



(11) **EP 4 365 890 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.05.2024 Patentblatt 2024/19

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G10K 11/175^(2006.01) H04K 3/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22205855.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G10K 11/1754; H04K 3/42; H04K 3/43; H04K 3/45; H04K 3/825; H04K 2203/12

(22) Anmeldetag: **07.11.2022**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Müller, Benjamin**
70569 Stuttgart (DE)
• **Strobel, David**
70569 Stuttgart (DE)

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(74) Vertreter: **Schairer, Oliver Michael et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radlkoferstraße 2
81373 München (DE)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ADAPTIVEN, HARMONISCHEN SPRACHMASKIERSCHALLERZEUGUNG**

(57) Eine Vorrichtung zur Sprachmaskierschallerzeugung gemäß einer Ausführungsform wird bereitgestellt. Die Vorrichtung umfasst einen Analysator (110) zur Analyse von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung einen Maskiersignalerzeuger (120) zur Erzeugung eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Sig-

nalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen. Die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil hängt von einem ersten Schallpegel ab, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde. Ferner hängt die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel ab, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

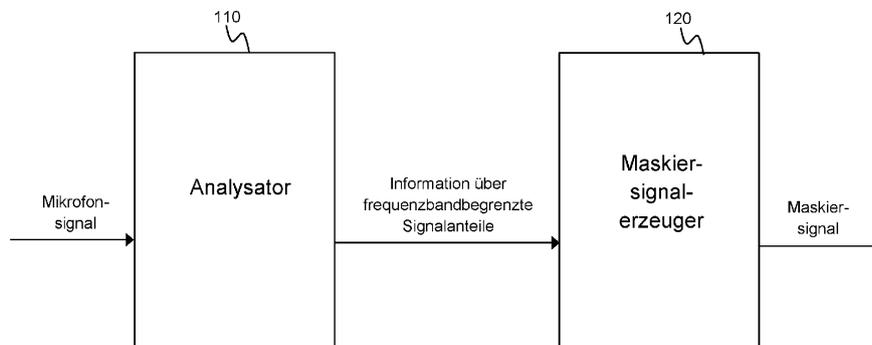


FIG 1

EP 4 365 890 A1

Beschreibung

[0001] Die Anmeldung betrifft Geräuschmaskierung, insbesondere Sprachmaskierung, und, im Speziellen, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur adaptiven, harmonischen Sprachmaskierschallerzeugung.

[0002] Insbesondere Sprachschalle sowie unvorhersehbare Geräusche, die sich in ihren Pegelspitzen stark von dem Hintergrundniveau abheben, ziehen unsere kognitive Leistungsfähigkeit in Mitleidenschaft (siehe Bodin Danielsson & Bodin, 2009). Diese negativen Effekte auf das visuelle sowie auditive Kurzzeitgedächtnis von Störschallen, wie zum Beispiel Sprache, werden irrelevanter Geräuscheffekt (Irrelevant Sound Effect, ISE) genannt.

[0003] Anforderungen an eine akustische Arbeitsplatzumgebung variieren sowohl über den zeitlichen Verlauf des Arbeitstages als auch bei verschiedenen Aufgaben, die Mitarbeitende zu erledigen haben. So haben Personen, die in einem vollbesetzten Büro arbeiten, ein hohes Bedürfnis nach akustischer Privatsphäre, während Personen, die in einem kaum besetzten Büro einer Arbeit nachgehen möglicherweise das Bedürfnis nach einem erweiterten Hörhorizont haben, zum Beispiel um nicht von dem plötzlichen Erscheinen anderer Personen überrascht zu werden (Zuydervliet et al., 2008).

[0004] Um einer Beeinträchtigung durch den ISE entgegenzuwirken, wird in einigen Großraumbüros der Ansatz von globalen Maskierungssystemen über Lautsprecher verfolgt. Dabei wird ein breitbandiges statisches Rauschen über zentrale Lautsprecher in den Büroräumen wiedergegeben, mit dem Ziel Störschalle zu maskieren. Durch die daraus entstehende Reduktion des Signal-Rausch-Abstandes von zum Beispiel störenden Sprachsignalen zu dem nun angehobenen Hintergrundrauschen, wird die Sprachverständlichkeit minimiert (Zuydervliet et al., 2008). Ein solches Rauschen kann von Nutzern allerdings als unangenehm wahrgenommen und daher abgelehnt werden (siehe Keus Van De Poll, Marijke et al., 2015).

[0005] Manche Ansätze basieren auf einer dynamischen Anpassung der Lautstärke von Maskierschallen an sich ändernde Hintergrundschallbedingungen. So existieren Ansätze von globalen Systemen, bei denen sich der Maskierschall in festgelegten Zeitintervallen oder auf Grundlage von Mikrofonmessungen im gesamten Büro ändert. Diese bieten eine eher unflexible und daher unzulängliche Lösung. Außerdem ist eine Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit zu beobachten, wenn Angestellte die Möglichkeit haben ihren Arbeitsplatz zu personalisieren (siehe Huang, Robertson & Chang, 2004; Lee & Brand, 2010).

[0006] Damit ein Schall über eine ausreichende Maskierwirkung verfügt, muss er in allen Frequenzanteilen, in denen das Störsignal vorkommt, über ein ausreichend breitbandiges Rauschsignal verfügen. Rosa Rauschen beispielsweise, welches einen Abfall der Lautstärke von etwa 3 dB pro Oktave hat, wurde als ein effektives Maskiersignal identifiziert. Allerdings wird es von Probanden subjektiv oft als störend wahrgenommen und daher eher abgelehnt (Schlittmeier & Hellbrück, 2009). In diversen anderen Studien werden Maskiersignale mit anderen Spektren vorgeschlagen und untersucht. Dabei wurden Signale, wie in dem Frequenzgang angepasstes Rosa Rauschen, sprachähnliches Gemurmel von mehreren Sprechern oder auch natürliche Signale, wie Quellwasserrauschen betrachtet (Hongistob et al., 2017; Veitch et al., 2002; Wang, Drotleff & Li, 2012). Natürliche Geräuschquellen scheinen dabei die Nutzerakzeptanz deutlich zu verbessern (Haapakangas et al., 2011). Auch Musik wurde als Geräuschquelle von Aufgaben irrelevanten Schallen in Studien untersucht, was sich allerdings als weniger effektiv herausstellte (Haapakangas et al., 2011; Schlittmeier & Hellbrück, 2009).

[0007] Um die eben beschriebenen subjektiven Urteile neben der alleinigen psychoakustischen Wirksamkeit mit einzubeziehen, stellte Chanaud (2007) zwei Systeme der adaptiven Schallmaskierung vor. Zum einen ein zeitbasiertes System, bei dem der Schalldruckpegel des Maskierschalles in statischen Zeitintervallen über den Tag variiert. Dafür müssen für verschiedene Tageszeiten verschiedene Bedürfnisse an Akustischer Privatsphäre, sowie das voraussichtliche Maß an Störintensität des Schalls vorhergesagt werden. So ist es über Nacht und am frühen Morgen für Angestellte wichtig, die Präsenz anderer Menschen hören zu können. Dementsprechend würde kein oder nur ein sehr leiser Maskierschall zu dieser Zeit ausreichen. Zu Stoßzeiten, in denen die meisten Angestellten an Ihrem Arbeitsplatzankommen oder diesen wieder verlassen, herrscht viel soziale Interaktion, wodurch ein hohes Maß an akustischer Ablenkung entstehen kann, welche durch höhere Lautstärken des Maskierschalls kompensiert werden sollen. Während der Mittagspause ist der Bedarf nach Maskierung wieder gering. Das 10. Perzentil L₁₀, des gemessenen Schallpegels beschreibt den Schallpegel, welcher mindestens in 10% der betrachteten Teilzeit erreicht wurde. Das 90. Perzentil L₉₀, beschreibt den Schallpegel, welcher mindestens in 90% der betrachteten Teilzeit erreicht wurde.

[0008] Zuydervliet et al. (2008) schlägt ebenfalls vor, dass bei einer adaptiven Maskierschallsteuerung der 10. und der 90. Perzentilwert ermittelt werden sollen. Dabei steht das 90. Perzentil L_{AF,90%} stellvertretend für das Hintergrundrauschen des Umgebungsschalls und das 10. Perzentil L_{AF,10%} beschreibt die Aktivitätstransienten von Störschallen in der Hintergrundschallbedingung. Die Differenz dieser L_{AF,10%-90%}-Werte beschreibt also eine SNR von Störanteilen und Hintergrundrauschen (Zuydervliet et al., 2008). Ist der SNR hoch, verfügt der Hintergrundschall über einen großen Changing-State-Charakter und verursacht demnach einen ISE. Der ermittelte L_{AF,10%-90%}-Wert sollte laut Zuydervliet et al. (2008) mit einem Zielwert L_{AF,10%-90%,Ziel}, also mit einer optimale Perzentilwertdifferenz, verglichen werden. Wenn der Unterschied des ermittelten L_{AF,10%-90%} größer ist als der Zielwert, soll sich das Maskierschalllevel langsam erhöhen und somit den Signal-Rausch-Abstand (SNR) des Gesamtschalls verkleinern. Wenn der Unterschied geringer ist, ist

der SNR des Summensignals schon kleiner als mindestens notwendig um keinen ISE zu verursachen, und der Maskierschall kann langsam leiser werden. Weitere Parameter wie ein Gewichtungsfaktor W , eine maximale Lautstärkeänderung pro Minute, sowie ein Parameter zur Anpassung der Sensitivität können somit eine optimale Lautstärke des Maskierschalls beeinflussen (Zuydervliet et al., 2008). Dabei soll der Zielwert ($L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$) zwischen 3 und 10 dB liegen, während der Gewichtungsfaktor zwischen 0.5 und 4 liegen sollte. Die Zeitperiode über welche die Analyse der Perzentilwerte verläuft bestimmt die Sensitivität des Systems, wobei hierfür ein Betrachtungszeitraum von 15 s vorgeschlagen wird. Wird ein längerer Zeitraum gewählt, fallen Pegelschwankungen weniger stark ins Gewicht und die Steuerung reagiert langsamer auf sich ändernde Schallbedingungen. Als maximale Änderungsrate wird ein Wert von 0,05 dB pro Sekunde genannt (L'Esperance et al., 2017).

