

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörinstruments, welches wenigstens einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler und einen elektro-akustischen Ausgangswandler aufweist, wobei durch den ersten Eingangswandler aus einem Umgebungsschall ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei das erste Eingangssignal und/oder ein aus dem ersten Eingangssignal abgeleitetes erstes Zwischensignal in eine Mehrzahl an Frequenzbändern zerlegt wird, und wobei aus dem ersten Eingangssignal bzw. dem ersten Zwischensignal mittels einer frequenzselektiven Signalverarbeitung ein Ausgangssignal erzeugt wird.

[0002] Als Hörinstrument wird allgemein ein elektronisches Gerät bezeichnet, dass das Hörvermögen einer das Hörinstrument tragenden Person (die nachfolgend als "Träger" oder "Benutzer" bezeichnet ist) unterstützt. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Hörinstrumente, die dazu eingerichtet sind, einen Hörverlust eines hörgeschädigten Nutzers ganz oder teilweise zu kompensieren. Ein solches Hörinstrument wird auch als "Hörgerät" bezeichnet. Daneben gibt es Hörinstrumente, die das Hörvermögen von normalhörenden Nutzern schützen oder verbessern, zum Beispiel in komplexen Hörsituationen ein verbessertes Sprachverständnis ermöglichen sollen, oder auch in Form von Kommunikationsgeräten (also etwa Headsets o.ä., ggf. mit Ohrstöpsel-förmigen Kopfhörern).

[0003] Hörinstrumente im Allgemeinen, und Hörgeräte im Speziellen, sind meist dazu ausgebildet, am Kopf und hier insbesondere ihn oder an einem Ohr des Benutzers getragen zu werden, insbesondere als Hinter-dem-Ohr-Geräte (nach dem englischen Begriff "behind the ear" auch als BTE-Geräte bezeichnet) oder In-dem-Ohr-Geräte (nach dem englischen Begriff "in the ear" auch als ITE-Geräte bezeichnet). Im Hinblick auf ihre interne Struktur weisen Hörinstrumente regelmäßig mindestens einen (akusto-elektrischen) Eingangswandler, eine Signalverarbeitungseinrichtung (Signalprozessor) und einen Ausgangswandler auf. Im Betrieb des Hörinstruments nimmt der oder jeder Eingangswandler einen Umgebungsschall auf und wandelt diesen Umgebungsschall in ein entsprechendes elektrisches Eingangssignal um. In der Signalverarbeitungseinrichtung wird das oder jedes Eingangssignal verarbeitet (d. h. hinsichtlich seiner Schallinformation modifiziert), um insbesondere das Hörvermögen des Nutzers zu unterstützen, also besonders bevorzugt um einen Hörverlust des Nutzers auszugleichen. Die Signalverarbeitungseinrichtung gibt ein entsprechend verarbeitetes Audiosignal als Ausgangssignal an den Ausgangswandler aus, welcher das Ausgangssignal in ein Ausgangsschallsignal umwandelt. Das Ausgangsschallsignal kann dabei in einem Luftschall bestehen, welcher in den Gehörgang des Nutzers abgegeben wird (ggf. über einen Schallschlauch, wie bei einem BTE-Gerät, oder durch entsprechende Positionierung des Hörinstruments im Gehörgang). Das Aus-

gangsschallsignal kann auch in den Schädelknochen des Nutzers abgegeben werden.

[0004] Viele Teilalgorithmen im Rahmen der besagten Signalverarbeitung, also bspw. eine Rauschunterdrückung oder eine Richtmikrofonie (letztere in Verbindung mit einem zweiten Eingangssignal des Hörinstruments) werden dabei abhängig von einem Aktivierungskriterium auf das erste Eingangssignal angewandt: Ist das Aktivierungskriterium erfüllt, welches für sich genommen wiederum die Überprüfung bestimmter Merkmale von Signalanteilen des ersten Eingangssignals beinhaltet, so wird der betreffende Teilalgorithmus entsprechend angewandt.

[0005] Hierbei wird oft versucht, die Signalverarbeitung im Rahmen der audiologischen Notwendigkeiten des Benutzers möglichst zurückhaltend einzusetzen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund wichtig, da die Signalverarbeitung oftmals dazu führt, dass ein realistischer Höreindruck beeinträchtigt wird, z.B. beim räumlichen Hörvermögen, oder auch durch Artefakte, welche durch die Signalverarbeitung entstehen können.

[0006] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die Steuerung der Anwendung einer Signalverarbeitung auf ein Eingangssignal eines Hörinstruments zu verbessern.

[0007] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Hörinstruments, welches wenigstens einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler und einen elektro-akustischen Ausgangswandler aufweist, wobei durch den ersten Eingangswandler aus einem Umgebungsschall ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei das erste Eingangssignal und/oder ein aus dem ersten Eingangssignal abgeleitetes erstes Zwischensignal in eine Mehrzahl an Frequenzbändern zerlegt wird, und wobei aus dem ersten Eingangssignal bzw. dem ersten Zwischensignal mittels einer frequenzselektiven Signalverarbeitung ein Ausgangssignal erzeugt wird.

[0008] Verfahrensgemäß ist hierbei vorgesehen, dass eine relevante Untermenge von Frequenzbändern aus der besagten Mehrzahl derart bestimmt wird, dass in jedem Frequenzband der relevanten Untermenge ein aus dem Ausgangssignal durch den Ausgangswandler erzeugter Ausgangsschall einen Beitrag liefert, welcher oberhalb einer vorgegebenen und/oder gewünschten Schwelle liegt, dass weiter anhand von Signalanteilen des ersten Eingangssignals bzw. des ersten Zwischensignals nur in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge ein Aktivierungskriterium für eine Aktivierung eines Teilalgorithmus zur besagten Signalverarbeitung überprüft wird, und dass besagter Teilalgorithmus in Abhängigkeit des Aktivierungskriteriums auf das erste Eingangssignal bzw. das erste Zwischensignal angewandt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0009] Das Hörinstrument kann, wie eingangs beschrieben, dazu eingerichtet sein, das Hörvermögen eines Benutzers zu unterstützen, und insbesondere als

Hörgerät "im engeren Sinn" (also zur Versorgung einer Hörschwäche) ausgebildet sein.

