

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Dezember 2008 (11.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/148841 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
A61B 5/12 (2006.01) *A61B 5/16* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/056992
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juni 2008 (05.06.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 026 219.3 5. Juni 2007 (05.06.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL VON OSSIETZKY UNIVERSITÄT OLD-
ENBURG** [DE/DE]; Ammerländer Heerstr. 114-118,
26129 Oldenburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MÜLLER, Alexan-
dra** [DE/DE]; Bonhoefferstr. 17, 26129 Oldenburg
(DE). **BRAND, Thomas** [DE/DE]; Ratsherr-Schulze-Str.
19, 26122 Oldenburg (DE). **KALLINGER, Markus**
[DE/DE]; Schorlachstr. 23 A, 91058 Erlangen (DE).
MERTINS, Alfred [DE/DE]; Carl-Mühlenpfordt-Str. 12
A, 23562 Lübeck (DE). **KOLLMEIER, Birger** [DE/DE];
Hörneweg 50 A, 26129 Oldenburg (DE).
- (74) Anwälte: **NUMRICH, Harald** usw.; Fink Numrich,
Patentanwälte, Wendl-Dietrich-Str. 14, 80634 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, BR, BW, BY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AUDIOLOGICAL MEASURING INSTRUMENT FOR GENERATING ACOUSTIC TEST SIGNALS FOR AUDIO-
LOGICAL MEASUREMENTS

(54) Bezeichnung: AUDIOLOGISCHE MESSVORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON AKUSTISCHEN TESTSIGNALEN
FÜR AUDIOLOGISCHE MESSUNGEN

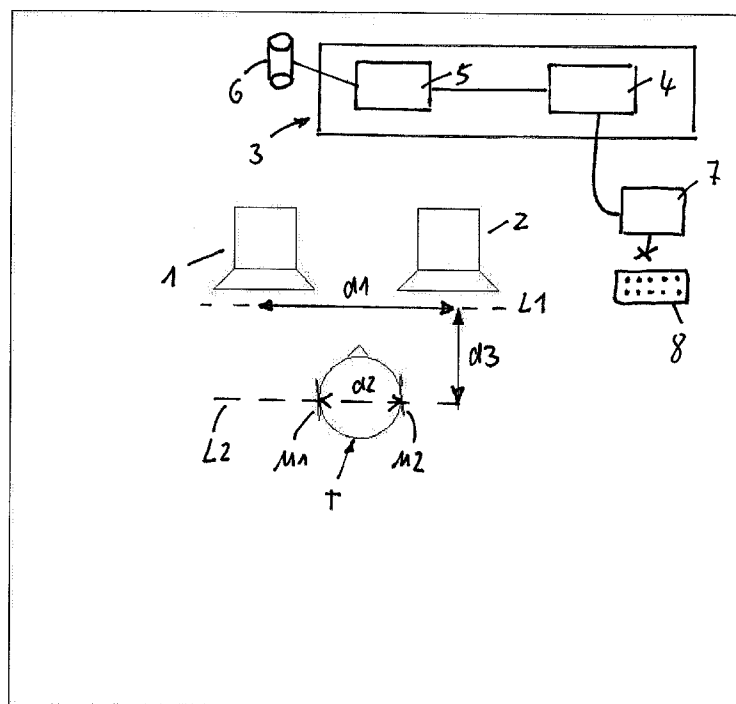


Fig. 1

R

(57) Abstract: The invention relates to an audiological measuring instrument for generating acoustic test signals for audiological measurements. Said measuring instrument comprises: - a room loudspeaker arrangement (1, 2) for supplying at least two acoustic signals in at least two measurement positions encompassing a first measurement position (M1) and a second measurement position (M2); - a means (4) for generating control signals (S1, S2) that can be converted into a first acoustic signal and a second acoustic signal. A predefined acoustic test signal can be generated by supplying exclusively the first acoustic signal in the first measurement position (M1) and exclusively the second acoustic signal in the second measurement position (M2); - a crosstalk compensating device which processes the control signals (S1, S2) during operation in such a way and feeds the same to the room loudspeaker arrangement (1, 2) in such a way that the predefined test signal is generated in the first and second measurement position (M1, M2).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine audiologische Messvorrichtung zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen, umfassend: - eine Raumlautsprecheranordnung (1, 2) zum Bereitstellen von zumindest zwei akustischen Signalen an wenigstens zwei Messpositionen umfassend eine erste Messposition (M1) und eine zweite Messposition (M2); - ein Mittel (4) zur Erzeugung von in ein erstes akustisches Signal und ein zweites akustisches Signal wandelbarer Steuersignale (S1, S2), wobei durch die Bereitstellung von ausschließlich dem ersten akustischen Signal an der ersten Messposition (M1) und von ausschließlich dem zweiten akustischen Signal an der zweiten Messposition (M2) ein vorgegebenes akustisches Testsignal erzeugbar ist; - eine Übersprechkompensationseinrichtung, welche im Betrieb die Steuersignale (S1, S2) derart verarbeitet und der Raumlautsprecheranordnung (1, 2) derart zuführt, dass an der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) das vorgegebene Testsignal erzeugt wird.

**Audiologische Messvorrichtung zur Erzeugung von akustischen Testsignalen
für audiologische Messungen**

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine audiologische Messvorrichtung zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen sowie ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen.

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Audiologie, welches ein Teilgebiet der Medizin ist und sich mit allen Aspekten der auditiven Wahrnehmung und des Hörens beschäftigt. Durch die Erfindung wird die Bereitstellung von Testsignalen für audiologische Messungen ermöglicht. Unter audiologischen Messungen sind hierbei beliebige Messungen zu verstehen, mit denen die auditive Wahrnehmung bzw. das Hörvermögen von Lebewesen erforscht wird bzw. mit denen die Funktionsweise von Hörhilfen bei schwerhörigen Personen überprüft oder eingestellt wird. Unter audiologischen Messungen sind z.B. Hörtests zu verstehen, welche vorzugsweise gemäß vorgegebener Normen ablaufen. Audiologische Messungen umfassen ferner Messungen zur Ermittlung der Sprachverständlichkeit oder psychophysikalische Tests

zur Lokalisationswahrnehmung von Testsignalen in reflexionsbehafteter bzw. reflexionsarmer Umgebung.

Im Bereich der Hörgeräteakustik ist es wünschenswert, dass audiologische Messungen für Personen mit Hörgeräten über Raumlautsprecher durchgeführt werden. Unter Raumlautsprecher werden hier und im Folgenden Lautsprecher verstanden, welche den Schall nicht unmittelbar und direkt an das Ohr von Testpersonen liefern, wie es bei Kopfhörern der Fall ist. Raumlautsprecher betreffen somit insbesondere alle Arten von Lautsprechern mit der Ausnahme von Kopfhörern. Die Verwendung von Raumlautsprechern in der Hörgeräteakustik ist insbesondere deshalb erforderlich, da elektroakustische Rückkopplungen von direkt an dem Ohr des Patienten platzierten Lautsprechern mit den Hörgeräten vermieden werden sollen.

