

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. September 2021 (23.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/186033 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H04R 29/00 (2006.01) H04R 1/10 (2006.01)
H04R 3/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/057092

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2021 (19.03.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 203 629.2
20. März 2020 (20.03.2020) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **FISCHER, Georg**; c/o Fraunhofer-Institut für
Digitale Medientechnologie IDMT, Ehrenbergstraße 31,
98693 Ilmenau (DE). **FRITSCH, Tobias**; c/o Fraunhofer-
Institut für Digitale Medientechnologie IDMT, Ehren-
bergstraße 31, 98693 Ilmenau (DE). **MÄNNCHEN, An-
dreas**; c/o Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnolo-
gie IDMT, Ehrenbergstraße 31, 98693 Ilmenau (DE).

(74) Anwalt: **PFITZNER, Hannes** et al.; Schoppe, Zimmer-
mann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlko-
ferstr. 2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: ADAPTIVE SOUND CONTROL

(54) Bezeichnung: ADAPTIVE KLANGSTEUERUNG

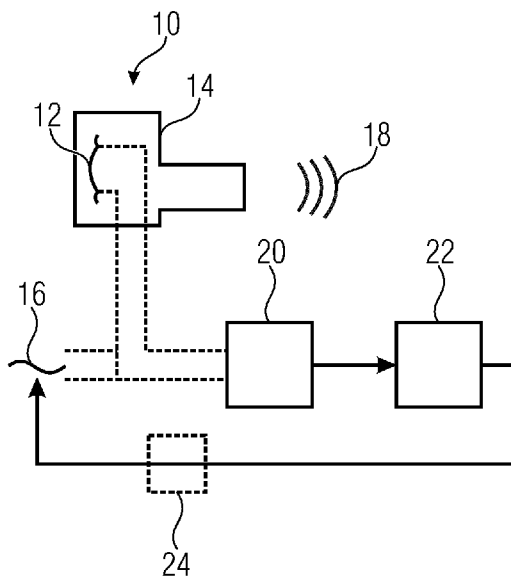


Fig. 1

(57) Abstract: Headphones (10) having the following features: a sound transducer (12) designed to emit, based on an electrical control signal (16), an acoustic signal (18); measuring means (20) designed to carry out an electric measurement on the sound transducer (12) to obtain a measured signal; and signal processing means (22) designed to adapt, depending on the measured signal, the electric control signal (16) for the sound transducer (12).

(57) Zusammenfassung: Kopfhörer (10) mit folgenden Merkmalen: einem Schallwandler (12), der ausgebildet ist, um basierend auf einem elektrischen Steuersignal (16) ein akustisches Signal (18) zu emittieren; Messmittel (20), die ausgebildet sind, eine elektrische Messung an dem Schallwandler (12) durchzuführen, um ein Messsignal zu erhalten; und Signalverarbeitungsmittel (22), die ausgebildet sind, in Abhängigkeit von dem Messsignal das elektrische Steuersignal (16) für den Schallwandler (12) anzupassen.

WO 2021/186033 A1

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Adaptive Klangsteuerung

Beschreibung

- 5 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf einen Kopfhörer sowie auf ein Verfahren zum Betreiben eines Kopfhörers.

- Kopfhörer, wie z. B. Hearables oder Hörgeräte haben oft keinen für das Ohr optimalen Frequenzgang. Hintergrund hierzu ist, dass Kopfhörer/Hearables/Hörgeräte am Trommelfell
10 unterschiedliche Frequenzgänge, z. B. je nach Sitz des Hörers/Geräts im/am Ohr aufweisen. Ursache hierfür ist, dass Ohr und Gehörgang von Mensch zu Mensch unterschiedlich ist. Ferner hat jeder Mensch einen anderen Geschmack und ein anderes Empfinden. Das Anpassen von Kopfhörern/oder ähnlichen Anwendungen auf eine individuelle Zielkurve im Produktionsprozess ist typischerweise nicht möglich. Weiter kommt erschwerend hinzu,
15 dass jeder Schallwandler, z. B. auch MEMS-Schallwandler, ein anderes elektroakustisches Verhalten hat und somit anders auf akustische Lasten, wie z. B. das menschliche Gehör reagiert. Systeme mit einer hohen Güte, wie z. B. MEMS-Lautsprecher, können bei falscher und unzureichender Bedämpfung Schaden am Schallwandler selber verursachen.
- 20 Ausgehend von diesen Problemen gibt es bereits im Stand der Technik Ansätze zur Detektion von Undichtigkeiten, z. B. durch falschen Sitz.

- Die US 2016/0330546 A1 beschreibt eine Detektion mittels Sensormikrofonen und Anpassung des Lautsprechers mittels EQ oder durch aktives Verstellen des akustischen Filterports entsprechend der Mikrofonmessung. Nachteilig ist, dass hierfür ein oder mehrere Mikrofone notwendig sind. Ferner entspricht der Frequenzgang am Referenzmikrofon nicht dem Frequenzgang am Trommelfell, d. h. individuelle physiologische Unterschiede des Hörkanals werden bei dieser Methode nicht gänzlich ausgeglichen.

- 30 Die US 9,794,672 B2 beschreibt die Nutzung von optoakustischen Emissionen, um den Schall am Trommelfell zu analysieren. Nachteilig ist, dass weitere Messungen, insbesondere Kalibrierungen vor Benutzung notwendig sind. Dies stellt ein zusätzliches, wenn auch extrem sensitives Mikrofon dar, welches allerdings nicht im vollen Hörfrequenzbereich funktioniert. Auch ist keine Adaption, z.B. während des Betriebes, möglich.

Eine adaptive Filterung eines Kopfhörers auf ein vorher angepasstes Gehörgangsmodell mit Hilfe eines Mikrofons am Ohrkanaleingang wird in dem Artikel „Real-Time Adaptive Equalization for Headphone Listening“ (25th European Signal Processing Conference, 2017) beschrieben.