[0009] Laut Chanaud (2007) sollten die Pegelanhebung generell schneller erfolgen als die Pegelabsenkung des Maskierschalls. Des Weiteren wird vorgeschlagen, bei adaptiven Maskierschall Systemen das obere sowie das untere Limit zu beschränken. Dabei sollte gewährleistet werden, dass zu jeder Zeit eine ausreichende Maskierung gesichert ist, zugleich aber ein maximal zumutbarer Pegel nicht überschritten wird. Zuydervliet et al. (2008) schlägt für einen Dynamikbereich der Maskierschalllautstärke 5dB vor, in der Arbeit von L'Esperance (2017) dagegen wird 3dB vorgeschlagen.

[0010] Während ein Großteil der bisherigen Lösungsansätze sich auf globale Maskiersysteme fokussiert, bei welchen die Maskierschalle über zentrale Lautsprecher in z.B. einem Großraumbüro wiedergegeben werden, empfehlen Schlittmeier und Hellbrück (2009) lokale Maskierungssysteme für einzelne Arbeitskräfte. Da sich allerdings wiederum benachbarte Mitarbeitende durch Übersprechen von individuellen, über Lautsprecher wiedergegebenen Maskierschallen pro Arbeitsplatz gestört fühlen können, ist die Wiedergabe dieser Maskierschalle über Kopfhörer in Kombination mit einer adaptiven Pegelsteuerung ein vielversprechender Ansatz. Die Akzeptanz von einem solchen kopfhörerbasiertem Maskiersystem sollte auch durch die Personalisierbarkeit von Nutzern im Vergleich zu Lautsprechermaskierungssystemen verbessert werden. Denn verschiedene Studien zeigen, dass eine erhöhte Zufriedenheit in Bezug auf das Arbeitsumfeld herrscht, wenn dieses durch die Mitarbeitenden kontrollierbar ist (Huang et al., 2004; Lee & Brand, 2010).

[0011] Doch nicht nur die Zufriedenheit von Angestellten, sondern auch deren physische Gesundheit und Performance sollen durch mehr Kontrolle über das Arbeitsumfeld gesteigert werden (siehe Cohen, 1980; Quick, 1990). Auch Renz (2019) orientiert sich an Perzentilwertdifferenzen $L_{AF,10\%} - L_{AF,90\%}$ und hat dabei eine neue Methode zur Vorhersage eines voraussichtlichen Leistungsabfalls DP (engl.: decrease of performance; deutsch: Rückgang der Performanz), erarbeitet. Renz (2019) schlägt 2 bis 3 dB als geeigneten Zielwert ($L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$) für eine adaptive Pegelsteuerung von Maskierschallen vor.

[0012] Die von Renz (2019), "Personalised sound masking in open offices. A trade-off between annoyance and restoration of working memory performance?" Stuttgart: Fraunhofer Verl, Stuttgart, evaluierten und geplotteten DP Werte in Abhängigkeit von dem Vorhersageparameter $L_{AF,10\%-90\%}$ sind in Renz, 2019 auf Seite 204 gezeigt. Renz, 2019, zeigt dabei auf Seite 204 einen Plot des kognitiven Performance Vorhersage Modells des resultierenden DP bei dem Vorhersageparameter LAF 10-90.

[0013] US 2003/103632 A1 zeigt ein adaptives Geräuschmaskierungssystem und Geräuschmaskierungsverfahren, das unerwünschte Geräusche in Zeitblöcke unterteilt und das Frequenzspektrum und den Leistungspegel schätzt und dabei kontinuierlich weißes Rauschen mit einem passenden Spektrum und Leistungspegel erzeugt, um das unerwünschte Geräusch zu maskieren.

[0014] CN 110362789 A zeigt ein Geräuschmaskierungsverfahren und ein adaptives Geräuschmaskierungssystem mit einer Geräuschmaskierungsdatenbank, einem Geräuschzufriedenheitsagentenmodell und einem selbstanpassenden Geräuschmaskierungs-Suchsystem.

[0015] US 2015/194144 A1 zeigt ein Multi-Mikrofon-Teilsystem um Geräusche zu erfassen, einen Spektrumanalysator, um ein Leistungsmerkmal des erfassten Geräusches zu bestimmen, und einen räumlichen Analysator um ein Richtungsmerkmal des Geräusches zu erfassen.

[0016] Eine Vorrichtung nach Anspruch 1, ein Verfahren nach Anspruch 14 und ein Computerprogramm nach Anspruch 15 werden bereitgestellt.

[0017] Eine Vorrichtung zur Sprachmaskierschallerzeugung gemäß einer Ausführungsform wird bereitgestellt. Die Vorrichtung umfasst einen Analysator zur Analyse von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung einen Maskiersignalerzeuger zur Erzeugung eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen. Die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil hängt von einem ersten Schallpegel ab, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde. Ferner hängt die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel ab, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

[0018] Des Weiteren wird ein Verfahren zur Sprachmaskierschallerzeugung gemäß einer Ausführungsform bereitge-

stellt. Das Verfahren umfasst:

- Analysieren von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten. Und:
- Erzeugen eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen.

[0019] Ferner wird ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens gemäß einer Ausführungsform bereitgestellt.

[0020] Die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil hängt von einem ersten Schallpegel ab, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde. Ferner hängt die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel ab, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

[0021] Ausführungsformen stellen einen Regelungsalgorithmus bereit, welcher ein Sprachmaskiersignal zur Darbietung über Kopfhörer gleichsam angenehm als auch gesichert, psychoakustisch validiert einstellen kann.

[0022] Die oben beschriebenen, von Renz (2019) evaluierten und geplotteten DP Werte in Abhängigkeit von dem Vorhersageparameter $L_{AF,10\%-90\%}$, die in Renz, 2019 auf Seite 204 abzulesen sind, bilden eine wissenschaftliche Grundlage von Überlegungen, auf denen Ausführungsformen basieren.

[0023] Manche Ausführungsformen stellen einen Maskierschall bereit, welcher beispielsweise individuell über Kopfhörer einstellbar ist und immer nur in einem Maße zum Einsatz kommt, in dem er gerade benötigt wird. Hierdurch wird eine effektive Möglichkeit geschaffen, um sowohl die kognitive Leistungsfähigkeit, als auch die Zufriedenheit der Mitarbeitenden am Arbeitsplatz zu verbessern.

[0024] Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0025] In den Zeichnungen ist dargestellt:

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Sprachmaskierschallerzeugung gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 2 zeigt ein Signalflussdiagramm mit einer Frequenzaufteilung in neun Oktavbänder gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 3 zeigt ein Signalflussdiagramm zur adaptiven Geräuschmaskierung gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 4 ein Signalflussdiagramm eines Regelwert-Prüfers gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 5 zeigt eine Regelschleife gemäß einer Ausführungsform.

[0026] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Sprachmaskierschallerzeugung gemäß einer Ausführungsform.

[0027] Die Vorrichtung umfasst einen Analysator 110 zur Analyse von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten.

[0028] Des Weiteren umfasst die Vorrichtung einen Maskiersignalerzeuger 120 zur Erzeugung eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen.

[0029] Die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil hängt von einem ersten Schallpegel ab, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde. Ferner hängt die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel ab, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, eine Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz zwischen dem ersten Schallpegel und dem zweiten Schallpegel für jeden Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen. Dabei kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, das Maskiersignal abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz jedes frequenzbandbegrenzten Signalanteils der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen.

[0031] In einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, das Maskiersignal zu

bestimmen, indem für jeden Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen, abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses Signalanteils, einen Pegelwert für eine frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals, die einem Frequenzbereich dieses Signalanteils entspricht, zu bestimmen, und eine Pegelanpassung dieser frequenzbandbegrenzten Komponente des Maskiersignals mittels dieses Pegelwerts vorzunehmen.

5 **[0032]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, ein Gesamtsignal zu bestimmen, das von dem Mikrofonsignal abhängt, aber von dem Mikrofonsignal unterschiedlich ist. Dabei kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals einen Fehlerwert zu bestimmen, der eine Differenz zwischen einem Zielwert für eine Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz und einer aktuellen Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz des Gesamtsignals angibt. Der Maskiersignalerzeuger 120 kann dabei z.B. ausgebildet sein, das Maskiersignal abhängig von dem Fehlerwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen. Der Analysator 110 kann dabei z.B. ausgebildet sein, die aktuelle Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz zwischen einem dritten Schallpegel und einem vierten Schallpegel für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen, wobei der dritte Schallpegel ein Schallpegel ist, der mindestens während einer dritten Zeitdauer während eines analysierten Zeitraums in dem frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Gesamtsignals erreicht wurde, und wobei der vierte Schallpegel ein Schallpegel ist, der mindestens während einer vierten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums in dem frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Gesamtsignals erreicht wurde.

10 **[0033]** In einer Ausführungsform kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals abhängig von einem rückgekoppelten zeitlichen Abschnitt des Maskiersignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

15 **[0034]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, jeden der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals abhängig von einem Dämpfungsfaktor für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Gesamtsignals zu bestimmen, wobei der Analysator 110 ausgebildet ist, den Dämpfungsfaktor für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil auf dem entsprechenden frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Mikrofons anzuwenden, um ein gedämpftes Mikrofonsignal zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten.

20 **[0035]** In einer Ausführungsform kann der Analysator 110 z.B. ausgebildet sein, jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals als Summe des rückgekoppelten zeitlichen Abschnitt des Maskiersignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil und des gedämpften Mikrofonsignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

25 **[0036]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, das Maskiersignal abhängig von einem Korrekturwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen, wobei der Maskiersignalerzeuger 120 ausgebildet ist, den Korrekturwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig vom dem Fehlerwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

30 **[0037]** In einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 des Weiteren z.B. ausgebildet sein, den Korrekturwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig von einem zeitlichen Vorgängerwert dieses Korrekturwerts zu bestimmen.