[0010] Unter einem akusto-elektrischen Eingangswandler ist hierbei insbesondere jedwede Vorrichtung umfasst, welche dazu eingerichtet ist, aus einem Schallsignal ein entsprechendes elektrisches Signal zu erzeugen. Insbesondere kann bei der Erzeugung des ersten bzw. zweiten Eingangssignals durch den jeweiligen Eingangswandler auch eine Vorverarbeitung erfolgen, z.B. in Form einer linearen Vorverstärkung und/oder einer A/D-Konvertierung. Im Betrieb des Hörinstruments nimmt der oder jeder Eingangswandler einen Umgebungsschall auf und wandelt diesen Umgebungsschall in ein entsprechendes elektrisches Eingangssignal um, dessen Strom- und/oder Spannungsschwankungen bevorzugt Informationen zu den in der Luft durch den Umgebungsschall hervorgerufenen Oszillationen des Luftdrucks tragen.

[0011] Als elektro-akustischer Ausgangswandler ist dabei jedwede Vorrichtung umfasst, welche dazu vorgesehen und eingerichtet ist, ein elektrisches Signal in ein entsprechendes Schallsignal umzuwandeln, wobei Spannungs- und/oder Stromschwankungen im elektrischen Signal in entsprechende Amplitudenschwankungen des Schallsignals umgesetzt werden, also insbesondere ein Lautsprecher, ein sog. Balanced Metal Case Receiver, aber auch ein Knochenleithörer

[0012] Der Begriff eines aus dem ersten Eingangssignal abgeleiteten ersten Zwischensignals umfasst dabei bevorzugt, dass die Signalanteile des ersten Eingangssignals unmittelbar in das erste Zwischensignal eingehen, und somit insbesondere das erste Eingangssignal nicht lediglich für eine Erzeugung von Steuerparametern o.ä. verwendet werden, welche auf Signalanteile anderer Signale angewandt werden.

[0013] Das erste Eingangssignal (oder besagtes erstes Zwischensignal) wird nun, bevorzugt mittels einer entsprechenden Analyse-Filterbank, in eine Mehrzahl an Frequenzbändern zerlegt, um die Signalanteile des ersten Eingangssignals (bzw. des ersten Zwischensignals) frequenzbandspezifisch zu verarbeiten, bevorzugt in Abhängigkeit der audiologischen Anforderungen des Benutzers. Mittels dieser frequenzselektiven Verarbeitung der Signalanteile des ersten Eingangssignals bzw. Zwischensignals wird nun ein Ausgangssignal erzeugt, welches durch den Ausgangswandler in einen Ausgangsschall umgewandelt wird, wobei bevorzugt die Spannungsschwankungen des Ausgangssignals in entsprechende Luftdruck-Oszillationen im Ausgangsschall umgesetzt werden.

[0014] Es wird nun also aus der Mehrzahl an Frequenzbändern, welche für die frequenzselektive Signalverarbeitung erzeugt wurde, eine relevante Untermenge bestimmt. Diese relevante Untermenge an Frequenzbändern zeichnet sich dadurch aus, dass die Beiträge, welche in diesen Frequenzbändern im Ausgangsschall vorliegen, der durch den Ausgangswandler aus dem Ausgangssignal erzeugt wird, oberhalb einer gewünsch-

ten oder vorgegebenen Schwelle liegen (also etwa einem Mindestpegel in dB o.ä.). Mit anderen Worten werden diejenigen Frequenzbänder als relevante Untermenge gewählt, in welchen die frequenzselektive Signalverarbeitung tatsächlich zu relevanten Beiträgen im Ausgangsschall führt, da je nach Anpassung des Hörinstruments, oder aber auch nach dem jeweiligem Algorithmus in einer gegebenen Hörsituation, bestimmte Frequenzbänder, insbesondere an einem der Ränder (oder an beiden Rändern) des übertragenen Frequenzspektrums keinerlei nennenswerte (also insbesondere keine wahrnehmbare) Verstärkung wiederfahren.

[0015] Das Ermitteln der relevanten Untermenge kann dabei insbesondere statisch in Abhängigkeit einer Kenntnis der Signalverstärkungen in den einzelnen Frequenzbändern erfolgen. Bevorzugt wird für das Bestimmen der relevanten Untermenge eine Anpassungsformel einer frequenzbandweisen Anpassung des Hörinstruments herangezogen. Insbesondere kann bei einer "offenen Anpassung" bei einem Hörinstrument mit einem großen Ventilationskanal ("Vent"), welche etwa zur Vermeidung von Okklusion im Gehäuse des Hörinstruments vorgesehen sein kann, und den vom Hörinstrument verschlossenen Bereich des Gehörgangs mit dem freien Außenbereich verbindet, die Signalverstärkung niedriger Frequenzbänder von 0 Hz bis zu 500 Hz, bevorzugt bis zu 1000 Hz, besonders bevorzugt bis zu 1500 Hz ausgesetzt oder weitgehend ausgesetzt sein (also etwa gegenüber den am stärksten verstärkten Bändern etwa grundsätzlich bevorzugt mindestens 10 dB, besonders bevorzugt mindestens 20 dB geringer ausfallen).

[0016] Die relevante Untermenge an Frequenzbändern wird nun dazu verwendet, ein Aktivierungskriterium für eine Aktivierung eines Teilalgorithmus zur besagten Signalverarbeitung nur bzw. höchstens in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge zu überprüfen, und insbesondere keine solche Überprüfung in denjenigen Frequenzbändern durchzuführen, welche nicht der relevanten Untermenge angehören. Der Teilalgorithmus wird dann in Abhängigkeit des Aktivierungskriteriums auf das erste Eingangssignal bzw. das von diesem abgeleitete, erste Zwischensignal angewandt.

[0017] Hierdurch kann also verhindert werden, dass ein Teilalgorithmus der Signalverarbeitung, welcher bevorzugt eine frequenzbandweise Verstärkung, und/oder eine frequenzbandweise Kompression, und/oder eine Rauschunterdrückung umfasst, anhand von solchen Schallereignissen dynamisch aktiviert wird, welche letztendlich keinen Beitrag zum vom Hörinstrument erzeugten Ausgangsschall liefern.