5

Zur Überwindung dieser Nachteile gibt es deshalb den Bedarf nach einem verbesserten Ansatz.

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Konzept zur Anpassung des akustischen Verhaltens eines Kopfhörers zu finden. Die Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Patentansprüchen definierten Gegenstände gelöst.

15

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen einen Kopfhörer mit einem Schallwandler, Messmitteln und Signalverarbeitungsmitteln. Der Schallwandler, wie z. B. ein herkömmlicher Hubkolbenschallwandler oder MEMS-Schallwandler, ist ausgebildet, um basierend auf einem (an dem Schallwandler anliegenden) elektrischen Signal ein akustisches Signal zu emittieren. Die Messmittel sind ausgebildet, eine elektrische Messung, z. B. über dieselben Kontakte, über welche auch das elektrische Signal anliegt, an dem Schallwandler durchzuführen, um ein Messsignal zu erhalten. Die Signalverarbeitungsmittel sind ausgebildet, um in Abhängigkeit von dem (ermittelten) Messsignal das elektrische Steuer-

20

signal anzupassen.

Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein Schallwandler, der in erster Linie zur Emission eines akustischen Signals basierend auf einem Steuer-/Audiosignal, z.B. einem elektrischen Wechsignalsignal dient, gleichzeitig auch als Mikrofon bzw. allgemein als Sensor zu verwenden ist. Dieser Sensor ermöglicht dann, Abweichungen in dem gewünschten Übertragungsverhalten, z. B. ausgehend von dem Gehörgang oder dem Lautsprechermodell, zu erkennen. Mit dem Sensorwerten ist eine dynamische Anpassung eines hinterlegten Gehörgangs- und/oder Lautsprechermodells möglich, sodass dann durch Beeinflussung des Steuer-/Audiosignals Unterschiede im Verhalten des Lautsprechers sowie Unterschiede in der Geometrie des Gehörgangs ausgeglichen werden können. Insgesamt werden also vorteilhafterweise weniger Bauteile benötigt. Im Gegensatz zu den bekannten Stand-der-Technik-Lösungen wird auch der komplette Frequenzgang abgedeckt, wobei das Verfahren auch adaptiv arbeitet und gleichzeitig auch einen schlechten Sitz des Kopfhörers ausgleichen kann. Eine Beeinflussung von Störgeräuschen kann wirkungsvoll ausgeglichen werden. Insofern wird unabhängig vom Sitz des

30

35

Kopfhörers/Hörgeräts im/am Ohr ein optimaler bzw. optimierter Frequenzgang sichergestellt, wobei auch entsprechend Ausführungsbeispielen vom Nutzer gewünschte oder individuelle Zielfrequenzantworten definiert und jederzeit geändert werden. Das dargestellte System misst sich automatisch ein bzw. kalibriert sich automatisch.

5

Wie oben bereits angedeutet, umfasst die Messung entsprechend Ausführungsbeispielen eine Strommessung an dem Schallwandler, einen Spannungsmesser an dem Schallwandler und/oder eine Impedanzmessung oder Kapazitätsmessungen an dem Schallwandler (z.B. für die Systemidentifikation). Insofern ist das Messsignal entsprechend Ausführungsbeispielen ein Strom- und/oder Spannungs- und/oder Impedanzsignal. In anderen Worten heißt das, dass reicht eine Impedanzmessung bzw. Strom- und Spannungsmessung am Schallwandler aus, um die Sensorfunktionalität auszubilden. Hintergrund für diese Messwerte ist, dass mit dieser Messung von Strom und Spannung, z. B. an den Klemmen des Schallwandlers, der Frequenzgang vorhersagbar ist.

15

Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen sind die Signalverarbeitungsmittel ausgebildet, um auf Basis eines Modells, wie z. B. Lumped-Parameter-Modell, das elektrische Steuersignal anzupassen. Entsprechend Ausführungsbeispielen dient als Eingangsparameter für das Modell/Lumped-Parametermodell das entsprechende Messsignal. Dieses lässt nämlich einen Rückschluss auf den am Schallwandler vorherrschenden Frequenzgang zu. Hierbei wird explizit auf den vorherrschenden Frequenzgang, d. h. also den resultierenden Frequenzgang und nicht den ermittelten Frequenzgang abgestellt. Durch diesen Ansatz wird der Schallwandler und insbesondere Wandlerresonanzen aktiv bedämpft, so dass es zum Schutz von Überlasten des Wandlers kommt. Ferner können auch störende Überhöhungen im Frequenzgang ausgeglichen werden, was insgesamt die Wiedergabequalität signifikant verbessert. Gemäß Ausführungsbeispielen ermöglicht eine Anpassfunktion (z. B. eine Anpassfunktion, die sich über mehrere Frequenzbereiche erstreckt und in unterschiedlichen Frequenzbereichen unterschiedlich wirkt) eine Anpassung des ermittelten bzw. vorherrschenden Frequenzgangs an einen Zielfrequenzgang. Die Anpassfunktion wird beispielsweise unter Berücksichtigung des ermittelten/vorherrschenden Frequenzgangs mittels des Modell/Lumped-Parameter-Modells ermittelt und stellt sozusagen eine Art Ausgangsparameter des Modells/Lumped-Parametermodells dar.

25

30

Entsprechend einem Ausführungsbeispiel erfolgt die Anpassung mittels eines adaptiven Filters. Dieses wird in Abhängigkeit von dem Messsignal oder eben der Anpassfunktion (indirekt abhängig von dem Messsignal) angepasst.

