



(11) **EP 3 793 209 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.03.2021 Patentblatt 2021/11

(51) Int Cl.:
H04R 1/10 (2006.01) G10K 11/178 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20190884.5**

(22) Anmeldetag: **13.08.2020**

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

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

(72) Erfinder:
• **NAUMANN, Frank 91088 Bubenreuth (DE)**
• **GÖKAY, Umut 53639 Königswinter (DE)**

(30) Priorität: **11.09.2019 DE 102019213807**

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

(54) **HÖRGERÄT MIT AKTIVER GERÄUSCHUNTERDRÜCKUNG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB DESSELBEN**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts (2) angegeben, wobei das Hörgerät (2) eine aktive Geräuschunterdrückung (6) aufweist, zur Unterdrückung von Geräuschen, welche einen oder mehrere Frequenzanteile ($f_1 - f_8$) aufweisen, wobei ein Audiogramm (4) bereitgestellt ist, welches frequenzabhängig eine Hörschwelle (22) eines Nutzers des Hörgeräts (2) angibt, wobei anhand des Audiogramms (4) bestimmt wird, wel-

che Frequenzanteile ($f_1 - f_8$) der Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht-hörbar sind, wobei die Geräuschunterdrückung (6) selektiv betrieben wird, indem hörbare Frequenzanteile ($f_1 - f_8$) der Geräusche unterdrückt werden und nicht-hörbare Frequenzanteile ($f_1 - f_8$) der Geräusche nicht unterdrückt werden. Weiter wird ein entsprechendes Hörgerät (2) angegeben.

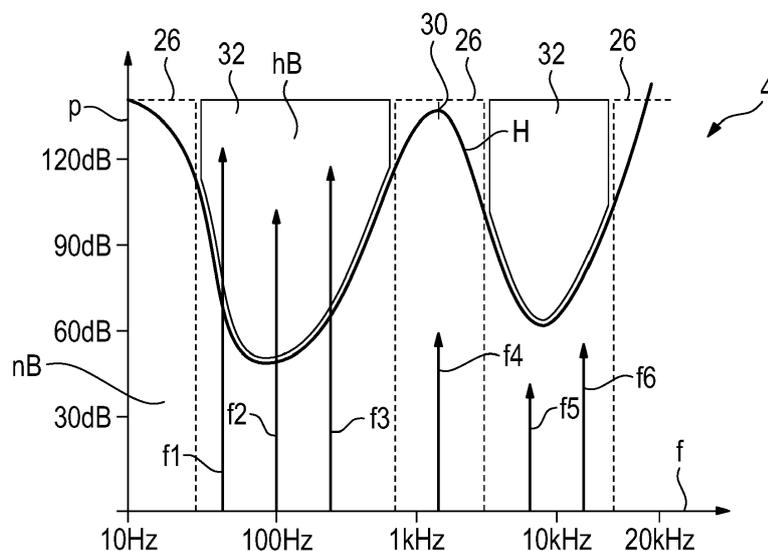


Fig. 4

EP 3 793 209 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts sowie ein entsprechendes Hörgerät.

[0002] Ein Hörgerät dient der Ausgabe von Geräuschen an einen Nutzer des Hörgeräts. Der Nutzer trägt das Hörgerät hierzu am oder im Ohr. Zur Ausgabe von Geräuschen weist das Hörgerät einen Hörer auf. Manche Hörgeräte weisen zudem wenigstens ein Mikrofon auf und sind als Hörhilfegeräte ausgebildet, um Geräusche aus der Umgebung aufzunehmen und diese dann an den Nutzer auszugeben. Die Geräusche werden dabei von dem Hörgerät typischerweise zusätzlich modifiziert, z.B. um einen Hörverlust des Nutzers auszugleichen. Allgemein werden unter einem Hörgerät vorliegend aber nicht lediglich Hörhilfegeräte für hörgeschädigte Nutzer verstanden, sondern auch Kopfhörer und dergleichen, welche zwar auch von Nutzern mit einem Hördefizit nutzbar sind, dieses jedoch nicht notwendigerweise ausgleichen.

[0003] Ein Hörgerät kann beispielsweise eine aktive Störgeräuschunterdrückung, kurz ANC (active noise cancellation) aufweisen, mittels welcher Geräusche aus der Umgebung, speziell Störgeräusche, unterdrückt werden, sodass sich für den Nutzer eine beruhigte Hörsituation ergibt. Auf ähnliche Weise kann auch durch eine aktive Okklusionsreduzierung, kurz AOR (active occlusion reduction), eine beruhigte Hörsituation hergestellt werden. Bei einer ANC werden Geräusche unterdrückt, welche aus der Umgebung von außen in den Gehörgang des Nutzers gelangen. Im Gegensatz hierzu werden bei einer AOR solche Geräusche unterdrückt, welche durch den Nutzer selbst entstehen oder welche aus stehenden Wellen im Gehörgang resultieren. Dies ist besonders dann der Fall, wenn der Gehörgang durch ein Ohrstück gegenüber der Umgebung überwiegend oder vollständig verschlossen ist. In beiden Fällen werden somit Geräusche, welche vom Nutzer üblicherweise als störend empfunden werden, unterdrückt und dadurch eine beruhigte Hörsituation hergestellt.

[0004] ANC und AOR und allgemein jegliche aktive Geräuschunterdrückung verbrauchen bei Anwendung entsprechend Energie und tragen somit zum Energieverbrauch eines Hörgeräts bei. Ein Energiespeicher des Hörgeräts oder eines damit verbundenen externen Geräts wird entsprechend belastet. Bei Hörgeräten und besonders bei Hörhilfegeräten steht jedoch ein hoher Energieverbrauch im Konflikt mit Anforderungen bezüglich Bauraum und Mobilität. Der Energiespeicher kann nicht beliebig groß gewählt werden und soll trotzdem eine möglichst lange und ununterbrochene Nutzung des Hörgeräts ermöglichen.

[0005] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine möglichst energiearme, aktive Geräuschunterdrückung für ein Hörgerät zu realisieren. Hierzu sollen ein verbessertes Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts sowie ein entsprechendes Hörgerät angegeben werden.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst

durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Hörgerät mit den Merkmalen gemäß Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei gelten die Ausführungen im Zusammenhang mit dem Verfahren sinngemäß auch für das Hörgerät und umgekehrt.

[0007] Das Verfahren dient zum Betrieb eines Hörgeräts, ist also ein Betriebsverfahren. Dieses wird insbesondere bei der bestimmungsgemäßen Verwendung des Hörgeräts ausgeführt, nämlich wenn ein Nutzer das Hörgerät am oder im Ohr trägt und wenn das Hörgerät eingeschaltet ist. Das Hörgerät weist eine aktive Geräuschunterdrückung auf, zur Unterdrückung von Geräuschen. Geräusche sind akustische Signale, also Schallsignale. Dabei sind mit dem Begriff "Geräusche" ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch einzelne Geräusche gemeint. Typischerweise sind jedoch mehrere Geräusche vorhanden. Die Geräuschunterdrückung unterdrückt Geräusche derart, dass für den Nutzer eine beruhigte Hörsituation hergestellt wird. Unter "aktiv" wird insbesondere verstanden, dass die Geräuschunterdrückung Gegengeräusche z.B. in Form von Antischall erzeugt, um einige oder sämtliche Geräusche wenigstens teilweise und vorzugsweise vollständig auszulöschen. Die Gegengeräusche werden derart erzeugt, dass diese mit den Geräuschen überlagert werden und zu diesen derart phasenversetzt sind, dass im Ergebnis die Geräusche unterdrückt werden. Dadurch wird für den Nutzer der Pegel der Geräusche reduziert.

[0008] Im Gegensatz zu "aktiv" wird unter einer "passiven" Geräuschunterdrückung dann verstanden, dass Geräusche durch eine Schallisolierung z.B. in Form spezieller Materialien oder spezieller Verschließung oder Verdeckung des Ohrs oder des Gehörgangs des Nutzers unterdrückt werden. Solch eine passive Geräuschunterdrückung ist zusätzlich zur aktiven Geräuschunterdrückung zwar nicht zwingend, aber vorteilhaft. Ein weiterer Unterschied zwischen aktiver und passiver Geräuschunterdrückung ist, dass die aktive Geräuschunterdrückung Energie benötigt, welche einem Energiespeicher, z.B. einer Batterie, entnommen wird. Der Energiespeicher ist vorzugsweise ein Teil des Hörgeräts.

