



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.03.2019 Patentblatt 2019/13**

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

(21) Anmeldenummer: **18176654.4**

(22) Anmeldetag: **07.06.2018**

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

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

(72) Erfinder: **FISCHER, Eghart**  
**91126 Schwabach (DE)**

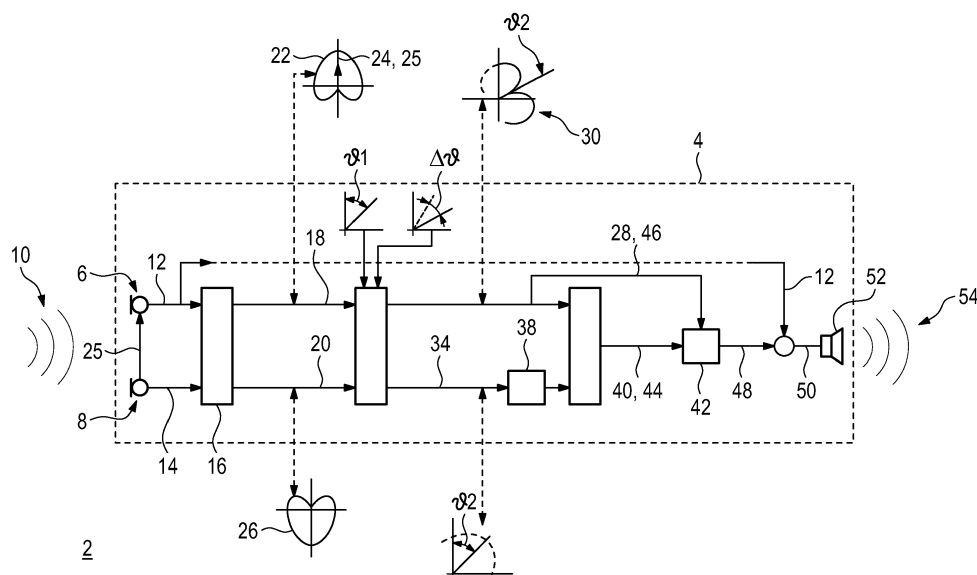
(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**  
**Nordostpark 16**  
**90411 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **07.09.2017 DE 102017215823**

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES HÖRGERÄTES**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren (2) zum Betrieb eines Hörgeräts (4), wobei von einem ersten Eingangswandler (6) aus einem Schallsignal (10) ein erstes Eingangssignal (12) erzeugt wird, wobei aus dem Schallsignal (10) von einem zweiten Eingangswandler (8) ein zweites Eingangssignal (14) erzeugt wird, wobei ein erster Winkel  $\vartheta_1$  und ein Winkelbereich ( $\Delta\vartheta$ ) vorgegeben werde, wobei frequenzbandweise anhand des ersten Eingangssignals (12), des zweiten Eingangssignals (14) und des ersten Winkels ( $\vartheta_1$ ) ein Abschwächungs-Richtsignal (28) gebildet wird, welches wenigstens für einen im Winkelbereich ( $\Delta\vartheta$ ) um den ersten Winkel ( $\vartheta_1$ ) gele-

genen zweiten Winkel ( $\vartheta_2$ ) eine relative Abschwächung aufweist, und hierdurch ein Überlagerungsparameter festgelegt wird, anhand des ersten Eingangssignals (12) und des zweiten Eingangssignals (14) sowie des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels ( $\vartheta_2$ ) ein Verstärkungs-Richtsignal (34) gebildet wird, welches für den zweiten Winkel ( $\vartheta_2$ ) eine relative Verstärkung aufweist, aus dem Abschwächungs-Richtsignal (28) und dem Verstärkungs-Richtsignal (34) ein winkelbetontes Richtsignal (40) erzeugt wird, und anhand des winkelbetonten Richtsignals (40) ein Ausgangssignal (50) erzeugt wird.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts, wobei von einem ersten Eingangswandler aus einem Schallsignal ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei aus dem Schallsignal von einem zweiten Eingangswandler ein zweites Eingangssignal erzeugt wird, wobei anhand des ersten Eingangssignals, des zweiten Eingangssignals ein Verstärkungs-Richtsignal gebildet wird, und wobei aus dem Verstärkungs-Richtsignal ein Ausgangssignal erzeugt wird.

**[0002]** In einem Hörgerät wird ein Schallsignal der Umgebung durch einen oder mehrere Eingangswandler in entsprechende elektrische Signale umgewandelt, zur Korrektur eines Hörverlustes des Benutzers des Hörgeräts unter anderem Frequenzband abhängig verstärkt, und das so verstärkte Signal durch einen Ausgangswandler in ein Ausgangsschallsignal umgewandelt, welches an das Gehör des Benutzers ausgegeben wird. Zwei prinzipielle Aufgaben des Hörgeräts bestehen hierbei darin, dem Benutzer ein Klangbild zu präsentieren, welches auf dessen individuelle, durch den Hörverlust bedingte Anforderungen abgestimmt ist, und in welchem potentielle Nutzsignale in möglichst geringem Umfang durch Rauschen maskiert werden, und also ein möglichst günstiges Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) vorliegt.

**[0003]** Für ein Hörgerät mit wenigstens zwei Eingangswandlern kann dies durch eine - gegebenenfalls frequenzbandweise - Anwendung von Richtmikrofonie auf die entsprechenden Eingangssignale erreicht werden. Hierfür wird angenommen, dass Nutzsignale wie zum Beispiels Sprache oder Musik meist aus einer klar definierten Richtung beim Benutzer eintreffen, während hingegen viele Arten von Rauschen oder Störgeräusche aus einem vergleichsweise breiten Winkelbereich stammen, und somit keine klare Richtung für eine Schallquelle zugeordnet werden kann.

