieser Minmaleigenschaft der zweiten Zielfrequenz Rechnung.

[0024] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist die Verzerrung von Frequenzen jeweils gegeben durch eine Verschiebung um einen über die Frequenz hinweg konstanten Betrag und/oder einen zeitabhängig modulierten Frequenzwert. Insbesondere ist hierbei der zeitabhängig modulierte Frequenzwert über die Frequenz hinweg konstant. Eine auf die Signalanteile des ersten Frequenzbandes in unterschiedlicher Weise anzuwendende Verzerrung von Frequenzen als auf die Signalanteile des zweiten Frequenzbandes wird dann insbesondere durch einen Unterschied in dem konstanten Betrag erreicht. Insbesondere kann dabei für die Signalanteile eines der beiden Frequenzbänder, bevorzugt des ersten Frequenzbandes, der Betrag der Frequenzverschiebung im Rahmen der Erfindung auch Null sein, so dass die betreffenden Frequenzen effektiv nicht verschoben werden.

[0025] Die Frequenzverzerrung ist in der Frequenzdomäne mit einer zeitabhängigen Phasenmodifikation des frequenzverzerrten Signalanteils korreliert. Konkret wird der in den betroffenen Frequenzbändern jeweils geführte Signalanteil insbesondere mit einem komplexwertigen Zeiger $e^{i\Delta t}$ multipliziert, wodurch die Frequenzverzerrung erzielt wird. Die Größe Δ kennzeichnet hier die Stärke der Frequenzverzerrung für das jeweilige Frequenzband. Die Größe t bezeichnet die Zeit. Sofern Δ für mehrere Frequenzbänder gleich ist, kommt sich dies einer konstanten Frequenzverschiebung dieser Frequenzbänder gleich. Bevorzugt wird hierbei eine Änderung der auf den Signalanteil in einem Frequenzband anzuwendenden Frequenzverzerrung stets derart vorgenommen, dass durch diese Änderung der Frequenzverzerrung die

Phase des frequenzverzerrten Signalanteils nicht oder nur in einem einen Grenzwert unterschreitenden Ausmaß springt (d.h. sich sprunghaft ändert). In besonders zweckmäßiger Ausführung der Erfindung wird die Änderung der Frequenzverzerrung dabei nur bei einem Nulldurchgang oder in einer vorgegebenen Umgebung eines Nulldurchgangs der mit der Verzerrung korrelierten Phasenmodifikation vorgenommen. Die Änderung der Frequenzverzerrung erfolgt somit nur dann, wenn sich der vorstehend beschriebene Zeiger $e^{i\Delta t}$ der Phasenmodifikation auf oder in der Nähe der reellen Achse der komplexen Zahlenebene befindet (d.h. für $\Delta \cdot t \approx 0, 2\pi, 4\pi, \dots$ und $e^{i\Delta t} \approx 1$).

[0026] Auf diese Weise werden bei der Änderung der Frequenzverzerrung hörbare Artefakte (z.B. "Knackgeräusche") in dem frequenzverzerrten Signal vorteilhaft vermieden.

[0027] Insbesondere wird für eine Änderung einer auf die Signalanteile in einem Frequenzband anzuwendenden Verzerrung der Frequenzen die Phasenmodifikation der betreffenden Signalanteile überprüft, wobei eine Änderung der Frequenzverzerrung nur bei oder in der Umgebung des Nulldurchgangs der Phasenmodifikation zugelassen wird. Unter einer Änderung einer auf die Signalanteile in einem Frequenzband anzuwendenden Verzerrung ist hierbei insbesondere eine Änderung derart umfasst, dass sich in Folge einer Aktualisierung der ersten Zielfrequenz hin zu einer zweiten Zielfrequenz für Signalanteile von Frequenzbändern, deren Kernbereich jeweils zumindest teilweise zwischen der ersten Zielfrequenz und der zweiten Zielfrequenz liegt, die anzuwendende Verzerrung von Frequenzen ändert.

[0028] Die Änderung kann hierbei auch in einem vollständigen Zu- bzw. Abschalten einer Frequenzverzerrung für eines oder mehrere Frequenzbänder bestehen. Das Abschalten der Frequenzverzerrung äußert sich numerisch darin, dass der die Frequenzverzerrung präsentierende Zeiger $e^{i\Delta t}$ in einen Phasenmodifikationsterm vom Wert 1 übergeht. Dieser Übergang würde erkanntermaßen dann zu hörbaren Artefakten führen, wenn der Zeiger $e^{i\Delta t}$ zum Zeitpunkt des Abschaltens einen von 1 deutlich abweichenden Wert aufweist. Um derartige Artefakte zu vermeiden, wird das Abschalten der Frequenzverzerrung in der vorteilhaften Ausführung der Erfindung nur zu Zeitpunkten zugelassen, bei denen der Betrag des die Phasenmodifikation repräsentierenden Produktterms $\Delta \cdot t$ einen vorgegebenen Grenzwert von z.B. $\pi/8$ oder sogar $\pi/16$ unterschreitet.

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das erste Frequenzband zusätzlich mit einem Tiefpassfilter gefiltert, und/oder das zweite Frequenzband zusätzlich mit einem Hochpassfilter gefiltert. Die jeweilige Filterung erfolgt hierbei insbesondere an der Bandgrenzfrequenz zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband. Hierdurch kann der Überlapp zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband verringert werden. Für Signalkomponenten aus dem Bereich des Überlapps

zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband führt die jeweils unterschiedliche Verzerrung von Frequenzen von Signalanteilen des ersten Frequenzbandes und des zweiten Frequenzbandes bei einer anschließenden Synthese und Rücktransformation des frequenzverzerrten Signals von der Frequenzdomäne in die Zeitdomäne zu einer Überlagerung von zwei unterschiedlich frequenzverzerrten Beiträgen derselben Signalkomponente. Hierdurch kann es zu hörbaren Artefakten und/oder Schwebungen kommen. Eine Verringerung des Überlapps genau in dem Bereich, in welchem die Signalanteile jeweils unterschiedlichen Frequenzverzerrungen der einzelnen Frequenzbänder ausgesetzt sind, führt nun dazu, dass derartige doppelte Beiträge mit unterschiedlicher Frequenzverzerrung, welche ursprünglich von derselben Signalkomponente stammen, erheblich unterdrückt werden können. Vorzugsweise wird dabei das Tiefpassfilter nur auf das erste Frequenzband angewandt und/oder das Hochpassfilter nur auf das zweite Frequenzband angewandt. Hierdurch kann die zusätzliche Latenz, welche durch das Tiefpassfilter und/oder das Hochpassfilter entsteht, auf einen kleinen Frequenzbereich beschränkt werden.