[0009] Weiter ist ein Audiogramm des Nutzers des Hörgeräts bereitgestellt. Das Audiogramm gibt frequenzabhängig eine Hörschwelle des Nutzers an. Insbesondere ist das Audiogramm in einem Speicher des Hörgeräts hinterlegt. Das Audiogramm wird insbesondere in einem entsprechenden Test- oder Kalibrierverfahren bestimmt, beispielsweise durch einen Audiologen oder in einem geeigneten Betriebsmodus durch das Hörgerät selbst. Das Audiogramm unterscheidet sich typischerweise von Nutzer zu Nutzer. Das Audiogramm gibt für mehrere Frequenzanteile eines Frequenzspektrums jeweils eine Hörschwelle an, ab welcher der jeweilige Frequenzanteil für den Nutzer hörbar ist. Mit anderen Worten: das Audiogramm gibt für ein Gesamtfrequenzspektrum frequenzabhängig die nutzerspezifische Hör-

schwelle an. Das Audiogramm enthält somit eine Funktion, welche für einen gegebenen Frequenzanteil die individuelle Hörschwelle des Nutzers angibt. Die Hörschwelle ist ein Pegel, also eine Amplitude. Die Hörschwellen der diversen Frequenzen bilden gemeinsam eine Hörkurve. In einer graphischen Darstellung teilt die Hörkurve den durch die beiden Dimensionen Pegel und Frequenz aufgespannten Raum in zwei Bereiche, nämlich einen tatsächlich nicht hörbaren Bereich unterhalb der Hörkurve und einen tatsächlich hörbaren Bereich oberhalb der Hörkurve.

[0010] Unter "Frequenzanteil" wird eine einzelne Frequenz verstanden oder ein Frequenzbereich mit mehreren Frequenzen. Vorzugsweise zerlegt das Hörgerät die Geräusche in mehrere aufeinanderfolgende Frequenzbänder und dadurch in entsprechend viele Frequenzanteile, sodass dann jeder Frequenzanteil genau jeweils einem der Frequenzbänder des Hörgeräts zugeordnet sind. Die Trennung ist nicht zwingend scharf, vielmehr überlappen in einer möglichen Ausgestaltung die Frequenzbänder und entsprechend auch die Frequenzanteile technisch bedingt in einem Randbereich.

[0011] Das Audiogramm ist somit derart ausgebildet, dass sich anhand dessen bestimmen lässt, welche Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht hörbar sind. Ein jeweiliges Geräusch besteht entweder sowohl aus hörbaren als auch aus nicht-hörbaren Frequenzanteile oder ausschließlich aus hörbaren oder nicht-hörbaren Frequenzanteilen. Dabei ist die Zusammensetzung logischerweise nutzerabhängig und kann für dasselbe Geräusch für unterschiedliche Nutzer auch unterschiedlich sein. Ein Frequenzanteil ist genau dann für den Nutzer hörbar, wenn dieser Frequenzanteil einen Pegel aufweist, welcher die Hörschwelle des Nutzers für diesen Frequenzbereich überschreitet. Ansonsten ist der Frequenzbereich nicht hörbar. Für diejenigen Geräusche, welche im Betrieb zu einem gegebenen Zeitpunkt vorliegen, ist durch das Audiogramm vorbestimmt, welche Frequenzanteile ebenjener Geräusche die zugehörige Hörschwelle überschreiten und somit für den Nutzer tatsächlich hörbar sind und welche die zugehörige Hörschwelle nicht überschreiten und somit nicht hörbar sind. Darüber hinaus gibt das Audiogramm aber auch allgemein an, welche Frequenzanteile für den Nutzer besser hörbar sind, d.h. für welche die Hörschwelle niedrig ist, und welche schlechter hörbar sind, d.h. für welche die Hörschwelle hoch ist.

[0012] Vorliegend wird anhand des Audiogramms bestimmt, welche Frequenzanteile der Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht-hörbar sind. Diese Bestimmung erfolgt vorzugsweise als Teil des Verfahrens und somit während des Betriebs. Darunter wird insbesondere verstanden, dass die zu einem gegebenen Zeitpunkt während des Betriebs konkret vorliegenden Geräusche untersucht werden und deren hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile identifiziert werden. Welche Frequenzanteile ausgehend von dem Audiogramm hörbar sind und welche nicht hörbar sind, ist dagegen

bereits im Vorfeld durch das Audiogramm selbst vorgegeben und braucht nicht zwingend während des Verfahrens bestimmt zu werden, da das Audiogramm während des Verfahrens üblicherweise feststeht. Mit anderen Worten: die Geräusche werden anhand des vorbekannten Audiogramms in hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile unterteilt. Hierzu werden die Geräusche insbesondere mit einem Mikrofon des Hörgeräts aufgenommen und einer Steuereinheit des Hörgeräts zugeführt. Die hörbaren und nicht-hörbaren Frequenzanteile sind nicht zwingend scharf voneinander getrennt, sondern überlappen unter Umständen, typischerweise jedoch lediglich geringfügig. Beispielsweise ist es bei Totregionen, sogenannten "dead regions", auf der Cochlea nicht ohne Weiteres möglich, einzelne Zellen auf der Basilar-membran exakt bestimmten Frequenzanteilen zuzuordnen. Sondern ein jeweiliger Frequenzbereich kann von mehreren Zellen überlappend bedient werden, sodass der Ausfall der Hörfähigkeit für bestimmte Frequenzanteile fortschreitend und sozusagen schleichend mit dem vermehrten Ausfall von Zellen erfolgt. Beispielsweise ist dann nach und nach eine erhöhte Amplitude erforderlich, um den Frequenzanteil noch hören zu können.

[0013] Vorliegend wird die Geräuschunterdrückung selektiv betrieben, indem hörbare Frequenzanteile der Geräusche unterdrückt werden und nicht-hörbare Frequenzanteile der Geräusche nicht unterdrückt werden. Damit ist insbesondere gemeint, dass die hörbaren Frequenzanteile aktiv unterdrückt werden und die nicht-hörbaren Frequenzanteile nicht aktiv unterdrückt werden. Dabei werden nicht zwingend, jedoch bevorzugt alle hörbaren Frequenzanteile unterdrückt. Ebenso werden nicht zwingend, jedoch bevorzugt alle nicht-hörbaren Frequenzanteile auch nicht unterdrückt. Vorzugsweise werden lediglich hörbare Frequenzanteile unterdrückt, sodass sämtliche, nicht-hörbaren Frequenzanteile auch nicht unterdrückt werden.

[0014] Die anhand des Audiogramms ermittelten hörbaren und nicht-hörbaren Frequenzanteile entsprechen vorzugsweise tatsächlich hörbaren bzw. tatsächlich nicht-hörbaren Frequenzanteilen. Dies ist aber zunächst nicht in aller Konsequenz zwingend, vielmehr ist es bereits ausreichend, dass anhand des Audiogramms bestimmt ist oder wird, dass ein jeweiliger Frequenzanteil mit überwiegender Wahrscheinlichkeit oder in einer überwiegenden Anzahl an Hörsituationen oder dergleichen tatsächlich hörbar oder nicht-hörbar ist. Beispielsweise wird ein Frequenzanteil, für welchen die Hörschwelle sehr hoch liegt und z.B. 100 dB beträgt als nicht-hörbarer Frequenzanteil angesehen, obwohl tatsächlich zumindest Geräusche oberhalb von 100 dB bei den entsprechenden Frequenzen hörbar wären, solche Pegel aber seltener auftreten als Pegel unterhalb von 100 dB. Ob ein Frequenzanteil anhand des Audiogramms als hörbar und nicht-hörbar bestimmt wird, kann sich demnach davon unterscheiden, ob dieser tatsächlich hörbar oder nicht hörbar ist. Dies ist insbesondere davon abhängig, auf welche Art und Weise die Geräuschunterdrückung

konkret selektiv betrieben wird. Generell wird die Geräuschunterdrückung jedoch zweckmäßigerweise derart selektiv betrieben, dass durch Bestimmung anhand des Audiogramms ein jeweiliger Frequenzanteil mit überwiegender Wahrscheinlichkeit korrekt, d.h. in Übereinstimmung mit der tatsächlichen Situation, als hörbar oder nicht hörbar identifiziert wird.

[0015] Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht insbesondere darin, dass mittels des Audiogramms nutzerspezifisch, d.h. individuell, zwischen hörbaren und nicht-hörbaren Frequenzanteilen unterschieden wird und dann die Geräusche nutzerangepasst unterdrückt werden. Somit werden zu einem gegebenen Zeitpunkt lediglich diejenigen Frequenzanteile der Geräusche unterdrückt, welche gemäß dem Audiogramm für den Nutzer hörbar sind, genauer gesagt, welche ohne eingeschaltete Geräuschunterdrückung für den Nutzer hörbar wären. Die Geräuschunterdrückung wird also selektiv lediglich für solche Frequenzanteile verwendet, für welche eine Unterdrückung für den Nutzer auch einen hinreichenden Nutzen hat. Insgesamt wirkt die Geräuschunterdrückung insbesondere wie ein Filter, welches lediglich hörbare Frequenzanteile herausfiltert und dadurch ein nutzerspezifisches Filter ist. Nicht-hörbare Frequenzanteile werden dagegen auch nicht unterdrückt, wodurch entsprechend Energie eingespart wird, da für nicht-hörbare Frequenzanteile keine aktiven Maßnahmen wie z.B. die Erzeugung von Antischall durchgeführt werden. Die Geräuschunterdrückung belastet somit den Energiespeicher des Hörgeräts deutlich weniger und führt insgesamt zu einem energieärmeren Betrieb des Hörgeräts.