35

Nachfolgend wird detaillierter auf das Modell, das auch als Systemmodell implementiert sein kann, eingegangen. Entsprechend Ausführungsbeispielen umfasst das Systemmodell zumindest zwei oder mehr Einzelmodelle. Die Einzelmodelle können beispielsweise aus folgender Gruppe stammen:

- Modells des Lautsprechers;
- Modell der Schallführung;
- Modell der Leckage;
- Modell des Gehörgangs; und/oder
- Modell des Trommelfells.

Mittels des Eingangssignals bzw. Messsignals wird jedes Modell parametrisiert. Bei den Einzelmodellen ist es entsprechend Ausführungsbeispielen so, dass je Einzelmodell ein Eingangssparameter bzw. ein eigenes Messsignal verwendet wird. Beispielsweise kann ein erster von mehreren Eingangsparametern für ein erstes Einzelmodell während eines ersten Nutzerszenarios ermittelt werden und ein zweiter von mehreren Eingangsparametern für ein zweites Einzelmodell während eines zweiten Nutzerszenarios. Entsprechend alternativen bzw. additiven Ausführungsbeispielen wäre es auch denkbar, dass ein Eingangssparameter, wie z. B. der zweite Eingangssparameter während eines ersten und zweiten Nutzerszenarios ermittelt wird. Insofern kann jedes Einzelmodell auch mehrere Eingangssparameter aufweisen.

Ein Beispiel für ein Nutzerszenario, z. B. ein erstes Nutzerszenario, ist das Tragen des Kopfhörers im Ohr. Ein weiteres Beispiel, z. B. für ein zweites Nutzerszenario, ist eine Messung bei dem Kopfhörer außerhalb des Ohrs oder eine Messung beim Kopfhörer innerhalb der Ladestation. Diese Nutzerszenarien unterscheiden sich beispielsweise durch die akustische Last auf den Schallwandler. Hintergrund hierzu ist, dass die akustische Last je nachdem, ob sie sehr klein ist (nicht im Ohr), sehr groß ist (im Ohr) oder mit einer bekannten Dämpfung belegt ist (in der Ladestation), unterschiedliche Frequenzgänge bewirkt. Ferner werden auch in den unterschiedlichen Nutzerszenarien unterschiedliche Situationen nachmoduliert, z. B. kann der Gehörgang insbesondere bei Tragung im Ohr parametrisiert werden. Durch die Verwendung von mehreren Nutzerszenarien ist es vorteilhafterweise möglich, die unterschiedlichen Einflüsse auf den resultierenden Frequenzgang zu ermitteln und den resultierenden Frequenzgang dem gewünschten Zielfrequenzgang anzupassen. Um

entsprechend Ausführungsbeispielen die Nutzerszenarien zu erkennen, kann ein entsprechendes Erkennmittel oder Erkennungsalgorithmus vorgesehen sein. Beispielsweise kann das Befinden des Kopfhörers in der Ladestation über die Ladkontakte erfolgen.

5 Ein weiteres Ausführungsbeispiel schafft ein Verfahren zum Betreiben eines Kopfhörers mit einem Schallwandler, der ausgebildet ist, um basierend auf einem elektrischen Steuersignal ein akustisches Signal zu emittieren. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- 10 - Durchführen der Messung an dem Schallwandler, um ein erstes Messsignal zu erhalten; und
- Anpassen in Abhängigkeit von dem Messsignal des elektrischen Steuersignals für den Schallwandler. Das Anpassen kann, wie oben erläutert, beispielsweise unter Verwendung von einem oder mehreren Modellen erfolgen.

15 Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein Computerprogramm, das das Verfahren durchführt, wenn das Computerprogramm auf einem Prozessor abläuft.

20 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kopfhörers gemäß einem Basisausführungsbeispiel;

25 Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Illustration der Einflussfaktoren auf den mittels eines Kopfhörers erzeugten Klang gemäß Ausführungsbeispielen;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Illustration des Prinzips der adaptiven Klanganpassung gemäß Ausführungsbeispielen.

30 Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert werden, wird ferner darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente und Strukturen mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschreibung derer aufeinander anwendbar bzw. austauschbar ist.

Fig. 1 zeigt einen Kopfhörer 10, hier einen In-Ear-Kopfhörer mit einem Gehäuse 14 und einem Schallwandler 12. Der Schallwandler umfasst beispielsweise eine Membran und Membranaufhängung (nicht separat gezeigt). Alternativ zu dem In-Ear-Kopfhörer 10 kann natürlich jeder andere Kopfhörer mit einer oder mehreren Schallwandlern je Kopfseite vorgesehen sein. Der Schallwandler 12 oder insbesondere die Membran des Schallwandlers 12 wird über ein Audiosignal 16 angetrieben bzw. angesteuert. Dieses Signal 16 wird als elektrisches Steuersignal bezeichnet und regt den Schallwandler 12 zur Schwingung an, so dass ein akustisches Signal 18 emittiert wird.

Darüber hinaus umfasst der Kopfhörer auch noch Messmittel 20 sowie Signalverarbeitungsmittel 22. Die Messmittel führen eine elektrische Messung an dem Schallwandler durch. Hierzu kann beispielsweise eine elektrische Spannung oder ein elektrischer Strom an der Membran des Schallwandlers 12 mittels den Messmitteln 20 abgegriffen werden. Mittels Strom und Spannung ist dann die Impedanz ermittelbar. Dieses Messsignal bzw. eine von dem Messsignal abgeleitete Größe wird dann von der Signalverarbeitung 22 verwendet, um das Signal 16 anzupassen. Ziel ist eine Anpassung derart, dass der Systemfrequenzgang umfassend alle bestehenden Einflussfaktoren wie Schallwandler, Schallführung, Gehörgang und Trommelfell an den Zielfrequenzgang angenähert wird. Der Zielfrequenzgang ist bekannt, wobei der Systemfrequenzgang mittels des als Sensor fungierenden Schallwandlers ermittelt wird. Hierzu wird, wie oben bereits erläutert, ein Strom- bzw. Spannungs- bzw. Impedanzsignal genommen, so dass ausgehend von dieser Messgröße der Systemfrequenzgang nachmoduliert wird. Hierzu stehen ein oder mehrere einzeln oder in Kombination angewendete Modelle zur Verfügung, die dann entsprechend verarbeitet werden. Die Messmittel 20 bestimmen die Eingangsparameter für das entsprechende Modell, während die Modulierung in den Signalverarbeitungsmitteln 22 erfolgt. In diesen Signalverarbeitungsmitteln 22 kann dann auch eine entsprechende Anpass- bzw. Korrekturfunktion für das akustische Signal 16 bestimmt werden.