35 **[0038]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, den Korrekturwert abhängig von

$$z_n = z_{n-1} + \text{sgn}(e) * g(e)$$

40 **[0039]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, den Korrekturwert abhängig von

45 zu bestimmen, wobei z_n der Korrekturwert zu einem Zeitpunkt n ist, wobei z_{n-1} der zeitliche Vorgängerwert dieses Korrekturwerts zu einem Zeitpunkt $n-1$ ist, wobei e der Fehlerwert ist, wobei sgn eine Signumfunktion bezeichnet, und wobei $g(e)$ eine von dem Fehlerwert e abhängige Funktion bezeichnet.

50 **[0039]** In einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, das Maskiersignal abhängig von einem Stellwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen, wobei der Maskiersignalerzeuger 120 ausgebildet ist, den Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils und abhängig von dem Fehlerwert und von dem Korrekturwert dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils des Gesamtsignals zu bestimmen.

55 **[0040]** Gemäß einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, den Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil durch Bildung einer Summe der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils und des Fehlerwerts und des Korrekturwerts dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils des Gesamtsignals zu bestimmen.

[0041] In einer Ausführungsform kann der Maskiersignalerzeuger 120 z.B. ausgebildet sein, den Pegelwert für eine frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals, abhängig von dem Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil und abhängig von einem vorangegangenen Pegelwert für diese frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals zu bestimmen.

[0042] Ausführungsformen stellen einen Regelungsalgorithmus bereit, der es ermöglicht, einen Maskierschall in der Lautstärke und in seinem Frequenzspektrum dynamisch an eine Hintergrundschaallbedingung anzupassen.

[0043] Der Algorithmus kann dabei z.B. selbstständig erkennen, in welchem Maße die Hintergrundschaallbedingung einen störenden Einfluss auf die Kognitive Leistungsfähigkeit haben kann. Für diese Beurteilung der Schaallbedingung wird ein Mikrofonsignal verwendet.

[0044] Der Algorithmus funktioniert auf verschiedenen Endgeräten mit der jeweils zu Verfügung stehenden Technik. Da nicht davon auszugehen ist, dass in allen Endgeräten geeichte, normgerechte Mikrofone verbaut sind welche die Anforderungen an Schaallpegelmesser gemäß DIN EN 61672-1 erfüllen, kommt der Algorithmus ohne Kenntnisse über den absoluten Schaalldruckpegel aus. Der Algorithmus bestimmt dafür die 90% und 10% Perzentilwerte als Regelparameter.

[0045] Es wird ein Maskierschall erzeugt und abgespielt, welcher kontinuierlich über eine ausreichende Maskierwirkung verfügt, um einen möglichen, ISE bedingten kognitiven Leistungsabfall, der durch die Hintergrundschaallbedingung entstehen kann, zu verhindern. Dabei verfügt der Algorithmus über eine geeignete Sensitivität gegenüber der Hintergrundschaallbedingung, damit spontan auftretende Störgeräusche, welche nicht repräsentativ für die Hintergrundschaallbedingung sind, nicht zur Regelung verwendet werden.

[0046] Der durch den Algorithmus erzeugte Maskierschall ist zu jeder Zeit nur so laut, wie nötig. Nicht nur die objektive Leistungssteigerung, sondern die akustische Zufriedenheit der Nutzer ist das zu erreichende Ziel. Maskierschalle im Allgemeinen werden eher als unangenehm wahrgenommen im Vergleich zu Stille. Damit also eine größtmögliche Nutzerakzeptanz geschaffen wird, erkennt der Algorithmus zu jeder Zeit, welches Mindestmaß an Maskierschall-Pegel gerade notwendig ist, und verwendet dieses kontinuierlich als Zielwert der Pegelsteuerung. Als Zielwert wird das Verhältnis des $L_{AF,10\%}$ Perzentilwerts zum $L_{AF,90\%}$ Perzentilwert verwendet. Der Maskierschall passt sich an das Frequenzspektrum des Hintergrundschaalls an. Die Regelungszeiten, mit welchen der Maskierschall in der Lautstärke gesteuert wird werden vom Algorithmus so gewählt, dass die Lautstärkeschwankungen kaum merkbar sind. Dies ist sinnvoll, damit der Maskierschall selbst nicht selbst zu einer Ablenkung der Nutzenden führt. Gleichsam passieren Lautstärkeänderungen jedoch schnell genug, um auf veränderte akustische Verhältnisse in der Hintergrundschaallbedingung reagieren zu können.

[0047] Zur weiteren Verbesserung der Akzeptanz mischt der Algorithmus dem Maskierschall einen harmonischen Anteil hinzu, welcher einen angenehmen Klang des Maskierschalls gewährleistet.

[0048] Nachfolgend wird der Algorithmus gemäß einer Ausführungsform im Detail beschrieben.

[0049] So zeigt Fig. 2 ein Signalfussdiagramm gemäß einer Ausführungsform mit einer Frequenzaufteilung in neun Oktavbänder, die im Beispiel der Fig. 2 Mittenfrequenzen bei 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 800 Hz, 1600 Hz aufweisen.

[0050] Dabei veranschaulicht Fig. 2 den Teil des Algorithmus, in welchem die Frequenzaufteilung des Mikrofon-Eingangssignals in Bänder, beispielsweise in Oktavbänder, stattfindet. Außerdem ist in Fig. 2 zu sehen, wie die verschiedenen bandgefilterten Maskierschallanteile zusammengemischt und mit einem Kalibrierungsfaktor W verrechnet werden, bevor das Maskiersignal an die Kopfhörer ausgegeben wird. Die hellblau umrahmten Elemente mit der Aufschrift "Adaptive Pegelregelung" aus Fig. 2 stehen dabei stellvertretend für den Teil des Algorithmus, welcher in Fig. 3 im Detail veranschaulicht wird.

[0051] Dabei zeigt Fig. 3 zeigt ein Signalfussdiagramm zur adaptiven Geräuschmaskierung gemäß einer Ausführungsform.

[0052] In diesem Teil des Algorithmus findet die Pegelwertmessung, die Perzentilwertdifferenzbestimmung und die kontinuierliche Errechnung des Stellwertes u statt. Des Weiteren werden hier durch eingestellte Regelzeiten die Stellwerte u geglättet, um somit den Pegelwert p zu erhalten, welcher wiederum den jeweiligen bandgefilterten Maskierschallanteil in seiner Lautstärke steuert. Der Teil des Algorithmus, in dem der aktuelle $L_{A,F,10\%-90\%,Ges}$ Wert errechnet wird, ist in Fig. 3 ebenfalls entsprechend (blau) umrandet und wird in Fig. 4 anschaulich dargestellt.

[0053] So zeigt Fig. 4 ein Signalfussdiagramm eines Regelwert-Prüfers gemäß einer Ausführungsform. Insbesondere ist in Fig. 4 dargestellt, wie die Perzentilwerte der Pegelwerte des gesamten Signals (Mikrofonsignal * Dämpfungsfaktor + (rückgeführter) Maskierschallanteil) errechnet werden. Dieser Resultierende errechnete Pegelunterschied ($L_{AF,10\%-90\%,Ges}$) wird mit dem Zielwert verglichen um somit einen Fehlerwert (e) zu erhalten.

[0054] Fig. 5 zeigt eine Regelschleife gemäß einer Ausführungsform. Insbesondere ist in Fig. 5 zu sehen, wie aus dem Fehlerwert e ein Korrekturwert errechnet wird.

[0055] Die Eingabe des Algorithmus ist, wie in Fig. 2 dargestellt, das digitale Audiosignal eines Mikrofons, welches kontinuierlich den Umgebungsschall aufnimmt. Dieses Signal wird zunächst durch Oktavfilter nach DIN EN 61260-1 in Bänder, z.B. in neun Oktavbänder (z.B. mit Mittenfrequenzen im Bereich 63 Hz - 16 000 Hz) aufgeteilt, wobei die

bandbegrenzten Signale in den jeweiligen Signalpfaden analysiert und verarbeitet werden. Da die adaptive Pegelregelung pro Band erfolgen soll, wird das Maskiersignal ebenfalls in einzelne Bänder aufgeteilt. Diese bandgefilterten Maskierschalle werden einzeln in den Signalpfaden (entsprechend dem jeweiligen Oktavband), in der Lautstärke geregelt und daraufhin wieder zu einem Gesamt-Maskierschall zusammengemischt. Dadurch kann pro Oktavband der aktuelle Störeinfluss berechnet werden, über welchen auf eine Regelung der Lautstärke geschlossen wird, welche der jeweilige Frequenzbereich des Maskierschalls haben soll, um die auftretenden Störschalle über das gesamte Frequenzspektrum hinweg ausreichend zu verdecken.

[0056] Das geregelte Maskiersignal wird mit einem zusätzlichen harmonischen Anteil ergänzt. Beim harmonischen Anteil handelt es sich um eine Art Musik, die die Akzeptanz und subjektive Wahrnehmung des Maskierschalls verbessert. Der harmonische Anteil geht in die nachfolgend beschriebene Berechnung der zu erwartenden Störwirkung der akustischen Umgebung mit ein. Außerdem wird der harmonische Anteil, gemischt mit dem geregelten Maskieranteil, über die Kopfhörer wiedergegeben. Der harmonische Anteil ist psychoakustisch abgesichert, also in Hörversuchen auf seine Eignung untersucht worden (kein Zustandsänderungsverhalten, englisch: Changing-State-Verhalten, da keine Auslösung des ISE). Der harmonische Anteil kann z.B. eine unkomprimierte Stereo-Datei (englisch: StereoFile) sein, welches vom Algorithmus abgespielt & geregelt wird.

[0057] Die Eingabe der adaptiven Geräuschmaskierung (Adaptive Sound Masking), siehe Fig. 3, ist das bandgefilterte, und A-bewertete Audiosignal des Mikrofons. Für Hörfrequenzen ist die A-Bewertung eine üblicherweise eingesetzte Frequenzbewertung, die die Reaktion des Ohrs auf Schalldruck bzw. Lautstärke darstellt. Hinsichtlich der zeitlichen Bewertung geben die Bewertungen F (schnell; englisch: fast), S slow (langsam; englisch: slow) und I (Impuls; englisch: impulse) an, wie schnell eine Reaktion auf eine Änderung des Schallpegels erfolgt. LAF bezeichnet dabei einen Schallpegel mit A-Frequenzbewertung und F-Zeitbewertung. Die Perzentilpegel $L_{AF,10\%}$ bzw. $L_{AF,90\%}$ geben an, welche Pegel in 10 % bzw. 90 % der Messzeit erreicht wurden.

