

(19)



(11)

**EP 3 490 270 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.05.2019 Patentblatt 2019/22**

(51) Int Cl.:  
**H04R 3/00 (2006.01) H04R 25/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **18200729.4**

(22) Anmeldetag: **16.10.2018**

(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:  
• **BEST, Sebastian**  
**91054 Erlangen (DE)**  
• **WILSON, Cecil**  
**91058 Erlangen (DE)**

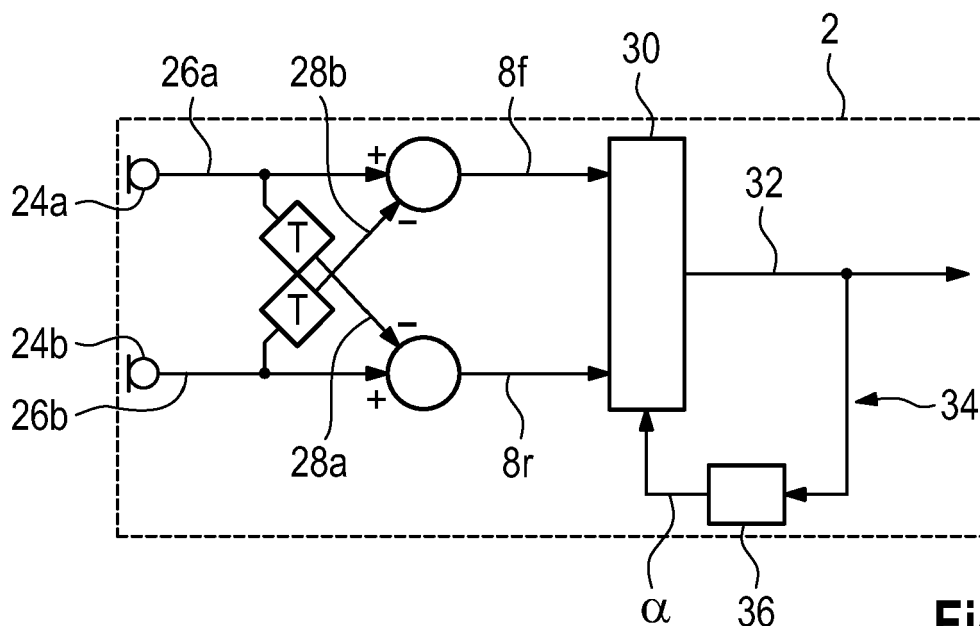
(30) Priorität: **23.11.2017 DE 102017221006**

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

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

(57) Die Erfindung nennt ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes (2), wobei im Hörgerät (2) aus einem Schallsignal (22) der Umgebung ein erstes richtungsabhängiges Signal (8f) und ein zweites richtungsabhängiges Signal (8r) erzeugt werden, wobei anhand des ersten richtungsabhängigen Signals (8f) und des zweiten richtungsabhängigen Signals (8r) ein Parameter (36) bestimmt wird, welcher ein quantitatives Maß für eine Stationarität des Schallsignals (22) darstellt, und wobei aus

dem ersten richtungsabhängigen Signal (8f) und dem zweiten richtungsabhängigen Signal (8r) anhand des Parameters (36) ein rauschoptimiertes Signal (32) erzeugt wird. Die Erfindung nennt weiter ein Hörgerät (2) mit einem ersten Mikrofon (24a) und einem zweiten Mikrofon (24b) zur Erzeugung eines ersten richtungsabhängigen Signals (8f) und eines zweiten richtungsabhängigen Signals (8r), welches dazu eingerichtet ist, ein entsprechendes Verfahren durchzuführen.

**Fig. 2****EP 3 490 270 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes, wobei im Hörgerät aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes richtungsabhängiges Signal und ein zweites richtungsabhängiges Signal erzeugt werden, und wobei aus dem ersten richtungsabhängigen Signal und dem zweiten richtungsabhängigen Signal ein rauschoptimiertes Signal erzeugt wird.

**[0002]** In Hörgeräten ist eines der am häufigsten auftretenden Probleme, für bestimmte Hörsituationen das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) zu verbessern. Dies wird oftmals mittels richtungsabhängiger Signalverarbeitungs-Algorithmen erreicht. Hierbei wird häufig davon ausgegangen, dass im Schallsignal der Umgebung, welches in das Hörgerät eingeht, eine stark lokalisierte Nutzsignalkomponente präsent ist, beispielsweise in Form von Gesprächsbeiträgen eines Gesprächspartners. Diese Nutzsignalkomponente wird nun mittels richtungsabhängiger Signale im Hörgerät gegenüber einem als Rauschsignal angenommen Hintergrund abgegrenzt, wobei jedoch auch das Rauschsignal eine erhebliche Richtungsabhängigkeit aufweisen kann. Generell verwenden die genannten Algorithmen dabei oftmals eine Selbstoptimierung, wobei die Richtcharakteristik eines richtungsabhängigen Signals so adaptiert wird, dass der Einfluss von Störsignalen aus derjenigen Richtung minimiert wird, in welcher ihr Beitrag am größten ist. Üblicherweise geschieht dies durch eine Minimierung der Signalleistung eines entsprechenden Richtsignals.

**[0003]** In einem differenziellen Richtmikrofon erster Ordnung mit nur einem Adaptionkoeffizienten wird oftmals ein richtungsabhängiges Ausgangssignal durch eine Linearkombination eines vorwärts gerichteten Kardioids mit einem rückwärts gerichteten Kardioid erreicht. Eine Veränderung der Richtcharakteristik kann dabei über den Adaptionkoeffizienten erreicht werden, welcher den Beitrag des rückwärts gerichteten Kardioids bestimmt. Hierdurch können die Beiträge von Störgeräuschquellen, welche bezüglich der Vorwärtsrichtung des Hörgerätes in einem weiten Raumwinkelbereich liegen können, reduziert werden. Die Adaption erfolgt dabei oftmals so, dass die Energie des Ausgangssignals minimiert wird, da man annimmt, dass der Träger des Hörgerätes seine Blickrichtung zur Nutzsignalquelle hin ausrichtet, welche durch das Vorwärts-Kardioid mit konstantem Signalanteil am Ausgangssignal repräsentiert wird, und somit aus anderen Richtungen auftreffende Signale Störgeräusche sein sollen, die über den entsprechenden Anteil des Rückwärts-Kardioids unterdrückt werden.