**[0004]** In den meisten Implementierungen von Richtmikrofonen in Hörgeräten wird überdies angenommen, dass ein Benutzer seine Blickrichtung instinktiv auf die Quelle eines Nutzsignals hin ausrichtet, sodass das Richtmikrofon für eine Unterdrückung von Störgeräuschen im Wesentlichen in Frontalrichtung des Benutzers auszurichten ist. Über eine gewünschte Unterdrückung von Störgeräuschen hinaus führt dies jedoch mitunter zu einer unnatürlichen Wahrnehmung der Umgebung. Schallereignisse, welche sich abseits der Vorzugsrichtung des Richtmikrofons ereignen, werden durch die Rauschunterdrückung unabhängig davon ausgeblendet, ob sie für eine realistische Wiedergabe der Umgebungssituation erforderlich sind oder nicht. Eine Lokalisierung derartiger Schallereignisse ist demnach für den Benutzer des Hörgeräts oftmals nicht zufriedenstellend möglich, was seine Gesamtwahrnehmung der Umgebung beeinträchtigen kann.

**[0005]** Überdies tragen bestehende Algorithmen der Richtmikrofonie den individuellen anatomischen Bege-

benheiten und den daraus resultierenden Einschränkungen, die sich hieraus beispielsweise an das Richtfeld eines realen Ohres ergeben, nicht in ausreichendem Maße Rechnung. So weist beispielsweise ein menschliches Ohr aufgrund der Form der Pinna eine nach hinten deutlich verringerte Empfindlichkeit gegenüber Schallsignalen auf, während durch die Form der Concha und des Gehörganges die Richtung maximaler Hörempfindlichkeit im weitesten Sinne schräg nach vorne ausgerichtet ist, wobei das exakte Maximum in Abhängigkeit der individuellen Anatomie variiert. Für ein möglichst realistisches Hörempfinden sind derartige Umstände mit zu berücksichtigen. Auch die bei binauralen Hörgerätesystemen bestehende Möglichkeit, ein Richtmikrofon aus zwei omnidirektionalen Signalen zu bilden, welche jeweils an einem Ohr des Benutzers erzeugt werden, vermag dabei die anatomischen Begebenheiten und daraus resultierenden Einschränkungen nicht ausreichend wiederzugeben.

**[0006]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts anzugeben, welches ein möglichst realistisches räumliches Hörempfinden erlaubt, und dabei die wenigstens prinzipielle Möglichkeit bieten soll, benutzerspezifische anatomische Besonderheiten für das räumliche Hörempfinden mit zu berücksichtigen.

**[0007]** Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts, wobei von einem ersten Eingangswandler aus einem Schallsignal ein erstes Eingangssignal erzeugt wird, wobei aus einem Schallsignal von einem zweiten Eingangswandler ein zweites Eingangssignal erzeugt wird, wobei ein erster Winkel und ein Winkelbereich vorgegeben werden, wobei frequenzbandweise anhand des ersten Eingangssignals, des zweiten Eingangssignals und des ersten Winkels ein Abschwächungs-Richtsignal gebildet wird, welches wenigstens für einen im Winkelbereich um den ersten Winkel gelegenen zweiten Winkel eine relative Abschwächung aufweist, und hierdurch ein Überlagerungsparameter festgelegt wird, wobei anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals sowie des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels ein Verstärkungs-Richtsignal gebildet wird, welches für den zweiten Winkel eine relative Verstärkung aufweist, wobei aus dem Abschwächungs-Richtsignal und dem Verstärkungs-Richtsignal ein winkelbetontes Richtsignal erzeugt wird, und wobei anhand des winkelbetonten Richtsignals ein Ausgangssignal erzeugt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehene Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

**[0008]** Bevorzugt weisen das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal jeweils eine omnidirektionale Richtcharakteristik auf. Die Bildung des Abschwächungs-Richtsignals anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals kann hierbei insbesondere derart erfolgen, dass zunächst aus dem ersten Eingangssignal und dem zweiten Eingangssignal ei-

ne Mehrzahl an Zwischensignalen mit jeweils nicht-trivialer Richtcharakteristik gebildet werden, und anschließend aus diesen Zwischensignalen in Abhängigkeit des ersten Winkels das Abschwächungs-Richtsignal gebildet wird, beispielsweise durch lineare Superposition. Dieselben Zwischensignale können dabei insbesondere auch für die Erzeugung des Verstärkungs-Richtsignals (in entsprechender Abhängigkeit des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels) verwendet werden.

**[0009]** Alternativ dazu ist es auch denkbar, das Abschwächungs-Richtsignal direkt durch eine zeitverzögerte Überlagerung des ersten Eingangssignals mit dem zweiten Eingangssignal zu bilden. Vergleichbares ist auch für das Verstärkungs-Richtsignal möglich.

**[0010]** Die Vorgabe des ersten Winkels und des Winkelbereiches kann hierbei auch implizit erfolgen, also beispielsweise durch Parameter, sofern die entsprechenden Parameter den ersten Winkel bzw. den Winkelbereich eindeutig festlegen. Soll beispielsweise das Abschwächungs-Richtsignal durch eine Überlagerung von Zwischensignalen gebildet werden, so kann der erste Winkel implizit durch einen vorläufigen Überlagerungsparameter  $a_0$  vorgegeben werden, welcher einem Empfindlichkeitsminimum für das Abschwächungs-Richtsignal beim ersten Winkel entspricht. Der endgültige Überlagerungsparameter  $a$ , welcher insbesondere einem Empfindlichkeitsminimum beim zweiten Winkel entspricht, kann dann durch eine Variation, beispielsweise in Form einer Minimierung des Signalpegels, des Überlagerungsparameters über einen Bereich  $\Delta a$  hinweg erfolgen, welcher genau dem Winkelbereich entspricht.