[0058] Von dem besagten Audiosignal wird nun der äquivalente Dauerschallpegel, gemäß DIN EN 61672-1 ermittelt. Dazu wird zunächst ein quadratischer Mittelwert (Root Mean Square, RMS) pro Sample ermittelt. Anschließend werden die Pegelwerte über 125 Millisekunden integriert. Um eventuell auftretende Fehler in der weiteren Signalverarbeitung bei unrealistisch kleinen Amplitudenwerten zu vermeiden, sind die Werte durch einen Minimalamplitudenwert beschränkt. Die gemessenen Pegelwerte werden in einer fortlaufenden Liste gespeichert, wobei die Listenlänge den Betrachtungszeitraum, über welchen die Perzentilwerte analysiert werden, definiert. Durch die vorangegangene Pegelmessung wird die Liste alle 125 Millisekunden um einen neuen Pegelwert ergänzt und ein alter Wert wird gelöscht. Es findet eine Perzentilwertberechnung ($L_{AF,90\%}$, sowie $L_{AF,10\%}$) in der Liste statt. Anschließend wird der Wert des 90. Perzentils $L_{AF,90\%}$, von dem des 10. Perzentils $L_{AF,10\%}$ subtrahiert, um den Perzentilwertunterschied der Hintergrundbedingung $L_{AF,10\%-90\%}$, HSB zu bestimmen (HSB = Hintergrundschallbedingung). Da die Liste mit den LAF Werten sich alle 125 Millisekunden aktualisiert, errechnet sich auch alle 125 Millisekunden ein neuer $L_{AF,10\%-90\%}$, HSB Wert.

[0059] Aus der Differenz dieser kontinuierlich ermittelten Perzentilwerte errechnen sich also laufend Pegelunterschiede, welche mit dem Abfall eines Leistungsverlustes in Zusammenhang gebracht werden können, wie die zuvor beschriebene Studie von Renz et al. (2018) zeigt. Je höher das relative Level der Aktivitäts-Transienten $L_{AF,10\%}$, desto größer ist die Ablenkung (Zuydervliet et al., 2008). Um diesem ISE bedingten Leistungsabfall entgegenzuwirken, soll das Hintergrund-Schallpegelniveau $L_{AF,90\%}$, durch das Hinzufügen eines Maskiererschalls soweit angehoben werden, dass der Pegelunterschied zu dem Aktivitäts-Schallpegelniveau $L_{AF,10\%}$ ausreichend reduziert wird. Die nachfolgend beschriebene Regelung stellt sicher, dass der Unterschied dieser beiden Werte möglichst gering ist (z.B. unter 3 oder z.B. zwischen 2 und 3. Es können auch andere Zielwerte gewählt werden). Um eine Regelung zu implementieren, welche gewährleisten soll, dass ein $L_{AF,10\%-90\%}$ Zielwert erreicht wird, wird das Gesamtsignal aus Maskierschall und Hintergrundschall auf seinen $L_{AF,10\%-90\%}$ Wert untersucht.

[0060] Fig. 3 veranschaulicht den Teil des Algorithmus, welcher im Folgenden in seiner Funktionsweise beschrieben wird. Der Maskierschall wird über Kopfhörer wiedergegeben, was bedeutet, dass eine Analyse der real auftretenden Perzentilwerte an der Position des Ohres des Nutzers erfolgen sollte. Eine exakte Analyse dieser Schallbedingung wäre allerdings nur mittels eines Mikrofons, welches sich in der Kopfhörerkapsel befindet, realisierbar. Bei ANC Kopfhörern ist meist ein solches Mikrophon in den Kapseln verbaut, allerdings ist das Signal des Mikrofons nicht ohne Kenntnisse über die integrierte Signalverarbeitung der jeweiligen Kopfhörer verwendbar, falls es überhaupt gelingt, dieses Signal abzugreifen.

[0061] In manchen Ausführungsformen soll der Algorithmus universal auch mit Kopfhörern ohne ANC verwendbar sein. Deshalb wird das Signal, welches am Ohr des Nutzers ankommt, in derartigen Ausführungsformen geschätzt. Sofern der Zugriff auf das Mikrophon möglich ist, kann der Wert auch direkt bestimmt werden. Die nachfolgende Regelung erfolgt dann mit dem gemessenen Wert, statt mit dem geschätzten, ist aber abgesehen davon identisch.

[0062] Zur Schätzung sollte bekannt sein, in welchem Maße der Hintergrundschall durch die verwendeten Kopfhörer in seinem Pegel reduziert wird. Die ermittelten äquivalenten Dauerschallpegel der Hintergrundschallbedingung werden in diesem Teil des Algorithmus mit dem Dämpfungsfaktor verrechnet, um somit einen geschätzten relativen Schallpegel der Hintergrundschallbedingung an der Position des Ohres des Nutzers zu erlangen. Von dem Signal des Maskierschalls

(und dem harmonischen Anteil) welches nach dessen Pegelanpassung abgegriffen wurde (siehe Fig. 4), wird nun ebenfalls eine Pegelmessung durchgeführt. Die dadurch ermittelten Werte werden auf den mit dem Dämpfungsfaktor multiplizierten Hintergrundschall addiert, wodurch der geschätzte relative Gesamtschallpegel $L_{AF,10\%-90\%,Ges}$ bestimmt werden kann.

5 **[0063]** Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass eine Person, die eine Implementierung des adaptiven Maskiersignalerzeuger-Algorithmus in Hard- oder Software nutzt, zu Beginn der Nutzung den Maskierungsschallerzeuger in seiner Wiedergabelautstärke für die aktuelle Schallbedingung selbst einstellen kann. Das geschieht z.B. über einen Fader (Schiebereglern) in der grafischen Benutzeroberfläche, oder einem Potentiometer am Kopfhörer, welcher den Kalibrierungsfaktor W steuert. Der Kalibrierungsfaktor wird unabhängig von der Pegelregelung am Ende des Signalpfades aufgeschlagen.

10 **[0064]** Zur Berechnung der sich selbst korrigierende Stellgröße u analysiert der Algorithmus das Eingangssignal des Mikrofons und es werden Pegelunterschiede von $L_{AF,10\%}$ und $L_{AF,90\%}$ errechnet (siehe Fig. 3). Diese Pegelunterschiede $L_{AF,10\%-90\%,HSB}$ sollen den Maskierschall in seiner Lautstärke pro Oktavband regeln.

15 **[0065]** Allerdings ist das Verhältnis des Vorhersageparameter $L_{AF,10\%-90\%}$ nicht linear zu einem voraussichtlichen DP-Wert (Renz, 2019). Das bedeutet, dass durch eine einfache Lautstärkeanhebung des Maskierschalls um den ermittelten $L_{AF,10\%-90\%,HSB}$ Wert die störenden Schallanteile der HSB nicht zwangsläufig ausreichend maskiert sind. Um zu überprüfen, ob das Signal, welches am Ohr der Nutzer ankommt (gedämpfter Umgebungsschall + Maskiersignal), wirklich als eine störungsfreie Schallbedingung bewertet werden kann, wird dieses wie zuvor beschrieben analysiert, um den gesamten Wert der Perzentilunterschiede $L_{AF,10\%-90\%,Ges}$ zu ermitteln.

20 **[0066]** $L_{AF,10\%-90\%,Ges}$ soll im nächsten Schritt mit einem Zielwert $L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$ verglichen werden. Ein geeigneter Zielwert, bei welchem ein Leistungsabfall gerade so noch nicht signifikant eintritt liegt zwischen 2 dB und 3 dB. Für den Algorithmus wird beispielsweise ein Zielwert $L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$ von 2,5 dB verwendet. Dies führt zu einem Zielwertebereich zwischen 2 dB und 3 dB, innerhalb dessen sich $L_{AF,10\%-90\%,Ges}$ bewegt. Der Zielwert kann jedoch auch anders gewählt werden. Bei einem Vergleich der Perzentilwertdifferenzen beschreibt der Fehlerwert e die Differenz von $L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$ und $L_{AF,10\%-90\%,Ges}$. Die Stellgröße u , welche die Lautstärke des Maskierschalls regelt, ist definiert als die Summe aus $L_{AF,10\%-90\%,HSB}$ und einem Korrekturwert z (siehe Gleichung 1).

$$u = L_{AF,10\%-90\%,HSB} + z \quad (1)$$

30 **[0067]** Bei konstanten $L_{AF,10\%-90\%,HSB}$ Werten und einem positiven Fehlerwert muss der Korrekturwert z solange größer werden, bis ein Fehlerwert von 0 erreicht ist. Sobald der Fehlerwert unter 0 sinkt, muss der Korrekturwert wieder kontinuierlich kleiner werden. Der Korrekturwert wird dabei so lange ansteigen und wieder absinken, bis er sich einen Wert erreicht, bei welchem der Fehlerwert konstant 0 bleibt. Der Korrekturwert z , sollte sich jedoch umso langsamer erhöhen beziehungsweise absenken, je näher der Fehlerwert sich 0 annähert. Da um $L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$ ein Toleranzbereich von +/- 0,5 dB besteht, kann z konstant steigen oder fallen, so lange, bis die Toleranzgrenze erreicht ist. Ab einem Fehlerwert von 0,5 soll sich z mit umso kleineren Schritten verändern, je näher sich e 0 annähert. Dadurch soll verhindert werden, dass der Fehlerwert durch eine zu starke Korrektur über den Nullpunkt hinaus korrigiert wird. Im Extremfall könnte das dazu führen, dass die Regelung den Korrekturwert zwischen zwei Extremen im positiven und negativen Wertebereich endlos hin und her pendelt. Aus diesem Grund ergibt sich der aktuelle Korrekturwert z_n aus dem letzten Korrekturwert z_{n-1} , addiert beziehungsweise subtrahiert mit einer Korrekturpauschale $g(e)$. Diese Korrekturpauschale hängt von der Größe des Fehlerwertes e ab, und ist dabei für verschiedene Bedingungen klar definiert (siehe Gleichung 3). Dieser Teil des Algorithmus wird in Fig. 5 gezeigt.