**[0004]** Falls jedoch ein Nutzsignal nicht aus der Vorwärtsrichtung auftritt, beispielsweise Gesprächsbeiträge eines seitlich zum Träger positionierten Sprechers, werden diese entsprechend mit abgeschwächt.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes anzugeben, durch welches ein Störgeräusch unter möglichst geringer Beeinflussung durch ein Nutzsignal unabhängig

von dessen Richtung unterdrückt werden kann.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes, wobei im Hörgerät aus einem Schallsignal der Umgebung ein erstes richtungsabhängiges Signal und ein zweites richtungsabhängiges Signal erzeugt werden, wobei anhand des ersten richtungsabhängigen Signals und des zweiten richtungsabhängigen Signals ein Parameter bestimmt wird, welcher ein quantitatives Maß für eine Stationarität des Schallsignals darstellt, wobei aus dem ersten richtungsabhängigen Signal und dem zweiten richtungsabhängigen Signal anhand des Parameters ein rauschoptimiertes Signal erzeugt wird, und wobei der Parameter in einer Signal-Rückkopplungsschleife aus dem rauschoptimierten Signal bestimmt wird. Vorteilhafte und teils für sich gesehen erfinderische Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung. Bevorzugt werden das erste richtungsabhängige Signal und das zweite richtungsabhängige Signal jeweils anhand von entsprechenden Signalen von wenigstens zwei Eingangsschallwandlern erzeugt, welche beispielsweise jeweils durch Mikrofone gegeben sein können. Unter einem richtungsabhängigen Signal ist hierbei jeweils ein Signal zu verstehen, welches eine nicht-triviale Richtcharakteristik aufweist, d.h., für einen Testschall mit konstantem Schalldruck sowie der entsprechenden Testschallquelle in konstantem Abstand zum Hörgerät weist die Empfindlichkeit gegenüber dem Testschall im jeweiligen richtungsabhängigen Signal eine messbare, bevorzugt erhebliche Richtungs- und insbesondere Winkelabhängigkeit in der Transversalebene des Trägers auf.

**[0007]** Unter einem quantitativen Maß für eine Stationarität ist hierbei insbesondere ein Maß zu verstehen, welches einem Signal derart einen Zahlwert zuordnet, dass für einen reinen Sinuston konstanter Frequenz der Extremalwert des Maßes eingenommen wird, und bei einer zunehmenden Variation von Frequenzen von Signalanteilen eine entsprechend monotone Veränderung im Zahlwert verzeichnet. Bevorzugt können für die genannte Zuordnung dem Fachmann gängige Definitionen der Stationarität berücksichtigt werden. Der Parameter kann dabei ein absolutes quantitatives Maß darstellen, welches die Stationarität der zu überprüfenden Signale anhand einer normierten Skala bemisst, und dabei insbesondere einen festen Maximal- und einen festen Minimalwert aufweisen, oder ein relatives Maß, welches insbesondere keinen festen Extremalwert für nicht-stationäre Signale aufweist.

**[0008]** Unter einem rauschoptimierten Signal ist insbesondere ein Signal umfasst, welches bezüglich den im Schallsignal enthaltenen Nutzsignalanteilen ein gegenüber dem ersten richtungsabhängigen Signal und gegenüber dem zweiten richtungsabhängigen Signal optimiertes SNR aufweist, falls die Nutzsignalanteile im Schallsignal von Störgeräuschanteilen überlagert sind. Insbesondere können dabei das erste richtungsabhängige Signal und das zweite richtungsabhängige Signal

linear in das rauschoptimierte Signal eingehen, d.h., dass das rauschoptimierte Signal bezüglich einer zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem der beiden richtungsabhängigen Signale eintretende Veränderung in der Zeit-Frequenz-Domäne eine lineare Antwort aufweist.

**[0009]** Eine in Hörgeräten übliche Vorgehensweise zur Rauschunterdrückung ist es, zunächst das erste richtungsabhängige Signal derart auszulegen, dass seine Richtung maximaler Empfindlichkeit mit der Frontalrichtung des Trägers zusammenfällt. Das zweite richtungsabhängige Signal wird nun so ausgelegt, dass einerseits seine Richtung maximaler Empfindlichkeit in eine andere Richtung als die Frontalrichtung des Trägers zeigt, und stattdessen die Richtung minimaler Empfindlichkeit mit der Frontalrichtung des Trägers zusammenfällt. Bevorzugt ist dabei für die Richtcharakteristik des zweiten richtungsabhängigen Signals die Richtcharakteristik des ersten richtungsabhängigen Signals bezüglich der Frontalebene des Trägers bei einem ordnungsgemäßen Tragen im Betrieb gespiegelt.

**[0010]** Zur Unterdrückung eines Störgeräusches wird nun das erste richtungsabhängige Signal, welches vornehmlich die Sprachsignalanteile eines Gesprächspartners in Frontalrichtung aufnimmt, in Abhängigkeit von der Gesamtenergie eines resultierenden Signals mit dem zweiten richtungsabhängigen Signal überlagert. Hierbei können durch das zweite richtungsabhängige Signal Signalanteile, welche nicht aus der Frontalrichtung auf den Träger auftreffen, und somit als Störgeräusche angenommen werden, unterdrückt werden. Aufgrund des konstanten Beitrages durch das erste richtungsabhängige Signal in Frontalrichtung ist dabei für eine wirksame Unterdrückung von Störgeräuschen nur die genannte Bedingung der minimalen Gesamtenergie des aus der Überlagerung resultierenden Signales erforderlich.