Bei der Verwendung von Raumlautsprechern in der Hörgeräteakustik werden heutzutage speziell ausgestattete Räume benötigt, in welchen Reflexionen vermieden werden, welche die Messergebnisse verfälschen würden. Die entsprechende Ausstattung solcher Räume ist sehr teuer. Darüber hinaus sind herkömmliche Messungen bei Hörgeräteakustikern sehr aufwändig, da die Raumlautsprecher zur Erzeugung von verschiedenen Testsignalen an unterschiedlichen räumlichen Positionen angeordnet werden müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine audiologische Messvorrichtung zu schaffen, mit der einfach und kostengünstig audiologische Messungen mit Hilfe von Raumlautsprechern durchgeführt werden können.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Die erfindungsgemäße audiologische Messvorrichtung dient zur Erzeugung von akustischen Testsignalen, wobei es sich bei diesen Testsignalen um vorgegebene Signale handelt, welche eine vorbestimmte akustische Wahrnehmung generieren und

welche sich aus mehreren akustischen Signalen zusammensetzen können. Die audiologische Messvorrichtung enthält eine Raumlautsprecheranordnung zum Bereitstellen von zumindest zwei akustischen Signalen an wenigstens zwei Messpositionen umfassend eine erste Messposition und eine zweite Messposition. Die erste und die
5 zweite Messposition sind hierbei vorzugsweise derart gewählt, dass sie dem Abstand der Ohren eines Testobjekts, insbesondere einer Testperson, entsprechen.

Die audiologische Messvorrichtung umfasst ferner ein an sich bekanntes Mittel zur Erzeugung von in ein erstes akustisches Signal und ein zweites akustisches Signal
10 wandelbare Steuersignale, wobei durch die Bereitstellung von ausschließlich dem ersten akustischen Signal an der ersten Messposition und von ausschließlich dem zweiten akustischen Signal an der zweiten Messposition ein vorgegebenes akustisches Testsignal erzeugbar ist. Dieses Erzeugungsmittel generiert somit Signale, bei denen im Falle eines nicht vorhandenen Übersprechens das erwünschte Testsignal
15 erzeugt wird. Unter Übersprechen ist hierbei eine Schallübertragung des ersten akustischen Signals an die zweite Messposition bzw. des zweiten akustischen Signals an die erste Messposition zu verstehen.

Das Übersprechen wird nach dem Stand der Technik insbesondere durch die Verwendung von Kopfhörern verhindert. Gemäß der Erfindung werden nunmehr jedoch
20 Raumlautsprecher verwendet. Da bei Raumlautsprechern Übersprechen auftritt, wird in der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Übersprechkompensationseinrichtung eingesetzt, welche durch entsprechende rechnergestützte Bearbeitung der mit dem Erzeugungsmittel erzeugten Steuersignale ein Übersprechen zwischen den zumindest
25 zwei akustischen Signalen der Raumlautsprecheranordnung kompensiert. Durch die Übersprechkompensationseinrichtung werden somit die Steuersignale derart verarbeitet und derart der Raumlautsprechanordnung zum Bereitstellen der zumindest zwei akustischen Signale zugeführt, dass an der ersten und zweiten Messposition durch die Raumlautsprecheranordnung das vorgegebene Testsignal erzeugt wird,
30 welches dem Testsignal entspricht, das ohne Übersprechen vorhanden wäre.

Die Durchführung von Übersprechkompensation ist an sich aus dem Stand der Technik bekannt. Insbesondere gibt es eine Vielzahl von Algorithmen zur Durchführung der Übersprechkompensation. Beispielsweise ist die Durchführung der Übersprechkompensation in dem Dokument [1] beschrieben. Spezielle Algorithmen zur Übersprechkompensation finden sich ferner in den Druckschriften [2] bis [8]. All diese Druckschriften [1] bis [8] werden durch Verweis zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gemacht. In der erfindungsgemäßen audiologischen Vorrichtung kann ein beliebiges Verfahren zur Übersprechkompensation eingesetzt werden. In einer speziellen Ausführungsform wurden insbesondere Algorithmen gemäß den Dokumenten [1], [2] und [8] verwendet.

Das Wesen der Erfindung besteht in der Verwendung der an sich bekannten Übersprechkompensation in einer audiologischen Messvorrichtung für audiologische Messungen. Eine derartige Verwendung der Übersprechkompensation im Bereich der Audiologie ist bis heute unbekannt. Insbesondere werden im Bereich der Audiologie bei entsprechenden Messungen entweder Kopfhörer eingesetzt, welche jedoch in der Hörgeräteakustik nachteilhaft sind, oder es werden Messungen mit Raumlautsprechern in aufwändigen schallgedämmten Räumen durchgeführt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat somit den Vorteil, dass mit Hilfe der Übersprechkompensation in beliebigen Räumen audiologische Messungen mit Hilfe von Raumlautsprechern durchgeführt werden können. Auf aufwändige Raumausstattungen zur Verminderung der Schallreflexion kann verzichtet werden. Darüber hinaus können beliebige Testsignale mit der Vorrichtung virtuell erzeugt werden, ohne dass die Raumlautsprecheranordnung in ihrer Position verändert werden muss. Die audiologischen Messungen gestalten sich somit wesentlich einfacher als im Stand der Technik.

In der erfindungsgemäßen Messvorrichtung können die Position der Raumlautsprecheranordnung und/oder die wenigstens zwei Messpositionen fest vorgegeben sein. In diesem Fall ist bei Verwendung der audiologischen Messvorrichtung das Testob-

jekt immer an den vorbestimmten Messpositionen in Bezug auf die Lautsprecheranordnung zu positionieren. Bei einer solchen Vorrichtung können bei der Übersprechkompensation immer die gleichen Parameter verwendet werden, wodurch die Durchführung der Übersprechkompensation sehr einfach wird. Es ist jedoch gegebenenfalls
5 auch möglich, dass die Position der Raumlautsprecheranordnung bzw. die wenigstens zwei Messpositionen in der Vorrichtung variiert werden. In diesem Fall müssen die Parameter für die Übersprechkompensation gemäß der jeweiligen eingestellten Positionen angepasst werden.

10 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Raumlautsprecheranordnung in einfacher Weise durch Bereitstellung mehrerer Raumlautsprecher realisiert, wobei zumindest zwei Raumlautsprecher in der Form eines ersten und eines zweiten Raumlautsprechers vorgesehen sind, welche die zumindest zwei akustischen Signale erzeugen.