[0018] Liegt beispielsweise außerhalb der relevanten Frequenzbänder (d.h., der Frequenzbänder der relevanten Untermenge) ein erhebliches Störgeräusch vor (etwa ein niederfrequentes Brummen), welches durch das Hörinstrument also gar nicht weiter (oder nicht in hörbarem Umfang) übertragen wird, so wird ein Algorithmus einer Rauschunterdrückung durch das beschriebene Verfahren auch nicht aktiviert, da dieser das Brummen ange-

sichts der fehlenden Signalverstärkung im Frequenzbereich des Brummens nicht oder nicht zufriedenstellend korrigieren könnte, jedoch möglicherweise mit anderen Problemen (wie etwa Artefakten) einherginge, welche nun so vermieden werden. Erst wenn etwa ein solches Störgeräusch in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge liegt (und also auch hinreichend durch das Hörinstrument übertragen wird, und dadurch erst nennenswert korrigierbar wird), wird bevorzugt ein Teilalgorithmus für eine entsprechende Rauschunterdrückung aktiviert.

[0019] Bevorzugt kann für das Bestimmen der relevanten Untermenge frequenzbandweise alternativ oder zusätzlich ein Verstärkungswert von Signalbeiträgen des ersten Eingangssignals bzw. des ersten Zwischensignals im jeweiligen Frequenzband ermittelt werden. Die relevante Untermenge wird dann bevorzugt von denjenigen Frequenzbändern gebildet, für welche der Verstärkungswert einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, welcher in bevorzugt in Abhängigkeit von der besagten Schwelle für den Beitrag im Ausgangsschall zu wählen ist.

[0020] Vorteilhafterweise wird hierfür zum Bestimmen des Verstärkungswertes frequenzbandweise das erste Eingangssignal mit dem Ausgangssignal verglichen, und/oder eine entlang eines Signalpfades vom ersten Eingangswandler zum Ausgangswandler angewandte Signalverstärkung nachverfolgt, wobei also der Verstärkungswert mit einem von der besagten Schwelle abhängigen ersten Grenzwert verglichen wird. Mit anderen Worten wird hierbei also verfolgt, welche Signalverstärkung entlang des gesamten Signalpfades vom ersten Eingangswandler zum Ausgangswandler für jedes Frequenzband "aufläuft", und diese kumulierte Signalverstärkung sämtlicher Teilalgorithmen der Signalverarbeitung im Frequenzband mit dem ersten Grenzwert verglichen, welcher auf der Ebene der Signalverstärkung den relevanten Beitrag im Ausgangsschall repräsentiert.

[0021] Zweckmäßigerweise wird für das Bestimmen der relevanten Untermenge eine von einem Benutzer getroffene Einstellung einer Signalverstärkung berücksichtigt. Dies kann insbesondere derart erfolgen, dass eine entlang des gesamten Signalpfades aufgelaufene Signalverstärkung instantan um den Wert einer vom Benutzer getroffenen Einstellung korrigiert wird.

[0022] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird zum Überprüfen des Aktivierungskriteriums aus den Signalanteilen des ersten Eingangssignals bzw. des ersten Zwischensignals in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge eine Kenngröße ermittelt, welche Aufschluss über einen Rauschanteil in besagten Frequenzbändern liefert. Dies bedeutet mit anderen Worten, dass über die Kenngröße eine Abschätzung für den Rauschanteil in den "relevanten" Frequenzbändern der relevanten Untermenge getroffen wird. Günstigerweise wird hierbei die besagte Kenngröße mit einem Rausch-Grenzwert verglichen, welcher einer Obergrenze für einen zulässigen Rauschanteil in besagten Frequenzbän-

dern entspricht, wobei das Aktivierungskriterium für die Aktivierung des Teilalgorithmus als erfüllt gilt, wenn der Rausch-Grenzwert überschritten wird.

[0023] Insbesondere kann im Fall, dass auf einen hohen Rauschanteil in den relevanten Frequenzbändern geschlossen wird, anhand der Kenngröße ein Teilalgorithmus für eine Rauschunterdrückung aktiviert werden. Bevorzugt wird dabei als Kenngröße ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis ("Signal-to-Noise Ratio", SNR) der Signalanteile in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge ermittelt. Dies kann über Abschätzungen eines Rauschanteils und ggf. eines Nutzsignalanteils erfolgen, welche etwa aus dem mittelfristigen (z.B. über mehrere Frames oder mehrere zehn Frames hinweg) statistischen Verhalten der jeweiligen Signalanteile ermittelt werden können.

[0024] In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung wird durch einen akusto-elektrischen zweiten Eingangswandler des Hörinstrumentes aus dem Umgebungsschall ein zweites Eingangssignal erzeugt, wobei das Ausgangssignal zusätzlich aus einer frequenzselektiven Signalverarbeitung des zweiten Eingangssignals erzeugt wird, und wobei der Teilalgorithmus eine Richtmikrofonie des ersten Eingangssignals bzw. des ersten Zwischensignals und des zweiten Eingangssignals und/oder eines vom zweiten Eingangssignal abgeleiteten zweiten Zwischensignals umfasst. Insbesondere umfasst dies, dass das Aktivierungskriterium dazu genutzt wird, eine Richtmikrofonie zu aktivieren. Viele Hörinstrumente, insbesondere Hörgeräte zur Versorgung einer Hörschwäche, weisen oftmals mehr als einen Eingangswandler auf, um eine Richtmikrofonie zu ermöglichen. In der genannten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird diese Richtmikrofonie in beschriebener Weise abhängig vom Aktivierungskriterium in den relevanten Frequenzbändern aktiviert.

[0025] Bevorzugt wird hierbei das Aktivierungskriterium auch anhand von Signalanteilen des zweiten Eingangssignals bzw. des zweiten Zwischensignals nur in den Frequenzbändern der relevanten Untermenge überprüft. Dies umfasst insbesondere, dass etwa aus dem ersten und zweiten Eingangssignal ein vorläufiges Richtsignal gebildet wird, dessen Signalanteile in den relevanten Frequenzbändern auf das Aktivierungskriterium hin überprüft werden können. Ist das Aktivierungskriterium erfüllt (also wird auf die Aktivierung des Teilalgorithmus entschieden), so kann bei einer Richtmikrofonie als zu aktivierender Teilalgorithmus das Richtsignal direkt zum Ausgangssignal weiterverarbeitet werden.

[0026] Die Erfindung nennt weiter ein Hörinstrument, umfassend wenigstens einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler, einen elektro-akustischen Ausgangswandler, und eine Signalverarbeitungseinrichtung, wobei das Hörinstrument zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist.

[0027] Das erfindungsgemäße Hörinstrument teilt die

Vorzüge des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die für das Verfahren und für seine Weiterbildungen angegebenen Vorteile können dabei sinngemäß auf das Hörinstrument übertragen werden.