Nachfolgend wird Bezug nehmend auf Fig. 2 die ein oder mehreren Einflussfaktoren auf den Systemfrequenzgang erläutert.

Fig. 2 zeigt einen exemplarischen Kopfhörer 10 in Kombination mit einem Ohr 30.

Aufseiten des Kopfhörers 10 sind zwei wesentliche Einflussfaktoren zu nennen. Zum einen kann die Membran 12m des Schallwandlers 12 unterschiedlich ausgebildet sein, so dass

es hier bereits bei der Schallemission zu Frequenzgangabweichungen kommt, die ausgeglichen werden können. Zur Ermittlung dieser Einflussfaktoren kann ein Modell des Lautsprechers, z. B. ein Lumped-Parameter-Modell bzw. ein ML-Modell (Machine-Learning-Modell) verwendet werden. Einen weiteren Einfluss auf den Systemfrequenzgang hat die Schallführung 14s des Gehäuses 14. Diese stellt eine akustische Last für den Schallwandler 12 dar und verändert den Systemfrequenzgang. Die Schallführung kann mittels eines Modells derselben, z. B. auf Lumped-Parameter-Basis oder auf ML-Basis moduliert werden.

Ein weiterer Einflussfaktor stellt das Ohr 30 dar. Hier sind insbesondere die zwei entscheidenden Elemente Gehörgang 30g und Trommelfell 30t zu nennen. Beide haben Einfluss auf den Systemfrequenzgang, ausgehend von der durch diese erzeugten akustischen Leistungen. Eine Nachmodulierung ist mit entsprechenden Modellen, z. B. auf Lumped-Parameter-Basis möglich.

Einen weiteren Einfluss hat das Zusammenspiel zwischen Kopfhörer 10 und Ohr 30 und insbesondere mögliche Leckagen zwischen der Schallführung 14s und dem Gehörgang 30g. Diese Leckage ist ebenfalls mittels Lumped-Parametern modulierbar.

Ausgehend von diesen Modellen kann ein Systemmodell bestimmt werden. Das Systemmodell umfasst beispielsweise:

- o Modell des Lautsprechers / (Schall-)Senders (z. B. Lumped Parameter, ML etc.)
- o Modell der Schallführung / internen Schallübertragung (z. B. Lumped Parameter, ML etc.)
- o Modell einer (externen) Störung, z.B. Modell der Leckage (z.B. Lumped Parameter, ML etc.)
- o Modell einer externen Schallübertragung, z.B. Modell des Gehörgangs (z. B. Lumped Parameter, ML etc.)
- o Modell eines (externen) (Schall-)Empfängers, z.B. Modell des Trommelfells (z. B. Lumped Parameter, ML etc.)

Wie anhand der Einzelmodelle zu erkennen ist, werden in dem Systemmodell sowohl interne als auch externe Modellparameter verwendet. D.h. also, dass entsprechen Ausfüh-

rungsbeispielen das Systemmodell ein Modell zur Modellierung interner Einflussgrößen (internes Modell) und/oder ein Modell zur Modellierung externe Einflussgrößen (externes Modell) umfasst. Das interne Modell umfasst beispielsweise ein Modell des Senders oder der Kopfhörer-internen Schallübertragung/Schaltführung, während das externe Modell zur Modellierung von externen Störungen, einer externen Übertragung (vergleiche Gehörgang) oder eines externen Empfängers (vergleiche Trommelfell) dient. Vorteilhafter Weise können mit dem oben erläuterten Prinzip der Verwendung des Schallwandlers als Sensor sowohl Eingangsgrößen für ein internes Modell als auch für ein externes Modell bestimmt (sensiert) werden.

Auf Basis dieses adaptiven/nachgeführten Systemmodells ist eine Vorhersage des Frequenzgangs (Systemfrequenzgangs des Kopfhörers im Betrieb möglich).

Das adaptive Nachführen erfolgt über die erhaltenen Messwerte. Hierzu wird beispielsweise ein Algorithmus zur Bestimmung bestimmter definierter Modellparameter aus der gemessenen Spannung und dem gemessenen Strom (also der Eingangsimpedanz des Schallwandlers) verwendet. Dieser führt ein Fitting der Impedanzkurve von Modell und Messung durch, wie z. B. in [1] im Zusammenhang mit Lautsprechern unter Verwendung des Lumped-Parameter-Modells beschrieben ist. Hierbei kann das Fitting bereits vor dem Betrieb, d. h. also auf Basis von aktuellen Messwerten oder ohne aktives Signal oder Messwerten bei einer Kalibrierung durchgeführt werden oder aber auch während des Betriebs, z. B. zur Nachführung der Modelle bzw. des Systemmodells.

Ausgehend von diesem Fitting kann dann ein Anpasssignal abgeleitet werden, mittels welchen beispielsweise ein Filterelement abgestimmt wird. Das Filterelement ist in Fig. 1 als optionales Element 24 in der Feedback-Schleife dargestellt und dient eben zur Adaptierung des Audiosignals/Steuersignals. Insofern schaffen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ein In-Ear-Kopfhörer-Design 10 mit einem Schallwandler 12 und einem auf den Schallwandler 12 abgestimmten Filterelement 24 mit gezieltem Übertragungsfrequenzgang, wobei der gezielte Übertragungsfrequenzgang durch die Signalverarbeitungsmittel angepasst wird.