15

Die Erfinder konnten ermitteln, dass bei der Einstellung bestimmter Abstandsbereiche in Bezug auf die Raumlautsprecher bzw. die Messpositionen audiologische Messungen durchgeführt werden können, welche in beliebigen Umgebungen im Wesentlichen immer die gleichen Testsignale liefern. Insbesondere sind folgende Anordnungen für die audiologische Messvorrichtung vorteilhaft:
20

- Der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Raumlautsprecher liegt zwischen 0,1 m und 0,7 m (m = Meter), insbesondere zwischen 0,2 m und 0,5 m und besonders bevorzugt bei im Wesentlichen 0,3 m, wobei dieser Abstand
25 vorzugsweise variierbar ist.

25

- Der erste und der zweite Raumlautsprecher sind in Bezug auf die erste und zweite Messposition derart angeordnet oder anordenbar, dass durch die Verbindungslinie zwischen dem ersten Raumlautsprecher und der ersten Messposition und die Verbindungslinie zwischen dem zweiten Raumlautsprecher und
30

30

der zweiten Messposition ein Winkel von im Wesentlichen 30° oder weniger, insbesondere von 20° oder weniger aufgespannt wird.

- Der erste und zweite Raumlautsprecher sind derart angeordnet oder anordenbar, dass die Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Messposition im Wesentlichen parallel zur Verbindungslinie zwischen dem ersten und zweiten Raumlautsprecher ist. Vorzugsweise weist die Verbindungslinie zwischen der ersten und zweiten Messposition einen Abstand zur Verbindungslinie zwischen dem ersten und dem zweiten Raumlautsprecher von zwischen 0,5 m bis 1,5 m, insbesondere zwischen 0,8 m und 1,2 m und besonders bevorzugt bei im Wesentlichen 1,0 m auf.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können vorzugsweise verschiedene Testsignale je nach den durchgeführten audiologischen Tests durch die Veränderung der Steuersignale erreicht werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Benutzerschnittstelle vorgesehen, über welche Parameter der audiologischen Messung durch einen Benutzer eingebbar sind, insbesondere die zu erzeugenden Testsignale und/oder die Positionen der Raumlautsprecher und/oder die Messpositionen. Vorzugsweise sind über die Benutzerschnittstelle ferner bei der Messung erfasste Messwerte eingebbar, wobei die eingegebenen Messwerte insbesondere in einer Auswerteeinheit ausgewertet werden und die Auswertungen an der Benutzerschnittstelle ausgegeben werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann für beliebige Tests eingesetzt werden. In einer Variante sind mit der Vorrichtung akustische Testsignale zur Durchführung von Hörtests erzeugbar. Zusätzlich oder alternativ können mit der Vorrichtung Testsignale zur Messung der Sprachverständlichkeit und/oder zur Durchführung von Tests zur Lokalisationswahrnehmung und ihre Änderung erzeugt werden. Ebenso ist es in einer bevorzugten Variante der Vorrichtung möglich, Testsignale zur Anpas-

sung und/oder Überprüfung von Hörhilfen zu erzeugen. Unter Hörhilfen sind neben klassischen Hörgeräten auch andere Hörhilfen, wie z.B. Cochlea-Implantate oder implantierbare Hörgeräte, zu verstehen.

- 5 In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann ein Testsignal erzeugt werden, welches ein Störsignal enthält, das durch eine Testperson von vorne oder von der Seite wahrgenommen wird. Auf diese Weise können mit der Vorrichtung insbesondere ILD-Tests oder BILD-Tests durchgeführt werden (ILD = Intelligibility Level Difference; BILD = Binaural Intelligibility Level
10 Difference).

- Die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendete Übersprechkompensationseinrichtung ist vorzugsweise derart ausgestaltet, dass sie eine Übersprechkompensation auf der Basis der Impulsantworten an der ersten und zweiten Messposition in
15 Reaktion auf die durch die Raumlautsprecheranordnung bereitgestellten zumindest zwei akustischen Signale durchführt.

- Besonders genaue audiologische Messungen werden insbesondere dann erreicht, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Messeinrichtung enthält, insbesondere
20 in der Form von an der ersten und zweiten Messposition anordenbaren Mikrofonen, wobei mit der Messeinrichtung die Impulsantworten gemessen werden können. Bei der Verwendung von gemessenen Impulsantworten wird eine besonders gute Übersprechkompensation erreicht. Nichtsdestotrotz konnten die Erfinder nachweisen, dass insbesondere bei eng beieinander liegender Anordnung der Raumlautsprecher auch
25 Impulsantworten bei der Übersprechkompensation verwendet werden können, welche nicht exakt die vorliegende Raumakustik berücksichtigen. In diesem Fall ist die erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise derart ausgestaltet, dass die Übersprechkompensationseinrichtung auf eine Datenbank zugreifen kann, wobei in der Datenbank Impulsantworten gespeichert sind, welche von der Übersprechkompensationseinrichtung verwendet werden und/oder aus welchen die von der Übersprechkompensationseinrichtung verwendeten Impulsanordnung berechnet/synthetisiert
30

werden. In einer bevorzugten Variante verwendet die Übersprechkompensationseinrichtung dabei Impulsantworten im Zeitbereich.

Neben der oben beschriebenen Vorrichtung betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung, umfassend die folgenden Schritte:

- Aufstellen einer Raumlautsprecheranordnung zum Bereitstellen von zumindest zwei akustischen Signalen an wenigstens zwei Messpositionen umfassend eine erste Messposition und eine zweite Messposition;
- 10 - Erzeugen von in ein erstes akustisches Signal und ein zweites akustisches Signal wandelbarer Steuersignale, wobei durch die Bereitstellung von ausschließlich dem ersten akustischen Signal an der ersten Messposition und von ausschließlich dem zweiten akustischen Signal an der zweiten Messposition ein vorgegebenes akustisches Testsignal erzeugbar ist;
- 15 - Durchführen einer Übersprechkompensation, bei der die Steuersignale derart verarbeitet werden und der Raumlautsprecheranordnung zum Bereitstellen der zumindest zwei akustischen Signale derart zugeführt werden, dass an der ersten und zweiten Messposition das vorgegebene Testsignal durch die Raumlautsprecheranordnung erzeugt wird.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Raumlautsprecheranordnung im Freifeld aufgestellt, so dass mit den erzeugten Testsignalen Messungen im Freifeld durchgeführt werden können. Ebenso ist es möglich, dass die Raumlautsprecheranordnung in einem Raum aufgestellt wird. Vorzugsweise werden hierbei die Raumlautsprecheranordnung und die zumindest zwei Messpositionen derart in dem Raum angeordnet, dass der Abstand zwischen der ersten Messposition zur Lautsprecheranordnung und/oder der zweiten Messposition zur Raumlautsprecheranordnung geringer ist als der Abstand der Messpositionen und/oder der Raumlautsprecheranordnung zu den Raumwänden. Bei dieser Anordnung sind die

25

30 akustischen Testsignale, welche durch die Vorrichtung erzeugt werden, im Wesentlichen unabhängig von der vorliegenden Raumakustik.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Figuren detailliert beschrieben.