**[0011]** Dem gegenüber wird nun vorgeschlagen, anhand des ersten richtungsabhängigen Signals und des zweiten richtungsabhängigen Signals die Stationarität des Schallsignals über einen entsprechenden Parameter zu untersuchen. Dem in der Erfindung vorgeschlagenen Vorgehen liegt dabei die Überlegung zugrunde, dass stark gerichtete Störgeräusche, wie sie beispielsweise durch das Summen eines Motors oder eines Haushaltsgerätes gegeben sein können, bei einem seitlichen Auftreffen auf den Träger zwar durch das bisherige Vorgehen zufriedenstellend unterdrückt werden können, jedoch für den Fall, dass das seitlich auftreffende Signal ein Nutzsignal ist, also z.B. ein Sprachsignal eines weiteren, hinzutretenden Sprechers, ebenfalls eine Unterdrückung stattfindet, welche in diesem Fall nun unerwünscht wäre. Hierfür wird nun eine Unterscheidung zwischen einem möglichen Nutzsignal und einem möglichen Störgeräusch durchgeführt, wobei berücksichtigt wird, dass übliche Nutzsignale wie Sprache oder Musik meist eine wesentlich geringere Stationarität aufweisen als die meisten gerichteten Störgeräusche und auch als ein diffuses Hintergrundrauschen, wie es beispielsweise bei einem Gespräch mit mehreren Personen in einem Raum

auftreten kann, in welchem noch weitere Gespräche erfolgen (sog. "Cocktail-Party"-Hörsituation).

**[0012]** Dies ermöglicht nun beispielsweise, bei einer niedrigen Stationarität das rauschoptimierte Signal derart aus den beiden richtungsabhängigen Signalen zu erzeugen, dass eine möglichst geringe direktionale Unterdrückung von Signalanteilen erfolgt, und hierdurch eventuelle, seitlich auf den Träger auftreffende Sprachsignale entsprechend nicht unterdrückt, sondern mit verstärkt werden. Im Gegenzug kann bei einer festgestellten erhöhten Stationarität unter der Annahme, dass nun erhebliche Störgeräusche vorliegen dürften, eine direktionale Unterdrückung derart erfolgen, dass das rauschoptimierte Signal vorrangig nur das Sprachsignal eines Gesprächspartners umfasst, auf welchen hin bevorzugt die Richtung maximaler Empfindlichkeit des ersten richtungsabhängigen Signales auszurichten ist.

**[0013]** Erfindungsgemäß wird der Parameter dabei in einer Signal-Rückkopplungsschleife aus dem rauschoptimierten Signal bestimmt. Während der Parameter sich rein technisch auch aus dem ersten richtungsabhängigen Signal und dem zweiten richtungsabhängigen Signal - also ohne Weiterverarbeitung zum rauschoptimierten Signal selbst - ermitteln ließe, hat eine Bestimmung des Parameters aus dem rauschoptimierten Signal den Vorteil, dass dieses Signal das für eine Weiterverarbeitung im Hörgerät vorgesehene Signal ist, als Zielgröße herangezogen werden kann. Aufwendige Umrechnungen können somit unterbleiben.

**[0014]** Als vorteilhaft erweist es sich, wenn als Parameter eine Autokorrelationsfunktion ermittelt wird. Bevorzugt ist hierbei die Autokorrelationsfunktion über ein hinsichtlich der zu erwartenden Nutzsignale und der zu erwartenden Störgeräusche geeignet zu bestimmendes Zeitfenster zu bestimmen. Der Vorteil der Verwendung der Autokorrelationsfunktion als Parameter liegt darin, dass selbige oftmals noch weitere wertvolle Informationen bietet, welche in der nachfolgenden Signalverarbeitung von Belang sein können.

**[0015]** Günstigerweise wird das rauschoptimierte Signal durch eine Überlagerung des ersten richtungsabhängigen Signals und des zweiten richtungsabhängigen Signals erzeugt, wobei ein Gewichtungsfaktor für die Überlagerung anhand des Parameters ermittelt wird. Dies bedeutet insbesondere, dass das rauschoptimierte Signal von der Form  $F + \alpha \cdot B$  ist, wobei F das erste richtungsabhängige Signal und B das zweite richtungsabhängige Signal bezeichnen, und  $\alpha$  der anhand des Parameters bestimmte Gewichtungsfaktor ist. Diese Überlagerung ist technisch einerseits besonders einfach zu implementieren, andererseits kann hierbei das erste richtungsabhängige Signal derart ausgerichtet werden, dass die Richtung maximaler Empfindlichkeit auf einen Gesprächspartner des Trägers hin, insbesondere in Frontalrichtung hin, ausgerichtet wird, was die Ermittlung des Gewichtungsfaktors  $\alpha$  weiter erleichtert.