[0030] Bevorzugt wird hierbei die Bandgrenzfrequenz zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband mittels der Filtercharakteristik des Tiefpassfilters und/oder mittels der Filtercharakteristik des Hochpassfilters von dem durch die Aufteilung der Frequenzbänder vorgegebenen Wert zu der ersten Zielfrequenz hin verschoben. Vorzugsweise weist hierfür das Hochpassfilter eine größere Flankensteilheit auf als das Tiefpassfilter. Dies hat zur Folge, dass der Bereich, in welchem eine gewünschte Frequenzverzerrung angewandt wird, und welcher über die Verzerrung von Frequenzen von Signalanteilen in einzelnen Frequenzbändern erreicht wird, durch die Verschiebung der Bandgrenzfrequenz zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband und den damit einhergehenden veränderten Betragsfrequenzgang der betreffenden Frequenzbänder besser angepasst werden kann an eine im Rahmen der übergeordneten Anwendung des Audiosignals gewünschte oder erforderliche Frequenzverschiebung, wie sie durch die erste Zielfrequenz begrenzt wird.

[0031] Vorteilhafterweise wird die Verzerrung von Frequenzen nur auf Signalteile von Frequenzbändern auf einer Seite der Bandgrenzfrequenz zwischen dem ersten Frequenzband und dem zweiten Frequenzband angewandt. Dies ist einerseits signalverarbeitungstechnisch besonders einfach zu realisieren. Andererseits kommt es in vielen Anwendungen darauf an, eine Frequenzverzerrung auf einen möglichst kleinen Bereich des Audiosignals anzuwenden, wobei durch Randbedingungen andererseits ein Minimalbereich für eine Frequenzverzerrung des Audiosignals vorgegeben wird. In diesem Fall wird die Verzerrung von Frequenzen nur auf Signalanteile derjenigen Frequenzbänder angewandt, in welchem eine Frequenzverzerrung als erwünscht oder erforderlich angesehen wird.

[0032] Eine Verkörperung der Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung in einem akustischen System, wobei ein Eingangswandler des akustischen Systems aus einem Schallsignal der Umgebung ein Eingangssignal erzeugt, wobei anhand des Eingangssignals ein Zwischensignal erzeugt wird, welches einer Signalverarbeitung mit einer Filterbank zur frequenzbandweisen Aufteilung des Zwischensignals zugeführt wird, wobei aus einem frequenzverzerrten Signal ein Ausgangssignal erzeugt wird, welches durch einen Ausgangswandler des akustischen Systems in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt wird, wobei anhand des frequenzverzerrten Signals eine durch ein Einkoppeln des Ausgangsschallsignals in den Eingangswandler auftretende akustische Rückkopplung im akustischen System unterdrückt wird, und wobei auf das Zwischensignal das vorbeschriebene erfindungsgemäße Verfahren zur Frequenzverzerrung angewandt wird, und hierdurch das frequenzverzerrte Signal erzeugt wird. Als akustisches System sind hierbei insbesondere ein Hörgerät sowie Systeme zur Aufnahme, Verstärkung und Wiedergabe von Schallsignalen aus der Studio- und/oder Bühnentechnik umfasst.

[0033] Unter einem Eingangswandler ist allgemein ein akusto-elektrischer Wandler umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, dass Schallsignal der Umgebung in ein entsprechendes elektrisches bzw. elektro-magnetisches Signal umzuwandeln, also beispielsweise ein Mikrofon. Unter einem Ausgangswandler ist generell ein elektro-akustischer Wandler umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, aus einen elektrischen und/oder elektro-magnetischen Signal ein Ausgangsschallsignal zu erzeugen, also beispielsweise ein Lautsprecher oder ein Schallerzeuger zur Knochenschallleitung. Unter einer Signalverarbeitung ist hierbei insbesondere eine Aufbereitung des Eingangssignals oder eines vom Eingangssignal abgeleiteten Signals zu verstehen, also insbesondere eine frequenzbandabhängige Verstärkung und/oder Rauschunterdrückung.

[0034] Unter einer Erzeugung des Zwischensignals anhand des Eingangssignals ist hierbei insbesondere zu verstehen, dass die Signalverarbeitung ein vom Eingangssignal unmittelbar abhängendes Signal empfängt, also beispielsweise das Eingangssignal, welches zur Kompensation einer akustischen Rückkopplung um ein Kompensationssignal korrigiert wurde. Die Anwendung des Verfahrens zur Frequenzverzerrung auf das Zwischensignal kann dann insbesondere derart erfolgen, dass das Zwischensignal an der Filterbank der Signalverarbeitungseinheit in einzelne vorgegebene Frequenzbänder aufgeteilt wird, und nach einer frequenzbandabhängigen Aufbereitung der Signalanteile in den einzelnen Frequenzbändern durch die Signalverarbeitung die unterschiedliche Verzerrung von Frequenzen auf die weiterverarbeiteten Signalanteile im ersten Frequenzband bzw. im zweiten Frequenzband angewandt wird, um so das frequenzverzerrte Signal zu erzeugen. Aus diesem wird anschließend das Ausgangssignal u.a.

durch die Synthese der einzelnen Frequenzband-Komponenten erzeugt. Die Unterdrückung der Rückkopplung kann dann durch ein adaptives Filter anhand des frequenzverzerrten Signals, also insbesondere auch durch das Ausgangssignal als Führungsgröße des adaptiven Filters, über ein entsprechendes Kompensationssignal erreicht werden.

[0035] Die für das Verfahren zur Frequenzverzerrung eines Audiosignals und seine Weiterbildungen angegebenen Vorteile können dabei sinngemäß auf das Verfahren zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung in einem akustischen System übertragen werden.

[0036] Die Erfindung bezieht sich zudem auf ein Hörgerät, umfassend einen Eingangswandler zur Erzeugung eines Eingangssignals aus einem Schallsignal der Umgebung, und eine Signalverarbeitungseinheit mit einer Filterbank zur Aufteilung eines vom Eingangssignal abgeleiteten Audiosignals anhand des Eingangssignals und einer Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist, das vorgeschriebene Verfahren zur Verzerrung eines Audiosignals durchzuführen. Die für das Verfahren und für seine Weiterbildung angegebenen Vorteile können hierbei sinngemäß auf das Hörgerät übertragen werden. Insbesondere sind die Signalverarbeitungseinheit, Filterbank Teile der Steuereinheit. In diesem Fall ist das Audiosignal ein Zwischensignal in der Steuereinheit.