5 Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung, welche die in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Komponenten wiedergibt;

10 Fig. 2 eine schematische Darstellung der Durchführung der Übersprechkompensation gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Durchführung eines Sprachverständlichkeitstests mit Hilfe einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
15

Fig. 1 zeigt schematisch die wesentlichen Komponenten einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen audiologischen Messvorrichtung. In Fig. 1 ist hierbei in Draufsicht ein quadratischer Raum R gezeigt, in dem eine audiologische Messung an einer
20 Testperson T durchgeführt werden soll, wobei von der Testperson T der Kopf mit Nase und den beiden Ohren schematisch wiedergegeben ist. Die Ohren entsprechen dabei den Messpositionen M1 und M2. Insbesondere liegt das linke Ohr an der Messposition M1 und das rechte Ohr an der Messposition M2. Vor der Testperson T befindet sich die audiologische Messvorrichtung, wobei eine Lautsprecheranordnung
25 bestehend aus zwei Lautsprechern 1 und 2 vor dem Gesicht der Testperson T angeordnet ist. Es handelt sich bei diesen Lautsprechern um Raumlautsprecher, d.h. der Schall dieser Lautsprecher wird frei in den Raum gestrahlt und nicht direkt und unmittelbar an die Ohren der Person T ausgesendet, wie dies bei Kopfhörern der Fall ist. In Fig. 1 sind die einzelnen Abstände der Lautsprecher 1 bzw. 2 und der Messpositionen M1 bzw. M2 angegeben. Insbesondere bezeichnet der Abstand d1 den Abstand zwischen den beiden Lautsprechern 1 und 2, wobei sich dieser Abstand entlang
30

der Linie L1 erstreckt. Die Verbindungslinie L2 zwischen den Messpositionen M1 und M2 ist parallel zu der Linie L1 und der Abstand entlang dieser Linie zwischen den Messpositionen M1 und M2 (d.h. der Ohrabstand der Testperson) ist als d2 bezeichnet. Ferner ist in Fig. 1 der Abstand zwischen den parallelen Linien L1 und L2 als d3 bezeichnet.

Die Vorrichtung gemäß Fig. 1 hat den Vorteil, dass durch die Verwendung von zwei Raumlautsprechern 1, 2 auf die Anordnung von Kopfhörern direkt an den Ohren der Testperson T verzichtet werden kann. Dies ist insbesondere von Vorteil bei Tests mit Personen, welche Hörgeräte tragen, da hierdurch störende Wechselwirkungen zwischen den Kopfhörerlautsprechern und den Komponenten des Hörgeräts vermieden werden.

Die audiologische Vorrichtung gemäß Fig. 1 umfasst eine Verarbeitungseinheit 3, welche wiederum aus den Einheiten 4 und 5 besteht. Die Einheit 4 stellt hierbei eine Signalerzeugungseinrichtung dar, mit der entsprechende elektrische Steuersignale erzeugt werden können, welche von Schallwandlern in der Form von zwei beliebigen Lautsprechern in zwei Tonsignale gewandelt werden können. Die Signalerzeugungseinrichtung 4 ist als Software bzw. Hardware bzw. als Kombination aus Software und Hardware verwirklicht und ermöglicht die Erzeugung von einer Vielzahl von Testsignalen, welche in audiologischen Tests verwendet werden können. In der Einrichtung 4 ist somit eine Vielzahl von möglichen audiologischen Tests mit entsprechenden Testsignalen hinterlegt, und ein Benutzer, der entsprechende Tests durchführt, kann entsprechende Programme zur Erzeugung der Signale für die jeweiligen Tests aufrufen und ausführen. Hierzu ist eine mit der Verarbeitungseinheit 3 verbundene Benutzerschnittstelle vorgesehen, welche in Fig. 1 schematisch durch einen Monitor 7 und eine Tastatur 8 angedeutet ist.

In der Signalerzeugungseinrichtung 4 werden Steuersignale generiert, welche beim Ausgeben über einen Kopfhörer an die Testperson T erwünschte Testsignale erzeugen. Die Einrichtung 4 kann dabei Testsignale simulieren, welche die Testperson als

Signale wahrnimmt, welche aus vorbestimmten räumlichen Richtungen stammen. Um den räumlichen Eindruck solcher Testsignale in der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei der Verwendung von Raumlautsprechern beizubehalten, muss das Übersprechen verhindert werden, welches auftreten würde, wenn die in der Einrichtung 4 erzeugten Signale direkt an die Lautsprecher 1 und 2 ausgegeben werden würden. Dieses Übersprechen tritt auf, weil der Schall aus den Lautsprechern 1 und 2 nunmehr überlappen kann und somit Tonsignale von Lautsprecher 1 an die Messposition M2 und Tonsignale von Lautsprecher 2 an die Messposition M1 gelangen.

Um das Übersprechen zu kompensieren, wird in der Vorrichtung gemäß Fig. 1 als weitere Komponente eine sog. Übersprechkompensationseinrichtung 5 verwendet, welche eine Übersprechkompensation an den Steuersignalen durchführt, welche durch die Signalerzeugungseinrichtung 4 erzeugt werden. Mit Hilfe der Übersprechkompensation erfolgt eine Kompensation und Entzerrung der Signale aus der Einrichtung 4, so dass die durch die Übersprechkompensation generierten Signale nach ihrer Schallwandlung an den Lautsprechern 1 und 2 derart ausgestaltet sind, dass das Übersprechen zwischen den akustischen Signalen der Lautsprecher 1 und 2 verhindert wird und somit durch die Raumlautsprecher das gleiche wahrnehmbare Testsignal erzeugt wird, wie wenn die Testperson T einen Kopfhörer tragen würde.

Bei der Durchführung der Übersprechkompensation in der Einrichtung 5 können beliebige, aus dem Stand der Technik bekannte Algorithmen verwendet werden. Beispiele solcher Algorithmen sind in den Druckschriften [1] bis [8] genannt. Bevorzugt werden insbesondere Algorithmen verwendet, welche in den Druckschriften [1], [2] bzw. [8] angegeben sind. Zur Durchführung der Übersprechkompensation werden Impulsantworten an den Messpositionen M1 und M2 benötigt, und zwar die Antworten an diesen Messpositionen auf ausgesendete Schallimpulse von sowohl dem Lautsprecher 1 als auch dem Lautsprecher 2. Diese Impulsantworten werden in der Übersprechkompensationseinrichtung 5 entzerrt. In der hier beschriebenen Ausführungsform der Erfindung werden dabei synthetisierte Impulsantworten verwendet, welche aus einer Datenbank 6 ausgelesen werden. In dieser Datenbank sind Impulsantworten

für eine Vielzahl von verschiedenen Anordnungen von Raumlautsprechern und Messpositionen hinterlegt, wobei die für die betrachtete Anordnung am Besten geeignete Impulsantwort verwendet wird bzw. mit entsprechenden mathematischen Verfahren approximiert wird. Eine solche Datenbank findet sich beispielsweise unter
5 der Internet-Adresse http://interface.cipic.ucdavis.edu/CIL_html/CIL_HRTF_data-base.htm.