[0016] Der Erfindung liegt insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass solche Frequenzanteile, welche der Nutzer gar nicht hört, auch nicht aktiv unterdrückt werden müssen. Daher werden diese nicht-hörbaren Frequenzanteile vorliegend bei der Unterdrückung ausgelassen, indem die Geräuschunterdrückung entsprechend selektiv betrieben wird. Dabei werden aber nicht lediglich solche Frequenzanteile nicht unterdrückt, welche ohnehin außerhalb des akustischen Spektrums liegen und daher unabhängig vom Nutzer für jeden Menschen nicht hörbar sind, sondern es wird gezielt das individuelle Audiogramm des Nutzers genutzt, um die Unterdrückung individuell durchzuführen. Das vom Menschen wahrnehmbare akustische Spektrum ist allgemein auf einen Frequenzbereich von 10 Hz bis 20 kHz beschränkt, sodass Frequenzanteile außerhalb des akustischen Spektrums unabhängig vom Nutzer zweckmäßigerweise durch die Geräuschunterdrückung ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Vorliegend ist relevant, dass ein oder mehrere Frequenzbereiche innerhalb des akustischen Spektrums selektiv nicht unterdrückt werden, d.h. von der Geräuschunterdrückung ausgenommen sind.

[0017] Die nicht-hörbaren Frequenzbereiche innerhalb des akustischen Spektrums werden anhand des Audiogramms nutzerspezifisch bestimmt und können daher bezüglich des Gesamtfrequenzspektrums unterschiedlich positioniert und unterschiedlich umfangreich sein.

Beispielsweise weist der Nutzer ein Hördefizit auf, bei welchem die Hörschwelle im Bereich von 1 kHz bis 2 kHz wenigstens 100 dB beträgt. Geräusche bei diesen Frequenzen und unterhalb dieser Hörschwelle sind dann für den Nutzer nicht wahrnehmbar, d.h. sind nicht hörbar, und werden daher wenn vorhanden nicht aktiv unterdrückt.

[0018] Dabei ist es zunächst von untergeordneter Bedeutung, ob der Nutzer gehörgeschädigt ist, d.h. einen Hörverlust, einen Hörschaden oder ein Hördefizit im Sinne eines pathologischen Leidens aufweist. Vorteilhaft ist es an sich schon, dass überhaupt die individuelle Hörfähigkeit des Nutzers, egal ob gesund oder gehörgeschädigt, mittels des individuellen Audiogramms berücksichtigt wird. Da der selektive Betrieb der Geräuschunterdrückung vom Audiogramm des Nutzers abhängig ist, ist die Geräuschunterdrückung entsprechend eine personalisierte Geräuschunterdrückung. Besonders bevorzugt ist dieses Vorgehen bei einem gehörgeschädigten Nutzer, da bei diesem typischerweise ohnehin das Audiogramm gemessen wird, um die Hörfähigkeit quantitativ zu bestimmen. Konsequenterweise sind die Messung und die Berücksichtigung des Audiogramms aber auch bei einem gesunden Nutzer vorteilhaft, da auch hier die Berücksichtigung der individuellen Hörfähigkeit durch eine personalisierte Geräuschunterdrückung zu einer Energieeinsparung beim Betrieb des Hörgeräts führt. Insofern ist das Verfahren nicht lediglich für Hörgeräte geeignet, welche als Hörhilfegeräte ausgebildet sind, d.h. ausgebildet sind ein Hördefizit des Nutzers ausgleichen. Sondern das Verfahren ist auch geeignet für Kopfhörer, Headsets und dergleichen, welche an sich zunächst nur Nutzgeräusche, z.B. Musik, an den Nutzer ausgeben, wobei aber diese Nutzgeräusche von anderen Geräuschen z.B. aus der Umgebung überlagert sind. Diese anderen Geräusche werden dann mittels der Geräuschunterdrückung nutzerspezifisch unterdrückt. Dies steht im Gegensatz zu einer einfachen, breitbandigen Geräuschunterdrückung, welche ohne Unterscheidung zwischen hörbaren und nicht-hörbaren Frequenzbereichen jegliche Frequenzanteile unterdrückt und dadurch mehr Energie benötigt, als die hier beschriebene selektive Geräuschunterdrückung.

[0019] Vorliegend sind zwei Varianten besonders geeignet, um hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile zu unterscheiden und dadurch eine selektive Geräuschunterdrückung zu realisieren. Diese beiden Varianten sind nachfolgend näher erläutert und werden als erste Variante und zweite Variante bezeichnet.

[0020] In der ersten Variante wird die Geräuschunterdrückung amplitudenselektiv betrieben, indem solche Frequenzanteile, welche einen Pegel unterhalb der Hörschwelle aufweisen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile aktiv unterdrückt werden, in welchen der Pegel oberhalb der Hörschwelle liegt. Hierzu wird insbesondere der jeweilige Pegel eines Frequenzanteils mit der zugehörigen Hörschwelle des Audiogramms verglichen und diejenigen Frequenzanteile,

welche einen Pegel oberhalb der Hörschwelle aufweisen, werden als hörbare Frequenzanteile angesehen, wohingegen diejenigen Frequenzanteile, welche einen Pegel unterhalb der Hörschwelle aufweisen, als nicht-hörbare Frequenzanteile angesehen werden. Es wird also nach dem Pegel, d.h. der Amplitude der Frequenzanteile relativ zum Audiogramm unterschieden, sodass die Geräuschunterdrückung dann amplitudenselektiv ist. Dies hat den Vorteil, dass eine aktive Unterdrückung der Geräusche erst oberhalb der Hörschwelle erfolgt und nicht schon unnötigerweise unterhalb der Hörschwelle. Je nach Situation ist es dann auch möglich, dass sämtliche Frequenzanteile hörbar oder nicht-hörbar sind, sodass dann sämtliche Frequenzanteile entsprechend entweder unterdrückt oder nicht unterdrückt werden. Beispielsweise weist der Nutzer eine konstante Hörschwelle von 60 dB für sämtliche Frequenzanteile auf, dann werden alle Frequenzanteile sozusagen frequenzunabhängig ausschließlich abhängig von deren Amplitude unterdrückt oder nicht unterdrückt.

[0021] Vorzugsweise ist ein Maximalpegel vorgegeben, welcher eine Leistungsgrenze des Hörgeräts angibt, und solche Frequenzanteile, deren Pegel oberhalb des Maximalpegels liegt, werden nicht unterdrückt. Der Maximalpegel wird auch als Direktschall-Schwellenwert oder als Außenschall-Schwellenwert bezeichnet, da der Maximalpegel mit einem Eingangspiegel verglichen wird, d.h. dem Pegel der tatsächlich vorhandenen Geräusche, und gerade nicht mit einem Ausgangspiegel, d.h. dem Pegel der Geräusche, welche über den Hörer an den Nutzer ausgegeben werden. Der Ausgangspiegel ist nämlich aufgrund der Leistungsgrenze begrenzt. Der Maximalpegel gibt an, ab welchem Pegel eine Unterdrückung des jeweiligen Frequenzanteils aufgrund von technischen Beschränkungen des Hörgeräts nicht mehr sinnvoll oder nicht mehr möglich ist. Solche technischen Beschränkungen ergeben sich z.B. aus einer Maximalleistung des Hörers oder einer Endstufe des Hörgeräts. Da oberhalb des Maximalpegels also mit dem Hörgerät eine effektive Unterdrückung nicht durchgeführt werden kann, wird in diesem Fall auf eine Unterdrückung zweckmäßigerweise verzichtet und der Frequenzanteil bleibt von der Geräuschunterdrückung ausgenommen, obwohl er möglicherweise hörbar ist. Der Maximalpegel liegt regelmäßig oberhalb der jeweiligen Hörschwelle, dies ist jedoch speziell in solchen Frequenzbereichen nicht zwingend, in welchen der Nutzer ein Hördefizit aufweist. Grundsätzlich ist ein frequenzabhängiger Maximalpegel geeignet, bevorzugt ist aber ein konstanter Maximalpegel für alle Frequenzanteile. Ein geeigneter Maximalpegel beträgt beispielsweise 140 dB. Die Verwendung eines Maximalpegels in Kombination mit einer amplitudenselektiven Geräuschunterdrückung ist besonders vorteilhaft, aber nicht zwingend, vielmehr kann ein Maximalpegel wie beschrieben auch allgemein bei einer selektiven Geräuschunterdrückung verwendet werden