**[0016]** Bevorzugt weist hierbei das rauschoptimierte Signal für ein nicht-stationäres Schallsignal durch den

Gewichtungsfaktor eine im Wesentlichen omnidirektionale Richtcharakteristik auf, und für ein maximal stationäres Schallsignal in Folge des Gewichtungsfaktors eine maximal direktionale Richtcharakteristik. Unter einer maximal direktionalen Richtcharakteristik ist hierbei insbesondere ein globales Maximum der Richtwirkung im Rahmen der zur Verfügung stehenden Richtsignale zu verstehen. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass für nicht-stationäre Schallsignale angenommen wird, dass keine zu unterdrückenden Störgeräusche vorliegen, hingegen jedoch möglicherweise seitlich auf den Träger auftreffende Sprachsignale vorliegen können. In diesem Fall ist eine im Wesentlichen omnidirektionale Richtcharakteristik des rauschoptimierten Signals vorteilhaft, da hierdurch Sprachsignale aus allen Raumrichtungen berücksichtigt werden können. Im Gegenzug wird für ein maximal stationäres Schallsignal angenommen, dass ein erheblicher Störgeräuschanteil vorliegt, welcher entsprechend durch eine Richtcharakteristik des rauschoptimierten Signals derart zu unterdrücken ist, dass nur noch die Raumrichtung, in welcher ein Gesprächspartner angenommen wird, also üblicherweise die Frontalrichtung, nennenswerte Signalbeiträge zum rauschoptimierten Signal liefert. Unter einer im Wesentlichen omnidirektionalen Richtcharakteristik ist hierbei insbesondere eine derartige Richtcharakteristik zu verstehen, in welcher eine Abweichung von einer perfekten Omnidirektionalität gegenüber den auftretenden Richtwirkungen insbesondere bei den direktionalen Richtcharakteristiken vernachlässigt werden kann.

**[0017]** In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Parameter derart bestimmt, dass das rauschoptimierte Signal hinsichtlich des Parameters minimal ist. Dies kann insbesondere durch eine Minimierung des rauschoptimierten Signals hinsichtlich des Parameters erfolgen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass das rauschoptimierte Signal stets die geringstmögliche Stationarität und somit stets den geringstmöglichen Störgeräuschanteil aufweist.

**[0018]** Zweckmäßigerweise wird das rauschoptimierte Signal bezüglich seiner Signalenergie sowie bezüglich des Parameters minimiert. Dies bedeutet insbesondere, dass das rauschoptimierte Signal, welches aus den ersten richtungsabhängigen Signal und dem zweiten richtungsabhängigen Signal gebildet wird, als Funktion der Variablen Signalenergie sowie des Parameters ein lokales Minimum aufweist. Hierdurch können insbesondere derartige Störgeräusche unterdrückt werden, welche in einer komplexen Hörsituation aus unterschiedlichen Richtungen auf den Träger auftreffen, wobei zudem ein diffuser Rauschhintergrund vorliegen mag, während die Störgeräusche selbst nur teilweise als stationär angenommen werden dürfen.

**[0019]** Günstigerweise werden hierbei das erste richtungsabhängige Signal und/oder das zweite richtungsabhängige Signal anhand einer zeitverzögerten Überlagerung des ersten Mikrofonsignals mit dem zweiten Mikrofonsignal erzeugt. Bevorzugt wird hierbei für die Zeit-

verzögerung in der Überlagerung die akustische Laufzeitdifferenz zwischen dem ersten Mikrofon und dem zweiten Mikrofon herangezogen. Dies ist ein besonders einfach zu implementierendes und dennoch effizientes Verfahren für die Erzeugung eines richtungsabhängigen Signals, wenn die zugrundeliegenden Mikrofonsignale von richtungsunabhängigen Mikrofonen stammen.

**[0020]** Besonders bevorzugt weist hierbei das erste richtungsabhängige Signal eine Richtungsabhängigkeit in Form eines ersten Kardiods auf, welches in einer ersten Richtung ausgerichtet ist, und/oder das zweite richtungsabhängige Signal eine Richtungsabhängigkeit in Form eines zweiten Kardiods, welches in einer zweiten Richtung ausgerichtet ist. Ein kardiod-förmiges Signal zeichnet sich dadurch aus, dass die Richtung minimaler Empfindlichkeit der Richtung maximaler Empfindlichkeit entgegengesetzt ist. Dies ist beispielsweise für Signale, deren Richtcharakteristik ein Superkardiod oder ein Hyperkardiod bildet, nicht der Fall. Zudem wird ein Schallsignal aus der Richtung der minimalen Empfindlichkeit im Idealfall bei einer kardiod-förmigen Richtcharakteristik vollständig unterdrückt. Die Symmetrie zwischen der Richtung der maximalen und der minimalen Empfindlichkeit erlaubt es somit, Berechnungen für die erste und die zweite Überlagerung zur Störgeräusch-Unterdrückung besonders einfach zu halten, da zudem von der Richtung minimaler Empfindlichkeit zur Richtung maximaler Empfindlichkeit eine streng monotone Zunahme der Empfindlichkeit stattfindet. Besonders bevorzugt liegt in diesem Fall die erste Richtung der zweiten Richtung entgegengesetzt.

**[0021]** Vor dem Hintergrund, dass in einem Richtsignal mit kardiod-förmiger Richtcharakteristik Schallsignale aus der Richtung der minimalen Empfindlichkeit im Idealfall vollständig unterdrückt werden, kann hierdurch die Berechnung der konkreten Gewichtung der beiden richtungsabhängigen Signale in der Überlagerung noch weiter vereinfacht werden, da das erste richtungsabhängige Signal als eine Referenz angenommen werden kann, welche auf eine erste Nutzsignalquelle gerichtet ist, und in diesem Fall - wenn das zweite, kardiod-förmige richtungsabhängige Signal entgegen des ersten richtungsabhängigen Signals ausgerichtet ist - eine Störgeräusch-Unterdrückung durch das zweite richtungsabhängige Signal keinen Einfluss auf den Beitrag des ersten Nutzsignals hat.

**[0022]** Somit kann zur Bestimmung der Gewichtungen für eine möglichst effiziente Störgeräusch-Unterdrückung im Fall stationärer Signale einfach eine minimale Signalleistung im aus der Überlagerung resultierenden Signal gefordert werden, ohne dass dies einen Einfluss auf den Beitrag des ersten Nutzsignals hat. Bevorzugt wird hierfür zunächst die Überlagerung anhand der minimalen Signalleistung gebildet, anschließend für das resultierende Signal der quantitative Parameter für die Stationarität ermittelt, und nun anhand des Parameters, insbesondere iterativ, die Gewichtung in der Überlagerung so lange angepasst, bis der Parameter minimal ist, so

dass das resultierende Signal eine bezogen auf den Parameter minimale Stationarität aufweist.