Nachfolgend wird auf das Systemmodell umfassend die Einzelmodelle und insbesondere auf das „Fitten“ der einzelnen Modelle genauer eingegangen.

Entsprechend Ausführungsbeispielen werden die unterschiedlichen Modelle in unterschiedlichen Nutzungsszenarien ermittelt. Zum Beispiel kann der Gehörgang 30g und die Leckage im Ohr, d. h. also bei Nutzung des Hörers 10 im Ohr 30 gemessen werden. Die mechanischen Lautsprecher-Parameter können entsprechend Ausführungsbeispielen sowohl im Ohr als auch ohne Ohr gemessen werden.

Die mechanischen Lautsprecherparameter können entsprechend Ausführungsbeispielen sowohl im Ohr als auch ohne Ohr gemessen werden. Entsprechend einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die Messung der mechanischen Lautsprecherparameter mittels zwei Messungen in zwei unterschiedlichen Nutzungsszenarien, ausgehend von welchen unterschiedliche Lasten vorherrschen, also z. B. einmal außerhalb des Ohrs und einmal in einer Ladestation. Um hier die Modelle entsprechend anzupassen, kann dem Kopfhörer das entsprechende Nutzungsszenario mitgeteilt werden oder dieser kann mit Mitteln zur Erkennung des Nutzungsszenarios ausgestattet sein. Mögliche Nutzungsszenarien sind (Kopfhörer im Ohr, außerhalb des Ohrs, in einer Ladestation (bei kabelloser Variante)), etc. Nach Erkennung des Nutzungsszenarios werden dann entsprechend Ausführungsbeispielen gezielte Parameter des Systemmodells bzw. einzelner Modelle berechnet.

Aus dem resultierenden Systemmodell wird dann der resultierende Frequenzgang am Trommelfell 30t vorhersagbar, z. B. durch:

- o die direkte Berechnung des Frequenzgangs aus Lumped-Parameter-Modellen [1 , 2]
- o die Berechnung des Frequenzgangs aus (akustischen) Übertragungs-Matrix- Modellen [3]
- o die Vorhersage des Frequenzgangs aus einfachen parametrischen Ansätzen [4]
- o die Vorhersage des Frequenzgangs aus entsprechend trainierten Machine-Learning-Modellen
- o eine beliebige Kombination der oben genannten Methoden

Durch die Modulierung des Systemfrequenzgangs kann dann unter Berücksichtigung eines Zielfrequenzgangs, z. B. eines vom Nutzer vorgegebenen Zielfrequenzgangs eine adaptive Anpassung erfolgen. Diese Anpassung ist im Detail in Fig. 3 erläutert.

Fig. 3 zeigt einen Schallwandler 12, der mit einem Steuersignal bzw. Audiosignal 16 betrieben wird. Das Audiosignal 16 wird durch einen sogenannten „Feed-Forward Processor“ (z. B. einen adaptiven EQ) 24 bearbeitet. Dieser EQ 24 passt den aktuellen Frequenzgang an den Zielfrequenzgang 25, der als Input dem EQ 24 vorliegen kann, an. Hierbei wird das
5 Audiosignal 16 durch den Feed-Forward Processor 24 bearbeitet, so dass das Signal 16' resultiert, in welchem dann der Schallwandler 12 betrieben wird.

Am Schallwandler 12 erfolgt eine Messung, z. B. eine Strom- oder Spannungsmessung, wie hier mit dem Pfeil 20 dargestellt ist. Die Messergebnisse werden in der Einheit 22 be-
10 arbeitet. Diese Einheit 22 umfasst einmal das Systemmodell 22m, das mittels des Summierungselements 22s dahin gehend verglichen wird, ob das vorliegende Systemmodell 22m entsprechend gut an die aktuellen Messwerte (vgl. Bezugszeichen 20) gefittet ist. Wenn das nicht so ist, erfolgt eine Anpassung des Systemmodells, wie mit dem Pfeil 22a angedeutet ist. An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass neben den Messwerten (vgl. Bezugs-
15 zeichen 20) am Schallwandler 12 auch das Audiosignal 16' für das Systemmodell 22m als Eingangparameter bzw. zu berücksichtigenden Parameter verwendet werden kann.

Da, wie oben bereits erläutert, in optionaler Weise unterschiedliche Modelle in das Systemmodell einfließen können und diese unterschiedlichen Modelle in unterschiedlichen Nut-
20 zungsszenarios gefittet werden, kann eine optionale Einheit 23 zur Erkennung des Nutzungsszenarios vorgesehen sein. Diese Einheit 23 erkennt das Nutzungsszenario beispielsweise ausgehend von dem Audiosignal 16' oder den Messwerten der Messeinheit 20.

Ein entsprechend in den einzelnen Nutzungsszenarien oder bei einem Nutzungsszenario gefittetes Systemmodell 22m wird dann in den Frequenzgangschätzer 22f übermittelt, der
25 den Systemfrequenzgang, der durch den Schallwandler 12 in der aktuellen Situation erzeugt wird, schätzt. Dieser Systemfrequenzgang wird dann mit dem Zielfrequenzgang 25 abgeglichen, um hier eine Annäherung von Systemfrequenzgang an Zielfrequenzgang durchzuführen. Die entsprechende Signalbearbeitung des Audiosignals 16 zu dem Audio-
30 signal 16' erfolgt dann über den Prozessor 24. Dieser ist, wie dargestellt, mit den zwei Einheiten Zielfrequenzgang 25 und Frequenzgangschätzer des Systemfrequenzgangs 22t verbunden, so dass aus dem Systemfrequenzgang und dem Zielfrequenzgang beispielsweise ein adaptiver Filter (FIR, IIR, graphischer Equalizer, parametrischer Equalizer) berechnet werden kann, die dann das Gesamtsystem auf den Zielfrequenzgang 25 fitten (vgl. z. B.
35 [5]).