[0028] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Hörinstrument mit einer frequenzbandweisen Signalverarbeitung,

Fig. 2 in einem Blockschaltbild eine frequenzselektive Aktivierung eines Teilalgorithmus der Signalverarbeitung nach Fig. 1.

[0029] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0030] In Figur 1 ist schematisch in einem Blockschaltbild ein Hörinstrument 1 dargestellt, welches einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler 2 und einen akusto-elektrischen zweiten Eingangswandler 4 sowie einen elektro-akustischen Ausgangswandler 6 und eine Signalverarbeitungseinrichtung 8 aufweist. Der erste Eingangswandler 2 und der zweite Eingangswandler 4 sind vorliegend als ein erstes bzw. zweites Mikrofon 3, 5 ausgestaltet. Der Ausgangswandler 6 ist als ein Lautsprecher 7 ausgestaltet. Die Signalverarbeitungseinrichtung 8 umfasst wenigstens einen Signalprozessor 9 (gestrichelt eingezeichnet). Das Hörinstrument 1 ist vorliegend als ein Hörgerät 10 ausgebildet, welches dazu eingerichtet ist, eine Hörschwäche eines nicht näher dargestellten Benutzers zu versorgen, also wenigstens teilweise zu kompensieren bzw. zu korrigieren.

[0031] Zu diesem Zweck wird aus einem Umgebungsschall 12 durch das erste Mikrofon 3 ein erstes Eingangssignal 14 erzeugt, und durch das zweite Mikrofon 5 ein zweites Eingangssignal 16. Das erste Eingangssignal 14 und das zweite Eingangssignal 16 werden in der Signalverarbeitungseinheit 8 zusammen zu einem Ausgangssignal 18 weiterverarbeitet, und dabei insbesondere frequenzbandspezifisch verstärkt. Das Ausgangssignal 18 wird durch den Lautsprecher 7 in einen Ausgangsschall 20 umgewandelt, welcher in einen Gehörgang (nicht dargestellt) des Benutzers abgegeben bzw. geführt wird. In einem Gehäuse 11 des Hörgerätes 10 ist zudem ein Ventilationskanal 13 (sog. "Vent"; gestrichelt eingezeichnet) eingebracht. Dieser soll angesichts des weitgehenden Verschlusses des Gehörgangs durch das Gehäuse 11 für einen besseren Druckausgleich sorgen.

[0032] Die in der Signalverarbeitungseinrichtung 8 erfolgende Signalverarbeitung des ersten und des zweiten Eingangssignals 14, 16 zum Ausgangssignal 18 wird hierbei einerseits, wie bereits erwähnt, in Abhängigkeit der audiologischen Anforderungen des Benutzers durchgeführt, sodass z.B. wichtige Frequenzbänder, in welchen ein Hörverlust des Benutzers besonders ausgeprägt ist, im Allgemeinen meist mehr verstärkt werden

als diejenigen Frequenzbereiche, in welchen der Hörverlust nur gering ist. Andererseits finden dabei konkrete Teilalgorithmen der Signalverarbeitung wie z.B. Rauschunterdrückung oder auch Richtmikrofonie, also die Bildung eines Richtsignals aus dem ersten und dem zweiten Eingangssignal 14, 16, ihre Anwendung in einer noch zu beschreibenden Abhängigkeit von konkreten akustischen Merkmalen im Umgebungsschall 12. Dies bedeutet insbesondere, dass ein betreffender Teilalgorithmus nur dann angewandt wird, wenn die für die Anwendung als erforderlich erachteten Merkmale im Umgebungsschall 12 in ausreichendem Maße vorliegen.

[0033] Dieser Zusammenhang zwischen den Merkmalen des Umgebungsschalls 12 und der Anwendung eines Teilalgorithmus der Signalverarbeitung in der Signalverarbeitungseinrichtung 8 wird nun anhand von Figur 2 verdeutlicht. In Figur 2 ist schematisch in einem Blockdiagramm ein Verfahren dargestellt, anhand dessen eine Anwendung eines Teilalgorithmus in der Signalverarbeitung des Hörgerätes 10 nach Figur 1 gesteuert wird. Hierbei sei angemerkt, dass das Hörgerät 10 vorliegend durch ein sog. ITE-Gerät ("In The Ear") gegeben ist. Es könnte jedoch ebenso gut als ein BTE-Gerät ("Behind The Ear"), ein CIC-Gerät ("Completely In the Canal") oder ein RIC-Gerät ("Receiver In the Canal") ausgebildet sein.

[0034] Das vom erste Mikrofon 3 erzeugte erste Eingangssignal 14 wird in der Signalverarbeitungseinrichtung 8 durch eine erste Analysefilterbank 22 in eine Mehrzahl 23 an Frequenzbändern 24a-z zerlegt. Entsprechende Signalanteile 26a-z des ersten Eingangssignals 14 werden in der Signalverarbeitungseinrichtung 8 nun einer Analyse 27 unterzogen und abhängig von der Analyse 27 der jeweils vorgesehenen Signalverarbeitung 28 unterworfen. Die Signalanteile 26a-z werden dabei u.a. frequenzabhängig durch die Anwendung entsprechender Verstärkungsfaktoren Ga-Gz verstärkt, und überdies auch frequenzbandabhängig komprimiert (d.h., die Verstärkungsfaktoren Ga-Gz werden in Abhängigkeit der Dynamik der Signalanteile 26a-z nahezu instantan angepasst). Die aus der Signalverarbeitung 28 resultierenden verarbeiteten Signalanteile 29a-z werden durch eine erste Synthesefilterbank 30 zum Ausgangssignal 18 zusammengefasst.

[0035] In der Signalverarbeitung 28 kommt dabei insbesondere ein Teilalgorithmus 32 zum Einsatz, welcher z.B. gegeben sein kann durch die bereits beschriebene, frequenzbandabhängige Verstärkung mittels der Verstärkungsfaktoren Ga-Gz, einer Rauschunterdrückung, oder auch einer Richtmikrofonie mit Signalanteilen des zweiten Eingangssignals 16, wobei diese Richtmikrofonie auch als direktionale Rauschunterdrückung eingesetzt sein kann. Der Teilalgorithmus 32 soll dabei jedoch in Abhängigkeit der im ersten Eingangssignal 14 enthaltenen akustischen Situation nur in jenen Situationen, insbesondere Hörsituationen, eingesetzt werden, in welchen durch seine Anwendung auf die entsprechenden Signalanteile 26a-z eine Verbesserung des Hörvermö-

gens bzw. -empfindens für den Benutzer des Hörgerätes 10 zu erwarten ist.