**[0023]** Die Erfindung nennt weiter ein Hörgerät mit einem ersten Mikrofon und einem zweiten Mikrofon zur Erzeugung eines ersten richtungsabhängigen Signals und eines zweiten Richtungsabhängigen Signals, welches dazu eingerichtet ist, das vorbeschriebene Verfahren durchzuführen. Insbesondere werden hierbei das ersten richtungsabhängige Signal und das zweite richtungsabhängige Signal jeweils mittels sowohl des ersten Mikrofons als auch des zweiten Mikrofons erzeugt. Bevorzugt erfolgt die Durchführung des Verfahrens im Betrieb des Hörgerätes mittels einer Steuereinheit, welche besonders bevorzugt als Teil der Signalverarbeitungseinheit, in welcher sämtliche weiteren Funktionen der Signalverarbeitung implementiert sind, ausgebildet ist. Die für das Verfahren und für seine Weiterbildungen angegebenen Vorteile können sinngemäß auf das Hörgerät übertragen werden.

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

Fig. 1 in einer Draufsicht die Abschwächung eines gerichteten Störsignals mittels einer Überlagerung zweier Richtsignale in einem Hörgerät, und

Fig. 2 in einem Blockdiagramm den Ablauf eines Verfahrens zur Abschwächung von Störsignalen in einem Hörgerät bei gleichzeitiger Anwesenheit von Nutzsignalen aus unterschiedlichen Richtungen.

**[0025]** Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0026]** In Fig. 1 ist schematisch in einer Draufsicht ein Träger 1 eines Hörgerätes 2 gezeigt. Der Trägers 1 befindet sich hierbei in einer Gesprächssituation mit einem Gesprächspartner 4, der bzgl. des Trägers 1 in dessen Frontalrichtung 6 positioniert ist. In nicht näher dargestellter Weise werden nun im Hörgerät 2 ein erstes richtungsabhängiges Signal 8f (gestrichelte Linie) und ein zweites richtungsabhängiges Signal 8r (gepunktete Linie) gebildet, deren Richtcharakteristik jeweils durch ein Kardioid gegeben ist. Die Kardioid-förmige Richtcharakteristik des ersten richtungsabhängigen Signals 8f hat zur Folge, dass für Schallsignale aus der Frontalrichtung 6 eine maximale Empfindlichkeit vorliegt und somit Schallsignale aus dieser Richtung maximal in das erste richtungsabhängige Signal 8f eingehen, während Schallsignale aus der zur Frontalrichtung 6 entgegengesetzten Rückwärtsrichtung 10 idealerweise im ersten richtungsabhängigen Signal 8f vollständig unterdrückt werden. Das zweite richtungsabhängige Signal 8r weist eine zum ersten richtungsabhängigen Signal 8f entgegengesetzte Richtungsabhängigkeit auf, sodass in das zweite rich-

tungsabhängige Signal 8r Schallsignale aus der Rückwärtsrichtung 10 maximal eingehen, während Schallsignale aus der Frontalrichtung 6 idealerweise vollständig unterdrückt werden.

**[0027]** Die Gesprächssituation des Trägers 1 mit dem Gesprächspartner 4 wird nun hierbei überlagert von verschiedenen Störgeräuschen 12a, 12b, wobei 12a und 12b stark directionale Störgeräusche sind, welche also jeweils von einer lokalisierbaren Quelle wie z.B. einem Motor oder einem elektrischen Haushaltsgerät emittiert werden.

**[0028]** Zur Bereinigung des Sprachsignals 13 des Gesprächspartners 4 von den Störgeräuschen 12a, 12b werden nun im Hörgerät 2 durch eine Überlagerung des ersten richtungsabhängigen Signals 8f mit dem zweiten richtungsabhängigen Signal 8r der Form  $F + \alpha \cdot B$  abgeschwächt, wobei F und B das erste bzw. zweite richtungsabhängige Signal 8f, 8r sind und  $\alpha$  ein entsprechend zu wählender Gewichtungsfaktor ist. Hierbei wird ausgenutzt, dass die Nutzsignalquelle, also hier der Gesprächspartner 4, als in Frontalrichtung 6 angenommen wird, und somit ihre Beiträge im zweiten richtungsabhängigen Signal 8r vollständig unterdrückt werden, und deshalb nur durch das erste richtungsabhängige Signal 8f in das aus der Überlagerung resultierende Signal  $F + \alpha \cdot B$  Eingang finden. Der Beitrag des zweiten richtungsabhängigen Signals 8r ist somit im resultierenden Signal so über den Gewichtungsfaktor  $\alpha$  anzupassen, dass das resultierende Signal einen minimalen Signalpegel aufweist, da nicht zuletzt infolge des bei einer Variation von  $\alpha$  unveränderlichen Beitrages des Nutzsignals aus der Frontalrichtung 6 (s.o.) sicher gestellt wird, dass die Abschwächung der Signalkomponenten, welche nicht aus der Frontalrichtung 6 kommen, maximal ist.

**[0029]** Tritt nun ein weiterer Sprecher 14 hinzu, dessen Sprachsignal 16 nicht aus der Frontalrichtung 6, sondern aus einer seitlichen Richtung beim Träger 1 auftritt, so würde zunächst die eben beschriebene Vorgehensweise dafür sorgen, dass das Sprachsignal 16 wie die Störgeräusche 12a, 12b behandelt und entsprechend unterdrückt wird. Um dies zu vermeiden, wird eine Erkennung vorgenommen, ob es sich bei den seitlich auftretenden Geräuschen 12a, 12b, 16 um Störgeräusche oder um potentielle Nutzsignale handelt, und nur die Störgeräusche 12a, 12b unterdrückt. Dies ist anhand von Fig. 2 beschrieben.