[0022] In der zweiten Variante weist das Audiogramm einen oder mehrere Totbereiche auf, innerhalb welchen

die Hörschwelle jeweils oberhalb eines Mindestpegels liegt, und die Geräuschunterdrückung wird frequenzselektiv betrieben, indem solche Frequenzanteile, welche innerhalb eines Totbereichs des Audiogramms liegen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile aktiv unterdrückt werden, welche nicht innerhalb eines Totbereichs des Audiogramms liegen. In dem Audiogramm sind ein oder mehrere Frequenzbereiche jeweils als Totbereich dadurch definiert, dass die jeweilige Hörschwelle der Frequenzen innerhalb des Totbereichs oberhalb des Mindestpegels liegt. Ein jeweiliger Totbereich kennzeichnet somit einen Frequenzbereich, auf welchem der Nutzer besonders schlecht hört. Der Mindestpegel beträgt in einer geeigneten Ausgestaltung 90 dB. In den Totbereichen erfolgt dann generell keine Unterdrückung der Geräusche, unabhängig vom Pegel. Jegliche Frequenzanteile, welche innerhalb eines Totbereichs liegen, werden als nicht-hörbar angesehen und auch nicht unterdrückt. Frequenzanteile, welche jedoch außerhalb sämtlicher Totbereiche liegen, werden als hörbar angesehen und zweckmäßigerweise aktiv unterdrückt. Es wird also nach der Frequenz der Frequenzanteile relativ zu den Totbereichen des Audiogramms unterschieden, sodass die Geräuschunterdrückung dann frequenzselektiv ist. Die Unterscheidung, ob ein Frequenzanteil hörbar oder nicht hörbar ist, erfolgt also dadurch, dass überprüft wird, ob der Frequenzanteil innerhalb eines Totbereichs liegt oder nicht und ist somit zunächst unabhängig davon, ob dessen Pegel die Hörschwelle überschreitet oder nicht. Die getroffene Unterteilung in hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile entspricht also eher einer Erwartung bezüglich der Hörbarkeit, welche aus dem Audiogramm abgeleitet ist, und nicht zwingend der tatsächlichen Hörbarkeit. Dennoch gewährleistet dieses Vorgehen eine ausreichende Geräuschunterdrückung bei gleichzeitiger Energieeinsparung.

[0023] Ein Totbereich ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass ein Überschreiten der im Vergleich zum übrigen Audiogramm hohen Hörschwelle innerhalb des Totbereichs eher unwahrscheinlich oder sogar unmöglich ist. Allgemein erstreckt sich ein Totbereich des Audiogramms beginnend bei einer unteren Frequenz bis abschließend zu einer oberen Frequenz und zwischen diesen beiden Frequenzen, auch als Grenzfrequenzen bezeichnet, liegt die Hörschwelle durchgängig oberhalb des Mindestpegels. Dabei wird zwischen allgemeinen und speziellen Totbereichen unterschieden. Während allgemeine Totbereiche am Rand des akustischen Spektrums liegen, wo die Hörkurve für jeden Nutzer allgemein zu hohen Pegeln hin ausläuft, liegen spezielle Totbereiche gerade nicht am Rand, sondern innerhalb des Frequenzspektrums. Ein spezieller Totbereich kennzeichnet zudem ein tatsächliches Hördefizit eines gehörgeschädigten Nutzers, wohingegen ein allgemeiner Totbereich ein natürliches Hördefizit kennzeichnet, welches zwar auch individuell sein kann, welches jedoch nicht auf ein pathologisches Leiden zurückgeht und in der ein oder

anderen Form für alle Nutzer vorhanden ist. Ein spezieller Totbereich wird daher auch als Hördefizit-Totbereich bezeichnet und ein allgemeiner Totbereich als natürlicher Totbereich.

[0024] Vorzugsweise liegt ein lokales Maximum der Hörschwelle innerhalb des Totbereichs, sodass dieser das Maximum gleichsam einrahmt und somit einen Frequenzbereich umfasst, auf welchem der Nutzer besonders schlecht hört. Solch ein lokales Maximum ergibt sich insbesondere bei einem Hördefizit-Totbereich, typischerweise jedoch nicht bei einem natürlichen Totbereich am Rande des akustischen Spektrums.

[0025] Die Geräuschunterdrückung wird demnach wie vorstehend beschrieben vorteilhafterweise amplituden- selektiv oder frequenzselektiv betrieben. Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei welcher diese beiden Varianten miteinander kombiniert sind, sodass die Geräuschunterdrückung dann Amplituden- und frequenz- selektiv betrieben wird. Im Audiogramm sind dann durch Überlappung der Hörkurve mit den Totbereichen ein oder mehrere Regionen ausgebildet, welche sich als Differenzmenge des hörbaren Bereichs und der Totbereiche ergeben. Diese Regionen umfassen demnach alle Frequenzanteile, welche nicht in einem Totbereich liegen und deren Pegel oberhalb der zugehörigen Hörschwelle liegt. Vorzugsweise wird dann lediglich solche Frequenz- anteile, welche aufgrund ihrer Frequenz und ihres Pegels in einer dieser Regionen liegen, mittels der Geräuschunterdrückung aktiv unterdrückt, wohingegen die übrigen Frequenzanteile nicht aktiv unterdrückt werden. Die Regionen werden daher auch jeweils als Aktivregion bezeichnet. Dabei werden dann lediglich diejenigen Frequenzanteile unterdrückt, welche sowohl außerhalb der Totbereiche liegen als auch oberhalb der jeweiligen Hörschwelle, wohingegen die übrigen Frequenzbereiche nicht aktiv unterdrückt werden, da diese insbesondere ohnehin nicht vom Nutzer wahrgenommen werden.

[0026] Die Geräusche sind entweder Störgeräusche oder Nutzgeräusche oder eine Kombination hiervon. Allgemein ist das Hörgerät zweckmäßigerweise dazu ausgebildet, Nutzgeräusche von Störgeräuschen zu unterscheiden und überwiegend oder ausschließlich die Störgeräusche mittels der aktiven Geräuschunterdrückung zu unterdrücken, wohingegen die Nutzgeräusche überwiegen oder vollständig unbeeinflusst von der Geräusch- unterdrückung an den Nutzer ausgegeben werden. Nutzgeräusche sind z.B. Sprache eines Gesprächspartners, Sprache des Nutzers, Musik, Warnsignale oder dergleichen. Störgeräusche sind insbesondere Rauschen, Anlagen- oder Maschinengeräusche, Hintergrundgeräusche und dergleichen. Vorzugsweise wird die aktive Geräuschunterdrückung also lediglich auf die Störgeräusche angewandt.

[0027] Bevorzugterweise weist die aktive Geräusch- unterdrückung eine aktive Störgeräuschunterdrückung auf, welche Störgeräusche aus der Umgebung dadurch unterdrückt, dass die Störgeräusche mit einem äußeren Mikrofon des Hörgeräts aufgenommen werden und in-

vertiert über einen Hörer des Hörgeräts ausgegeben werden. Das äußere Mikrofon ist insbesondere an oder in einem Gehäuse des Hörgeräts angebracht und weist generell nach außen, sitzt also gerade nicht im Gehörgang des Nutzers ein. Das äußere Mikrofon nimmt demnach vorrangig Geräusche aus der Umgebung des Nutzers auf, darunter gegebenenfalls auch Störgeräusche. Die aktive Geräuschunterdrückung dient dann zur Unterdrückung von Störgeräuschen aus der Umgebung des Nutzers. Die aktive Störgeräuschunterdrückung wird auch als ANC (active noise cancellation) bezeichnet.

[0028] Alternativ oder zusätzlich weist die aktive Geräuschunterdrückung eine aktive Okklusionsreduzierung auf, welche Störgeräusche, welche sich aus einer Okklusion eines Gehörgangs des Nutzers ergeben, dadurch unterdrückt, dass die Störgeräusche mit einem inneren Mikrofon des Hörgeräts im Gehörgang des Nutzers aufgenommen werden und invertiert über einen Hörer des Hörgeräts ausgegeben werden. Die aktive Okklusionsreduzierung wird auch kurz als AOR (active occlusion reduction) bezeichnet. Eine Okklusion ergibt sich bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Hörgeräts insbesondere durch ein Ohrstück des Hörgeräts. Das Ohrstück ist beispielsweise ein sogenannter Dome, ein Ear Tip oder eine Otoplastik und allgemein in den Gehörgang des Nutzers eingesetzt und verschließt also den Gehörgang nach außen hin. Dadurch ist im Ohrkanal ein Resonator ausgebildet, welcher zu unangenehmen Störgeräuschen führt. Diese werden mittels des inneren Mikrofons aufgenommen. Hierzu ist das innere Mikrofon zweckmäßigerweise am Ohrstück angebracht und in eingesetztem Zustand vorzugsweise auch im Resonator angeordnet, sodass eigene Geräusche des Nutzers und stehende Wellen im Gehörgang besonders effizient aufgenommen werden und entsprechend mittels der Geräuschunterdrückung unterdrückt werden.

[0029] Vorzugsweise gibt das Audiogramm die Hörschwelle in einem Frequenzbereich von wenigstens 10 Hz bis höchstens 20 kHz an, umfasst also ein Gesamtfrequenzspektrum, welches dem akustischen Spektrum entspricht. An den Rändern des Audiogramms, also insbesondere unterhalb von 20 Hz und oberhalb von 16 kHz ist die Hörfähigkeit der meisten Menschen regelmäßig schlecht, unabhängig davon, ob diese hörgeschädigt sind oder nicht. Die Hörschwelle liegt hier typischerweise oberhalb von 90 dB. Daher werden Frequenzanteile an diesen Rändern zweckmäßigerweise ebenfalls von der aktiven Geräuschunterdrückung nicht aktiv unterdrückt.