[0036] Dies bedeute insbesondere, dass z.B. eine Rauschunterdrückung nicht permanent angewandt wird, da Algorithmen zur Rauschunterdrückung bspw. unerwünschte Artefakte im Ausgangssignal erzeugen können, sondern lediglich dann, wenn dies angesichts der akustischen Information, welche im ersten Eingangssignal 14 über die Umgebungssituation enthalten ist, als sinnvoll erscheint (also eine lärmige Umgebung reich an Störgeräuschen angenommen bzw. erkannt wird). Ebenfalls wird etwa eine direktionale Verarbeitung des ersten und des zweiten Eingangssignals 14, 16 zur Bildung eines Richtsignals bzw. eine Verstärkung einer Richtwirkung eines solchen Richtsignals nur dann angewandt, wenn dies angesichts der akustischen Analyse des ersten (und ggf. zweiten) Eingangssignals 14 (bzw. 16) als sinnvoll erscheint, da Richtmikrofonie grundsätzlich dazu geeignet ist, das räumliche Hörempfinden zu stören, so dass etwa Schallquellen ggf. nicht mehr korrekt lokalisiert werden könnten.

[0037] Aus diesem Grund wird in noch zu beschreibender Weise für eine Anwendung des Teilalgorithmus 32 der Signalverarbeitung 28 ein Aktivierungskriterium 34 überprüft, welches sicherstellen soll, dass in der jeweils vorliegenden Umgebungssituation mit ihren akustischen Begebenheiten die Anwendung des Teilalgorithmus 32 für den Benutzer, auch und insbesondere in Anbetracht seiner individuellen audiologischen Anforderungen, die Vorteile der Anwendung mögliche Nachteile (wie etwa die oben erwähnten) überwiegen.

[0038] Hierbei ist es jedoch so, dass in bestimmten der Frequenzbänder 24a-z die Signalverarbeitung derart ist, dass diese im Ausgangssignal 18 keine nennenswerten Beiträge liefern. Dies kann z.B. daran liegen, dass für einen besonders großen Ventilationskanal 13 ein hoher Anteil an Direktschall in niederen Frequenzbändern durch den besagten Ventilationskanal 13 in den Gehörgang (und somit zum Trommelfell) gelangt, und sich somit der besagte Direktschall mit verstärkten Signalanteilen in den niederen Frequenzbändern überlagern und dadurch unter Umständen möglicherweise zu unerwünschten Kammfiltereffekten führen könnte. Auch erfolgt oftmals oberhalb von 8 kHz oder 10 kHz keine nennenswerte Verstärkung der betreffenden Signalbeiträge, da die betreffenden Frequenzbänder für die Sprachverständlichkeit i.Allg. keine Relevanz mehr besitzen.

[0039] Somit könnte das Aktivierungskriterium 34 ggf. Signalanteile 26a-z des ersten Eingangssignals 14 bewerten, deren Entsprechungen im Ausgangsschall 20 keinen nennenswerten (also insbesondere keinen für den Benutzer ohne Aufwand wahrnehmbaren) Beitrag zu einem Gesamtschall (nicht dargestellt) liefern, welcher das Trommelfell (nicht dargestellt) erreicht. Der Gesamtschall umfasst dabei insbesondere zusätzlich zum Ausgangsschall 20 auch einen Anteil an Direktschall, welcher durch den Ventilationskanal 13 in den Gehörgang gelangt. Hierdurch könnte ggf. eine Verschlechterung

der Klangqualität oder des räumlichen Hörempfindens infolge der Anwendung des Teilalgorithmus 32 auf die Signalanteile 26a-z des ersten Eingangssignals 14 bewirkt werden, obwohl der Teilalgorithmus 32 in bestimmten Fällen lediglich infolge von solchen Signalanteilen 26a-z angewandt wird, deren Beiträge im Ausgangsschall 20 gar nicht zu hören sind.

[0040] Um dies zu verhindern, wird aus den Frequenzbändern 24a-z der besagten Mehrzahl 23 eine relevante Untermenge 25 an Frequenzbändern 24b-x bestimmt, welche in relevantem Ausmaß zum Ausgangsschall 20 beitragen. Dies kann beispielsweise statisch anhand einer Anpassungsformel des Hörgerätes 10 erfolgen, welche einen Aufschluss darüber gibt, welche Ziel-Verstärkungswerte bevorzugt für bestimmte frequenzbandweise Eingangspegel zu erreichen sind, und welche insofern auch eine Information über diejenigen der Frequenzbänder 24a-z liefert, die infolge der Anpassung grundsätzlich keinen nennenswerten Beitrag zum Ausgangsschall 20 leisten werden.

[0041] Insbesondere können anhand der Anpassungsformel auch frequenzbandweise Basis-Verstärkungswerte für jeweilige Pegelwerte im betreffenden Frequenzband vorgegeben sein, sodass die besagte relevante Untermenge 25 (der für den Ausgangsschall 20 "relevanten Frequenzbänder") in Kenntnis solcher Basis-Verstärkungswerte anhand der Signalanteile 26a-z (z.B. aus deren jeweiligen Signalpegeln) in den einzelnen Frequenzbändern 24a-z ermittelt werden kann. Überdies kann auch eine Benutzereingabe (nicht dargestellt) die Verstärkungsfaktoren G_a - G_z frequenzselektiv oder breitbandig verändern, sodass in einer konkreten Situation (also für eine gegebene Menge an Signalanteilen 26a-z) eine Veränderung der Signalpegel und somit der jeweiligen Beiträge zum Ausgangsschall 20 mit dieser Benutzereingabe einhergeht (bezogen auf den Zustand vor der Benutzereingabe).