[0037] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

- FIG. 1 in einem Blockdiagramm ein Verfahren zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung in einem Hörgerät,
- FIG. 2 in einem Blockdiagramm ein Verfahren zur Frequenzverzerrung nach FIG. 1,
- FIG. 3 den Frequenzgang einer Filterbank im Verfahren nach FIG. 2, und
- FIG. 4 den durch Hochpass- und Tiefpassfilter angepassten Frequenzgang zweier benachbarter Frequenzbänder in der Filterbank nach FIG. 3.

[0038] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0039] In Figur 1 ist schematisch in einem Blockdiagramm ein Verfahren 1 zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung g in einem akustischen System dargestellt. Das akustische System ist vorliegend gegeben durch ein Hörgerät 2. Das Hörgerät 2 umfasst einen Eingangswandler 4, welcher aus einem Schallsignal 6 der Umgebung ein Eingangssignal 8 erzeugt, und im vorliegenden Fall gegeben ist durch ein Mikrofon. Vom Eingangssignal 8 wird ein Kompensationssignal 10 subtrahiert, welches in noch zu beschreibender Weise in einer elektrischen Rückkopplungsschleife 12 erzeugt wird.

Das aus dem Eingangssignal 8 und dem Kompensationssignal 10 resultierende Zwischensignal 14 wird einer Signalverarbeitung 16 zugeführt, in welcher die für das Hörgerät 2 benutzerspezifischen Signalverarbeitungsprozesse erfolgen (insbesondere eine frequenzbandabhängige Verstärkung des Zwischensignals 14). Hierfür umfasst die Signalverarbeitung 16 eine Filterbank 18, an welcher das Zwischensignal in einzelne Frequenzbänder aufgeteilt wird, welche dann entsprechend benutzerspezifisch verarbeitet werden. Die Signalverarbeitung 16 gibt nun ein frequenzbandweise aufgelöstes verarbeitetes Signal 20 aus, auf welches in einem noch zu beschreibenden Verfahren eine Frequenzverzerrung 22 angewandt wird. Das aus der Frequenzverzerrung 22 resultierende frequenzverzerrte Signal 24 in der Zeit-Frequenz-Domäne wird nun an einer Synthesefilterbank 26 zu einem breitbandigen Ausgangssignal 28 in der Zeit-Domäne umgewandelt, welches seinerseits durch einen Ausgangswandler 30 in ein Ausgangsschallsignal 32 umgewandelt wird. Der Ausgangswandler 30 ist im vorliegenden Fall gegeben durch einen Lautsprecher.

[0040] Andererseits wird das Ausgangssignal 28 in die elektrische Rückkopplungsschleife 12 abgezweigt, und dort einem adaptiven Filter 34 zugeführt, welches als weitere Eingangsgröße als ein Fehlersignal auch das Zwischensignal 14 empfängt, und hieraus das Kompensationssignal 10 zur Unterdrückung der akustischen Rückkopplung g erzeugt. Durch die Frequenzverzerrung 22 wird dabei das Ausgangssignal 28 vom Eingangssignal 8 und somit auch vom Zwischensignal 14 dekorreliert, sodass durch die erneute Eingabe des Fehlersignals 14 in das adaptive Filter 34 letzteres nicht vollständig auf die tonalen Signalanteile des Ausgangssignals 28 adaptiert. Hierdurch kann eine Bildung von Artefakten im Ausgangssignal 28 und somit im Ausgangsschallsignal 32 vermieden werden. Die Unterdrückung der akustischen Rückkopplung g durch das Kompensationssignal 10 kann dabei insbesondere auf bestimmte Frequenzbereiche beschränkt bleiben, d.h., das Kompensationssignal 10 weist in diesem Fall nur für besagte Frequenzbänder, insbesondere für diejenigen, auf welche die Frequenzverzerrung 22 angewandt wurde, nennenswerte Signalanteile auf.

[0041] In FIG. 2 ist schematisch in einem Blockdiagramm der Ablauf eines Verfahrens 40 zur Frequenzverzerrung 22 des Zwischensignals 14 nach FIG. 1 dargestellt. Das Zwischensignal 14 bildet hierbei das Audiosignal 42, welches als die für das Verfahren 40 relevante Eingangsgröße fungiert. In einem ersten Schritt S1 wird anhand des Audiosignals 42 überprüft, in welchem Frequenzbereich eine akustische Rückkopplung g vom Ausgangswandler 30 zum Eingangswandler 8 des Hörgerätes 2 zu unterdrücken ist, und in welchem Frequenzbereich zudem tonale Signalanteile im Audiosignal 42 vorliegen, die bei der Unterdrückung der Rückkopplung im adaptiven Filter 34 ggf. zu Artefakten führen können. Die Überprüfung hinsichtlich der zu unterdrückenden akustischen Rückkopplung g kann dabei durch das adaptive

Filter 34 erfolgen, hinsichtlich der Tonalität der Signalanteile vorzugsweise durch die Signalverarbeitung 16. Anschließend wird in Abhängigkeit der Resultate dieser Überprüfungen eine erste Zielfrequenz tf_1 festgelegt. Die Zielfrequenz tf_1 wird hierbei insbesondere als die minimale Frequenz bestimmt, oberhalb derer eine Frequenzverzerrung für eine wirksame Unterdrückung der akustischen Rückkopplung erforderlich ist.

[0042] In einem nächsten Schritt S2 wird nun das Audiosignal 42 an einer Filterbank 18 in einzelne Frequenzbänder aufgeteilt. Der Schritt S2 kann zudem noch weitere Unterschritte beinhalten, so beispielsweise eine frequenzband-abhängige Verarbeitung der Signalanteile 44 in den erzeugten Frequenzbändern, welche jedoch den Ablauf des Verfahrens 40 an sich nicht beeinträchtigen.

[0043] In einem weiteren Schritt S3 wird nun auf Basis der ersten Zielfrequenz tf_1 ein erstes Frequenzband FB1 bestimmt. Das erste Frequenzband FB1 ist hierbei gegeben als dasjenige Frequenzband, dessen obere Bandgrenzfrequenz durch die unmittelbar unterhalb der ersten Zielfrequenz tf_1 gelegenen Bandgrenzfrequenz gebildet wird, wobei die obere Bandgrenzfrequenz gegeben ist durch diejenige Frequenz, an welcher der Betragsfrequenzgang des ersten Frequenzbandes gleich dem Betragsfrequenzgang des Frequenzbandes unmittelbar über dem ersten Frequenzband FB1. Das Frequenzband unmittelbar über dem ersten Frequenzband FB1 wird als zweites Frequenzband FB2 festgelegt.