**[0011]** Unter einer relativen Abschwächung für das Abschwächungs-Richtsignal beim zweiten Winkel ist insbesondere zu verstehen, dass bei diesem Winkel die Empfindlichkeit einen wesentlich geringeren Wert einnimmt als das globale Maximum der Richtcharakteristik, und insbesondere ein lokales Minimum aufweist. Die Bedingung des lokalen Minimums kann jedoch auch dahingehend relaxiert werden, dass dieses wenigstens im Winkelbereich um den ersten Winkel aufzufinden ist, sofern die Empfindlichkeit vom Minimum aus über den ganzen Winkelbereich hin monoton zunimmt, und deutlich geringere Werte einnimmt als das globale Maximum. Die relative Verstärkung des Verstärkungs-Richtsignals beim zweiten Winkel ist hierbei insbesondere zu verstehen als eine Empfindlichkeit, welche gegenüber dem globalen Minimalwert erheblich erhöht ist, und insbesondere als eine Abwesenheit lokaler Minima der Empfindlichkeit in unmittelbarer Umgebung des zweiten Winkels, also beispielsweise über den vorgegebenen Winkelbereich hinweg. Der vorgegebene Winkelbereich kann hierbei insbesondere eine Aufweitung bis zu  $\pm 15^\circ$ , bevorzugt bis zu  $\pm 10^\circ$  umfassen. Die relative Abschwächung im Abschwächungs-Richtsignal kann dann in diesem Zusammenhang insbesondere so verstanden werden, dass über einen Raumwinkelbereich hinweg, welcher erheblich größer ist als der vorgegebene Winkelbereich, also

beispielsweise in einem Quadranten, das Abschwächungs-Richtsignal beim zweiten Winkel eine wesentlich geringere Empfindlichkeit aufweist als der Maximalwert im Quadranten, in welchem der zweite Winkel gelegen ist. Die relative Verstärkung durch das Verstärkungs-Richtsignal kann dann in diesem Zusammenhang so verstanden werden, dass das Verstärkungs-Richtsignal beim zweiten Winkel eine wesentlich größere Empfindlichkeit aufweist als der Minimalwert der Empfindlichkeit für das Verstärkungs-Richtsignal im Quadranten.

**[0012]** Das winkelbetonte Richtsignal kann nun so konstruiert werden, dass es infolge der Beiträge des Verstärkungs-Richtsignals in Richtung des zweiten Winkels selbst eine relative Verstärkung aufweist. Hierbei liefert das Abschwächungs-Richtsignal bzw. dessen Beiträge im winkelbetonten Richtsignal einen zusätzlichen Freiheitsgrad, um eine Stärke der Richtwirkung des winkelbetonten Richtsignals bezüglich des zweiten Winkels einstellen zu können. Infolge der relativen Abschwächung für das Abschwächungs-Richtsignal in Richtung des zweiten Winkels, welche relativ zu den globalen Maxima der Empfindlichkeit des Abschwächungs-Richtsignals wesentlich ist, und im Idealfall zu einer vollständigen Unterdrückung in Richtung des zweiten Winkels führt, kann über den Anteil des Abschwächungs-Richtsignals am winkelbetonten Richtsignal der Anteil an Schallsignalen eingestellt werden, deren Quelle abseits des zweiten Winkels liegt, ohne dass durch diese Einstellung beim zweiten Winkel eine erhebliche Veränderung eintreten würde, welche eine erneute Anpassung des Verstärkungs-Richtsignals erfordern würde.

**[0013]** Bevorzugt sind die genannten Verfahrensschritte jeweils frequenzbandweise durchzuführen und bevorzugt ist das winkelbetonte Richtsignal frequenzbandweise über einen Ausgangspegel an die individuellen Anforderungen des Benutzers des Hörgerätes anzupassen. Eine derartige Anpassung kann jedoch auch nach einer zusätzlichen, gegebenenfalls direktionalen Rauschunterdrückung und/oder nach einer erneuten frequenzbandweisen Beigabe omnidirektionaler Signalbeiträge erfolgen.

Günstigerweise wird das Abschwächungs-Richtsignal aus dem ersten Eingangssignal und dem zweiten Eingangssignal oder aus Zwischensignalen gebildet, welche jeweils vom ersten Eingangssignal und vom zweiten Eingangssignal abgeleitet werden, wobei zur Bildung des Abschwächungs-Richtsignals der Signalpegel über den Winkelbereich um den ersten Winkel minimiert wird. Dies bedeutet insbesondere, dass das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal unmittelbar oder, im Falle einer Bildung aus hieraus abgeleiteten Zwischensignalen, mittelbar jeweils linear in das Abschwächungs-Richtsignal eingehen. Unter einer Minimierung des Signalpegels zur Bildung des Abschwächungs-Richtsignals ist hierbei zu verstehen, dass das erste Eingangssignal und das zweite Eingangssignal bzw. die hiervon abgeleiteten Zwischensignale entsprechend konvex überlagert werden, und der Überlagerungspara-

meter hinsichtlich des Signalpegels, minimiert wird, wobei die Minimierung unter der Randbedingung stattfindet, dass der resultierende zweite Winkel für ein lokales Minimum der Empfindlichkeit innerhalb des vorgegebenen Winkelbereiches um den ersten Winkel zu liegen hat. Das aus dieser Minimierung resultierende Signal wird nun als das Abschwächungs-Richtsignal genommen, und der dem lokalen Minimum der Empfindlichkeit für dieses Signal entsprechende Winkel als zweite Winkel sowie der resultierende Überlagerungsparameter für das Verstärkungs-Richtsignal und/oder weitere Signalverarbeitung verwendet.