[0030] Zudem ist es sinnvoll, solche Frequenzbereiche, in welchen überwiegend Nutzsignale zu erwarten sind, von vornherein von der Geräuschunterdrückung auszunehmen, sofern diese Nutzsignale nicht ohnehin schon vom Hörgerät zuvor abgetrennt und gesondert weiterverarbeitet werden. In einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung wird ein Frequenzbereich für Sprache von der Geräuschunterdrückung nicht unterdrückt, unabhängig davon, ob der Nutzer hier gut oder schlecht hört. Sprache stellt üblicherweise ein Nutzsignal dar, wel-

ches vorzugsweise möglichst nicht von der Geräuschunterdrückung ausgelöscht wird. Ein geeigneter Frequenzbereich für Sprache erstreckt sich insbesondere von 300 Hz bis 5 kHz oder über einen Teilbereich hiervon.

[0031] Ein erfindungsgemäßes Hörgerät weist eine Steuereinheit auf, welche ausgebildet ist zur Durchführung eines Verfahrens wie vorstehend beschrieben. Die Steuereinheit wird auch als Controller bezeichnet und ist insbesondere innerhalb eines Gehäuses des Hörgeräts angeordnet. Das Audiogramm ist zweckmäßigerweise in einem Speicher hinterlegt, welcher ein Teil der Steuereinheit ist oder mit dieser verbunden ist. Der Speicher ist vorzugsweise ebenfalls ein Teil des Hörgeräts.

[0032] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Hörgerät als Hörhilfegerät ausgebildet und weist hierzu eine Signalverarbeitung auf, zur Modifizierung von Eingangssignalen zwecks Ausgleich eines Hördefizits des Nutzers. Die Eingangssignale werden mittels eines Mikrofons, speziell eines äußeren Mikrofons, des Hörgeräts aufgenommen. Die Modifizierung der Eingangssignale erfolgt in der Signalverarbeitung abhängig vom Audiogramm, also nutzerspezifisch. Die modifizierten Eingangssignale sind dann Ausgangssignale der Signalverarbeitung und werden an einen Hörer des Hörgeräts weitergegeben, zur Ausgabe an den Nutzer.

[0033] Alternativ oder zusätzlich sind die Eingangssignale nicht oder nicht ausschließlich mittels eines Mikrofons des Hörgeräts erzeugt, sondern sind elektrische Audiosignale, welche von einem geeigneten Abspielgerät an das Hörgerät übermittelt werden oder in dem Hörgerät gespeichert sind.

[0034] Die Eingangssignale werden vorzugsweise mittels einer Filterbank des Hörgeräts, speziell der Signalverarbeitung, in mehrere Frequenzbänder aufgeteilt. Beispielsweise weist die Filterbank 48 Kanäle auf und erzeugt entsprechend 48 Frequenzbänder. Ein jeweiliger Frequenzanteil wird dann dadurch unterdrückt, dass dasjenige Frequenzband unterdrückt wird, in welchem der zu unterdrückende Frequenzanteil liegt.

[0035] Vorzugsweise ist das Hörgerät binaural ausgebildet und weist zwei Einzelgeräte auf, je eines für eines der beiden Ohren des Nutzers. Zweckmäßigerweise wird das Verfahren auf beiden Seiten, d.h. für beide Ohren, dann separat durchgeführt, da die Hörfähigkeit des Nutzers für beide Ohren üblicherweise nicht identisch ist. Entsprechend werden dann zwei Audiogramme bereitgestellt, eines für jede Seite.

[0036] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen jeweils schematisch:

- Fig. 1 ein Hörgerät,
- Fig. 2 ein Audiogramm und eine amplitudenselektive Unterdrückung von Geräuschen,
- Fig. 3 das Audiogramm aus Fig. 2 und eine frequenzselektive Unterdrückung von Geräuschen,
- Fig. 4 das Audiogramm aus Fig. 2 und eine amplituden- und frequenzselektive Unterdrückung von

Geräuschen.

[0037] In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines Hörgeräts 2 gezeigt. In den Fig. 2 bis 4 ist exemplarisch ein Audiogramm 4 eines Nutzers gezeigt, anhand dessen auf unterschiedliche Weisen im Rahmen eines Verfahrens zum Betrieb des Hörgeräts 2 eine aktive Geräuschunterdrückung 6 des Hörgeräts 2 selektiv betrieben wird. Die aktive Geräuschunterdrückung 6 dient allgemein zur Unterdrückung von Geräuschen, wobei mit dem Begriff "Geräusche" ohne Beschränkung der Allgemeinheit auch einzelne Geräusche gemeint sind. Die Geräuschunterdrückung 6 unterdrückt Geräusche derart, dass für den Nutzer eine beruhigte Hörsituation hergestellt wird. Dazu werden Gegengeräusche erzeugt, um die Geräusche teilweise oder sogar vollständig auszulöschen. Hierzu wird Energie benötigt, welche vorliegend einem Energiespeicher 8 des Hörgeräts 2, entnommen wird.

[0038] Das Hörgerät 2 in Fig. 1 weist eine Steuereinheit 10 auf, welche ausgebildet ist zur Durchführung des Verfahrens. Die Steuereinheit 10 ist innerhalb eines Gehäuses 12 des Hörgeräts 2 angeordnet. Das Audiogramm 4 ist vorliegend in einem Speicher 14 hinterlegt. Vorliegend sind der Speicher 14 und die Geräuschunterdrückung 6 jeweils ein Teil der Steuereinheit 10. Dies ist jedoch nicht zwingend.

[0039] Das gezeigte Hörgerät 2 als Hörhilfegerät ausgebildet, zum Ausgleich eines Hördefizits des Nutzers, und weist hierzu eine Signalverarbeitung 15 auf, welche hier auch ein Teil der Steuereinheit 10 ist. Die Signalverarbeitung 15 dient zur Modifizierung von Eingangssignalen zwecks Ausgleich des Hördefizits des Nutzers. Die Eingangssignale werden mittels eines Mikrofons 16 des Hörgeräts 2 aufgenommen, in Fig. 1 sind zwei äußere Mikrofone 16 gezeigt. Die Modifizierung der Eingangssignale erfolgt in der Signalverarbeitung 15 abhängig vom Audiogramm 4, also nutzerspezifisch. Die modifizierten Eingangssignale sind dann Ausgangssignale der Signalverarbeitung 15 und werden an einen Hörer 18 des Hörgeräts 2 weitergegeben, zur Ausgabe an den Nutzer. Der Hörer 18 ist in der gezeigten Ausführungsform ein Teil eines Ohrstücks 20, welches in den Gehörgang des Nutzers eingesetzt wird. Alternativ ist der Hörer 18 im Gehäuse 12 angeordnet und die Schallsignale, welche vom Hörer 18 erzeugt werden, werden über einen Schallschlauch in den Gehörgang geleitet. Alternativ oder zusätzlich sind die Eingangssignale elektrische Audiosignale, welche von einem geeigneten Abspielgerät an das Hörgerät 2 übermittelt werden oder in dem Hörgerät 2 gespeichert sind.

[0040] Die Eingangssignale werden mittels einer nicht näher gezeigten Filterbank als Teil der Signalverarbeitung 15 des Hörgeräts 2, d.h. vorliegend innerhalb der Steuereinheit 10, in mehrere Frequenzbänder aufgeteilt. Beispielsweise weist die Filterbank 48 Kanäle auf und erzeugt entsprechend 48 Frequenzbänder. Ein jeweiliger Frequenzanteil $f_1 - f_8$ wird dann dadurch unterdrückt, dass dasjenige Frequenzband unterdrückt wird, in wel-

chem der zu unterdrückende Frequenzanteil $f_1 - f_8$ liegt.

[0041] In Fig. 1 ist ein Hörgerät mit lediglich einem Einzelgerät gezeigt. In einer nicht gezeigten Variante ist das Hörgerät 2 binaural ausgebildet und weist zwei Einzelgeräte auf, z.B. wie in Fig. 1, je eines für eines der beiden Ohren des Nutzers.

[0042] Das Audiogramm 4 gibt allgemein frequenzabhängig eine Hörschwelle 22 des Nutzers an und wird beispielsweise in einem entsprechenden Test- oder Kalibrierverfahren bestimmt. Das Audiogramm 4 unterscheidet sich typischerweise von Nutzer zu Nutzer. Das in den Fig. 2 bis 4 gezeigte Audiogramm 4 ist somit lediglich ein Beispiel aus einer Vielzahl von möglichen Audiogrammen 4. Das gezeigte Audiogramm 4 gibt für jede Frequenz f eines Frequenzspektrums von 10 Hz bis 20 kHz jeweils eine Hörschwelle 22 an, ab welcher die jeweilige Frequenz f für den Nutzer hörbar ist, d.h. es wird frequenzabhängig die nutzerspezifische Hörschwelle 22 angegeben. Die Hörschwelle 22 ist ein Pegel p , also eine Amplitude. In den Fig. 2 bis 4 sind zudem durch jeweils mehrere vertikale Pfeile diverse Frequenzanteile $f_1 - f_8$ dargestellt, welche jeweils einen bestimmten Pegel p aufweisen. Die exemplarisch gezeigten Frequenzanteile $f_1 - f_8$ sind hier einzelne Frequenzen, sind alternativ jedoch Frequenzbereiche mit mehreren Frequenzen. Die Hörschwellen 22 der diversen Frequenzen f bilden gemeinsam eine Hörkurve H . Wie aus den graphischen Darstellungen der Fig. 2 bis 4 deutlich wird, teilt die Hörkurve H den durch die beiden Dimensionen Pegel p und Frequenz f aufgespannten Raum in zwei Bereiche, nämlich einen tatsächlich nicht hörbaren Bereich nB unterhalb der Hörkurve H und einen tatsächlich hörbaren Bereich hB oberhalb der Hörkurve H .