$$45 \quad z_n = z_{n-1} + \text{sgn}(e) * g(e) \quad (2)$$

$$50 \quad g(e) = \begin{cases} 0,5 & \text{wenn } |e| > 0,5 \\ 0,1 & \text{wenn } 0,5 > |e| > 0,25 \\ 0,05 & \text{wenn } 0,25 > |e| > 0,1 \\ 0,01 & \text{wenn } 0,1 > |e| \end{cases} \quad (3)$$

55 **[0068]** Maskierschalle sollten generell einen maximalen Schalldruckpegel zwischen 45 dB(A) und 48 dB(A) aufweisen. Dieses Maximum wird darin begründet, dass höhere Schallpegel über einen längeren Zeitraum hinweg meist als äußerst störend wahrgenommen werden (Haapakangas et al., 2011). Daher begrenzt der Algorithmus das obere sowie das untere Limit von u . Allerdings kann das in dieser Erfindungsmeldung beschriebene Maskierungssystem keine absoluten

Schallpegel erfassen, weshalb die maximal möglichen Schallpegelwerte über die Kalibrierung des Nutzers selbst gesteuert werden. Der Dynamikbereich des adaptiven Maskiersignals wird auf 26 dB festgelegt, kann jedoch je nach Implementierung geändert werden. Damit kann auch bei einer gering störenden HSB der $L_{AF,10\%-90\%,Ziel}$ -Wert erreicht werden, wobei der Maskierschall so leise wie möglich ist.

[0069] Eine wesentliche Anforderung an den Algorithmus ist, dass die HSB zu jeder Zeit ausreichend maskiert wird. Allerdings darf eine Lautstärkeänderung nicht dazu führen, dass der Maskierschall selbst zu einem Störfaktor wird. Denn ein Changing-State-Charakter tritt unter anderem dann ein, wenn eine starke Variabilität im Amplitudengang festzustellen ist (Liebl, 2006). Und Schalle mit Changing-State-Charakter haben einen negativen Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Aus diesem Grund regelt die Stellgröße u den Pegel des Maskierschalls nicht direkt. Durch das Zwischenschalten einer Zeitrampe kann eine Glättung im Verlauf der Pegelwerte erzielt werden. Eine Zeitrampe gewährleistet eine kontinuierliche Annäherung zwischen einem alten Stellwert u_{n-1} und einem neuen u_n . Dabei ist die Attack-Zeit t_{Attack} , in welcher der Pegel von einem alten zu einem neuen Wert ansteigen soll, sowie die Release-Zeit $t_{Release}$, mit welcher der Pegel wieder abfällt, separat einstellbar. Die Gleichung 4 beschreibt den aktuellen Pegelwert p_n , welcher durch den aktuellen Eingangswert u_n (Stellwert) den letzten ausgegebenen Pegelwert p_{n-1} und t_{Attack} sowie $t_{Release}$ definiert. Die Zeitparameter t_{Attack} , beziehungsweise $t_{Release}$, ergeben sich aus der Inputsamplerate und den angestrebten Attackbeziehungsweise Release-Zeiten.

$$p_n = p_{n-1} \frac{u_n - p_{n-1}}{t} \quad (4)$$

[0070] Dabei muss abgewogen werden, ob es wichtiger ist, dass der Maskierschall so schnell wie möglich eine ausreichende Lautstärke erreicht, oder ob eine möglichst unmerkliche Lautstärkeänderung Priorität hat. Als Kompromisslösung werden 5 Sekunden vorgeschlagen.

[0071] In dem Moment, in welchem der Pegel der HSB in den Betrachtungszeitraum fällt, würde jedoch ein hoher $L_{AF,10\%-90\%,HSB}$ Wert entstehen, was wiederum zu einem starken Pegelanstieg des Maskiersignals führen würde. Dieser Pegelanstieg kann durch seinen Changing-State-Charakter seinerseits wieder eine Ablenkung darstellen, ohne dabei einen Störschall zu maskieren. Um einen Pegelanstieg in einer solchen Situation zu verhindern, werden die ermittelten $L_{AF,90\%}$ Werte kontinuierlich auf starke Schwankungen untersucht. Fällt dabei ein neu eintreffender $L_{AF,90\%}$ Wert im Vergleich zum letzten $L_{AF,90\%}$ Wert um mehr als 2 dB, wird die Attack-Zeit t_{Attack} der Zeitrampe für die Dauer eines Betrachtungszeitraumes (5 Sekunden) auf 90 Sekunden gestellt. Eine Attack-Zeit in dieser Größenordnung bewirkt, dass kein merklicher Pegelanstieg möglich ist. Nach Ablauf der fünf Sekunden wird die Attack-Zeit wieder auf ihren regulären Wert zurückgestellt, und der Pegel kann wieder regulär geregelt werden.

[0072] Nach der Pegelanpassung wird das gesamte adaptive, harmonische Sprachmaskiersignal (bestehend aus der maskierenden sowie harmonischen Anteil) über den Audioausgang des Endgeräts (digital oder analog) über Kopfhörer wiedergegeben.

[0073] In Ausführungsformen wird ein Maskiersignal bereitgestellt, welches gleichsam angenehm und wirksam ist, sowie gesichert innerhalb eines festzulegenden Zeitintervalls psychoakustisch determinierte Zielwerte erreicht, deren Korrelation mit der kognitiven Leistungsfähigkeit z.B. bekannt ist.

[0074] Ausführungsformen basieren darauf, dass die Regelung mittels Schätzung abhängig von der zu erwarteten Störwirkung den Maskierer einstellt.

[0075] Beispielsweise können Ausführungsformen bei Büroflächen, insbesondere bei Büros für mehrere Personen, zum Einsatz kommen und können insbesondere für den Einsatz mit Kopfhörern angepasst sein. Weitere Anwendungsfelder können beispielsweise im medizinischen Einsatz oder in der Therapie liegen, oder aber auch im Tourismus.

[0076] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder einer elektronischen Schaltung durchgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0077] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software oder zumindest teilweise in Hardware oder zumindest teilweise in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer BluRay Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem

elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0078] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0079] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0080] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0081] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinen-lesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0082] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger oder das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise greifbar und/oder nicht flüchtig.

[0083] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0084] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0085] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0086] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die

[0087] Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0088] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0089] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Literatur

[0090]

Bodin Danielsson, C. & Bodin, L. (2009). Difference in satisfaction with office environment among employees in different office types. *Journal of Architectural and Planning Research*, 26 (3), 241-257.

Zuydervliet, R., Chanaud, R. & L'Esperance, A. (2008). Adaptive sound masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123 (5), 3195. <https://doi.org/10.1121/1.2933335>

Keus Van De Poll, Marijke, Carlsson, J., Marsh, J. E., Ljung, R., Odelius, J., Schlittmeier, S. J. et al. (2015). Unmasking

the effects of masking on performance. The potential of multiple-voice masking in the office environment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138 (2), 807-816. <https://doi.org/10.1121/1.4926904>

5 Huang, Y.-H., Robertson, M. M. & Chang, K.-I. (2004). The Role of Environmental Control on Environmental Satisfaction, Communication, and Psychological Stress. *Effects of Office Ergonomics Training. ENVIRON BEHAV (Environment and behavior)*, 36 (5), 617-637. <https://doi.org/10.1177/0013916503262543>

10 Lee, S. Y. & Brand, J. L. (2010). Can personal control over the physical environment ease distractions in Office workplaces? *Ergonomics*, 53 (3), 324-335. <https://doi.org/10.1080/00140130903389019>

Schlittmeier, S. J. & Hellbrück, J. (2009). Background music as noise abatement in open-plan offices. A laboratory study on performance effects and subjective preferences. *APPL COGNITIVE PSYCH (Applied cognitive psychology)*, 23 (5), 684-697. <https://doi.org/10.1002/acp.1498>

15 Hongistob, V., Varjo, J., Oliva, D., Haapakangas, A. & Benway, E. (2017). Perception of water-based masking sounds-long-term experiment in an open-plan office. *FRONT PSYCHOL (Frontiers in psychology)*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01177>

20 Veitch, J., Bradley, J., Legault, L., Norcross, S. & Svec, J. (2002). Masking speech in open-plan offices with simulation Ventilation noise. Noise level and spectral composition effects on acoustic satisfaction. Institute for Research in Construction.

25 Wang, Y., Drotleff, H. A. & Li, P. (2012). Multiple maskers for speech masking in open-plan offices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131 (4), 3481. <https://doi.org/10.1121/1.4709135>

Haapakangas, A., Kankkunen, E., Hongisto, V., Virjonen, P., Oliva, D. & Keskinen, E. (2011). Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction. implications for open-plan offices. *ACTA ACUST UNITED AC (Acta acustica united with Acustica)*, 97 (4), 641-655. <https://doi.org/10.3813/AAA.918444>

30 Chanaud, R. C. (2007). Progress in Sound Masking. *Acoustics today*, 3 (4), 21-26. <https://doi.org/10.1121/1.2961158>

35 L'Esperance, A., Boudreau, A., Gariépy, F., Boudreault, L.-A. & Mackenzie, R. (2017). Adaptive Volume Control for Sound Masking Systems. How It Works and Analysis of Performance. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 254 (2), 678-686. Verfügbar unter: <https://www.ingentaconnect.com/content/ince/in-cecp/2017/00000254/00000002/art00083>

Cohen, S. (1980). Aftereffects of stress on human performance and social behavior. A review of research and theory. *Psychological bulletin*, 88 (1), 82-108. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.1.82>

40 Quick, T. L. (1990). Healthy Work. Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life. *National Productivity Review*, 9, 475+. Verfügbar unter: <https://link.gale.com/apps/doc/A8933314/AONE?u=anon~d59bbb41&sid=googleScholar&xid=389d3050>

45 Renz, T. (2019). Personalised sound masking in open offices. A trade-off between annoyance and restoration of working memory performance? Stuttgart: Fraunhofer Verl, Stuttgart.