Die Impulsantworten in der Datenbank geben nicht die Raumakustik des Raums R wieder, da sie in anderen Räumen bestimmt wurden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass
10 trotz dieser unterschiedlichen Raumcharakteristika die Übersprechkompensation dennoch sehr gut funktioniert und die erwünschten Testsignale liefert. Nichtsdestotrotz können in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch tatsächlich gemessene Impulsantworten bei der Übersprechkompensation eingesetzt werden, welche die tatsächlich vorhandene Raumakustik R wiedergeben. Dazu ist vorzugsweise eine Mess-
15 einrichtung (nicht gezeigt) vorgesehen, welche über zwei Sondenmikrofone verfügt, welche an den Messpositionen M1 und M2 angeordnet werden. Diese Sonden messen dann entsprechende Impulse von den Lautsprechern 1 bzw. 2, und diese gemessenen Impulse werden dann abgespeichert und von der Übersprechkompensationseinrichtung verwendet.

20 Bei der Verwendung einer Datenbank, aus der die Impulsantworten ausgelesen werden, werden über die Benutzerschnittstelle 7, 8 durch einen Benutzer ferner die einzelnen räumlichen Anordnungen der Lautsprecher zueinander und der Messpositionen zueinander und zu den Lautsprechern eingegeben, so dass anschließend aus der
25 Datenbank geeignete Impulsantworten für ähnliche oder identische Anordnungen ausgelesen werden können.

Nach der Durchführung der Übersprechkompensation durch die Einrichtung 5 werden die resultierenden Signale den Lautsprechern 1 und 2 zugeführt, wodurch ein
30 akustisches Testsignal erzeugt wird, welches identisch mit dem Testsignal ist, welches ohne Übersprechkompensation über einen Kopfhörer der Testperson T bereitge-

stellt werden würde. Gemäß den obigen Erläuterungen werden erfindungsgemäß Steuersignale, welche durch die Einrichtung 4 erzeugt werden, durch eine an sich bekannte Übersprechkompensation derart verarbeitet, dass ein entsprechendes Testsignal nicht über Kopfhörer, sondern über Raumlautsprecher bereitgestellt wird.

5

Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung die Durchführung der Übersprechkompensation in der Einrichtung 5 der Fig. 1. Bei der Übersprechkompensation werden zwei Steuersignale S1 und S2 verarbeitet, wobei diese Signale das Testsignal generieren, welches bei der Verwendung eines Kopfhörers an den Messpositionen M1 und M2 erzeugt wird. Diese Signale werden nunmehr einer entsprechenden Filtermatrix mit den Einträgen H_{11} , H_{21} , H_{12} und H_{22} zugeführt. Die Filtermatrix ist hierbei von dem gewählten Algorithmus zur Übersprechkompensation abhängig. In die Filtermatrix fließt ferner die Raumübertragungsmatrix C ein, welche die akustischen Eigenschaften des Raums und die Anordnung der Lautsprecher 1 und 2 im Raum wiedergeben.

10 Um zum Ausdruck zu bringen, dass die Matrix C durch die Eigenschaften des Raumes beeinflusst wird, sind in Fig. 2 die Einträge der Matrix C_{11} , C_{21} , C_{12} und C_{22} zwischen den Lautsprechern 1, 2 und der Testperson T wiedergegeben. Nichtsdestotrotz fließen die Einträge der Matrix vor der eigentlichen akustischen Ausgabe bei der Durchführung der Übersprechkompensation ein.

20

In den Einträgen der Matrix C sind die gemessenen oder synthetisierten Impulsantworten enthalten. Der Eintrag C_{11} entspricht der Impulsantwort an der Messposition M1 für einen Impuls des Lautsprechers 1. Der Eintrag C_{21} steht für eine Impulsantwort an der Messposition M2 für einen Impuls des Lautsprechers 1. Der Eintrag C_{12} entspricht der Impulsantwort an der Messposition M1 für einen Impuls des Lautsprechers 2 und der Eintrag C_{22} repräsentiert die Impulsantwort an der Messposition M2 für einen Impuls des Lautsprechers 2. Nach Durchführung der Übersprechkompensation werden entsprechende akustische Signale x1 und x2 wiedergegeben, welche insgesamt das Testsignal bilden, das den entsprechenden räumlichen Eindruck vermittelt, der durch die ursprünglichen Signale S1 und S2 ohne Übersprechkompensation erreicht werden würde, d.h. wenn das Tonsignal vom Lautsprecher 1 nur an die

25

30

Messposition M1 gelangt und das Tonsignal von dem Lautsprecher 2 nur an die Messposition M2 gelangt.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Messanordnung, in welcher die erfindungsgemäße Vorrichtung verwendet werden kann. Insbesondere gibt Fig. 3 bevorzugte Positionen für die beiden Lautsprecher 1 und 2 und die Messpositionen M1 und M2 wieder. Gemäß Fig. 3 wird als bevorzugter Abstand d_3 zwischen den Linien L1 und L2 $d_3 = 1,0$ m verwendet. Der Abstand zwischen den Lautsprechern 1 und 2 wird vorzugsweise auf $d_1 = 0,3$ m festgelegt. Analog zu Fig. 1 entspricht der Abstand zwischen M1 und M2 dem Abstand zwischen den Ohren der Testperson T.

Bei der Messung gemäß Fig. 3 wird die sog. ILD-Differenz ermittelt (ILD = Intelligibility Level Difference). Bei dieser Messung wird einer Testperson zunächst ein erstes Testsignal präsentiert, bei dem bei der Person T ein Nutzsignal in der Form eines gesprochenen Textes und eines Störsignals in der Form eines Rauschens frontal von vorne, d.h. im Nullgradwinkel gemäß der in Fig. 3 gezeigten Skala, präsentiert wird. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird anschließend ein zweites Testsignal erzeugt, welches schematisiert durch strichpunktierte Lautsprecher an den Positionen S_0 bzw. N_x wiedergegeben ist. Durch das zweite Testsignal wird bei der Person T eine Wahrnehmung derart erzeugt, dass das Nutzsignal wiederum frontal auf den Benutzer einwirkt, wohingegen das Störsignal nun aus der Richtung $+90^\circ$ an das rechte Ohr der Testperson T gelangt. Derartige virtuelle Anordnungen von Nutz- und Störsignalen können erfindungsgemäß problemlos aufgrund der Durchführung der Übersprechkompensation simuliert werden.