[0042] Eine effiziente Weise, dies alles zu berücksichtigen und die relevante Untermenge 25 der "relevanten Frequenzbänder" zu ermitteln ist, dass für jedes Frequenzband 24a-z die gesamte Signalverstärkung entlang eines Signalpfades vom ersten Mikrofon 3 (ggf. inklusive dessen Eingangs-Kennlinie und Vorverstärkung) bis hin zum Lautsprecher 7 (ggf. inklusive dessen Ausgangs-Kennlinie) verfolgt, und hierdurch in jedem Frequenzband einen Verstärkungswert G_a - G_z ermittelt, welcher also die gesamte Signalverstärkung entlang des beschriebenen Signalpfades wiedergibt. Der Verstärkungswert G_a - G_z umfasst dabei den jeweiligen Verstärkungsfaktor G_a - G_z aus dem Teilalgorithmus 32, und ggf. noch weitere Verstärkungsfaktoren anderer Teilalgorithmen (nicht dargestellt) der Signalverarbeitung 28 (sowie ggf. die o.g. Kennlinien). Bevorzugt erfolgt hierbei für die Bildung der Verstärkungswerte G_a - G_z eine zeitliche Glättung der (instantanen) Verstärkungsfaktoren G_a - G_z (und ggf. weiterer Verstärkungsfaktoren aus anderen Teilalgorithmen), um eine Abhängigkeit der "relevanten Frequenzbänder (also der relevanten Untermenge 25)

von Pegelspitzen zu vermeiden.

[0043] Die Verstärkungswerte $Ga'-Gz'$, welche in beschriebenem Ausmaß von der Anpassungsformel und ggf. einer Benutzereingabe beeinflusst sind und weiter durch die im betreffenden Moment vorliegenden Signalanteile 26a-z, werden nun mit einem ersten Grenzwert 36 verglichen. Bei einem Überschreiten des ersten Grenzwertes 36 durch den jeweiligen Verstärkungswert $Ga'-Gz'$ wird das zugehörige Frequenzband 24a-z der relevanten Untermenge 25 zugeordnet, andernfalls nicht. Der erste Grenzwert 36 ist dabei bevorzugt so zu wählen, dass eine Signalverstärkung mit dem entsprechenden Verstärkungswert zu einem Beitrag im Ausgangsschall führt, welcher oberhalb einer gewünschten, bevorzugt vom Umgebungsschall und/oder dem am Trommelfell ankommenden Direktschall abhängigen Schwelle liegt.

[0044] Im vorliegenden Fall werden die Frequenzbänder 24c-24x als die relevante Untermenge 25 ermittelt, d.h., die Frequenzbänder 24a-b und 24y-z liefern keine relevanten Beiträge zum Ausgangsschall 20 (im Verhältnis zum Umgebungsschall bzw. zum Direktschall am Trommelfell).

[0045] Über die Frequenzbänder 24c-24x der relevanten Menge 25 wird nun für das Aktivierungskriterium 34 aus den jeweiligen Signalanteilen 26c-26x eine Kenngröße 38 ermittelt, welche Aufschluss über einen Rauschanteil (insbesondere in den besagten Frequenzbändern 24c-24x bzw. in deren Gesamtheit) liefert. Die Kenngröße 38 ist hierbei gegeben durch das breitbandige SNR 40 in den besagten Frequenzbändern 24c-24x.

[0046] Das SNR 40 wird anschließend verglichen mit einem Rausch-Grenzwert 42, und im Falle einer Überschreitung des besagten Rausch-Grenzwertes 42 durch das SNR 40 wird darauf geschlossen, dass der Rauschanteil in den relevanten Frequenzbändern 24c-24x so hoch ist, dass die Vorteile des Teilalgorithmus 32 hinsichtlich der Verbesserung des SNR 40 nun seine Nachteile bei der Klangqualität (z.B. hinsichtlich Artefakten) überwiegt, und eine Aktivierung des Teilalgorithmus 32 daher gerechtfertigt ist. Der Teilalgorithmus 32 wird daher angewandt auf die Signalanteile 26a-26z (also zumindest potentiell auch auf die Signalanteile 26a-b, 26y-z der Frequenzbänder 24a-b, 24y-z, welche nicht Teil der relevanten Untermenge 25 sind).

[0047] Die verarbeiteten Signalanteile 29a-29z, welche aus der infolge der beschriebenen Aktivierung auch den Teilalgorithmus 32 umfassenden Signalverarbeitung 28 hervorgehen, werden nun an der Synthesefilterbank 30 zum Ausgangssignal 18 zusammengefasst.

[0048] Insbesondere kann der Teilalgorithmus 32, welcher durch die beschriebene Aktivierung 34 aktiviert wird, auch das zweite Eingangssignal 16, und somit bspw. als Richtmikrofonie ausgestaltet sein. Insbesondere kann das Aktivierungskriterium 34 auch Signalanteile des zweiten Eingangssignals 16 heranziehen (jeweils nicht dargestellt).

[0049] Obwohl die Erfindung im Detail durch das be-

vorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0050]

1	Hörinstrument
2	erster Eingangswandler
3	erstes Mikrofon
4	zweiter Eingangswandler
5	zweites Mikrofon
6	Ausgangswandler
7	Lautsprecher
8	Signalverarbeitungseinrichtung
9	Signalprozessor
10	Hörgerät
11	Gehäuse
12	Umgebungsschall
13	Ventilationskanal
14	erstes Eingangssignal
15	zweites Eingangssignal
16	Ausgangssignal
18	Ausgangsschall
20	erste Analysefilterbank
22	Mehrzahl (an Frequenzbändern)
23	Frequenzbänder
24a-z	relevante Untermenge (der Mehrzahl an Frequenzbändern)
25	Signalanteile
26a-z	Analyse
27	Signalverarbeitung
28	verarbeitete Signalanteile
29a-z	erste Synthesefilterbank
30	Teilalgorithmus
32	Aktivierungskriterium
34	erster Grenzwert
36	Kenngröße
38	SNR
40	Rausch-Grenzwert
42	
45	$Ga-Gz$ Verstärkungsfaktor
	$Ga'-Gz'$ Verstärkungswert

Patentansprüche

- Verfahren zum Betrieb eines Hörinstruments (1), welches wenigstens einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler (2) und einen elektro-akustischen Ausgangswandler (6) aufweist,

- wobei durch den ersten Eingangswandler (1) aus einem Umgebungsschall (12) ein erstes Eingangssignal (14) erzeugt wird,