Renz, T., Leistner, P. & Liebl, A. (Hrsg.). (2018). A simple model to predict the cognitive performance in distracting background speech.

50 US 2003/103632 A1, Adaptive sound masking system and method, veröffentlicht 2003.

CN 110362789 A, veröffentlicht 2019.

55 US 2015/194144 A1 Directional Sound Masking, veröffentlicht 2015.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Sprachmaskierschallerzeugung, wobei die Vorrichtung umfasst:

5 ein Analysator (110) zur Analyse von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten, und
 ein Maskiersignalerzeuger (120) zur Erzeugung eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen,
 10 wobei die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem ersten Schallpegel abhängt, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, und wobei die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel abhängt, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, eine Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz zwischen dem ersten Schallpegel und dem zweiten Schallpegel für jeden Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen, und
 20 wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, das Maskiersignal abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz jedes frequenzbandbegrenzten Signalanteils der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen.

- 25 3. Vorrichtung nach Anspruch 2,

wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, das Maskiersignal zu bestimmen, indem für jeden Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen, abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses Signalanteils, einen Pegelwert für eine frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals, die einem Frequenzbereich dieses Signalanteils entspricht, zu bestimmen, und eine Pegelanpassung dieser frequenzbandbegrenzten Komponente des Maskiersignals mittels dieses Pegelwerts vorzunehmen.

- 30 4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,

wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, ein Gesamtsignal zu bestimmen, das von dem Mikrofonsignal abhängt, aber von dem Mikrofonsignal unterschiedlich ist,
 35 wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals einen Fehlerwert zu bestimmen, der eine Differenz zwischen einem Zielwert für eine Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz und einer aktuellen Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz des Gesamtsignals angibt,
 40 wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, das Maskiersignal abhängig von dem Fehlerwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen,
 wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, die aktuelle Gesamtsignal-Schallpegeldifferenz zwischen einem dritten Schallpegel und einem vierten Schallpegel für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen, wobei der dritte Schallpegel ein Schallpegel ist, der mindestens während einer dritten Zeitdauer während eines analysierten Zeitraums in dem frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Gesamtsignals erreicht wurde, und wobei der vierte Schallpegel ein Schallpegel ist, der mindestens während einer vierten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums in dem frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Gesamtsignals erreicht wurde erreicht wurde.

- 50 5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals abhängig von einem rückgekoppelten zeitlichen Abschnitt des Maskiersignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

- 55 6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,

wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, jeden der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals abhängig von einem Dämpfungsfaktor für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Ge-

samtsignals zu bestimmen, wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, den Dämpfungsfaktor für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil auf dem entsprechenden frequenzbandbegrenzten Signalanteil des Mikrofons anzuwenden, um ein gedämpftes Mikrofonsignal zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten.

5 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 und Anspruch 6,
wobei der Analysator (110) ausgebildet ist, jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals als Summe des rückgekoppelten zeitlichen Abschnitt des Maskiersignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil und des gedämpften Mikrofonsignals zu diesem frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7,
wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, das Maskiersignal abhängig von einem Korrekturwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Gesamtsignals zu bestimmen, wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, den Korrekturwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig vom dem Fehlerwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu bestimmen.

15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
wobei der Maskiersignalerzeuger (120) des Weiteren ausgebildet ist, den Korrekturwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig von einem zeitlichen Vorgängerwert dieses Korrekturwerts zu bestimmen.

20 10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, den Korrekturwert abhängig von

$$z_n = z_{n-1} + \text{sgn}(e) * g(e)$$

zu bestimmen,

wobei z_n der Korrekturwert zu einem Zeitpunkt n ist,

wobei z_{n-1} der zeitliche Vorgängerwert dieses Korrekturwerts zu einem Zeitpunkt $n-1$ ist,

wobei e der Fehlerwert ist,

wobei sgn eine Signumfunktion bezeichnet, und

wobei $g(e)$ eine von dem Fehlerwert e abhängige Funktion bezeichnet.

30 11. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Vorrichtung eine Vorrichtung nach Anspruch 2 und nach Anspruch 4 und nach Anspruch 9 ist,
wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, das Maskiersignal abhängig von einem Stellwert für jeden frequenzbandbegrenzten Signalanteil der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen des Mikrofonsignals zu bestimmen, wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, den Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil abhängig von der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils und abhängig von dem Fehlerwert und von dem Korrekturwert dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils des Gesamtsignals zu bestimmen.

45 12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, den Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil durch Bildung einer Summe der Mikrofonsignal-Schallpegeldifferenz dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils und des Fehlerwerts und des Korrekturwerts dieses frequenzbandbegrenzten Signalanteils des Gesamtsignals zu bestimmen.

50 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Vorrichtung eine Vorrichtung nach Anspruch 3 ist,
wobei der Maskiersignalerzeuger (120) ausgebildet ist, den Pegelwert für eine frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals, abhängig von dem Stellwert für diesen frequenzbandbegrenzten Signalanteil und abhängig von einem vorangegangenen Pegelwert für diese frequenzbandbegrenzte Komponente des Maskiersignals zu bestimmen.

55 14. Verfahren zur Sprachmaskierschallerzeugung, wobei das Verfahren umfasst:

EP 4 365 890 A1

Analysieren von jedem frequenzbandbegrenzten Signalanteil einer Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen eines Mikrofonsignals während eines analysierten Zeitraums, um Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil zu erhalten, und

5 Erzeugen eines Maskiersignals abhängig von der Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil jedes der Mehrzahl von frequenzbandbegrenzten Signalanteilen,
wobei die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem ersten Schallpegel abhängt, der mindestens während einer ersten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, und wobei die Information über den frequenzbandbegrenzten Signalanteil von einem zweiten Schallpegel abhängt, der mindestens während einer zweiten Zeitdauer während des analysierten Zeitraums erreicht wurde, wobei die
10 zweite Zeitdauer von der ersten Zeitdauer unterschiedlich ist.

15 **15.** Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14.