Zur Bestimmung der sog. ILD-Differenz gemäß der Messung der Fig. 3 wird die Schwelle (als Signal-Rauschabstand in db) der Sprachverständlichkeit von 50% sowohl für das erste Testsignal als auch für das zweite Testsignal ermittelt. Die Differenz zwischen den beiden Schwellenwerten entspricht der ILD-Differenz. Die Erfinder konnten zeigen, dass mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Übersprech-

kompensation ILD-Differenzen erreicht werden, welche nahe an die ILD-Differenzen bei mit Kopfhörern durchgeführten Messungen herankommen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat somit den weiteren Vorteil, dass ILD-Messungen nunmehr in beliebigen Räumen mit zwei Raumlautsprechern durchgeführt werden können, was vormals bei entsprechender realer Anordnung der Raumlautsprecher nicht möglich war. Für Hörgeräteakustiker wird insbesondere die Möglichkeit geschaffen, Hörtests bzw. Anpassungen und Justierungen von Hörgeräten vorzunehmen, ohne dass hierzu spezielle schallarme Räume zur Verminderung der Schallreflexionen erforderlich wären. Audiologische Messungen können somit mit zwei Raumlautsprechern auch in kleinen Räumen ohne besondere elektroakustische Ausstattung mit Hilfe der Übersprechkompensation vorgenommen werden.

Literaturverzeichnis:

- [1] US 3,236,949
- 5 [2] Kallinger, M. und Mertins, A.: "Room Impulse Response Shortening by Channel Shortening Concepts", Conference Record of the 39th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Oct. 2005, Pacific Grove, CA, USA
- 10 [3] Kallinger, M. und Mertins A.: "A Spatially Robust Least Squares Crosstalk Canceller". In Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP): Honolulu, Hawaii, USA, vol. I, April 2007,
- 15 [4] Kirkeby, O., Nelson, P. A., Hamada, H. and Orduna-Bustamante, F.: "Fast Deconvolution of Multichannel Systems using Regularization", ITSAP, 1998, vol.6, no. 2
- [5] Gardner, W. G.: "3-D Audio Using Loudspeakers", Phd Thesis, 1997
- 20 [6] Nelson, P. A. und Hamada, H. and Elliott, S. J.: "Adaptive Inverse Filters for Stereophonic Sound Reproduction", IEEE 1992, vol. 40, no. 7
- [7] Ward, D. und Elko, G.: "Optimum Loudspeaker Distance For Robust Crosstalk-Cancellation", Proc. ICASSP 1998
- 25 [8] Ward, D.: "Joint Least Squares Optimization for Robust Acoustic Crosstalk Cancellation", IEEE vol. 8, no. 2, February 2000

Patentansprüche

1. Audiologische Messvorrichtung zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen, umfassend:
 - 5 - eine Raumlautsprecheranordnung (1, 2) zum Bereitstellen von zumindest zwei akustischen Signalen an wenigstens zwei Messpositionen umfassend eine erste Messposition (M1) und eine zweite Messposition (M2);
 - ein Mittel (4) zur Erzeugung von in ein erstes akustisches Signal und ein zweites akustisches Signal wandelbarer Steuersignale (S1, S2), wobei
10 durch die Bereitstellung von ausschließlich dem ersten akustischen Signal an der ersten Messposition (M1) und von ausschließlich dem zweiten akustischen Signal an der zweiten Messposition (M2) ein vorgegebenes akustisches Testsignal erzeugbar ist;
 - eine Übersprechkompensationseinrichtung, welche im Betrieb die Steuer-
15 signale (S1, S2) derart verarbeitet und der Raumlautsprecheranordnung (1, 2) derart zuführt, dass an der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) durch die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) das vorgegebene Testsignal erzeugt wird.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Position der Raumlautsprecheranordnung (1, 2) und die wenigstens zwei Messpositionen (M1, M2) fest vorgegeben oder variierbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Raum-
25 lautsprecheranordnung (1, 2) mehrere Raumlautsprecher umfassend einen ersten und einen zweiten Raumlautsprecher (1, 2) beinhaltet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (d1) zwischen dem ersten und dem zweiten Raumlautsprecher (1, 2) zwischen 0,1 m
30 und 0,7 m, insbesondere zwischen 0,2 m und 0,5 m und besonders bevorzugt

bei im Wesentlichen bei 0,3 m liegt, wobei dieser Abstand (d_1) vorzugsweise variierbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Raumlautsprecher (1, 2) in Bezug auf die erste und zweite Messposition (M1, M2) derart angeordnet oder anordenbar sind, dass durch die Verbindungslinie zwischen dem ersten Raumlautsprecher (1) und der ersten Messposition (M1) und die Verbindungslinie zwischen dem zweiten Raumlautsprecher (2) und der zweiten Messposition (M2) ein Winkel von im wesentlichen 30 Grad oder weniger, insbesondere von 20 Grad oder weniger, aufgespannt wird.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und zweite Raumlautsprecher (1, 2) derart angeordnet oder anordenbar sind, dass die Verbindungslinie (L2) zwischen der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) im Wesentlichen parallel zur Verbindungslinie (L1) zwischen dem ersten und zweiten Raumlautsprecher (1, 2) ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungslinie (L2) zwischen der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) einen Abstand (d_3) zur Verbindungslinie (L1) zwischen dem ersten und zweiten Raumlautsprecher (1, 2) aufweist oder auf einen Abstand eingestellt werden kann, der zwischen von 0,5 m und 1,5 m, insbesondere zwischen 0,8 m und 1,2 m und besonders bevorzugt bei im Wesentlichen 1 m liegt.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und zweite Messposition (M1, M2) derart festgelegt sind, dass der Abstand (d_2) zwischen diesen Messpositionen (M1, M2) im Wesentlichen dem Abstand zwischen den Ohren eines Testobjekts, insbesondere einer menschlichen Testperson, entspricht.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Vorrichtung durch Veränderung der Steuersignale (S1, S2) verschiedene Testsignale erzeugbar sind.
- 5 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Benutzerschnittstelle (7, 8) vorgesehen ist, über welche Parameter der audiologischen Messung eingebbar sind, insbesondere die zu erzeugenden Testsignale und/oder die Positionen der Raumlautsprecher (1, 2) und/oder die Messpositionen (M1, M2).
- 10 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass über die Benutzerschnittstelle (7, 8) ferner bei der Messung erfasste Messwerte eingebbar sind, wobei die eingegebenen Messwerte vorzugsweise in einer Auswerteeinheit auswertbar sind und die Auswertungen an der Benutzerschnittstelle (7, 8)
- 15 ausgebbbar sind.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Vorrichtung akustische Testsignale zur Durchführung von Hörtests erzeugbar sind.
- 20 13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Vorrichtung Testsignale zur Messung der Sprachverständlichkeit und/oder zur Durchführung von Tests zur Lokalisationswahrnehmung und/oder zur Wahrnehmung einer Lokalisationsänderung durchführbar sind.
- 25 14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Vorrichtung Testsignale zur Anpassung und/oder Überprüfung von Hörhilfen erzeugbar sind.
- 30 15. Vorrichtung nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit der Vorrichtung erzeugte Testsignal ein Störsignal enthält,

welches durch eine Testperson von vorne oder von einer Seite wahrgenommen wird.