**[0014]** Die Bildung des Abschwächungs-Richtsignals anhand einer derartigen Minimierung hat den Vorteil, dass die Signalanteile, welche zur Verstärkung der entsprechenden Richtwirkung in das winkelbetonte Richtsignal eingehen, besonders geringe Beiträge zum Gesamtpegel des winkelbetonten Richtsignals liefern, und somit der zusätzliche Freiheitsgrad für die Richtwirkung das gesamte Klangbild des Umgebungsschalls weniger beeinträchtigt.

**[0015]** In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung werden anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals ein erstes Richtsignal und ein zweites Richtsignal als Zwischensignale gebildet. Bevorzugt werden das erste Richtsignal und das zweite Richtsignal hierbei jeweils aus einer zeitverzögerten Überlagerung des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals gebildet. Besonders bevorzugt ist hierbei die jeweilige Zeitverzögerung gegeben durch den Schallweg vom ersten Eingangswandler zum zweiten Eingangswandler bzw. umgekehrt, so dass das erste Richtsignal bezüglich der durch den ersten Eingangswandler und den zweiten Eingangswandler definierten Achse eine kardioid-förmige Richtcharakteristik aufweist, und das zweite Richtsignal entsprechend eine anti-kardioid-förmige Richtcharakteristik.

**[0016]** Zweckmäßigerweise wird hierbei das Abschwächungs-Richtsignal anhand des ersten Richtsignals und des zweiten Richtsignal in Abhängigkeit des ersten Winkels und des Winkelbereichs gebildet wird, und/oder das Verstärkungs-Richtsignal anhand des ersten Richtsignals und des zweiten Richtsignal in Abhängigkeit des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels gebildet.

**[0017]** Die Verwendung der genannten Richtsignale als Zwischensignale hat den Vorteil, dass zur Bildung des Abschwächungs-Richtsignals sowie des Verstärkungs-Richtsignals, und insbesondere zur Abschätzung der entsprechenden winkelabhängigen Abschwächung bzw. Verstärkung, keine Variationen der Zeitparameter erfolgen müssen, sondern eine Variation anhand eines Überlagerungsparameter durchgeführt werden kann. Hierdurch müssen keine Verzögerungen mit Variationen, welche im Einzelfall unterhalb einer Abtastperiode liegen könnten, realisiert werden, sondern nur algebraische Operationen.

**[0018]** Besonders bevorzugt wird als Abschwä-

chungs-Richtsignal ein Kerbfilter-Richtsignal gebildet. Hierunter ist ein Signal zu verstehen, dessen Richtcharakteristik in wenigstens einer Richtung eine Empfindlichkeit aufweist, welche gegenüber dem globalen Maximalwert der Empfindlichkeit um wenigstens sechs dB, bevorzugt um mehrere zehn dB verringert ist, wobei die Form der Richtcharakteristik beim Minimalwert der Empfindlichkeit einer Kerbe entspricht. Bevorzugt ist das Minimum, also die "Kerbe" beim zweiten Winkel 92 gelegen. Durch ein Kerbfilter als Abschwächungs-Richtsignal lassen sich die nachfolgenden winkelabhängigen Verfahrensschritte besonders einfach kontrollieren, da die Signalbeiträge des Abschwächungs-Richtsignals beim zweiten Winkel vernachlässigt werden können.

**[0019]** Bevorzugt wird das winkelbetonte Richtsignal durch eine Überlagerung, also eine insbesondere durch eine lineare Superposition, des Abschwächungs-Richtsignals und des Verstärkungs-Richtsignals gebildet wird. Insbesondere kann hierbei das winkelbetonte Richtsignal durch eine Überlagerung der Form

$$S = L + c \cdot N$$

gebildet werden, wobei S das winkelbetonte Richtsignal, L das Verstärkungs-Richtsignal, N das Abschwächungs-Richtsignal und c ein Linearfaktor ist. Je größer hierbei der Betrag von c ist, desto stärker ist hierbei die Richtwirkung des winkelbetonten Signals.

**[0020]** Zweckmäßigerweise wird dabei zur Erzeugung des winkelbetonten Richtsignals der Signalpegel minimiert. Hierdurch kann erreicht werden, dass die Beiträge des Abschwächungs-Richtsignals, welche die Raumrichtungen abseits der gewünschten Vorzugsrichtung des zweiten Winkels repräsentieren, in möglichst geringem Maß in das winkelbetonte Richtsignal eingehen.

**[0021]** Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn zur Erzeugung des Ausgangssignals eine direktionale Rauschunterdrückung durchgeführt wird, wobei hierfür das winkelbetonte Richtsignal als ein Nutzsignal und das Abschwächungs-Richtsignal als ein Störsignal vorgegeben werden. Eine direktionale Rauschunterdrückung ist grundsätzlich ein in vielen Hörgeräten verwendeter Algorithmus zur Verbesserung des SNR. Hierbei wird ein gerichtetes Nutzsignal angenommen, und auf diese Richtung ein verstärkendes Richtsignal ausgerichtet. Die anderen Raumrichtungen werden dabei abgeschwächt, da angenommen wird, dass in diesen Raumrichtungen der Störgeräuschanteil höher ist. Im Rahmen des vorliegenden Verfahrens können nun zur Verstärkung bzw. zum abschwächen das ohnehin vorliegende Verstärkungs- bzw. Abschwächungs-Richtsignal verwendet werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Abschwächungs-Richtsignal bereits durch eine Minimierung des Gesamt-Signalpegels über den vorgegebenen Winkelbereich erzeugt wurde, weil in diesem Fall anzunehmen ist, dass der Nutzsignal-Anteil im Abschwä-

chungs-Richtsignal minimal ist, während hingegen der Nutzsignal-Anteil im möglichst komplementären Verstärkungs-Richtsignal besonders hoch ist. So werden die im Rahmen des Verfahrens erzeugten Richtsignale auf vorteilhafte Weise in einem weiteren Signalverarbeitungsprozess verwendet, welcher in Hörgeräten häufig Anwendung findet.