Auch wenn in den obigen Ausführungsbeispielen meistens davon ausgegangen wurde, dass es sich hier um einen In-Ear-Kopfhörer handelt, sei an dieser Stelle festgehalten, dass das System auf alle Arten von Kopfhörern, In-Ear-Kopfhörer, Hearables, Hörgeräte angewendet werden kann. Auch ist eine Verwendung im Zusammenhang mit MEMS-Lautsprechern oder Smartphone-Lautsprechern (Mikrospeaker) denkbar. MEMS-Mikrofone sind weitere Einsatzgebiete. Es sei nochmal betont, dass im Sinne der Anmeldung hier verschiedene Arten von Kopfhörern zu verstehen sind, z.B. Hörgeräte, Hearables oder alle anderen Kopfgetragenen Elemente, die Schall emittieren können.

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 eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray 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.

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.

5

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

10

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

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

15

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.

20

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, das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise gegenständlich und/oder nicht-vergänglich bzw. nicht-vorübergehend.

25

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 dahingehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

30

35

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

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

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 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.

15

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.

25

Die hierin beschriebenen Vorrichtungen können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

- 30 Die hierin beschriebenen Vorrichtungen, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Vorrichtungen können zumindest teilweise in Hardware und/oder in Software (Computerprogramm) implementiert sein.

Die hierin beschriebenen Verfahren können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

35

Die hierin beschriebenen Verfahren, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Verfahren können zumindest teilweise durch Hardware und/oder durch Software ausgeführt werden.

5

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.

10

Zitate

- [1] Seidel, Ulf and Wolfgang Klippel. „*Fast and Accurate Measurement of the Linear Transducer Parameters*“, 2001. Online unter https://www.klippel.de/fileadmin/klippel/Files/How_How/Literature/Papers/Fast_and_Accurate_Linear_Parameter_Measurement_01.pdf (13.02.2020)
- [2] John Borwick. „*Loudspeaker and Headphone Handbook*“, Focal Press, 2001
- [3] Huiqun Deng and Jun Yang. „*Estimating ear canal geometry and eardrum reflection coefficient from ear canal input impedance*“, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Shanghai, 2016
- [4] Javier Gómez-Bolarinos and Ville Pulkki. „*Estimation of pressure at the eardrum in magnitude and phase for headphone equalization using pressure-velocity measurements at the ear canal entrance*“, 2015 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics
- [5] J. Rämö, V. Välimäki, and B. Bank. „*High-Precision Parallel Graphic Equalizer*“, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing, Vol. 22, No. 12, pp. 1894-1904, December 2014

Patentansprüche

1. Kopfhörer (10) mit folgenden Merkmalen:

5

einem Schallwandler (12), der ausgebildet ist, um basierend auf einem elektrischen Steuersignal (16) ein akustisches Signal (18) zu emittieren;

10

Messmittel (20), die ausgebildet sind, eine elektrische Messung an dem Schallwandler (12) durchzuführen, um ein Messsignal zu erhalten; und

Signalverarbeitungsmittel (22), die ausgebildet sind, in Abhängigkeit von dem Messsignal das elektrische Steuersignal (16) für den Schallwandler (12) anzupassen.

15

2. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Messung eine Strommessung an dem Schallwandler (12) und/oder eine Spannungsmessung an dem Schallwandler (12) und/oder eine Impedanzmessung oder Kapazitätsmessung an dem Schallwandler (12) umfasst, und/oder wobei das Messsignal ein Strom- und/oder Spannungs- und/oder Impedanzsignal und/oder Kapazitätssignal umfasst.

20

3. Kopfhörer (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Signalverarbeitungsmittel (22) ausgebildet sind, um auf Basis eines Modells (22m) und/oder Lumped-Parameter-Modells und/oder Machine-Learning-Modells das elektrische Steuersignal (16) anzupassen.

25

4. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 3, wobei ein Strom- und/oder Spannungs- und/oder Impedanzsignal als Eingangsparameter für das Modell (22m) und/oder Lumped-Parameter-Modell dient und ein Rückschluss auf den am Schallwandler (12) vorherrschenden Frequenzgang zulässt; und/oder

30

wobei eine Anpassungsfunktion (z. B. über mehrere Frequenzbereiche) als Ausgangsparameter des Modells (22m) und/oder Lumped-Parameter-Modells dient, wobei die Anpassfunktion eine Anpassung des ermittelten bzw. vorherrschenden Frequenzgangs an einen Zielfrequenzgang (25) ermöglicht.

35

5. Kopfhörer (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Signalverarbeitungsmittel (22) ein adaptives Filter (24) umfassen, das in Abhängigkeit von dem Messsignal angepasst wird.
- 5 6. Kopfhörer (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Signalverarbeitungsmittel (22) die Anpassung auf Basis eines Systemmodells durchführen, wobei das Systemmodell zumindest zwei Einzelmodelle umfasst.
- 10 7. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 6, wobei die zwei Einzelmodelle aus der Gruppe der Modelle (22m) stammen, die folgende Modelle (22m) umfassen:
- Modell (22m) des Lautsprechers und/oder eines Senders; und/oder
 - Modell (22m) der Schallführung und/oder einer internen Schallübertragung;
- 15 8. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die zwei Einzelmodelle aus der Gruppe der Modelle (22m) stammen, die folgende Modelle (22m) umfassen:
- Modell (22m) der Leckage und/oder einer Störung;
 - 20 - Modell (22m) des Gehörgangs und/oder einer externen Schallübertragung; und/oder
 - Modell (22m) des Trommelfells und/oder eines Schallempfängers.
9. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 6, 7 oder 8, wobei je Einzelmodelle zumindest ein Eingangssparameter mittels der Messmittel (20) ermittelt werden.
- 25 10. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 9, wobei ein erster von mehreren Eingangsparametern für ein erstes Einzelmodell während eines ersten Nutzerszenarios ermittelt wird und wobei ein zweiter von mehreren Eingangsparameter für ein zweites Einzelmodell während eines zweiten Nutzerszenarios ermittelt wird.
- 30 11. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 10, wobei der zweite Eingangsparameter während des ersten und zweiten Nutzerszenarios ermittelt wird.
- 35 12. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei das erste Nutzerszenario das Tragen des Kopfhörers (10) im Ohr beinhaltet; und/oder