- wobei das erste Eingangssignal (14) und/oder ein aus dem ersten Eingangssignal (14) abgeleitetes erstes Zwischensignal in eine Mehrzahl an Frequenzbändern (24a-z) zerlegt wird,
 - wobei aus dem ersten Eingangssignal (14) bzw. dem ersten Zwischensignal mittels einer frequenzselektiven Signalverarbeitung (28) ein Ausgangssignal (18) erzeugt wird,
 - wobei eine relevante Untermenge (25) von Frequenzbändern (24a-z) aus der besagten Mehrzahl (23) derart bestimmt wird, dass in jedem Frequenzband (24c-x) der relevanten Untermenge (25) ein aus dem Ausgangssignal (18) durch den Ausgangswandler (6) erzeugter Ausgangsschall (20) einen Beitrag liefert, welcher oberhalb einer vorgegebenen oder gewünschten Schwelle liegt,
 - wobei anhand von Signalanteilen (26c-x) des ersten Eingangssignals (14) bzw. des ersten Zwischensignals nur in den Frequenzbändern (24c-x) der relevanten Untermenge (25) ein Aktivierungskriterium (34) für eine Aktivierung eines Teilalgorithmus (32) zur besagten Signalverarbeitung (28) überprüft wird, und
 - wobei besagter Teilalgorithmus (32) in Abhängigkeit des Aktivierungskriteriums (34) auf das erste Eingangssignal (14) bzw. das erste Zwischensignal angewandt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei für das Bestimmen der relevanten Untermenge (25) eine Anpassungsformel einer frequenzbandweisen Anpassung des Hörinstrumentes (1) herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei für das Bestimmen der relevanten Untermenge (25) frequenzbandweise ein Verstärkungswert ($G_a'-G_z'$) von Signalbeiträgen (26a-z) des ersten Eingangssignals (14) bzw. des ersten Zwischensignals im jeweiligen Frequenzband (24a-z) herangezogen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei zum Bestimmen des Verstärkungswertes ($G_a'-G_z'$) frequenzbandweise das erste Eingangssignal (14) mit dem Ausgangssignal (18) verglichen wird, und/oder eine entlang eines Signalpfades vom ersten Eingangswandler (2) zum Ausgangswandler (6) angewandte Signalverstärkung nachverfolgt wird, und wobei der Verstärkungswert ($G_a'-G_z'$) mit einem von der besagten Schwelle abhängigen ersten Grenzwert (36) verglichen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei für das Bestimmen der relevanten Unter-
- menge (25) eine von einem Benutzer des Hörinstrumentes (1) getroffene Einstellung einer Signalverstärkung berücksichtigt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zum Überprüfen des Aktivierungskriteriums (34) aus den Signalanteilen (26c-x) des ersten Eingangssignals (14) bzw. des ersten Zwischensignals in den Frequenzbändern (24c-x) der relevanten Untermenge (25) eine Kenngröße (38) ermittelt wird, welche Aufschluss über einen Rauschanteil in besagten Frequenzbändern (24c-x) liefert.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei als Kenngröße (38) ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis (40) der Signalanteile (26c-x) in den Frequenzbändern (24c-x) der relevanten Untermenge (25) ermittelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder Anspruch 7, wobei die besagte Kenngröße (38) mit einem Rausch-Grenzwert (42) verglichen wird, welcher einer Obergrenze für einen zulässigen Rauschanteil entspricht, und wobei das Aktivierungskriterium (34) für die Aktivierung des Teilalgorithmus (32) als erfüllt gilt, wenn der Rausch-Grenzwert (42) überschritten wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch einen akusto-elektrischen zweiten Eingangswandler (4) des Hörinstrumentes (1) aus dem Umgebungsschall (12) ein zweites Eingangssignal (16) erzeugt wird, wobei das Ausgangssignal (18) zusätzlich aus einer frequenzselektiven Signalverarbeitung des zweiten Eingangssignals (16) erzeugt wird, und wobei der Teilalgorithmus (32) eine Richtmikrofonie des ersten Eingangssignals (14) bzw. des ersten Zwischensignals und des zweiten Eingangssignals (16) und/oder eines vom zweiten Eingangssignal (16) abgeleiteten zweiten Zwischensignals umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Aktivierungskriterium (34) auch anhand von Signalanteilen des zweiten Eingangssignals (16) bzw. des zweiten Zwischensignals nur in den Frequenzbändern (24c-x) der relevanten Untermenge (25) überprüft wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Teilalgorithmus (32)

- eine frequenzbandweise Verstärkung,
und/oder
- eine frequenzbandweise Kompression,
und/oder
- eine Rauschunterdrückung 5

umfasst.

- 12.** Hörinstrument (1), umfassend wenigstens einen akusto-elektrischen ersten Eingangswandler (2), einen elektro-akustischen Ausgangswandler (6), und eine Signalverarbeitungseinrichtung (8), wobei das Hörinstrument (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