[0044] In einem nächsten Schritt S4 wird dann über das erste Frequenzband FB1 an dessen Bandgrenzfrequenz zum zweiten Frequenzband FB2 ein Tiefpassfilter TP gelegt, und über das zweite Frequenzband FB2 an derselben Bandgrenzfrequenz ein Hochpassfilter HP. Hierdurch wird einerseits der Überlapp zwischen dem ersten Frequenzband FB1 und dem zweiten Frequenzband FB2 weiter verringert, als es durch die Filterbank 18 vorgesehen ist, andererseits kann durch eine asymmetrische Auslegung der Filtercharakteristiken des Hochpassfilters HP und des Tiefpassfilters TP die Bandgrenzfrequenz leicht zu der ersten Zielfrequenz tf_1 hin verschoben werden.

[0045] Im Schritt S5 wird nun auf die Signalanteile 44 in allen Frequenzbändern von zweiten Frequenzband FB2 an aufwärts eine Frequenzverzerrung 22 in der Form einer Frequenzverschiebung 46 um einen zeitlich konstanten Betrag Δ angewandt, während die Signalanteile 44 in allen Frequenzbändern vom ersten Frequenzband FB1 an abwärts unverändert bleiben, und so das frequenzverzerrte Signal 24 erzeugt. Das Verfahren 40 kehrt zudem mit der Vorgabe des ersten Frequenzbandes FB1 zum Schritt S1 zurück, und aktualisiert laufend, periodisch oder ereignisgesteuert die erste Zielfrequenz, um bei einer maßgeblichen Veränderung der akustischen Rückkopplung g , welche dazu führt, dass die erste Zielfrequenz tf_1 außerhalb des ersten Frequenzbandes FB1 liegt, ein drittes Frequenzband FB3 zu ermitteln, welches an die Stelle des ersten Frequenzbandes FB1 tritt,

um das Verfahren 40 analog fortzuführen.

[0046] In FIG. 3 ist der Frequenzgang einer Filterbank 18 gegen eine Frequenz f aufgetragen. Die einzelnen Frequenzbänder FB weisen dabei mit dem jeweils benachbarten Frequenzband einen nicht vernachlässigbaren Überlapp OV auf, wobei zwei unmittelbar benachbarte Frequenzbänder eine Bandgrenzfrequenz f_{L0} bis f_{L3} festlegen, welche gegeben ist durch diejenige Frequenz, an der der Betragsfrequenzgang der beiden benachbarten Frequenzbänder gleich groß ist. Gemäß Schritt S1 des Verfahrens 40 nach FIG. 2 wird nun die erste Zielfrequenz tf_1 vorgegeben, und anhand dieser das erste Frequenzband FB1 bestimmt als dasjenige Frequenzband, dessen obere Bandgrenzfrequenz f_{L1} durch die unmittelbar unterhalb der ersten Zielfrequenz tf_1 gelegene Bandgrenzfrequenz gebildet wird. Wie oben beschrieben wird über das erste Frequenzband FB1 an der oberen Bandgrenzfrequenz f_{L1} ein Tiefpassfilter TP gelegt, und über das zweite Frequenzband FB2 an derselben Bandgrenzfrequenz f_{L1} , welche also das zweite Frequenzband FB2 nach unten hin begrenzt, ein Hochpassfilter HP gelegt. Hierdurch wird der Überlapp OV1 zwischen dem ersten Frequenzband FB1 und dem zweiten Frequenzband FB2 verringert. Dadurch, dass die beiden besagten Filter TP, HP nur auf jeweils ein Frequenzband angewandt werden, ist die hierdurch gegebenenfalls erzeugte Latenz spektral auf die betreffenden Frequenzbänder beschränkt. Um die zusätzliche Latenz möglichst gering zu halten, wird bevorzugt nur eine komplexwertige Nullstelle (Filterordnung 1) eingefügt. Die Signalanteile des Audiosignals 42 in den Frequenzbändern oberhalb der oberen Bandgrenzfrequenz f_{L1} des ersten Frequenzbandes FB1, also in den Frequenzbändern ab FB2 an aufwärts, werden dann um einen konstanten Betrag verschoben.

[0047] Ändert sich nach einer gewissen Zeit der akustische Rückkopplungspfad, welcher die akustische Rückkopplung g im Hörgerät 2 nach FIG. 1 bedingt, so wird die erste Zielfrequenz tf_1 entsprechend zu einer an die Änderung angepasste zweiten Zielfrequenz tf_2 aktualisiert. Nun wird überprüft, ob die zweite Zielfrequenz tf_2 weiterhin der Bandgrenzfrequenz f_{L1} zwischen dem ersten Frequenzband FB1 und dem zweiten Frequenzband FB2 entspricht, also ob die Bandgrenzfrequenz f_{L1} auch die unmittelbar unterhalb der zweiten Zielfrequenz tf_2 gelegene Bandgrenzfrequenz bildet. In jenem Fall kann die Frequenzverschiebung unverändert weiter auf die Signalanteile bevorzugt aller Frequenzbänder ab dem zweiten Frequenzband FB2 an aufwärts angewandt werden (schraffierter Bereich).

[0048] Im vorliegenden Fall trifft dies jedoch nicht zu, die zweite Zielfrequenz liegt nun oberhalb der Bandgrenzfrequenz f_{L3} , welche ein vom ersten Frequenzband verschiedenes Frequenzband nach oben hin zum unmittelbar benachbarten Frequenzband begrenzt. Das von oben durch die Bandgrenzfrequenz f_{L3} begrenzte Frequenzband wird nun festgelegt als drittes Frequenzband FB3, und nun die Frequenzverschiebung für Sig-

nalanteile bevorzugt aller Frequenzbänder oberhalb und ausschließlich des dritten Frequenzbandes FB3 in der bereits beschriebenen Weise, insbesondere unter Verwendung entsprechender Hochpass- bzw. Tiefpassfilter an der Bandgrenzfrequenz fL3, durchgeführt (kreuzweise schraffierter Bereich).