**[0022]** Als weiter vorteilhaft erweist es sich, wenn zur Erzeugung des Ausgangssignals frequenzabhängig ein omnidirektionales Signal beigemischt wird. Das Beimischen kann dabei insbesondere in einer einfachen Linearkombination mit frequenzabhängigen Linearfaktoren bestehen. Das räumliche Hörempfinden eines Menschen weist eine erhebliche Frequenzabhängigkeit auf. Über eine frequenzbandweise Beigabe eines omnidirektionalen Signals kann auf besonders einfache Weise dieser Frequenzabhängigkeit Rechnung getragen werden, wobei insbesondere Bänder, in welchen üblicherweise eine geringere Winkelabhängigkeit der Hörempfindlichkeit vorliegt, korrekt abgebildet werden.

**[0023]** Die Erfindung nennt weiter ein Hörgerät mit einem ersten Eingangswandler zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals, einem zweiten Eingangswandler zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals, einer Signalverarbeitungseinheit und einem Ausgangswandler zur Erzeugung eines Ausgangsschallsignals aus einem Ausgangssignal, wobei die Signalverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, anhand des ersten Eingangssignals und des zweiten Eingangssignals das Ausgangssignal durch das vorbeschriebene Verfahren. Die für das Verfahren und seine Weiterbildungen genannten Vorteile können hierbei sinngemäß auf das Hörgerät übertragen werden. In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung nennt die Erfindung hierbei zudem ein bilaterales Hörgerätesystem mit zwei derartigen Hörgeräten, und insbesondere ein binaurales Hörgerätesystem, in welchem die beiden Hörgeräte des Hörgerätesystems zur Verbesserung des räumlichen Höreindrucks einander jeweils Signalanteile übertragen.

**[0024]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes für ein möglichst realistisches Hörempfinden.

**[0025]** In Figur 1 ist schematisch in einem Blockdiagramm ein Verfahren 2 zum Betrieb eines Hörgerätes 4 dargestellt. Das Hörgerät 4 weist einen ersten Eingangswandler 6 und einen zweiten Eingangswandler 8 auf, welche aus einem Schallsignal 10 der Umgebung ein erstes Eingangssignal 12 bzw. ein zweites Eingangssignal 14 erzeugen. Der erste Eingangswandler 6 und der zweite Eingangswandler 8 sind im vorliegenden Fall jeweils als omnidirektionale Mikrofone ausgebildet. In einem Vorverarbeitungsschritt 16 werden nun aus dem ersten Eingangssignal 12 und dem zweiten Eingangssignal 14 als

Zwischensignale ein erstes Richtsignal 18 und ein zweites Richtsignal 20 erzeugt. Hierbei weist das erste Richtsignal 18 eine Richtcharakteristik 22 auf, welche gegeben ist durch ein Kardioid, dessen Vorzugsrichtung 24 entlang der Achse 25 verläuft, welche durch die beiden Eingangswandler 6, 8 gebildet wird. Das zweite Richtsignal 20 weist eine zum ersten Richtsignal 18 komplementäre Richtcharakteristik 26 auf, welche also hinsichtlich der Achse 25 entlang des ersten Eingangswandlers 6 und des zweiten Eingangswandlers 8 durch ein Anti-Kardioid.

**[0026]** Aus dem ersten Richtsignal 18 und dem zweiten Richtsignal 20 wird nun ein Abschwächungs-Richtsignal 28 gebildet. Hierfür wird nun zunächst extern ein erster Winkel  $\vartheta_1$  vorgegeben, wobei die Vorgabe statisch oder dynamisch erfolgen kann. Eine statische Vorgabe kann hierbei zum Beispiel durch das Hinterlegen von unter anderem anatomisch bedingten Winkelwerten in einer Datenbank erfolgen, während eine dynamische Vorgabe auch die aktuelle Hörsituation mit einbeziehen kann. Das Abschwächungs-Richtsignal 28 wird nun zunächst als ein Kerbfilter 30 in Richtung des vorgegebenen ersten Winkels  $\vartheta_1$  implementiert. Das Kerbfilter 30 wird hierbei aus einer linearen Superposition des ersten Richtsignals 18 mit dem zweiten Richtsignal 20 gewonnen. Hierfür wird zudem noch ein Winkelbereich  $\Delta\vartheta$  vorgegeben, in welchem die Richtung minimaler Empfindlichkeit des Kerbfilters 30 um den ersten Winkel  $\vartheta_1$  variieren kann. Das Abschwächungs-Richtsignal 28 ist somit gegeben als

$$N = R_1 - a \cdot R_2 \quad (\text{für } \vartheta_2 > 90^\circ),$$

wobei N das Abschwächungs-Richtsignal 28 und R1 und R2 das erste bzw. zweite Richtsignal 18, 20 bezeichnen. Der entsprechende Überlagerungsparameter a für die Superposition wird schlussendlich so bestimmt, dass der resultierende Signalpegel des Abschwächungs-Richtsignals 28 über den Winkelbereich  $\Delta\vartheta$  hinweg minimal ist. Die Richtung minimaler Empfindlichkeit für das Kerbfilter 30 liegt somit nicht zwingend in Richtung des ersten Winkels  $\vartheta_1$ , sondern in Richtung eines zweiten Winkels  $\vartheta_2$ , welcher im Winkelbereich  $\Delta\vartheta$  um den ersten Winkel  $\vartheta_1$  gelegen ist. Im Fall, dass der zweite Winkel  $\vartheta_2$  in der vorderen Hemisphäre des Benutzers des Hörgerätes 4 liegt, sind zudem für die Überlagerung das erste Richtsignal und das zweite Richtsignal zu vertauschen, also

$$N = R_2 - a \cdot R_1 \quad \text{für } \vartheta_2 < 90^\circ.$$

**[0027]** Aus dem ersten Richtsignal 18 und dem zweiten Richtsignal 20 wird nun anhand des Überlagerungsparameters a bzw. anhand des durch diesen festgelegten Winkels  $\vartheta_2$  ein Verstärkungs-Richtsignal 34 gebildet. Das Verstärkungs-Richtsignal 34 weist hierbei eine