20

25

30

35

40

45

50

55

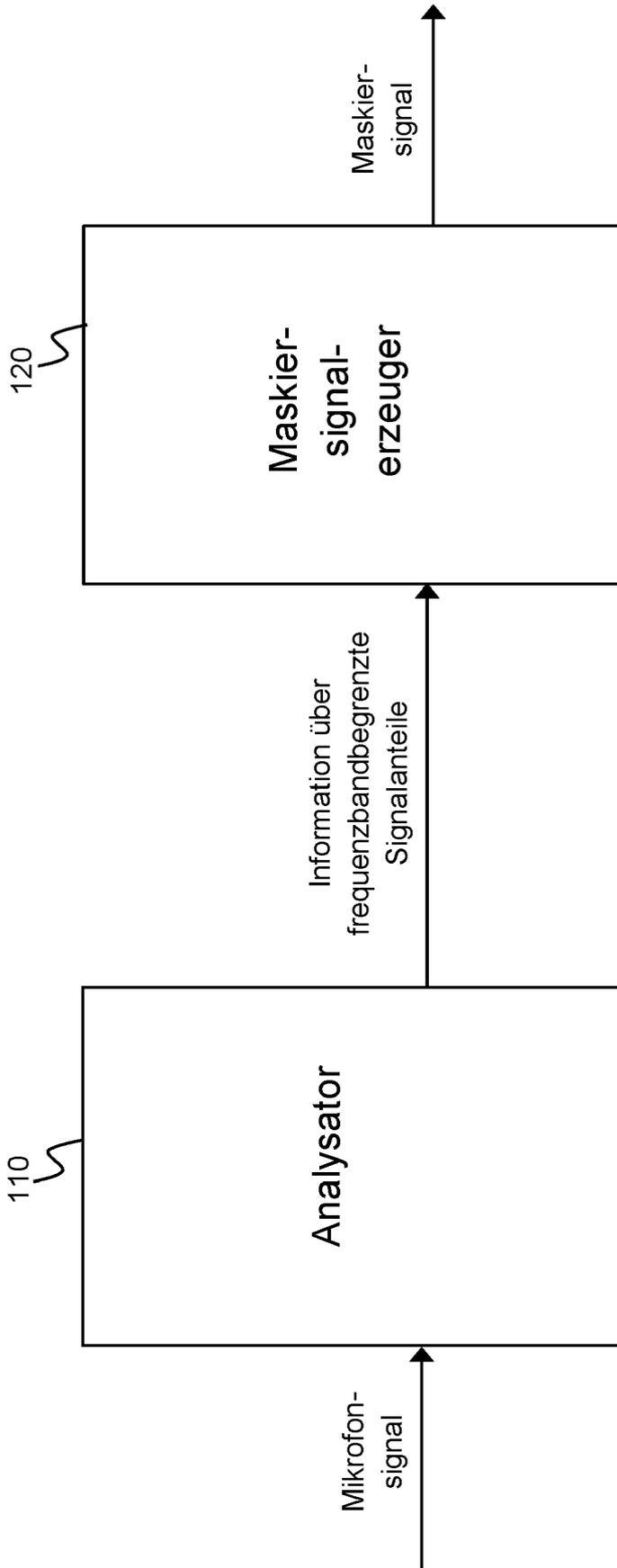


FIG 1

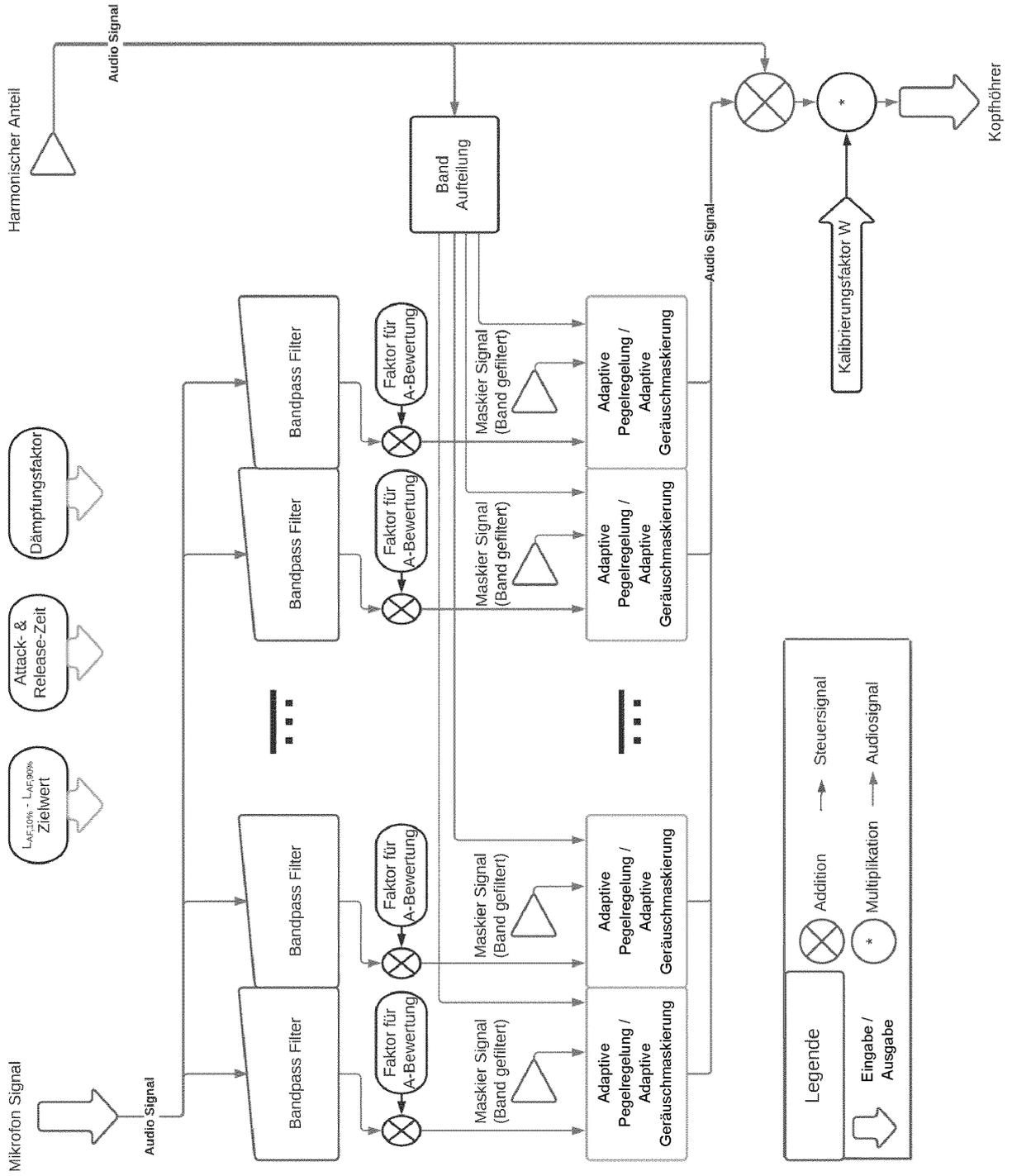


FIG 2

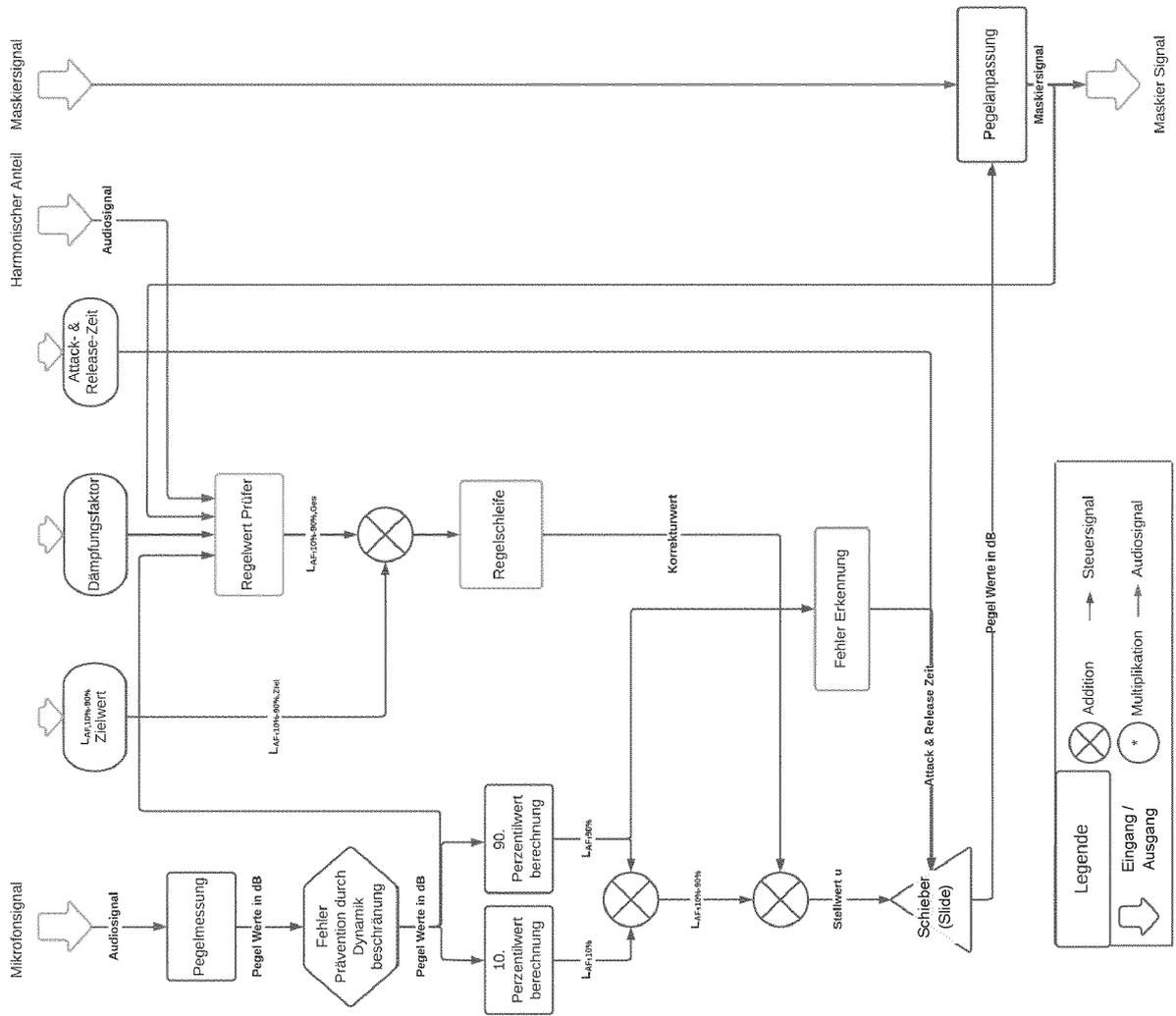


FIG 3

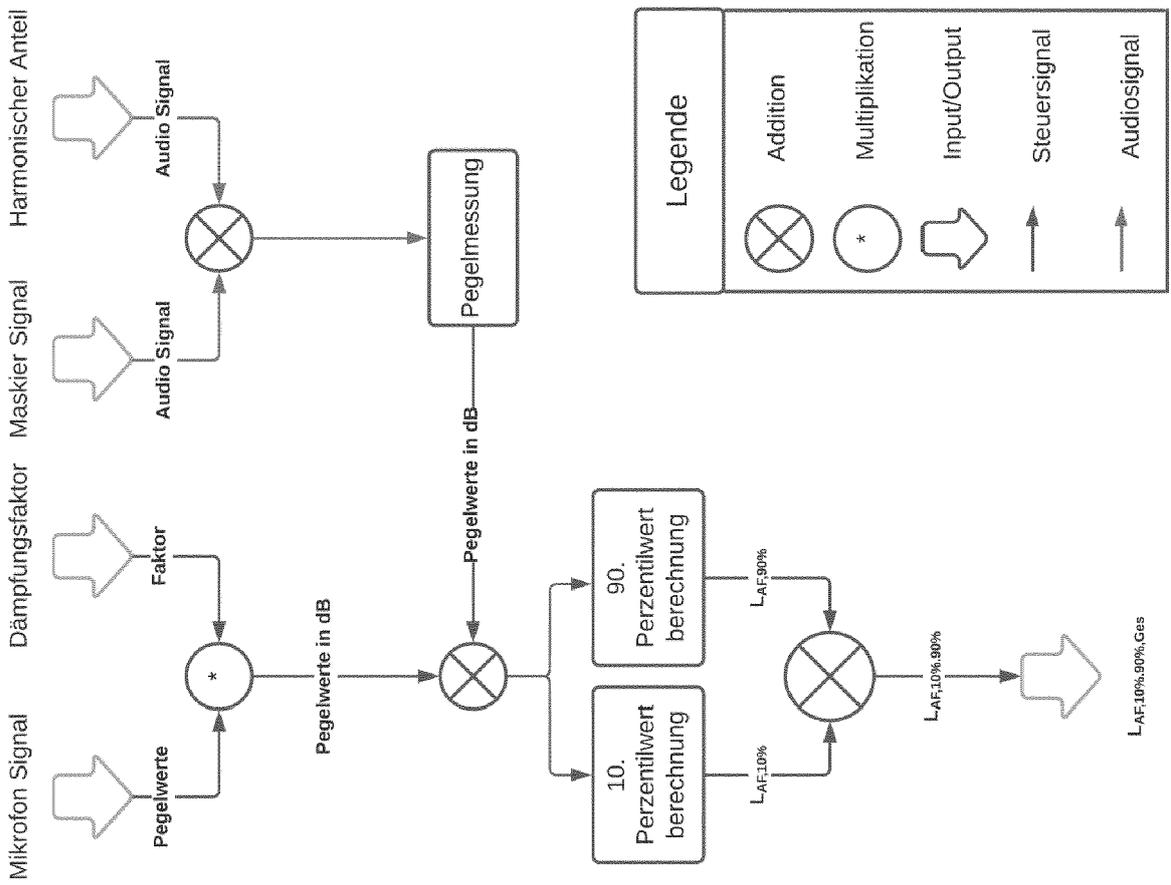


FIG 4

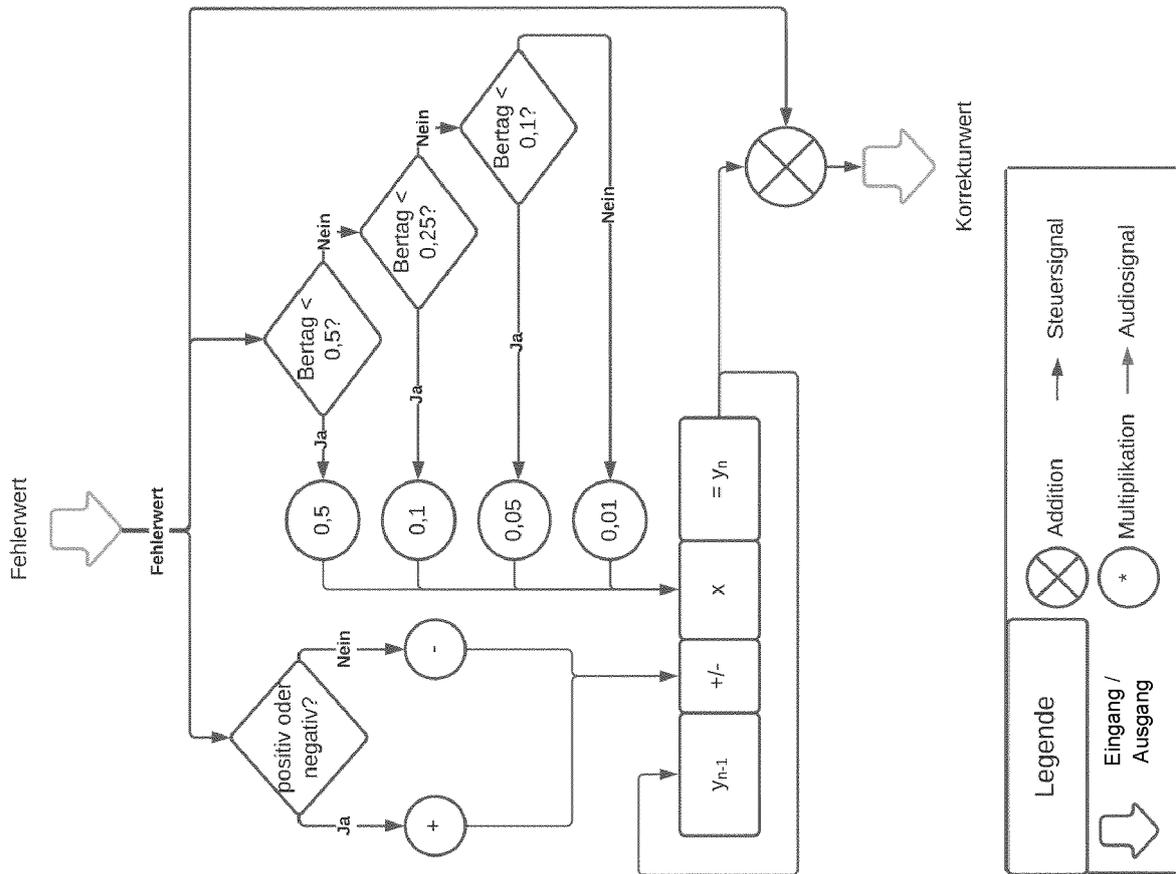


FIG 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 20 5855

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 10 607 591 B1 (KAO KUO-WEI [TW] ET AL) 31. März 2020 (2020-03-31)	1, 14, 15	INV. G10K11/175 H04K3/00
Y	* Abbildungen 2-5 *	2, 3	
A	* Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 27 * * Spalte 3, Zeile 16 - Zeile 18 * * Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 41 * * Spalte 4, Zeile 24 - Zeile 43 * * Spalte 5, Zeile 60 - Spalte 6, Zeile 12 *	4-13	
Y	----- US 5 260 980 A (AKAGIRI KENZO [JP] ET AL) 9. November 1993 (1993-11-09)	2, 3	
A	* Spalte 8, Zeile 43 - Spalte 9, Zeile 8 *	4-13	
A	----- US 4 438 526 A (THOMALLA RICHARD O [US]) 20. März 1984 (1984-03-20) * das ganze Dokument *	1-15	
A	----- WO 2016/172446 A1 (RENSSELAER POLYTECH INST [US]) 27. Oktober 2016 (2016-10-27) * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
A	----- US 2015/256930 A1 (YAMAKAWA TAKASHI [JP]) 10. September 2015 (2015-09-10) * das ganze Dokument *	1-15	G10K H04K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 31. März 2023	Prüfer Lameloise, C
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 03.82 (P04C03)

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

EP 22 20 5855

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.

31-03-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 10607591 B1	31-03-2020	TW 202107273 A US 10607591 B1	16-02-2021 31-03-2020
US 5260980 A	09-11-1993	CA 2049786 A1 DE 69116476 T2 EP 0473367 A1 JP 3033156 B2 JP H04104617 A KR 920005507 A SG 76469 A1 US 5260980 A	25-02-1992 05-06-1996 04-03-1992 17-04-2000 07-04-1992 28-03-1992 21-11-2000 09-11-1993
US 4438526 A	20-03-1984	KEINE	
WO 2016172446 A1	27-10-2016	US 2018122353 A1 WO 2016172446 A1	03-05-2018 27-10-2016
US 2015256930 A1	10-09-2015	CN 104916291 A EP 2919229 A1 JP 6098654 B2 JP 2015187714 A US 2015256930 A1	16-09-2015 16-09-2015 22-03-2017 29-10-2015 10-09-2015

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2003103632 A1 [0013] [0090]
- CN 110362789 A [0014] [0090]
- US 2015194144 A1 [0015] [0090]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BODIN DANIELSSON, C. ; BODIN, L.** Difference in satisfaction with office environment among employees in different office types. *Journal of Architectural and Planning Research*, 2009, vol. 26 (3), 241-257 [0090]
- **ZUYDERVLIET, R. ; CHANAUD, R. ; L'ESPERANCE, A.** Adaptive sound masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2008, vol. 123 (5), 3195, <https://doi.org/10.1121/1.2933335> [0090]
- **KEUS VAN DE POLL, MARIJKE ; CARLSSON, J. ; MARSH, J. E. ; LJUNG, R. ; ODELIUS, J. ; SCHLITTEMEIER, S. J. et al.** Unmasking the effects of masking on performance. The potential of multiple-voice masking in the office environment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2015, vol. 138 (2), 807-816, <https://doi.org/10.1121/1.4926904> [0090]