[0049] In FIG. 4 ist der Betragsfrequenzgang des ersten Frequenzbandes FB1 und des zweiten Frequenzbandes FB2 nach FIG. 3 an deren Bandgrenzfrequenz fL1 gegen eine Frequenz f aufgetragen. Die gepunkteten Linien zeigen dabei jeweils den Betragsfrequenzgang der Frequenzbänder FB1, FB2, wie er im Bereich der Bandgrenzfrequenz fL1 durch die übergeordnete Filterbank vorgegeben ist. Mittels eines Tiefpassfilters bzw. einer Hochpassfilters angewandt auf das erste Frequenzband bzw. das zweite Frequenzband lässt sich im Bereich der Bandgrenzfrequenz fL1 der Überlapp OV1 verringern (OV1 gestrichelte Linien). Werden nun hierbei ein Tiefpassfilter und ein Hochpassfilter mit unterschiedlichen, insbesondere asymmetrischen Filtercharakteristiken verwendet, so kann zusätzlich zum verringerten Überlapp OV1 auch die Bandgrenzfrequenz fL1 leicht zu einer angepassten Bandgrenzfrequenz fL1' verschoben werden, beispielsweise in Richtung der ersten Zielfrequenz.

[0050] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0051]

- | | |
|----|--|
| 1 | Verfahren zur Unterdrückung einer Rückkopplung |
| 2 | Hörgerät |
| 4 | Eingangswandler |
| 6 | Schallsignal |
| 8 | Eingangssignal |
| 10 | Kompensationssignal |
| 12 | elektrische Rückkopplungsschleife |
| 14 | Zwischensignal |
| 16 | Signalverarbeitung |
| 18 | Filterbank |
| 20 | verarbeitetes Signal |
| 22 | Frequenzverzerrung |
| 24 | frequenzverzerrtes Signal |
| 26 | Synthesefilterbank |
| 28 | Ausgangssignal |
| 30 | Ausgangswandler |
| 32 | Ausgangsschallsignal |
| 34 | adaptive Filter |
| 40 | Verfahren zur Frequenzverzerrung |
| 42 | Audiosignal |
| 44 | Signalanteil |
| 46 | Frequenzverschiebung |

- | | |
|-----------|------------------------------|
| FB | Frequenzband |
| FB1 | erstes Frequenzband |
| FB2 | zweites Frequenzband |
| FB3 | drittes Frequenzband |
| 5 fL0-fL3 | Bandgrenzfrequenz |
| fL1' | angepasste Bandgrenzfrequenz |
| g | akustische Rückkopplung |
| HP | Hochpassfilter |
| OV | Überlapp |
| 10 OV1 | Überlapp |
| OV1' | angepasster Überlapp |
| S1-S5 | Verfahrensschritt |
| TP | Tiefpassfilter |

- 15 Δ konstanter Frequenzbetrag

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren (40) zur Frequenzverzerrung (22) eines Audiosignals (42), wobei das Audiosignal (42) in eine Mehrzahl an vorgegebenen Frequenzbändern (FB, FB1, FB2, FB3) aufgeteilt wird, wobei durch je zwei unmittelbar benachbarte Frequenzbänder (FB1, FB2, FB3) jeweils eine Bandgrenzfrequenz (fL0-fL3) festgelegt wird,
- 25 wobei anhand des Audiosignals (42) zunächst eine Zielfrequenz (tf1) für eine Grenze zwischen zwei Frequenzbereichen mit unterschiedlicher Verzerrung (22) der Frequenzen bestimmt wird, und wobei anhand der Zielfrequenz (tf1) ein erstes Frequenzband (FB1) bestimmt wird,
- 30 wobei als erstes Frequenzband (FB1) dasjenige Frequenzband bestimmt wird, dessen obere Bandgrenzfrequenz (fL1) durch die unterhalb der Zielfrequenz (tf1) gelegene Bandgrenzfrequenz (fL1) gebildet wird,
- 35 wobei anhand des Audiosignals (42) ein unmittelbar über dem ersten Frequenzband (FB1) liegendes zweites Frequenzband (FB2) bestimmt wird, und wobei auf Signalanteile (44) im ersten Frequenzband (FB1) eine unterschiedliche Verzerrung (22) der Frequenzen angewandt wird als auf Signalanteile (44) im zweiten Frequenzband (FB2) und hierdurch ein frequenzverzerrtes Signal (24) erzeugt wird.
- 40 2. Verfahren (40) nach Anspruch 1, wobei als erstes Frequenzband (FB1) dasjenige Frequenzband bestimmt wird, dessen obere Bandgrenzfrequenz (fL1) durch die unmittelbar unterhalb der Zielfrequenz (tf1) gelegene Bandgrenzfrequenz (fL1) gebildet wird.
- 45 3. Verfahren (40) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei zu einem Zeitpunkt nach dem Bestimmen des ersten Frequenzbandes (FB1) anhand des Audiosignals (42) ein von dem ersten Frequenzband (FB1)