Richtcharakteristik 36 auf, deren Empfindlichkeit beim zweiten Winkel 92 bevorzugt ein lokales Maximum aufweist, oder ein lokales Maximum im Winkelbereich  $\Delta 9$  um den ersten Winkel 91 zu finden ist. Der Winkelbereich  $\Delta 9$  kann hierbei beispielsweise durch ein Intervall von  $20^\circ$ , also  $91 \pm 10^\circ$ , gebildet werden.

**[0028]** Das Verstärkungs-Richtsignal 34 wird hierbei insbesondere in Richtung des zweiten Winkels 92 als eine Art komplementäres Richtsignal zum Abschwächungs-Richtsignal 28 gebildet. Während das Abschwächungs-Richtsignal 28 als ein Kerbfilter 30 in Richtung des zweiten Winkels 92 eine möglichst geringe Empfindlichkeit aufweisen soll, hat das Verstärkungs-Richtsignal 34 in Richtung des zweiten Winkels 92 eine möglichst geringe Abschwächung relativ zur maximalen Empfindlichkeit. Dies kann beispielsweise durch eine lineare Superposition des ersten Richtsignals 18 mit dem zweiten Richtsignal 20 der Form

$$L = R1 - b \cdot R2$$

erfolgen, wobei L das Verstärkungs-Richtsignal 34 bezeichnet und b ein Überlagerungsparameter ist, welcher in Abhängigkeit vom Überlagerungsparameter a des Abschwächungs-Richtsignals 28 zu wählen ist. Im Fall, dass der zweite Winkel 92 in der hinteren Hemisphäre des Benutzers des Hörgerätes 4 liegt, ist b gegeben durch -a. Liegt der zweite Winkel 92 in der frontalen Hemisphäre des Benutzers, so ist  $b = a - 2$ . Hierdurch wird die Richtcharakteristik 36 des Verstärkungs-Richtsignals 34 variiert zwischen einem Kardiod bzw. Antikardiod und einer omnidirektionalen Charakteristik. Das Verstärkungs-Richtsignal 34 wird nun noch einer Amplitudenkompensation 38 unterzogen, welche den für identische omnidirektionale Eingangssignale unterschiedlichen a-priori-Ausgangspegeln von kardiod-förmigen und omnidirektionalen Richtcharakteristiken Rechnung trägt.

**[0029]** Aus dem Abschwächungs-Richtsignal 28 und dem Verstärkungs-Richtsignal 34 wird nun ein winkelbetontes Richtsignal 40 mittels linearer Superposition gebildet. Diese ist hierbei von der Form

$$S = L + c \cdot N$$

wobei S das winkelbetonte Richtsignal 40 bezeichnet und c einen Überlagerungsparameter, welcher mit zunehmendem Betrag zu einer Verstärkung der Richtwirkung hinsichtlich des zweiten Winkels 92 führt. Der Überlagerungsparameter c kann hierbei aus einer Minimierung des Gesamtausgangspegels des winkelbetonten Richtsignals 40 gewonnen werden.

**[0030]** Das winkelbetonte Richtsignal 40 ist nun derart konstruiert, dass infolge des Anteils des Verstärkungs-Richtsignals 34 in Richtung des zweiten Winkels 92 eine besonders hohe Empfindlichkeit vorliegt, während durch

die Minimierungsprozesse in Abhängigkeit von den realen Schallereignissen Störgeräusche aus anderen Richtungen durch das Abschwächungs-Richtsignal 28 unterdrückt werden können, ohne dass dies die Beiträge des Verstärkungs-Richtsignals 32 wesentlich tangiert. Die Konstruktion des Abschwächungs-Richtsignals 28 mittels einer Minimierung des Gesamtausgangspegels über den Winkelbereich  $\Delta 9$  um den vorgegebenen ersten Winkel 91 führt zudem zu einer besonders guten Anpassung des Abschwächungs-Richtsignals an die jeweils aktuell vorliegenden Schallereignisse, im Rahmen der Vorgabe des ersten Winkels 91 als gewünschte Vorzugsrichtung.

**[0031]** Das winkelbetonte Richtsignal 40 kann nun zusätzlich noch einer direktionalen Rauschunterdrückung 42 unterzogen werden, wobei das winkelbetonte Richtsignal 40 selbst hierbei als das Nutzsignal 44, und das Abschwächungs-Richtsignal 28 hierbei als der Störgeräuschanteil 46 interpretiert werden. Dem aus der direktionalen Rauschunterdrückung 42 resultierenden Signal 48 werden nun frequenzbandweise noch Signalanteile eines omnidirektionalen Signales, beispielsweise des ersten Eingangssignals 12, beigemischt, und so das Ausgangssignal 50 erzeugt, welches von einem Ausgangswandler 52 des Hörgerätes 4 in ein Ausgangsschallsignal 54 umgewandelt wird, das dem Gehör des Benutzers des Hörgerätes 4 zugeführt wird. Durch den Anteil des winkelbetonten Richtsignals 40 am Ausgangssignal 50 bildet das Ausgangsschallsignal 54 die akustische Umgebung des Hörgerätes 4 in besonders realistischer Weise ab, da winkel- bzw. raumabhängige Abschwächungen denen nachempfunden sind, wie sie durch ein reales Außenohr entstehen. Über den Anteil des omnidirektionalen ersten Eingangssignals 12 am Ausgangssignal 50 kann hierbei frequenzbandweise die Richtwirkung bzw. Abschwächung eines realen Gehörs gesteuert werden. Zusätzlich kann hierbei der Signalpegel des Ausgangssignals noch individuell benutzerspezifisch in einzelnen Frequenzbändern abgesenkt oder angehoben werden.