[0043] Das Audiogramm 4 ist somit derart ausgebildet, dass sich anhand dessen bestimmen lässt, welche Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht hörbar sind. Ein jeweiliges Geräusch besteht aus einem oder mehreren Frequenzanteilen $f_1 - f_8$, welche hörbar oder nicht-hörbar sind oder eine Kombination hiervon. Ein Frequenzanteil $f_1 - f_8$ ist genau dann für den Nutzer hörbar, wenn dieser Frequenzanteil $f_1 - f_8$ einen Pegel p aufweist, welcher die Hörschwelle 22 des Nutzers für diesen Frequenzbereich überschreitet. Somit sind in Fig. 2 die Frequenzanteile $f_1 - f_5$ tatsächlich vom Nutzer hörbar, die Frequenzanteile $f_6 - f_8$ dagegen nicht. In Fig. 3 sind die Frequenzanteile f_1, f_2, f_5 tatsächlich vom Nutzer hörbar, die Frequenzanteile f_4, f_6 dagegen nicht. In Fig. 4 sind die Frequenzanteile $f_1 - f_3$ tatsächlich vom Nutzer hörbar, die Frequenzanteile $f_4 - f_6$ dagegen nicht.

[0044] Die Geräuschunterdrückung 6 wird weiterhin selektiv betrieben, indem hörbare Frequenzanteile $f_1 - f_8$ der Geräusche unterdrückt werden und nicht-hörbare Frequenzanteile $f_1 - f_8$ der Geräusche nicht unterdrückt werden. Die Geräuschunterdrückung 6 wird also selektiv lediglich für solche Frequenzanteile $f_1 - f_8$ verwendet, für welche eine Unterdrückung für den Nutzer auch einen hinreichenden Nutzen hat. Solche Frequenzanteile $f_1 - f_8$, welche der Nutzer gar nicht hört, müssen auch nicht

aktiv unterdrückt werden und werden daher bei der Unterdrückung ausgelassen. Dabei werden nicht lediglich solche Frequenzanteile $f_1 - f_8$ nicht unterdrückt, welche ohnehin außerhalb des akustischen Spektrums liegen, also in den Fig. 2 und 4 unterhalb von 20 Hz und oberhalb von 20 kHz, sondern es wird gezielt das individuelle Audiogramm 4 des Nutzers genutzt, um die Unterdrückung individuell durchzuführen. So ist der Nutzer im gezeigten Ausführungsbeispiel gehörgeschädigt und weist ein Hördefizit auf, bei welchem die Hörschwelle 22 etwa im Bereich von 1 kHz bis 2 kHz wenigstens etwa 100 dB beträgt. Geräusche bei diesen Frequenzen und unterhalb dieser Hörschwelle 22 sind dann für den Nutzer nicht wahrnehmbar, d.h. sind nicht hörbar, und werden daher nicht aktiv unterdrückt.

[0045] Alternativ ist der nicht Nutzer gehörgeschädigt im Sinne eines pathologischen Leidens. Die Geräuschunterdrückung 6 ist allgemein eine personalisierte Geräuschunterdrückung 6. Insofern ist das Verfahren nicht lediglich für Hörgeräte 2 geeignet, welche z.B. wie in Fig. 1 als Hörhilfegeräte ausgebildet sind, sondern auch für Kopfhörer, Headsets und dergleichen, welche an sich zunächst nur Nutzgeräusche an den Nutzer ausgeben, wobei aber diese Nutzgeräusche von anderen Geräuschen überlagert sind. Diese anderen Geräusche werden dann mittels der Geräuschunterdrückung 6 nutzerspezifisch unterdrückt.

[0046] Welche Frequenzanteile $f_1 - f_8$ der Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht hörbar sind wird anhand des Audiogramms 4 bestimmt. Genauer gesagt: es wird ermittelt, welche Frequenzanteile $f_1 - f_8$ auf Basis des Audiogramms 4 als hörbar oder nicht angenommen werden können. Die Geräusche werden also anhand des vorbekannten Audiogramms 4 in hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile $f_1 - f_8$ unterteilt. Ob ein Frequenzanteil $f_1 - f_8$ anhand des Audiogramms 4 als hörbar und nicht-hörbar bestimmt wird, kann sich prinzipiell je nach Art und Weise des selektiven Betriebs der Geräuschunterdrückung 6 davon unterscheiden, ob dieser tatsächlich hörbar oder nicht hörbar ist. Generell ist jedoch das Ziel, die Geräuschunterdrückung derart selektiv zu betreiben, dass durch Bestimmung anhand des Audiogramms 4 der Frequenzanteil $f_1 - f_8$ mit überwiegender Wahrscheinlichkeit korrekt als hörbar oder nicht hörbar identifiziert wird.

[0047] Vorliegend sind zwei Varianten besonders geeignet, um hörbare und nicht-hörbare Frequenzanteile $f_1 - f_8$ zu unterscheiden und dadurch eine selektive Geräuschunterdrückung 6 zu realisieren. Anhand von Fig. 2 wird eine Ausführungsform der ersten Variante erläutert, anhand von Fig. 3 eine Ausführungsform der zweiten Variante, in der Ausführungsform nach Fig. 4 sind beide Varianten miteinander kombiniert. In den Fig. 2 - 4 sind zudem exemplarisch mehrere Frequenzanteile $f_1 - f_8$ gezeigt, welche ein oder mehrere Geräusche bilden. Die gezeigten Frequenzanteile $f_1 - f_8$ stellen dabei die tatsächlich vorhandenen Geräusche dar, also nicht die Geräusche, welche über den Hörer 18 an den Nutzer aus-

gegeben werden. Diese tatsächlichen Geräusche gelangen regelmäßig direkt in den Gehörgang des Nutzers, werden dabei aber unter Umständen aufgrund des Ohrstücks 18 noch abgeschwächt. Die tatsächlichen Geräusche gelangen vorliegend zudem auch zum Mikrofon 16, werden mit diesem aufgenommen, ggf. in der Steuereinheit 10 verarbeitet und über den Hörer 18 an den Nutzer ausgegeben.

[0048] In Fig. 2 wird gemäß der ersten Variante die Geräuschunterdrückung 6 amplitudenselektiv betrieben, indem solche Frequenzanteile f6 - f8, welche einen Pegel p unterhalb der jeweils zugehörigen Hörschwelle 22 aufweisen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile f1 - f5 aktiv unterdrückt werden, in welchen der Pegel p oberhalb der jeweils zugehörigen Hörschwelle 22 liegt. Hierzu wird der jeweilige Pegel p eines Frequenzanteils f1 - f8 mit der zugehörigen Hörschwelle 22 des Audiogramms 4 verglichen und diejenigen Frequenzanteile f1 - f5, welche einen Pegel p oberhalb der Hörschwelle 22 aufweisen, werden als hörbare Frequenzanteile f1 - f5 angesehen, wohingegen diejenigen Frequenzanteile f6 - f8, welche einen Pegel p unterhalb der Hörschwelle 22 aufweisen, als nicht-hörbare Frequenzanteile f6 - f8 angesehen werden. Es wird also nach dem Pegel p, d.h. der Amplitude der Frequenzanteile f1 - f8 relativ zum Audiogramm 4, genauer gesagt relativ zur Hörkurve H, unterschieden. Dadurch erfolgt während des Verfahrens eine aktive Unterdrückung der Geräusche erst oberhalb der Hörkurve H und nicht schon unnötigerweise unterhalb davon.