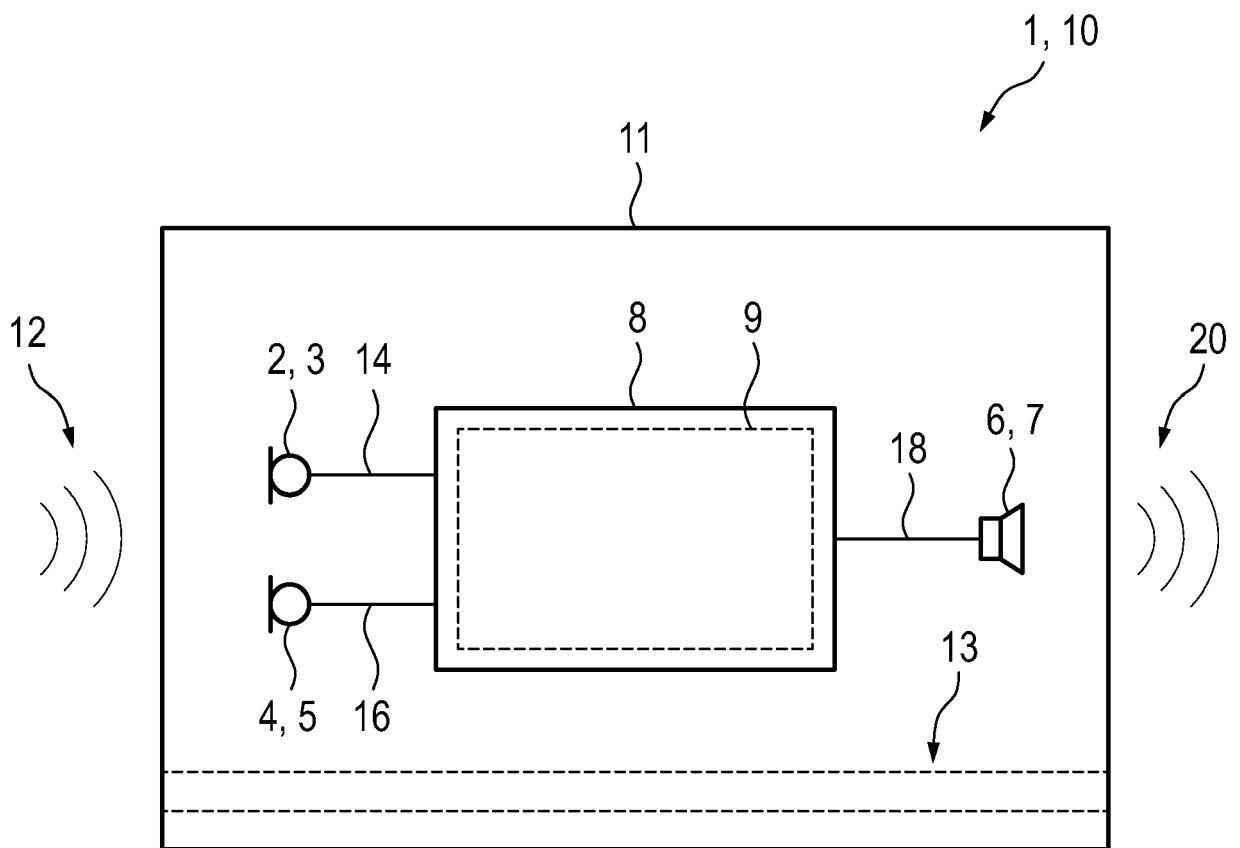


Fig. 1

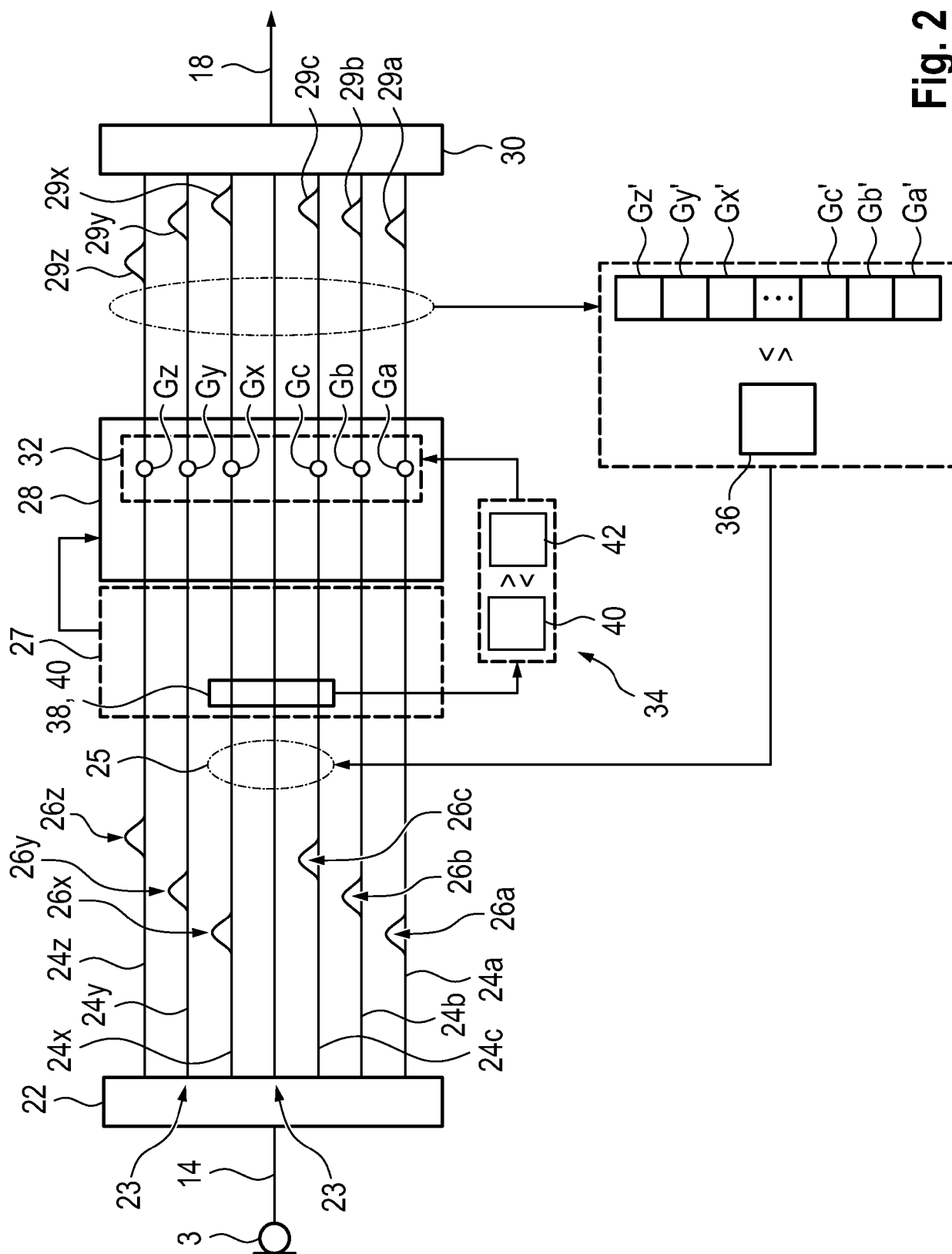


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 15 1095

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2015/341730 A1 (PEDERSEN MICHAEL SYSKIND [DK] ET AL) 26. November 2015 (2015-11-26)	1-5,9-12	INV. H04R25/00
A	* Absatz [0016] - Absatz [0017] * * Absatz [0025] - Absatz [0026] * * Absatz [0062] - Absatz [0064] * * Absatz [0070] - Absatz [0075] * * Abbildungen 1,5 *	6-8	
A	EP 3 565 270 A1 (SIVANTOS PTE LTD [SG]) 6. November 2019 (2019-11-06) * Absatz [0018] - Absatz [0019] * * Absatz [0032] - Absatz [0036] * * Abbildung 2 *	3,4,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Juni 2024	Prüfer Meiser, Jürgen
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 : nichtschriftliche 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			

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

EP 24 15 1095

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

06-06-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2015341730	A1	26-11-2015	CN 105101023	A	25-11-2015
				DK 2947898	T3	13-05-2019
15				EP 2947898	A1	25-11-2015
				EP 3522569	A1	07-08-2019
				US 2015341730	A1	26-11-2015

	EP 3565270	A1	06-11-2019	CN 110415719	A	05-11-2019
20				DE 102018206689	A1	31-10-2019
				DK 3565270	T3	21-02-2022
				EP 3565270	A1	06-11-2019
				US 2019333530	A1	31-10-2019

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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