**[0032]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

##### **[0033]**

- 2 Verfahren
- 4 Hörgerät
- 6 erster Eingangswandler
- 8 zweiter Eingangswandler
- 10 Schallsignal der Umgebung
- 12 erstes Eingangssignal
- 14 zweites Eingangssignal
- 16 Vorverarbeitungsschritt

18 erstes Richtsignal  
 20 zweites Richtsignal  
 22 Richtcharakteristik  
 24 Vorzugsrichtung  
 25 Achse  
 26 Richtcharakteristik  
 28 Abschwächungs-Richtsignal  
 30 Kerbfilter  
 34 Verstärkungs-Richtsignal  
 36 Richtcharakteristik  
 38 Amplitudenkompensation  
 40 Winkelbetontes Richtsignal  
 42 direktionale Rauschunterdrückung  
 44 Nutzsignal  
 46 Störgeräuschanteil  
 48 resultierendes Signal  
 50 Ausgangssignal  
 52 Ausgangswandler  
 54 Ausgangsschallsignal

91 erster Winkel  
 92 zweiter Winkel  
 Δ9 Winkelbereich

#### Patentansprüche

1. Verfahren (2) zum Betrieb eines Hörgeräts (4), wobei von einem ersten Eingangswandler (6) aus einem Schallsignal (10) ein erstes Eingangssignal (12) erzeugt wird, wobei aus dem Schallsignal (10) von einem zweiten Eingangswandler (8) ein zweites Eingangssignal (14) erzeugt wird, wobei ein erster Winkel (91) und ein Winkelbereich (Δ9) vorgegeben werden, wobei frequenzbandweise
  - anhand des ersten Eingangssignals (12), des zweiten Eingangssignals (14) und des ersten Winkels (91) ein Abschwächungs-Richtsignal (28) gebildet wird, welches wenigstens für einen im Winkelbereich (Δ9) um den ersten Winkel (91) gelegenen zweiten Winkel (92) eine relative Abschwächung aufweist, und hierdurch ein Überlagerungsparameter festgelegt wird,
  - anhand des ersten Eingangssignals (12) und des zweiten Eingangssignals (14) sowie des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels (92) ein Verstärkungs-Richtsignal (34) gebildet wird, welches für den zweiten Winkel (92) eine relative Verstärkung aufweist,
  - aus dem Abschwächungs-Richtsignal (28) und dem Verstärkungs-Richtsignal (34) ein winkelbetontes Richtsignal (40) erzeugt wird, und
  - anhand des winkelbetonten Richtsignals (40) ein Ausgangssignal (50) erzeugt wird.

2. Verfahren (2) nach Anspruch 1, wobei das Abschwächungs-Richtsignal (28) aus dem ersten Eingangssignal (12) und dem zweiten Eingangssignal (14) oder aus Zwischensignalen (18, 20), welche jeweils vom ersten Eingangssignal (12) und vom zweiten Eingangssignal (14) abgeleitet werden, gebildet wird, und wobei zur Bildung des Abschwächungs-Richtsignals (28) der Signalpegel über den Winkelbereich (Δ9) um den ersten Winkel (91) minimiert wird.
3. Verfahren (2) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei anhand des ersten Eingangssignals (12) und des zweiten Eingangssignals (14) ein erstes Richtsignal (18) und ein zweites Richtsignal (20) als Zwischensignale gebildet werden.
4. Verfahren (2) nach Anspruch 3, wobei das Abschwächungs-Richtsignal (28) anhand des ersten Richtsignals (18) und des zweiten Richtsignals (20) in Abhängigkeit des ersten Winkels (91) und des Winkelbereichs (Δ9) gebildet wird, und/oder. wobei das Verstärkungs-Richtsignal (34) anhand des ersten Richtsignals (18) und des zweiten Richtsignals (20) in Abhängigkeit des Überlagerungsparameters und/oder des zweiten Winkels (92) gebildet wird.
5. Verfahren (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als das Abschwächungs-Richtsignal (28) ein Kerbfilter-Richtsignal (30) gebildet wird.
6. Verfahren (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das winkelbetonte Richtsignal (40) durch eine Überlagerung des Abschwächungs-Richtsignals (28) und des Verstärkungs-Richtsignals (34) gebildet wird.
7. Verfahren (2) nach Anspruch 6, wobei zur Erzeugung des winkelbetonten Richtsignals (40) der Signalpegel minimiert wird.
8. Verfahren (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung des Ausgangssignals (50) eine direktionale Rauschunterdrückung (42) durchgeführt wird, und wobei hierfür das winkelbetonte Richtsignal (40) als ein Nutzsignal (44) und das Abschwächungs-Richtsignal (28) als ein Störsignal (46) vorgegeben werden.
9. Verfahren (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur Erzeugung des Ausgangssignals (50) fre-

quenzabhängig ein omnidirektionales Signal (12, 14) beigemischt wird.