wobei das zweite Nutzerszenario das Befinden des Kopfhörers (10) außerhalb des Ohrs oder innerhalb der Ladestation beinhaltet.

- 5 13. Kopfhörer (10) gemäß Anspruch 10, 11 oder 12, wobei der Kopfhörer (10) Mittel zur
Erkennung eines Nutzerszenarios (23) umfasst.
14. Verfahren zum Betreiben eines Kopfhörers (10) mit einem Schallwandler (12), der
ausgebildet ist, basierend auf einem elektrischen Steuersignal (16) ein akustisches
10 Signal (18) zu emittieren, mit folgenden Schritten:
- Durchführen einer elektrischen Messung an dem Schallwandler (12), um ein erstes
Messsignal zu erhalten; und
- 15 Anpassen in Abhängigkeit von dem Messsignal des elektrischen Steuersignals (16)
für den Schallwandler (12).
15. Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14, wenn das
Computerprogramm auf einem Prozessor abläuft.

1/2

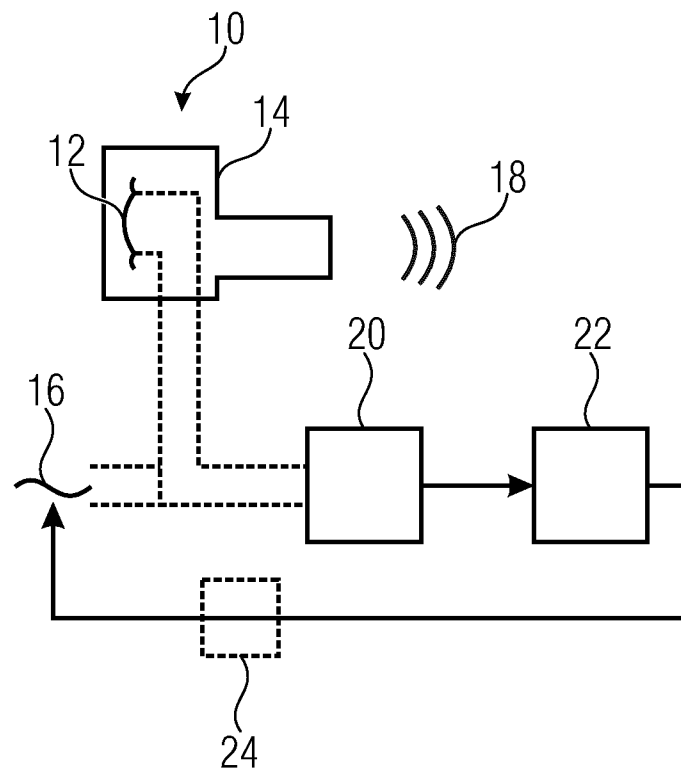


Fig. 1

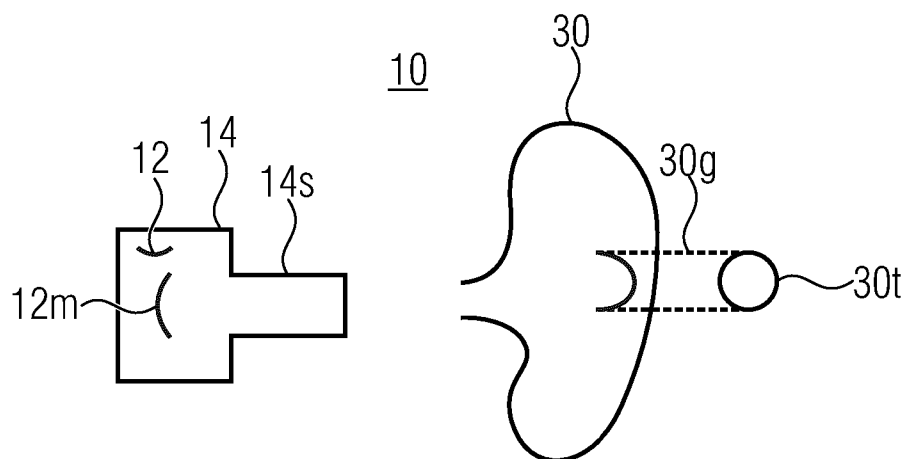


Fig. 2

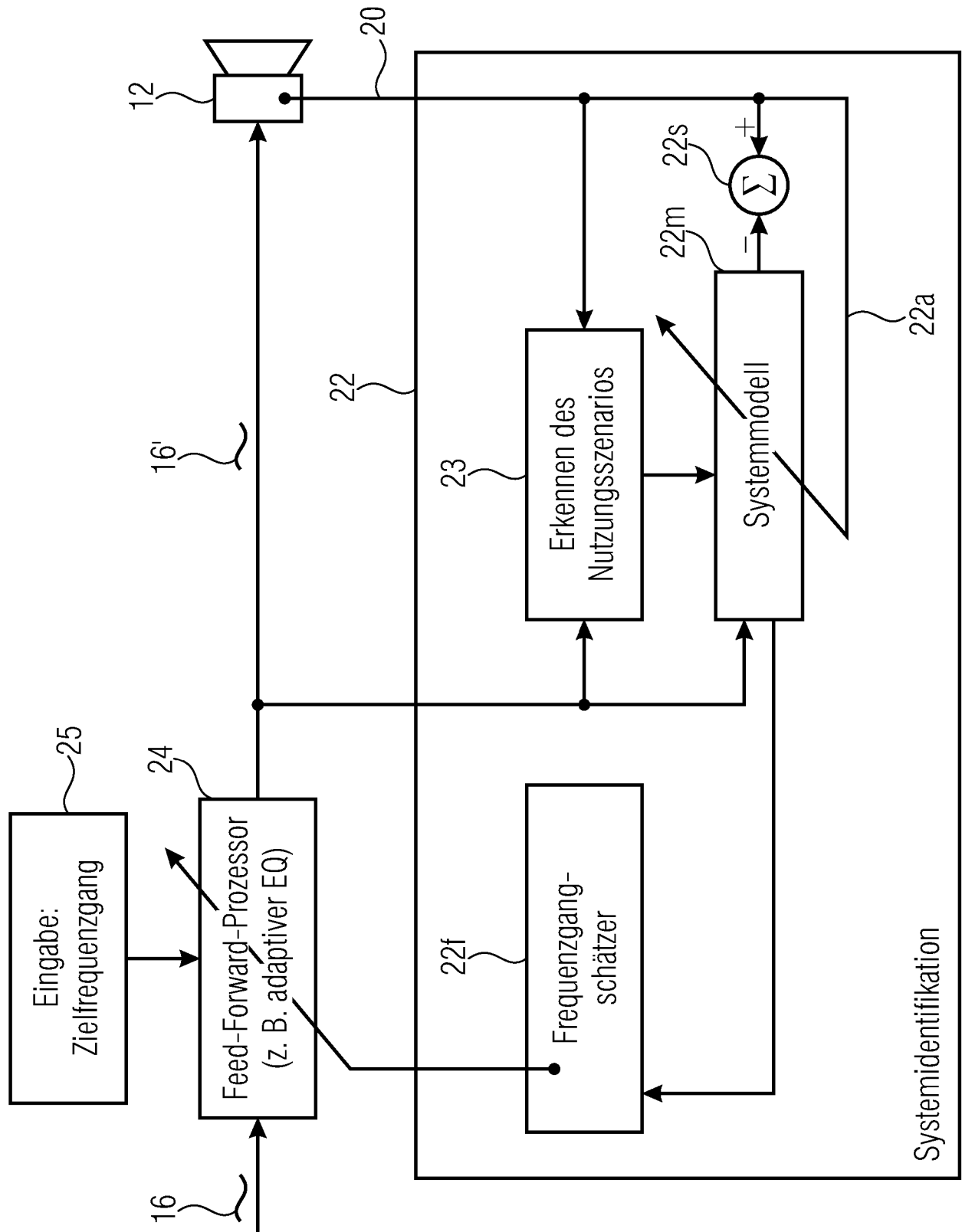


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/057092**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04R 29/00**(2006.01)i; **H04R 3/04**(2006.01)i; **H04R 1/10**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017064434 A1 (CAMPBELL LUKE JOHN [AU] ET AL) 02 March 2017 (2017-03-02)	1-15
Y	paragraphs [0002], [0048], [0049], [0051], [0053]; figures 1,2,4,5	1
Y	US 6058195 A (KLIPPEL WOLFGANG J [DE]) 02 May 2000 (2000-05-02) column 1, lines 6-41	1
Y	US 2013216052 A1 (BRUSS JOHN [US] ET AL) 22 August 2013 (2013-08-22) the whole document	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 May 2021

Date of mailing of the international search report

08 June 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Kunze, Holger

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/057092