**[0030]** In Fig. 2 ist mittels eines Blockschaltbildes ein Verfahren 20 zur directionalen Rauschunterdrückung im Hörgerät 2 dargestellt. Im Hörgerät 2 wird aus dem Schallsignal 22 der Umgebung mittels eines ersten Mikrofons 24a ein erstes Mikrofonsignal 26a erzeugt, und mittels eines zweiten Mikrofons 24b ein zweites Mikrofonsignal 26b erzeugt. Das zweite Mikrofonsignal 26b wird hierbei einerseits um das Zeitintervall T verzögert, sodass hierdurch ein zeitverzögertes zweites Mikrofonsignal 28b gebildet wird, welches vom ersten Mikrofonsignal 26a subtrahiert wird, sodass hierdurch das erste richtungsabhängige Signal 8f gebildet wird. Auf gleiche

Weise wird das erste Mikrofonsignal 26a zusätzlich um das Zeitintervall T verzögert, und hierdurch das erste zeitverzögerte Mikrofonsignal 28a gebildet, welches vom zweiten Mikrofonsignal 26b subtrahiert wird und hierdurch das zweite richtungsabhängige Signal 8r gebildet wird. Das erste richtungsabhängige Signal 8f und das zweite richtungsabhängige Signal 8r weisen hierbei jeweils die kardioid-förmigen Richtcharakteristiken gemäß Fig. 1 auf.

**[0031]** In einer Überlagerung 30 der Form  $F + \alpha \cdot B$  wird nun ein Gewichtungsfaktor  $\alpha$  derart bestimmt, dass das aus der Überlagerung 30 resultierende Signal 32 eine minimale Stationarität aufweist. Hierfür wird das resultierende Signal 32 einer Signal-Rückkopplungsschleife 34 zugeführt, und dort ein Parameter 36 für die Stationarität der Signalanteile ermittelt. Der Parameter 36 kann beispielsweise gegeben sein durch eine Autokorrelationsfunktion, welche über ein geeignet zu wählendes Zeitfenster zu berechnen ist.

**[0032]** Wird nun festgestellt, dass das zu einem Gewichtungsfaktor  $\alpha$  resultierende Signal 32 eine hinsichtlich des Parameters 36 eine minimale Stationarität aufweist, d.h., dass der Parameter 36 für die vorliegende Überlagerung 30 ein lokales Minimum einnimmt, so wird in der Signal-Rückkopplungsschleife 34 die Überlagerung 30 nicht weiter verändert. Wird jedoch in der Signal-Rückkopplungs-Schleife 34 festgestellt, dass das resultierende Signal 32 einen Stationaritäts-Parameter 36 aufweist, welcher nicht minimal ist, z.B. anhand einer Betrachtung der Monotonie des Parameters 36 bei geringen Variationen von  $\alpha$  um den vorliegenden Wert, so wird der Gewichtungsfaktor  $\alpha$  in der Überlagerung 30 dahingehend angepasst, dass der Parameter 36 minimiert wird. Dies kann insbesondere interaktiv geschehen. Auch ist ein Parameter 36 denkbar, welcher ein absolutes Maß für Stationarität liefert, und dabei insbesondere geeignet normiert ist, so dass anhand des Wertes Parameters 36 zu einer vorliegenden Überlagerung mit einem Gewichtungsfaktor  $\alpha$  und anhand des entsprechenden Abstands des Wertes des Parameters 36 vom Minimalwert auch eine quantitative Aussage über die notwendige Anpassung des Gewichtungsfaktors  $\alpha$  möglich wird.

**[0033]** Liegen beispielsweise in der Gesprächssituation nach Fig. 1 nur das Sprachsignal 13 des Gesprächspartners 4 sowie die beiden Störgeräusche 12a, 12b vor, so ist das Sprachsignal hierbei nicht-stationär, während die beiden Störgeräusche 12a, 12b hochgradig stationär sind. Für die Überlagerung 30 ist der Gewichtungsfaktor  $\alpha$  derart zu bestimmen, dass in  $F + \alpha \cdot B$  die Signalanteile der Störgeräusche 12a, 12b über das zweite richtungsabhängige Signal B möglichst eliminiert werden. Dies erfolgt durch einen negativen Gewichtungsfaktor  $\alpha$  vom Betrag  $<1$ . In diesem Fall entspricht das resultierende Signal 32 im Wesentlichen demjenigen Signal, welches man auch durch eine Minimierung der Signalenergie erreichen würde, da das Sprachsignal 13, welches durch F in das resultierende Signal 32 eingeht, nicht-stationär ist, und seine Signalanteile durch die Korrekturen der

stationären Signalanteile mittels des Signals B nicht beeinträchtigt werden.

**[0034]** Liegen andererseits in der Gesprächssituation nach Fig. 1 nur das Sprachsignal 13 des Gesprächspartners 4 sowie das Sprachsignal 16 des Gesprächspartners 14 vor, würde eine Überlagerung 30, welche auf einer Minimierung der Energie des resultierenden Signals 32 basiert, das Sprachsignal 16 des Gesprächspartners 14 erheblich unterdrücken, was unerwünscht ist. Da jedoch die Bestimmung des Gewichtungsfaktors  $\alpha$  nicht auf einer Minimierung der Energie des resultierenden Signals 32, sondern auf einer Minimierung seiner Stationarität - gemessen am Parameter 36 - beruht, werden in  $F + \alpha \cdot B$  die Signale weitgehend addiert, wodurch sich eine weitgehend omnidirektionale Richtcharakteristik für das resultierende Signal 32 ergibt.

**[0035]** Durch die zusätzlichen Beiträge des Sprachsignals 14 im Signal B wird im resultierenden Signal 32 die ohnehin schon geringe Stationarität des Sprachsignals 13 infolge der unterschiedlichen Gesprächspartner 4, 14 und somit der unterschiedlichen spektralen Beiträge noch weiter reduziert. Der Gewichtungsfaktor  $\alpha$  ist nun positiv, und so ausgelegt, dass er die Abschwächung des Sprachsignals 16 durch die seitliche Abschwächung der Richtcharakteristik des ersten richtungsabhängigen Signals 8f möglichst kompensiert.