[0049] Zusätzlich wird im Beispiel der Fig. 2 noch ein Maximalpegel 24 vorgegeben, welcher eine Leistungsgrenze des Hörgeräts 2 angibt, und solche Frequenzanteile f4, f5, deren Pegel p oberhalb des Maximalpegels 24 liegt, werden nicht unterdrückt. Der Maximalpegel 24 gibt an, ab welchem Pegel p eine Unterdrückung des jeweiligen Frequenzanteils f1 - f8 aufgrund von technischen Beschränkungen des Hörgeräts 2 nicht mehr sinnvoll oder nicht mehr möglich ist. Solche technischen Beschränkungen ergeben sich z.B. aus einer Maximalleistung des Hörers 18 oder einer Endstufe des Hörgeräts 2. Da oberhalb des Maximalpegels 24 also mit dem Hörgerät 2 eine effektive Unterdrückung nicht durchgeführt werden kann, sondern sich vielmehr automatisch aufgrund des Überschreitens der Leistungsgrenze ergibt, wird in diesem Fall auf eine Unterdrückung verzichtet und die Frequenzanteile f4, f5 bleiben von der Geräuschunterdrückung 6 ausgenommen, obwohl diese vorliegend hörbar sind. Bei der Ausgabe sind diese Frequenzanteile f4, f5 jedoch automatisch aufgrund der Leistungsgrenze auf den Maximalpegel 24 reduziert. Wie aus Fig. 2 deutlich wird, liegt der Maximalpegel 24 regelmäßig oberhalb der jeweiligen Hörschwelle 22. Dies ist aber nicht zwingend. Vorliegend ist der Maximalpegel 24 konstant für alle Frequenzen f, in einer nicht gezeigten Variante ist der Maximalpegel 24 dagegen frequenzabhängig. Die Verwendung eines Maximalpegels 24 wie beschrieben ist unabhängig von der beschriebenen ampli-

tudenselektiven Geräuschunterdrückung 6 und kann auch ausgelassen werden.

[0050] In Fig. 3 wird gemäß der zweiten Variante die Geräuschunterdrückung 6 frequenzselektiv betrieben. Hier weist das Audiogramm 4 zudem einen oder mehrere Totbereiche 26 auf, innerhalb welchen die Hörschwelle 22 jeweils oberhalb eines Mindestpegels 28 liegt. Der frequenzselektive Betrieb ist nun derart realisiert, dass solche Frequenzanteile f4, welche innerhalb eines Totbereichs 26 des Audiogramms 4 liegen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile f1 - f3, f5, f6 aktiv unterdrückt werden, welche nicht innerhalb eines Totbereichs 26 des Audiogramms 4 liegen. Ein jeweiliger Totbereich 26 kennzeichnet somit einen Frequenzbereich, auf welchem der Nutzer besonders schlecht hört. In den Totbereichen 26 erfolgt dann generell keine Unterdrückung der Geräusche, unabhängig vom Pegel p, d.h. unabhängig davon, ob der Pegel p ober oder unterhalb der Hörschwelle 22 liegt. Jegliche Frequenzanteile f4, welche innerhalb eines Totbereichs 26 liegen, werden als nicht-hörbar angesehen und auch nicht unterdrückt. Frequenzanteile f1 - f3, f4, f5, welche jedoch außerhalb sämtlicher Totbereiche 26 liegen, werden als hörbar angesehen und aktiv unterdrückt.

[0051] Allgemein erstreckt sich ein Totbereich 26 des Audiogramms 4 beginnend bei einer unteren Frequenz bis abschließend zu einer oberen Frequenz. Zwischen diesen beiden Frequenzen liegt die Hörschwelle 22 durchgängig oberhalb des Mindestpegels 28. In Fig. 3 sind insgesamt drei Totbereiche 26 gezeigt, wobei die beiden äußeren Totbereiche 26 am Rand des akustischen Spektrums liegen und lediglich natürliche Totbereiche 26 sind, also Totbereiche 26 im allgemeinen Sinne und somit nicht unbedingt auf ein Hördefizit zurückzuführen. Der mittlere Totbereich 26 ist dagegen ein Hördefizit-Totbereich, d.h. auf ein Hördefizit des Nutzers zurückzuführen und daher ein Totbereich 26 im speziellen Sinne. Während allgemeine Totbereiche 26 am Rand liegen und dort die Hörkurve H sozusagen zu hohen Pegeln p hin ausläuft, kann im Gegensatz hierzu ein spezieller Totbereich 26 ein lokales Maximum 30 der Hörschwelle 22 aufweisen und das lokale Maximum 30 gleichsam einrahmen, wie dies in Fig. 3 für den mittleren Totbereich 26 der Fall ist.

[0052] Anhand von Fig. 4 wird nun deutlich, dass der amplitudenselektive und der frequenzselektive Betrieb der Geräuschunterdrückung 6 auch kombinierbar sind. Durch Überlappung dieser beiden Konzepte sind dann im Audiogramm ein oder mehrere Aktivregionen 32 derart ausgebildet, dass lediglich diejenigen Frequenzanteile f1 - f3 unterdrückt werden, welche sowohl außerhalb der Totbereiche 26 liegen als auch oberhalb der jeweiligen Hörschwelle 22, wohingegen die übrigen Frequenzbereiche f4 - f6 nicht aktiv unterdrückt werden, da diese ohnehin nicht vom Nutzer wahrgenommen werden. Wie aus Fig. 4 deutlich wird, ergeben sich die Aktivregionen 32 als Differenzmenge des hörbaren Bereichs hB und der Totbereiche 26.

[0053] In den Fig. 2 - 4 gibt das Audiogramm 4 die Hörschwelle 22 in einem Frequenzbereich von 10 Hz bis 20 kHz an, umfasst also ein Gesamtfrequenzspektrum, welches dem akustischen Spektrum entspricht. An den Rändern des Audiogramms, also insbesondere unterhalb von 20 Hz und oberhalb von 16 kHz ist die Hörfähigkeit der meisten Menschen wie bereits angedeutet regelmäßig schlecht, unabhängig davon, ob diese hörgeschädigt sind oder nicht. Die Hörschwelle 22 liegt hier typischerweise oberhalb von 90 dB, sodass sich hier natürliche Totbereiche 26 ergeben. Zusätzlich ist es sinnvoll, solche Frequenzbereiche, in welchen überwiegend Nutzsignale zu erwarten sind, von vornherein von der Geräuschunterdrückung 6 auszunehmen, sofern diese Nutzsignale nicht ohnehin schon vom Hörgerät 2 zuvor abgetrennt und gesondert weiterverarbeitet werden. In einer nicht explizit gezeigten Variante wird z.B. ein Frequenzbereich für Sprache ähnlich wie die Totbereiche 26 von der Geräuschunterdrückung 6 nicht unterdrückt, unabhängig davon, ob der Nutzer hier gut oder schlecht hört. Sprache stellt üblicherweise ein Nutzsignal dar, welches daher möglichst nicht von der Geräuschunterdrückung 6 ausgelöscht wird. Ein geeigneter Frequenzbereich für Sprache erstreckt sich von 300 Hz bis 5 kHz oder über einen Teilbereich hiervon.

[0054] Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 weist die aktive Geräuschunterdrückung 6 eine aktive Störgeräuschunterdrückung (kurz ANC) auf, genauer gesagt, ist also eine solche ausgebildet. Entsprechend unterdrückt die Geräuschunterdrückung 6 Störgeräusche aus der Umgebung dadurch, dass die Störgeräusche mit einem oder beiden der äußeren Mikrofone 16 des Hörgeräts 2 aufgenommen werden und invertiert über den Hörer 18 des Hörgeräts 2 ausgegeben werden.

[0055] In einer nicht gezeigten Variante weist die aktive Geräuschunterdrückung 6 eine aktive Okklusionsreduzierung (kurz AOR) auf oder ist als eine solche ausgebildet, und unterdrückt Störgeräusche, welche sich aus einer Okklusion eines Gehörgangs des Nutzers ergeben, dadurch, dass die Störgeräusche mit einem inneren Mikrofon 34 des Hörgeräts 2 im Gehörgang des Nutzers aufgenommen werden und invertiert über den Hörer 18 des Hörgeräts 2 ausgegeben werden. In Fig. 1 ist ein inneres Mikrofon 34 als Teil des Ohrstücks 18 gezeigt. Ohne AOR ist das innere Mikrofon 34 lediglich optional.

Bezugszeichenliste

[0056]

2	Hörgerät
4	Audiogramm
6	Geräuschunterdrückung
8	Energiespeicher
10	Steuereinheit
12	Gehäuse
14	Speicher
15	Signalverarbeitung

16	äußeres Mikrofon
18	Hörer
20	Ohrstück
22	Hörschwelle
5 24	Maximalpegel
26	Totbereich
28	Mindestpegel
30	lokales Maximum
32	Aktivregion
10 34	inneres Mikrofon
f	Frequenz
f1 - f8	Frequenzanteil
H	Hörkurve
15 hB	tatsächlich hörbarer Bereich
nB	tatsächlich nicht hörbarer Bereich
p	Pegel

20 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts (2), wobei das Hörgerät (2) eine aktive Geräuschunterdrückung (6) aufweist, zur Unterdrückung von Geräuschen, welche einen oder mehrere Frequenzanteile (f1 - f8) aufweisen, wobei ein Audiogramm (4) bereitgestellt ist, welches frequenzabhängig eine Hörschwelle (22) eines Nutzers des Hörgeräts (2) angibt, wobei anhand des Audiogramms (4) bestimmt wird, welche Frequenzanteile (f1 - f8) der Geräusche für den Nutzer hörbar sind und welche nicht-hörbar sind, wobei die Geräuschunterdrückung (6) selektiv betrieben wird, indem hörbare Frequenzanteile (f1 - f8) der Geräusche unterdrückt werden und nicht-hörbare Frequenzanteile (f1 - f8) der Geräusche nicht unterdrückt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Geräuschunterdrückung (6) amplitudenselektiv betrieben wird, indem solche Frequenzanteile (f1 - f8), welche einen Pegel (p) unterhalb der Hörschwelle (22) aufweisen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile (f1 - f8) aktiv unterdrückt werden, in welchen der Pegel (p) oberhalb der Hörschwelle (22) liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein Maximalpegel (24) vorgegeben ist, welcher eine Leistungsgrenze des Hörgeräts (2) angibt, wobei solche Frequenzanteile (f1 - f8), deren Pegel (p) oberhalb des Maximalpegels (24) liegt, nicht unterdrückt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Audiogramm (4) einen oder mehrere Totbereiche (26) aufweist, innerhalb welchen die Hörschwelle (22) jeweils oberhalb eines Mindestpegels