- **HUANG, Y.-H. ; ROBERTSON, M. M. ; CHANG, K.-I.** The Role of Environmental Control on Environmental Satisfaction, Communication, and Psychological Stress. Effects of Office Ergonomics Training. *ENVIRON BEHAV (Environment and behavior)*, 2004, vol. 36 (5), 617-637, <https://doi.org/10.1177/0013916503262543> [0090]
- **LEE, S. Y. ; BRAND, J. L.** Can personal control over the physical environment ease distractions in Office workplaces?. *Ergonomics*, 2010, vol. 53 (3), 324-335, <https://doi.org/10.1080/00140130903389019> [0090]
- **SCHLITTEMEIER, S. J. ; HELLBRÜCK, J.** Background music as noise abatement in open-plan offices. A laboratory study on performance effects and subjective preferences. *APPL COGNITIVE PSYCH (Applied cognitive psychology)*, 2009, vol. 23 (5), 684-697, <https://doi.org/10.1002/acp.1498> [0090]
- **HONGISTOB, V. ; VARJO, J. ; OLIVA, D. ; HAAPAKANGAS, A. ; BENWAY, E.** Perception of water-based masking sounds-long-term experiment in an open-plan office. *FRONT PSYCHOL (Frontiers in psychology)*, 2017, vol. 8, <https://doi.org/10.3389/psyg.2017.01177> [0090]
- Masking speech in open-plan offices with simulation Ventilation noise. **VEITCH, J. ; BRADLEY, J. ; LEGAULT, L. ; NORCROSS, S. ; SVEC, J.** Noise level and spectral composition effects on acoustic satisfaction. Institute for Research in Construction, 2002 [0090]
- **WANG, Y. ; DROTTLEFF, H. A. ; LI, P.** Multiple maskers for speech masking in open-plan offices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2012, vol. 131 (4), 3481, <https://doi.org/10.1121/1.4709135> [0090]
- **HAAPAKANGAS, A. ; KANKKUNEN, E. ; HONGISTO, V. ; VIRJONEN, P. ; OLIVA, D. ; KESKINEN, E.** Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction. implications for open-plan offices. *ACTA ACUST UNITED AC (Acta acustica united with Acustica)*, 2011, vol. 97 (4), 641-655, <https://doi.org/10.3813/AAA.918444> [0090]
- **CHANAUD, R. C.** Progress in Sound Masking. *Acoustics today*, 2007, vol. 3 (4), 21-26, <https://doi.org/10.1121/1.2961158> [0090]
- **L'ESPERANCE, A. ; BOUDREAU, A. ; GARIEPY, F. ; BOUDREAU, L.-A. ; MACKENZIE, R.** Adaptive Volume Control for Sound Masking Systems. How It Works and Analysis of Performance. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 2017, vol. 254 (2), 678-686, <https://www.ingentaconnect.com/content/inccp/2017/00000254/00000002/art00083> [0090]
- **COHEN, S.** Aftereffects of stress on human performance and social behavior. A review of research and theory. *Psychological bulletin*, 1980, vol. 88 (1), 82-108, <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.1.82> [0090]
- **QUICK, T. L.** Healthy Work. Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life. *National Productivity Review*, 1990, vol. 9, 475, <https://link.gale.com/apps/doc/A8933314/AONE?u=anon~d59bbb41&sid=googleScholar&xid=389d3050> [0090]

EP 4 365 890 A1

- Personalised sound masking in open offices. **RENZ, T.** A trade-off between annoyance and restoration of working memory performance?. Fraunhofer Verl, 2019 **[0090]**
- A simple model to predict the cognitive performance in distracting background speech. 2018 **[0090]**