- 5 16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Übersprechkompensationseinrichtung (5) derart ausgestaltet ist, dass sie eine Übersprechkompensation auf der Basis der Impulsantworten an der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) in Reaktion auf die jeweiligen durch die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) bereitgestellten akustischen Signale durchführt.
- 10 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Messeinrichtung, insbesondere in der Form von an der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) anordenbaren Mikrofonen, aufweist, wobei mit der Messeinrichtung die Impulsantworten gemessen werden können.
- 15 18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Übersprechkompensationseinrichtung (5) auf eine Datenbank (6) zugreifen kann, wobei in der Datenbank (6) Impulsantworten gespeichert sind, welche von der Übersprechkompensationseinrichtung (5) verwendet werden und/oder aus welchen die von der Übersprechkompensationseinrichtung (5) verwendeten Impulsantworten berechnet werden.
- 20 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Übersprechkompensationseinrichtung (5) Impulsantworten im Zeitbereich verwendet.
- 25 20. Verfahren zur Erzeugung von akustischen Testsignalen für audiologische Messungen mit Hilfe einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend folgende Schritte:
- 30 - Aufstellen einer Raumlautsprecheranordnung (1, 2) zum Bereitstellen von zumindest zwei akustischen Signalen an wenigstens zwei Messpositionen

umfassend eine erste Messposition (M1) und eine zweite Messposition (M2);

- Erzeugen von in ein erstes akustisches Signal und ein zweites akustisches Signal wandelbarer Steuersignale (S1, S2), wobei durch die Bereitstellung von ausschließlich dem ersten akustischen Signal an der ersten Messposition (M1) und von ausschließlich dem zweiten akustischen Signal an der zweiten Messposition (M2) ein vorgegebenes akustisches Testsignal erzeugbar ist;
- Durchführen einer Übersprechkompensation, bei der die Steuersignale (S1, S2) derart verarbeitet werden und der Raumlautsprecheranordnung (1, 2) derart zugeführt werden, dass an der ersten und zweiten Messposition (M1, M2) durch die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) das vorgegebene Testsignal erzeugt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) im Freifeld aufgestellt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) in einem Raum (R) aufgestellt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumlautsprecheranordnung (1, 2) und die zumindest zwei Messpositionen (M1, M2) derart in dem Raum angeordnet werden, dass der Abstand zwischen der ersten Messposition (M1) zur Raumlautsprecheranordnung (1, 2) und/oder der zweiten Messposition (M2) zur Raumlautsprecheranordnung (1, 2) geringer ist als der Abstand der Messpositionen (M1, M2) und/oder der Raumlautsprecheranordnung (1, 2) zu den Raumwänden.