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017064434	A1	02 March 2017	AU	2016316840	A1	15 March 2018
				CN	108496285	A	04 September 2018
				CN	111586513	A	25 August 2020
				CN	111711880	A	25 September 2020
				EP	3345263	A1	11 July 2018
				JP	2018528735	A	27 September 2018
				KR	20180044964	A	03 May 2018
				TW	201724091	A	01 July 2017
				US	9497530	B1	15 November 2016
				US	2017064434	A1	02 March 2017
				US	2017347181	A1	30 November 2017
				WO	2017040327	A1	09 March 2017
US	6058195	A	02 May 2000	NONE			
US	2013216052	A1	22 August 2013	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H04R29/00 H04R3/04 H04R1/10
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/064434 A1 (CAMPBELL LUKE JOHN [AU] ET AL) 2. März 2017 (2017-03-02)	1-15
Y	Absätze [0002], [0048], [0049], [0051], [0053]; Abbildungen 1,2,4,5 -----	1
Y	US 6 058 195 A (KLIPPEL WOLFGANG J [DE]) 2. Mai 2000 (2000-05-02) Spalte 1, Zeilen 6-41 -----	1
Y	US 2013/216052 A1 (BRUSS JOHN [US] ET AL) 22. August 2013 (2013-08-22) das ganze Dokument -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Mai 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/06/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kunze, Holger

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/057092

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017064434	A1	02-03-2017	AU 2016316840 A1 15-03-2018
			CN 108496285 A 04-09-2018
			CN 111586513 A 25-08-2020
			CN 111711880 A 25-09-2020
			EP 3345263 A1 11-07-2018
			JP 2018528735 A 27-09-2018
			KR 20180044964 A 03-05-2018
			TW 201724091 A 01-07-2017
			US 9497530 B1 15-11-2016
			US 2017064434 A1 02-03-2017
			US 2017347181 A1 30-11-2017
			WO 2017040327 A1 09-03-2017

US 6058195	A	02-05-2000	KEINE

US 2013216052	A1	22-08-2013	KEINE