10. Hörgerät (4) mit einem ersten Eingangswandler (6) zur Erzeugung eines ersten Eingangssignals (12),  
einem zweiten Eingangswandler (8) zur Erzeugung eines zweiten Eingangssignals (14), einer Signalverarbeitungseinheit und einem Ausgangswandler (54) zur Erzeugung eines Ausgangsschallsignals (54) aus einem Ausgangssignal (50), wobei die Signalverarbeitungseinheit dazu eingerichtet ist, anhand des ersten Eingangssignals (12) und des zweiten Eingangssignals (14) das Ausgangssignal (50) durch ein Verfahren (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu erzeugen.
11. Binaurales Hörgerätesystem mit zwei Hörgeräten (4) nach Anspruch 10.

20

25

30

35

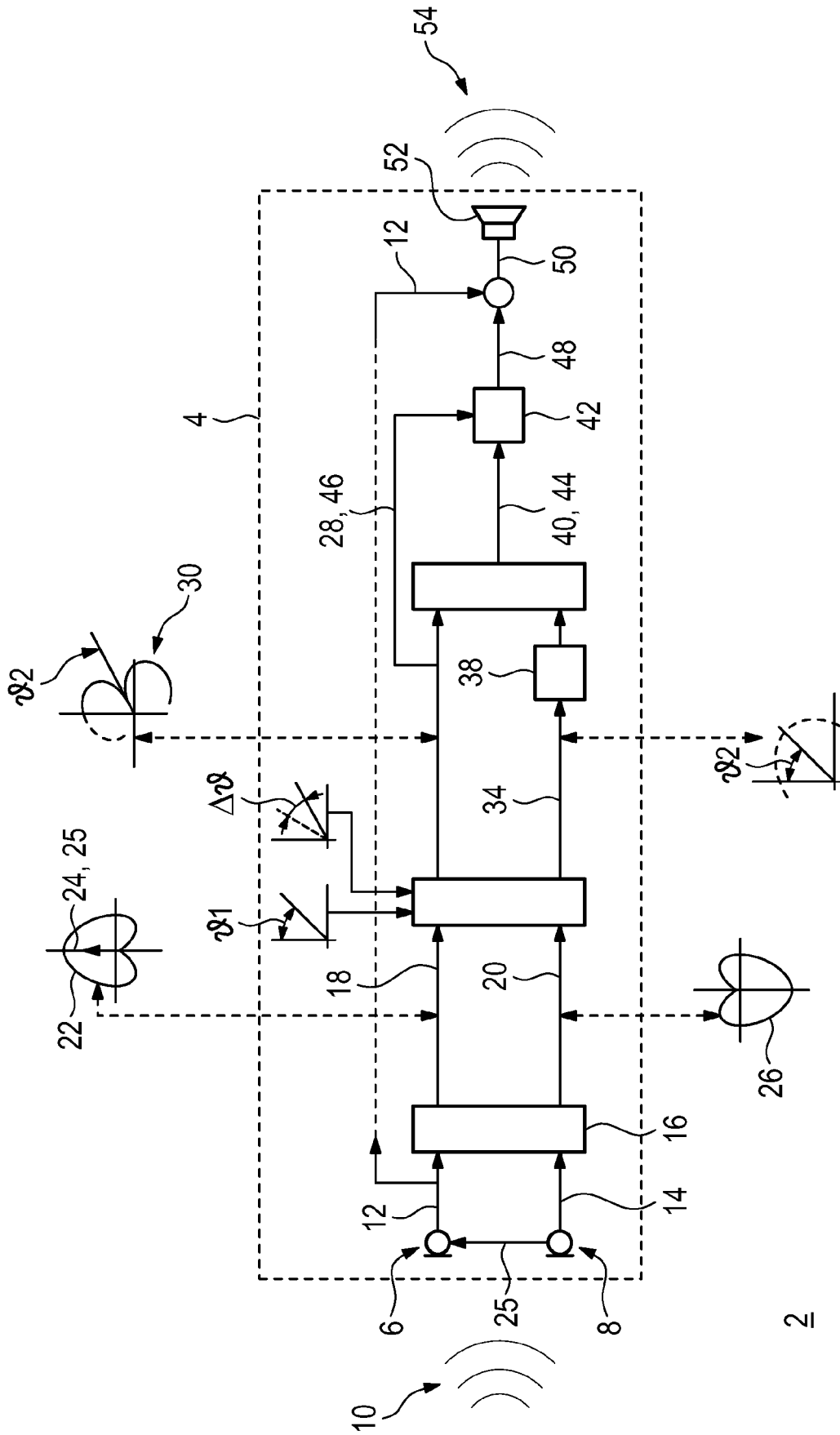
40

45

50

55





**Fig. 1**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 18 17 6654

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)
A	US 2012/189147 A1 (TERADA YASUHIRO [JP] ET AL) 26. Juli 2012 (2012-07-26) * Zusammenfassung * * Absätze [0043] - [0152] * * Absätze [0256] - [0284] * * Abbildungen 1-12, 24-29 * -----	1-11	INV. H04R25/00
A	US 2014/198934 A1 (RECKER KARRIE LARAE [US]) 17. Juli 2014 (2014-07-17) * das ganze Dokument * -----	1, 10, 11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>15. Januar 2019</b>	Prüfer <b>Sucher, Ralph</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 17 6654

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.

15-01-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2012189147 A1	26-07-2012	CN	102549661 A	04-07-2012	
			EP	2492912 A1	29-08-2012	
			JP	5519689 B2	11-06-2014	
15			JP	W02011048813 A1	07-03-2013	
			US	2012189147 A1	26-07-2012	
			WO	2011048813 A1	28-04-2011	
	-----					
	US 2014198934 A1	17-07-2014	US	2014198934 A1	17-07-2014	
20			US	2016323676 A1	03-11-2016	
	-----					
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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