**[0036]** Falls in der Gesprächssituation nach Fig. 1 beide Sprachsignale 13, 16 und beide Störgeräusche 12a, 12b vorliegen, wird die Minimierung der Stationarität des resultierenden Signals 32 dazu führen, dass einerseits die stationären Störgeräusche 12a, 12b möglichst geringe Beiträge zum resultierenden Signal 32 liefern, andererseits das nicht-stationäre Sprachsignal 16 möglichst wenig unterdrückt wird. Da nur ein Freiheitsgrad - der Gewichtungsfaktor  $\alpha$  - zur Verfügung steht, ist dies nur mit Einschränkungen möglich, das resultierende Signal 32 ist hinsichtlich der Signalenergie nicht mehr minimal in a, jedoch wird dies angesichts der komplexen Gesprächssituation in Kauf genommen, um nicht das Sprachsignal 16 unerwünschterweise zu unterdrücken.

**[0037]** Durch das beschriebene Vorgehen werden einerseits Störgeräusche der Form 12a, 12b unterdrückt, hingegen nicht die Signalanteile des Sprachsignals 16, sodass das aus der Überlagerung resultierende Signal 32 ein rauschoptimiertes Signal ist.

**[0038]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch dieses Ausführungsbeispiel eingeschränkt. Andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

#### Bezugszeichenliste

**[0039]**

- |   |          |
|---|----------|
| 1 | Träger   |
| 2 | Hörgerät |

4 Gesprächspartner  
 6 Frontalrichtung  
 8f erstes richtungsabhängiges Signal  
 8r zweites richtungsabhängiges Signal  
 10 Rückwärtsrichtung  
 12a, b Störgeräusch  
 13 Sprachsignal  
 14 Gesprächspartner  
 16 Sprachsignal  
 20 Verfahren  
 22 Schallsignal  
 24a/b erstes/zweites Mikrofon  
 26a/b erstes/zweites Mikrofonsignal  
 28a/b erstes/zweites zeitverzögertes Mikrofonsignal  
 30 Überlagerung  
 32 resultierendes/rauschoptimiertes Signal  
 34 Signal-Rückkopplungsschleife  
 36 Parameter