- verschiedenes drittes Frequenzband (FB3) bestimmt wird, und
wobei auf Signalanteile (44) im dritten Frequenzband (FB3) eine unterschiedliche Verzerrung (22) der Frequenzen angewandt wird als auf Signalanteile (44) in einem dem dritten Frequenzband (FB3) unmittelbar benachbarten Frequenzband.
4. Verfahren (40) nach Anspruch 3,
wobei zur Bestimmung des dritten Frequenzbandes (FB3) zunächst anhand des Audiosignals (42) eine von der ersten Zielfrequenz (tf1) verschiedene zweite Zielfrequenz (tf2) bestimmt wird, und wobei anhand der zweiten Zielfrequenz (tf2) das dritte Frequenzband (FB3) bestimmt wird.
5. Verfahren (40) nach Anspruch 4,
wobei überprüft wird, ob die zweite Zielfrequenz (tf2) unmittelbar oberhalb der oberen Bandgrenzfrequenz (fL3) eines weiteren, vom ersten Frequenzband (FB1) verschiedenen Frequenzbandes (FB3) liegt,
wobei in Abhängigkeit dieser Überprüfung das weitere Frequenzband als das dritte Frequenzband (FB3) bestimmt wird, und
wobei auf die Signalanteile (44) im dritten Frequenzband (FB3) eine unterschiedliche Verzerrung (22) der Frequenzen angewandt wird als auf die Signalanteile (44) des unmittelbar über dem dritten Frequenzband (FB3) liegenden Frequenzbandes.
6. Verfahren (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Verzerrung (22) von Frequenzen jeweils gegeben ist durch eine Verschiebung (46) um einen über die Frequenz hinweg konstanten Betrag (Δ) und/oder einen zeitabhängig modulierten Frequenzwert.
7. Verfahren (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei eine Änderung der auf den Signalanteil (44) in einem Frequenzband (FB2) anzuwendenden Verzerrung (22) der Frequenzen stets derart vorgenommen wird, dass durch die Änderung der Frequenzverzerrung die Phase des frequenzverzerrten Signalanteils (44) nicht oder nur in einem einen Grenzwert unterschreitenden Ausmaß springt.
8. Verfahren (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei eine Änderung der auf den Signalanteil (44) in einem Frequenzband (FB2) anzuwendenden Verzerrung (22) der Frequenzen nur in einem Nulldurchgang oder in einer vorgegebenen Umgebung eines Nulldurchgangs einer mit der Verzerrung korrelierten Phasenmodifikation des frequenzverzerrten Signalanteils (44) vorgenommen wird,
9. Verfahren (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das erste Frequenzband (FB1) zusätzlich mit einem Tiefpassfilter (TP) gefiltert wird, und/oder wobei das zweite Frequenzband (FB2) zusätzlich mit einem Hochpassfilter (HP) gefiltert wird.
10. Verfahren (40) nach Anspruch 9,
wobei die Bandgrenzfrequenz (fL1) zwischen dem ersten Frequenzband (FB1) und dem zweiten Frequenzband (FB2) mittels der Filtercharakteristik des Tiefpassfilters (TP) und/oder mittels der Filtercharakteristik des Hochpassfilters (HP) von dem durch die Aufteilung der Frequenzbänder (FB, FB1, FB2, FB3) vorgegebenen Wert zu der ersten Zielfrequenz (tf1) hin verschoben wird.
11. Verfahren (40) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Verzerrung (22) von Frequenzen nur auf Signalanteile (44) von Frequenzbändern (FB2, FB3) auf einer Seite der Bandgrenzfrequenz (fL1) zwischen dem ersten Frequenzband (FB1) und dem zweiten Frequenzband (FB2) angewandt wird.
12. Verfahren (1) zur Unterdrückung einer akustischen Rückkopplung (g) in einem akustischen System (2),
wobei ein Eingangswandler (4) des akustischen Systems (2) aus einem Schallsignal (6) der Umgebung ein Eingangssignal (8) erzeugt,
wobei anhand des Eingangssignals (8) ein Zwischensignal (14) erzeugt wird, welches einer Signalverarbeitung (16) mit einer Filterbank (18) zur frequenzbandweisen Aufteilung des Zwischensignals (14) zugeführt wird,
wobei aus einem frequenzverzerrten Signal (24) ein Ausgangssignal (28) erzeugt wird, welches durch einen Ausgangswandler (30) des akustischen Systems (2) in ein Ausgangsschallsignal (32) umgewandelt wird,
wobei anhand des frequenzverzerrten Signals (24) eine durch ein Einkoppeln des Ausgangsschallsignals (32) in den Eingangswandler (4) auftretende akustische Rückkopplung (g) im akustischen System (2) unterdrückt wird, und
wobei auf das Zwischensignal (14) das Verfahren (40) zur Frequenzverzerrung (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche angewandt wird, und hierdurch das frequenzverzerrte Signal (24) erzeugt wird.
13. Hörgerät (2), umfassend einen Eingangswandler (4) zur Erzeugung eines Eingangssignals (8) aus einem Schallsignal (6) der Umgebung, eine Signalverarbeitungseinheit (16) mit einer Filterbank (18) zur Aufteilung eines vom Eingangssignal (8) abgeleiteten Audiosignals (42) anhand des Eingangssignals (8) und eine Steuereinheit, welche dazu eingerichtet ist,