- (28) liegt,
wobei die Geräuschunterdrückung (6) frequenzselektiv betrieben wird, indem solche Frequenzanteile ($f_1 - f_8$), welche innerhalb eines Totbereichs (26) des Audiogramms (4) liegen, nicht unterdrückt werden, sodass lediglich solche Frequenzanteile ($f_1 - f_8$) aktiv unterdrückt werden, welche nicht innerhalb eines Totbereichs (26) des Audiogramms (4) liegen. 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei innerhalb wenigstens eines Totbereichs (26) ein lokales Maximum (30) der Hörschwelle (22) liegt. 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die aktive Geräuschunterdrückung (6) eine aktive Störgeräuschunterdrückung aufweist, welche Störgeräusche aus der Umgebung dadurch unterdrückt, dass die Störgeräusche mit einem äußeren Mikrofon (16) des Hörgeräts (2) aufgenommen werden und invertiert über einen Hörer (18) des Hörgeräts (2) ausgegeben werden. 15 20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die aktive Geräuschunterdrückung (6) eine aktive Okklusionsreduzierung aufweist, welche Störgeräusche, welche sich aus einer Okklusion eines Gehörgangs des Nutzers ergeben, dadurch unterdrückt, dass die Störgeräusche mit einem inneren Mikrofon (34) des Hörgeräts (2) im Gehörgang des Nutzers aufgenommen werden und invertiert über einen Hörer (18) des Hörgeräts (2) ausgegeben werden. 25 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Audiogramm (2) die Hörschwelle (22) in einem Frequenzbereich von wenigstens 10 Hz bis höchstens 20 kHz angibt. 35
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein Frequenzbereich für Sprache von der Geräuschunterdrückung (6) nicht unterdrückt wird. 40
10. Hörgerät (2), welches eine Steuereinheit (10) aufweist, welche ausgebildet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9. 45
11. Hörgerät (2) nach Anspruch 10, welches als Hörhilfegerät ausgebildet ist und hierzu eine Signalverarbeitung (15) aufweist, zur Modifizierung von Eingangssignalen zwecks Ausgleich eines Hördefizits des Nutzers. 50

55

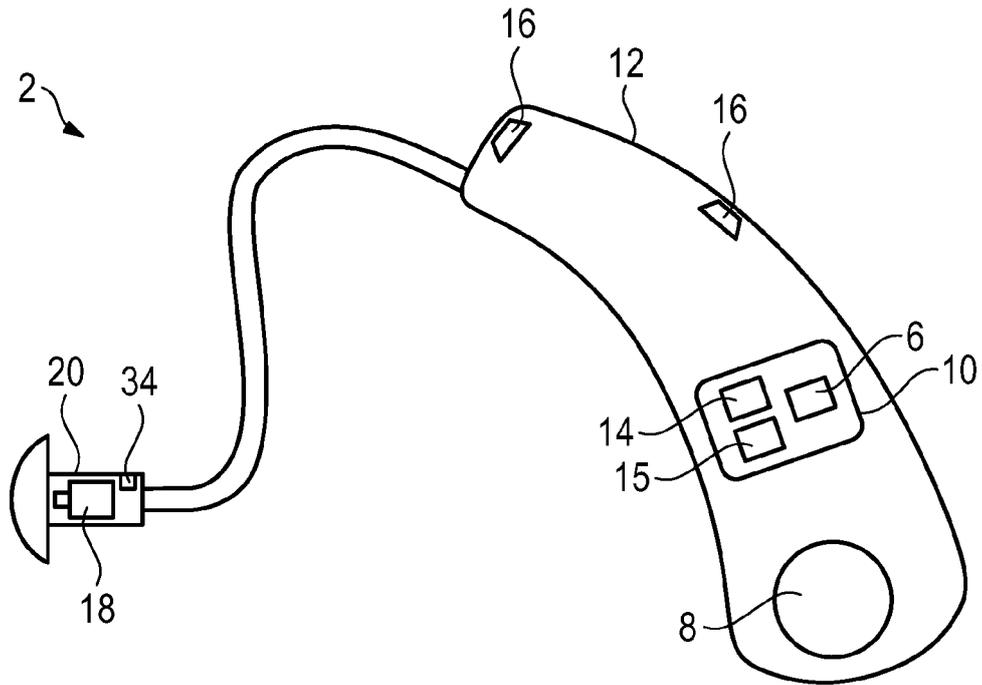


Fig. 1

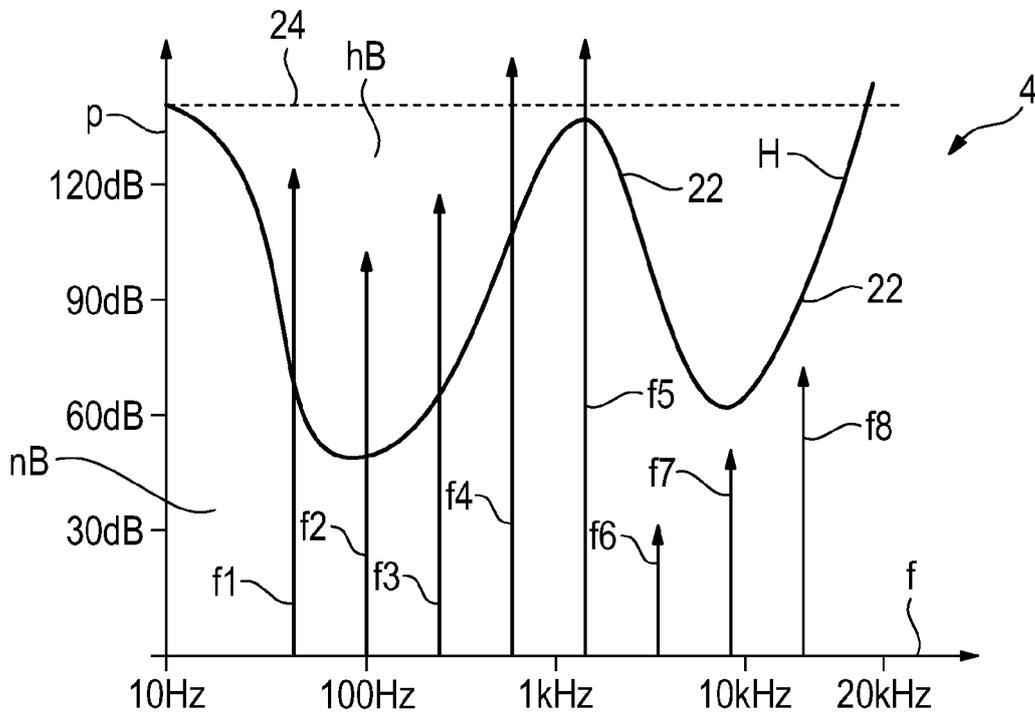


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 19 0884

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	US 2011/026724 A1 (DOCLO SIMON [BE]) 3. Februar 2011 (2011-02-03)	1,2,6-11	INV. H04R1/10 G10K11/178
Y	* Zusammenfassung *	3	
A	* Absätze [0056] - [0091], [0124]; Abbildungen 1-7, 9 *	4,5	
X	US 2018/151172 A1 (MIN HOON [TW]) 31. Mai 2018 (2018-05-31)	1,2,6,8, 10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04R G10K
Y	* Absätze [0021] - [0051]; Abbildungen 1-5 *	3	
Y	WALTER J KOZACKY ET AL: "An active noise control algorithm with gain and power constraints on the adaptive filter", EURASIP JOURNAL ON ADVANCES IN SIGNAL PROCESSING, Bd. 2013, Nr. 1, 1. Dezember 2013 (2013-12-01), XP055766685, DOI: 10.1186/1687-6180-2013-17 * Zusammenfassung *	3	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 19. Januar 2021	Prüfer Fobel, Oliver
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 Patentedokument, 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 20 19 0884

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.

19-01-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2011026724	A1	03-02-2011	AT	550754 T	15-04-2012
CN				101989423 A	23-03-2011	
EP				2284831 A1	16-02-2011	
US				2011026724 A1	03-02-2011	
20	US 2018151172	A1	31-05-2018	JP	2018520391 A	26-07-2018
KR				20160140161 A	07-12-2016	
US				2018151172 A1	31-05-2018	
WO				2016195239 A1	08-12-2016	
25	-----					
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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