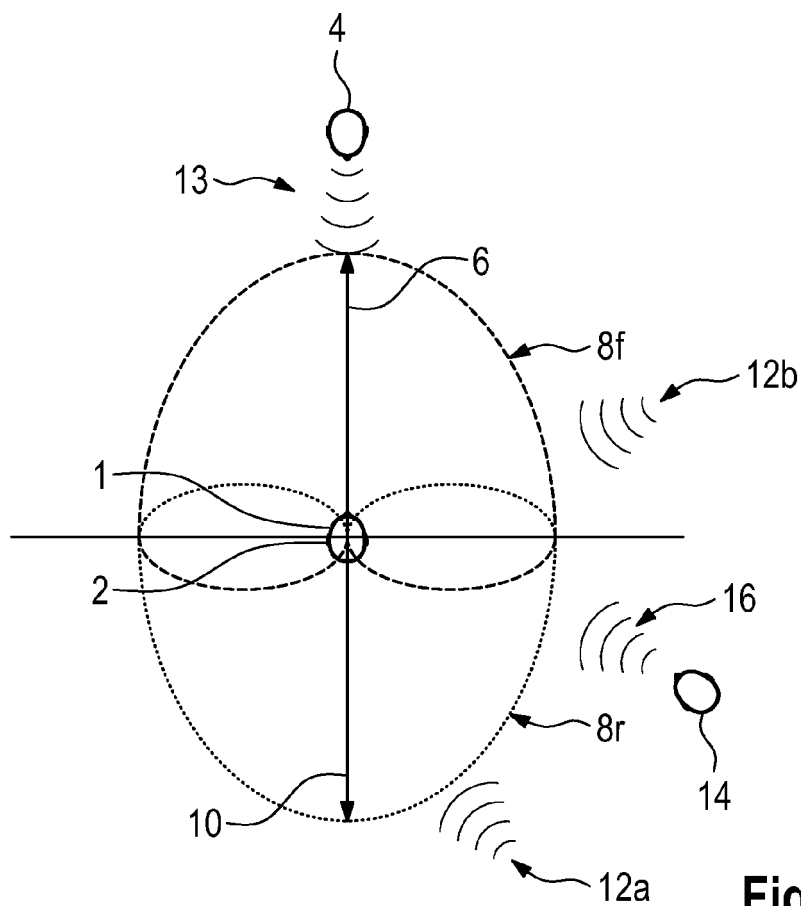
T Zeitintervall

## Patentansprüche

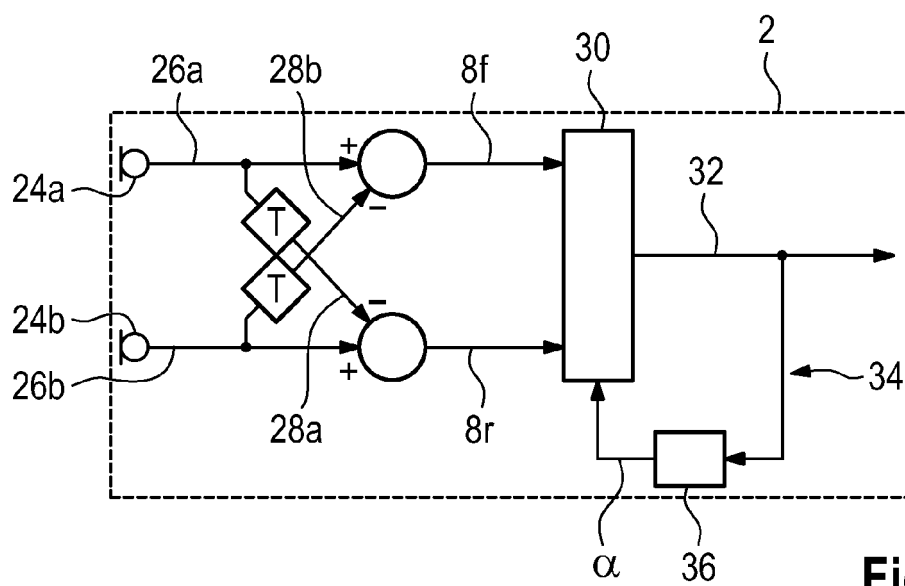
1. Verfahren zum Betrieb eines Hörgerätes (2),  
 - wobei im Hörgerät (2) aus einem Schallsignal (22) der Umgebung ein erstes richtungsabhängiges Signal (8f) und ein zweites richtungsabhängiges Signal (8r) erzeugt werden,  
 - wobei anhand des ersten richtungsabhängigen Signals (8f) und des zweiten richtungsabhängigen Signals (8r) ein Parameter (36) bestimmt wird, welcher ein quantitatives Maß für eine Stationarität des Schallsignals (22) darstellt,  
 - wobei aus dem ersten richtungsabhängigen Signal (8f) und dem zweiten richtungsabhängigen Signal (8r) anhand des Parameters (36) ein rauschoptimiertes Signal (32) erzeugt wird, und  
 - wobei der Parameter (36) in einer Signal-Rückkopplungsschleife (34) aus dem rauschoptimierten Signal (32) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
 wobei als Parameter (36) eine Autokorrelationsfunktion ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2,  
 wobei das rauschoptimierte Signal (32) durch eine Überlagerung des ersten richtungsabhängigen Signals (8f) und des zweiten richtungsabhängigen Signals (8r) erzeugt wird, und  
 wobei ein Gewichtungsfaktor für die Überlagerung anhand des Parameters (36) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
 wobei für ein nicht-stationäres Schallsignal (13, 16) durch den Gewichtungsfaktor das rauschoptimierte

Signal (32) eine im Wesentlichen omnidirektionale Richtcharakteristik aufweist, und  
 wobei für ein maximal stationäres Schallsignal (12a, 12b) durch den Gewichtungsfaktor das rauschoptimierte Signal (32) eine maximal direktionale Richtcharakteristik aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
 wobei der Parameter (36) derart bestimmt wird, dass das rauschoptimierte Signal (32) hinsichtlich des Parameters (36) minimal ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
 wobei rauschoptimierte Signal (32) bezüglich seiner Signalenergie sowie bezüglich des Parameters (36) minimiert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
 wobei im Hörgerät (2) aus dem Schallsignal (22) durch ein erstes Mikrofon (24a) ein erstes Mikrofonsignal (26a) erzeugt wird, und durch ein zweites Mikrofon (24b) ein zweites Mikrofonsignal (26b) erzeugt wird, und  
 wobei das erste richtungsabhängige Signal (8f) und/oder das zweite richtungsabhängige Signal (8r) anhand des ersten Mikrofonsignals (26a) und des zweiten Mikrofonsignals (26b) erzeugt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
 wobei das erste richtungsabhängige Signal (8f) und/oder das zweite richtungsabhängige Signal (8r) anhand einer zeitverzögerten Überlagerung des ersten Mikrofonsignals (26a) mit dem zweiten Mikrofonsignal (26b) erzeugt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
 wobei das erste richtungsabhängige Signal (8f) eine Richtungsabhängigkeit in Form eines in einer ersten Richtung (6) ausgerichteten ersten Kardioids aufweist, und/oder  
 wobei das zweite richtungsabhängige Signal (8r) eine Richtungsabhängigkeit in Form eines in einer zweiten Richtung (10) ausgerichteten zweiten Kardioids aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
 wobei die erste Richtung (6) zur zweiten Richtung (10) entgegengesetzt ist.
11. Hörgerät (2) mit einem ersten Mikrofon (24a) und einem zweiten Mikrofon (24b) zur Erzeugung eines ersten richtungsabhängigen Signals (8f) und eines zweiten richtungsabhängigen Signals (8r), welches dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.



**Fig. 1**



**Fig. 2**





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 18 20 0729

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	EP 2 658 289 A1 (SIEMENS MEDICAL INSTR PTE LTD [SG]) 30. Oktober 2013 (2013-10-30)	1-7,11	INV. H04R3/00 H04R25/00
Y	* Seite 2, Absatz 8 - Seite 3, Absatz 17 *	8-10	
	* Seite 4, Absatz 21 - Seite 5, Absatz 34 *		
	* Abbildungen 2,3 *		
	* Ansprüche 1-10 *		
Y	DE 101 14 101 A1 (SIEMENS AUDIOLOGISCHE TECHNIK [DE]) 6. Juni 2002 (2002-06-06)	8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04R
A	* Spalte 2, Absatz 9 *	1-7,9-11	
	* Spalte 4, Absatz 28 *		
	* Abbildung 4 *		
Y	EP 2 107 826 A1 (BERNAFON AG [CH]) 7. Oktober 2009 (2009-10-07)	9,10	
A	* Spalte 7, Absatz 37 *	1-8,11	
	* Abbildung 2 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. April 2019	Prüfer Meiser, Jürgen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 20 0729

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.

10-04-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2658289 A1	30-10-2013	AU 2013203174 A1	14-11-2013
		DE 102012206759 A1	31-10-2013
		DK 2658289 T3	24-10-2016
		EP 2658289 A1	30-10-2013
DE 10114101 A1	06-06-2002	KEINE	
EP 2107826 A1	07-10-2009	KEINE	

EPO FORM P0461

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