das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

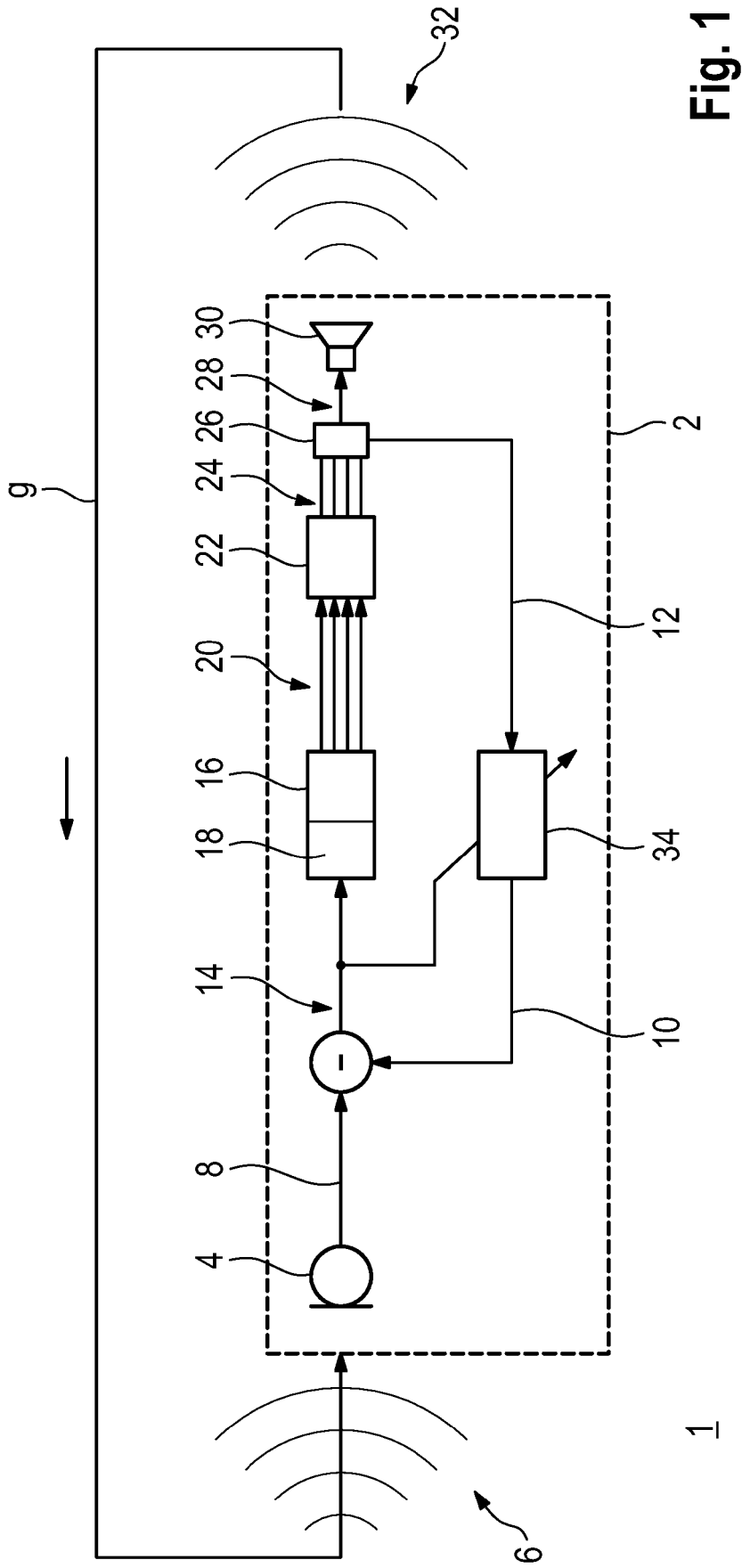


Fig. 1

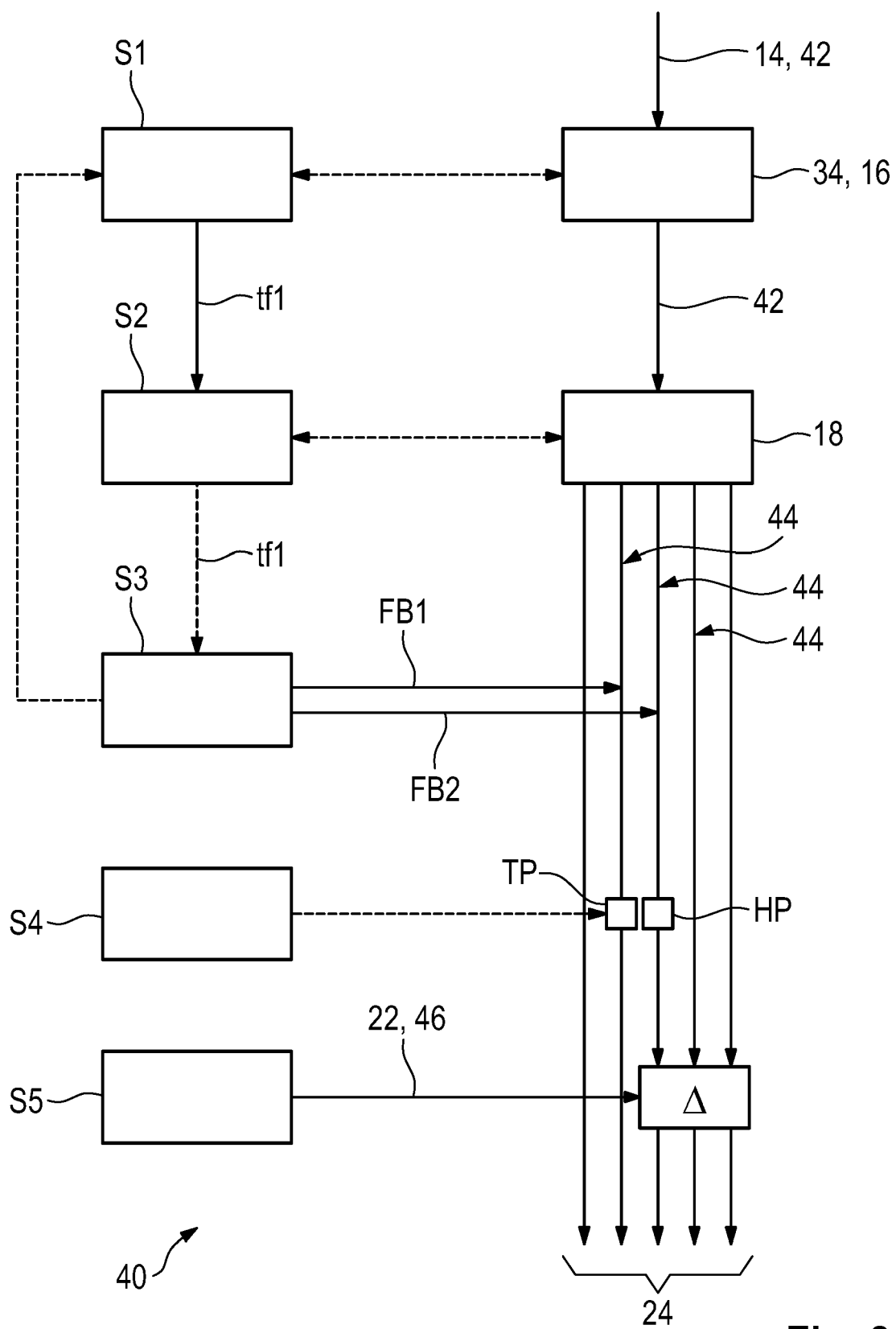


Fig. 2

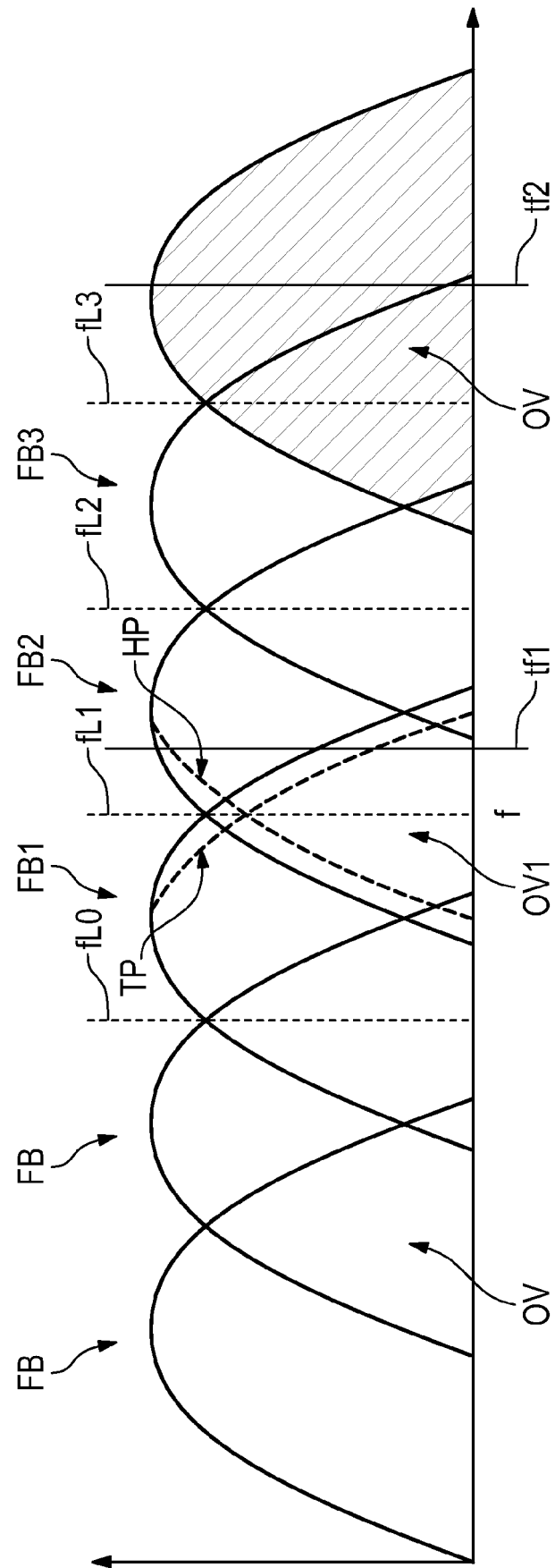


Fig. 3

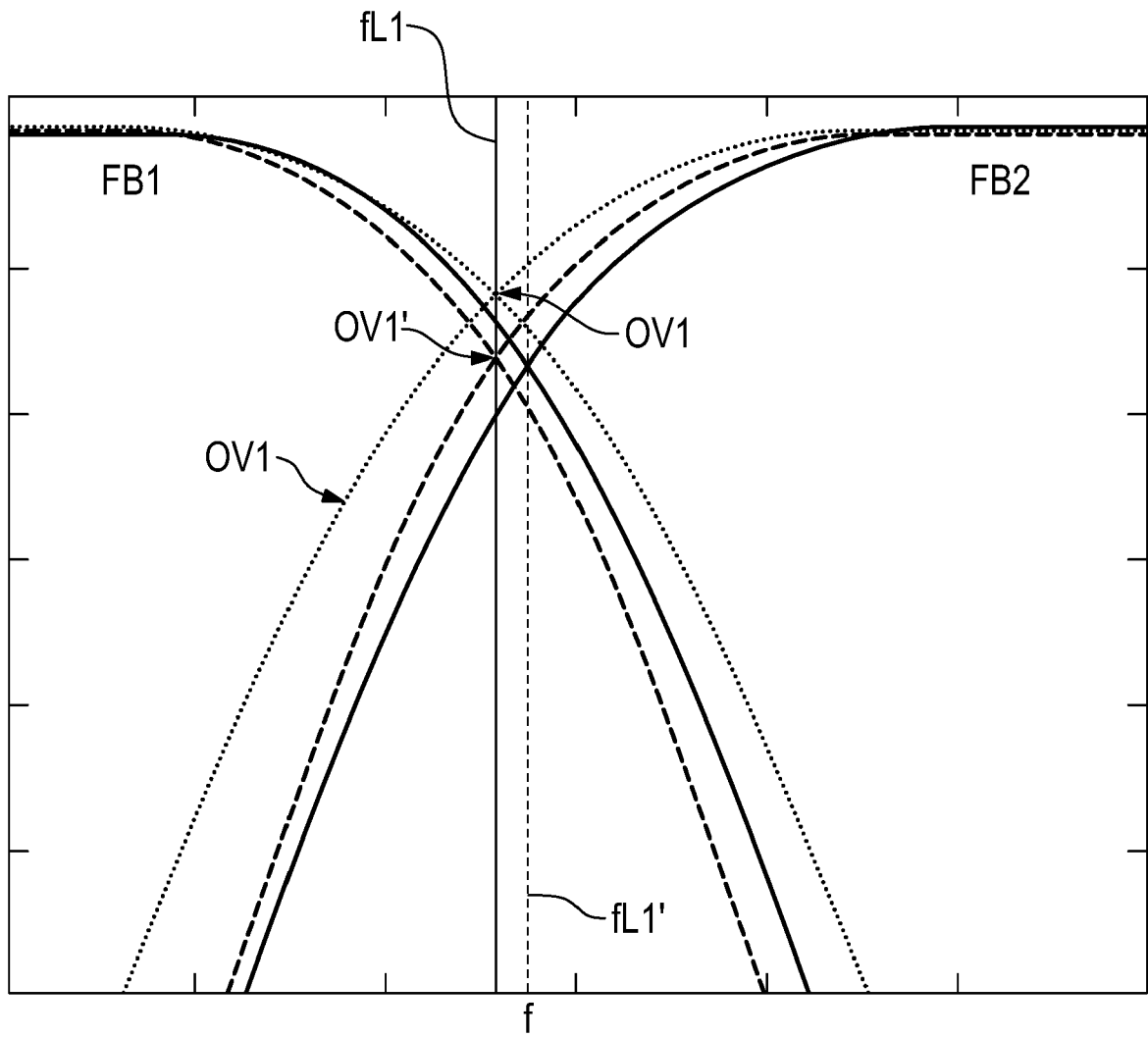


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 15 4220

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2009 018812 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 11. November 2010 (2010-11-11) * Abs. 1-18, 26-37 *	1-13	INV. H04R25/00
X	US 2016/057548 A1 (WURZBACHER TOBIAS [DE] ET AL) 25. Februar 2016 (2016-02-25) * Abs. 2-54, 63-90 *	1-13	ADD. H04R27/00
A	DE 10 2015 204010 A1 (SIVANTOS PTE LTD [SG]) 8. September 2016 (2016-09-08) * Abs. 1-28, 33-38 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. März 2018	Prüfer Peirs, Karel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 15 4220

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-03-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009018812 A1	11-11-2010	AT 514291 T	15-07-2011
		DE 102009018812 A1	11-11-2010
		DK 2244491 T3	03-10-2011
		EP 2244491 A1	27-10-2010
		US 2010272289 A1	28-10-2010

US 2016057548 A1	25-02-2016	CN 105392097 A	09-03-2016
		EP 2988529 A1	24-02-2016
		US 2016057548 A1	25-02-2016

DE 102015204010 A1	08-09-2016	DE 102015204010 A1	08-09-2016
		EP 3065417 A1	07-09-2016
		US 2016260423 A1	08-09-2016

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 [0005]