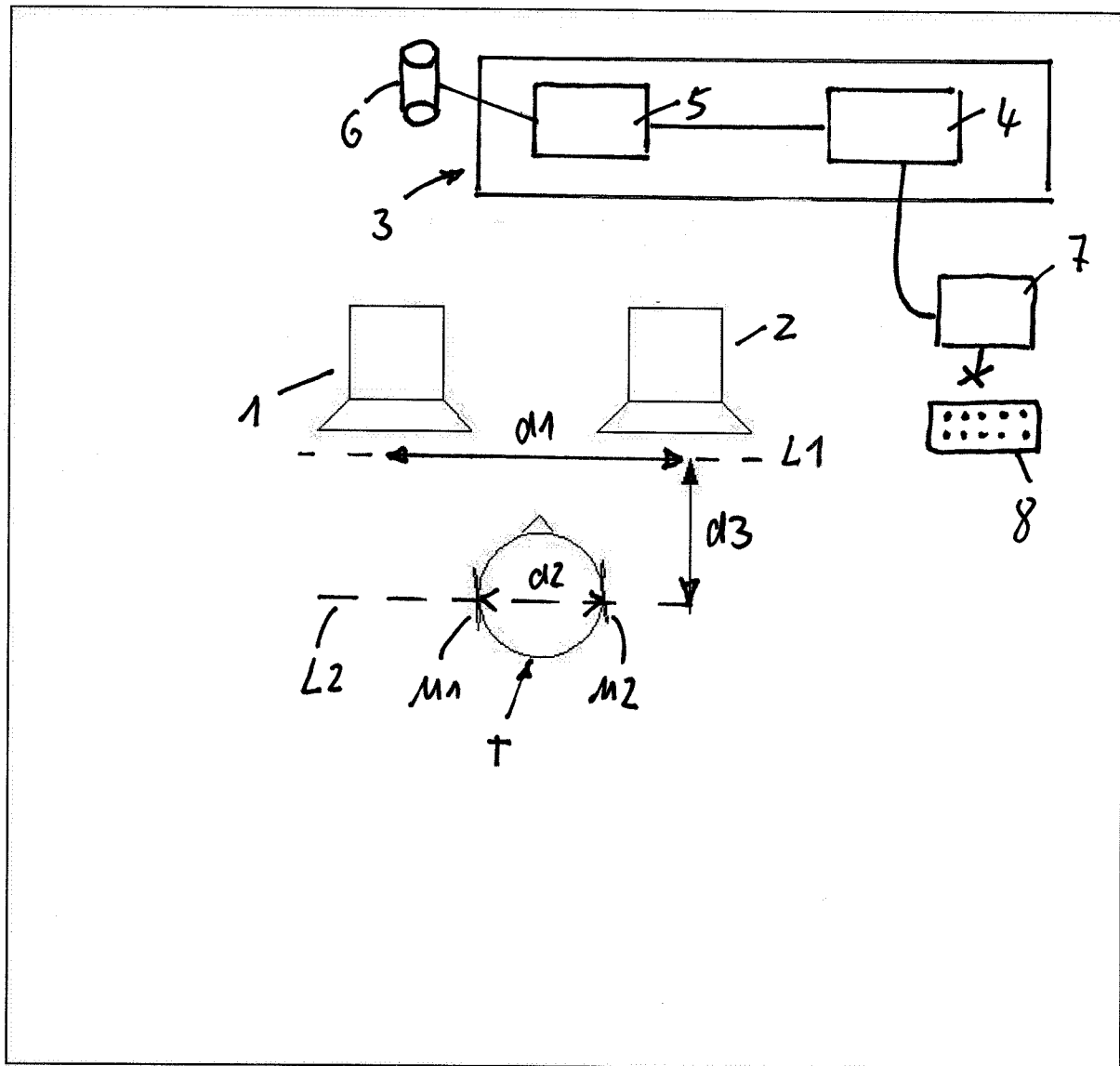


Fig. 1

R

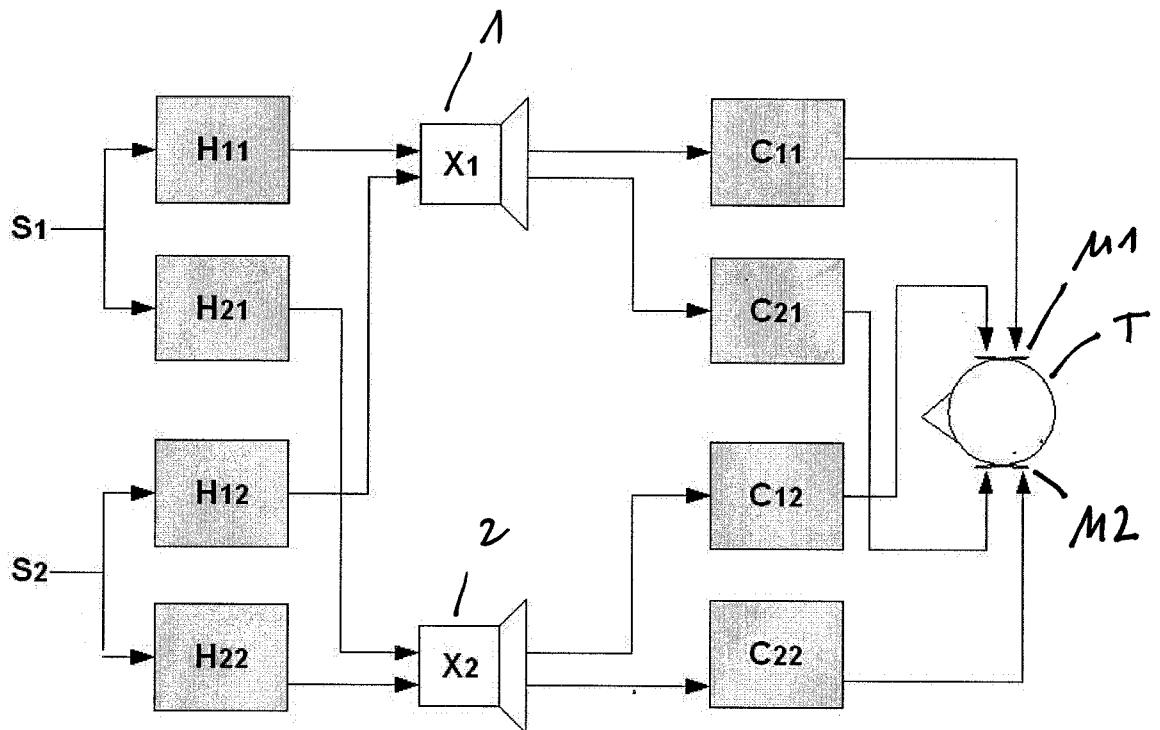


Fig. 2

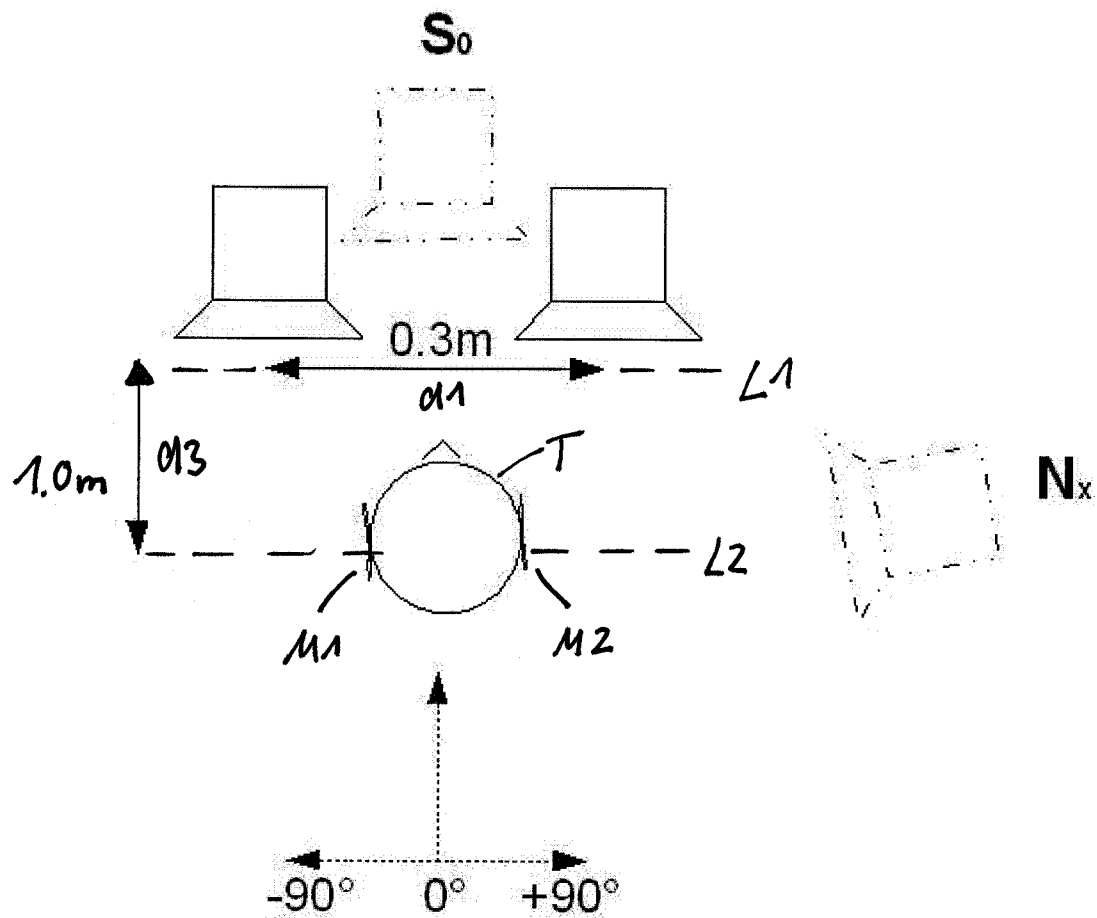


Fig. 3