

(19)



(11)

EP 3 197 178 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

24.07.2024 Patentblatt 2024/30

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

H04R 1/26 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17158435.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

H04R 1/26; H04R 1/403; H04R 2201/401; H04R 2205/022

(22) Anmeldetag: **04.02.2010**

(54) **LAUTSPRECHER**

LOUDSPEAKER

HAUT-PARLEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

• **Mauer, Stephan**

98693 Illmenau (DE)

(30) Priorität: **16.02.2009 EP 09002148**

24.02.2009 DE 102009010278

(74) Vertreter: **Zinkler, Franz et al**

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler

Zinkler, Schenk & Partner mbB

Patentanwälte

Radtkoferstrasse 2

81373 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

26.07.2017 Patentblatt 2017/30

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A1-2004/075601

WO-A1-2007/007083

WO-A2-02/078388

DE-C- 868 921

US-A- 4 399 328

US-A1- 2006 159 286

US-A1- 2007 263 894

US-A1- 2008 085 006

US-B1- 6 801 631

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:

10702679.1 / 2 396 973

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung**

der angewandten Forschung e.V.

80686 München (DE)

• **DANIEL BEER, STEPHAN MAUER, SANDRA**

BRIX, JÜRGEN PEISSIG: "Flat Panel

Loudspeaker Consisting of an Array of Miniature

Transducers", 7685, 7 May 2009 (2009-05-07) - 10

May 2007 (2007-05-10), Munich, Germany, pages

1 - 9, XP002577621, Retrieved from the Internet

<URL:http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib

=14881> [retrieved on 20100414]

(72) Erfinder:

• **Sporer, Thomas**

90766 Fürth (DE)

• **Beer, Daniel**

98693 Martinroda (DE)

EP 3 197 178 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Schallwiedergabesysteme und insbesondere auf Schallwiedergabesysteme mit hoher Schallwiedergabebandbreite.

[0002] Das Interesse an Flachlautsprechertechnologien ist in den letzten 10 Jahren deutlich gewachsen. Im Wesentlichen ist dies durch den erhöhten Platzbedarf moderner Schallwiedergabeverfahren, wie z.B. 5.1 Surround oder Wellenfeldsynthese, und durch den schwindenden Installationsraum für Lautsprecher in immer kleiner bzw. flacher werdenden Multimediageräten, wie z.B. Mobiltelefon und Notebook, bedingt. Der Einsatz von Flachlautsprechern statt konventionellen Lautsprechern soll diesen erhöhten Anforderungen gerecht werden.

[0003] Untersuchungen an verschiedenen Flachlautsprechertechnologien, die in der Regel so alt wie der Konuslautsprecher von Kellogg und Rice sind, haben gezeigt, dass sowohl die Verwendung des gehäuselosen Flachlautsprechers direkt an der Wand als auch der Einsatz eines flachen Lautsprechergehäuses mit erheblichen Klangeinbußen verbunden ist. Stand der Technik findet sich in Beer, D.: Flachlautsprecher - ein Überblick, präsentiert auf der DAGA08, März 2008, Dresden; H. Azima, J. Panzer, "Distributed-Mode Loudspeakers (DML) in Small Enclosures", presented at the 106th AES Convention, Munich, Germany, May 1999; Beer et al.: The air spring effect of flat panel speakers, presented at the 124th AES-Convention, May 2008, Amsterdam/The Netherlands; und Wagner, Roland: Electrostatic Loudspeaker - Design and Construction. Audio Amateurs Press, Peterborough, New Hampshire, 1993.

[0004] Der gehäuselose Flachlautsprecher ist in der Regel ein Dipolstrahler, der infolge des akustischen Kurzschlusses einen geringen Schalldruckpegel im Tieftonbereich aufweist. Bei der Installation in Wandnähe kommt es bei einem solchen Dipol durch die Reflexion und Überlagerung der rückwärtigen Schallanteile mit den Anteilen, die auf der Membranvorderseite abgestrahlt werden, zu kammfilterartigen Klangverfärbungen oberhalb der Kurzschlussfrequenz. Aus diesem Grund wird bei konventionellen Lautsprechern ein Lautsprechergehäuse verwendet. Damit dennoch der Vorteil der flachen Konstruktionsweise erhalten bleibt, werden flache Gehäuse verwendet, die in der Regel ein kleineres Luftvolumen einschließen. Wie auch bei konventionellen Lautsprechern verschiebt sich durch ein zu kleines Luftvolumen die Grundresonanzfrequenz des Schallwandlers nach oben. Die untere Grenzfrequenz steigt dadurch ebenso, was eine verringerte Tieftonwiedergabe zur Folge hat.

[0005] Z Die US 2007/263894 A1 offenbart ein Schallwiedergabesystem mit einem Array von Einzellautsprechern und einer Frequenzweiche. Das Array umfasst 2 Flächen-Teil-Array für Tieftonbereich und 1 Linien Array für Hochtonbereich.

[0006] Die US 2005/0201583 A1 offenbart ein Nieder-

frequenz-Oberflächenarray, das auf einem Dipol-Prinzip basiert. Das System umfasst ein Haltesystem mit einem offenen Rahmen, wobei mehrere Sub-Woofer in einer Dipol-Oberflächenarraykonfiguration in dem offenen Rahmensystem untergebracht sind, um eine gesteuerte Schalldispersion sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene zu liefern. Die Sub-Woofer sind betreibbar, um eine Niederfrequenz-Schalldispersion unter etwa 300 Hz zu liefern.

[0007] Die DE 695 07 896 T2 offenbart eine Lautsprechervorrichtung mit gesteuerter Richtungsempfindlichkeit, der einen ersten Satz von mindestens drei Lautsprechern, die entlang einer ersten geraden Linie entsprechend einem vorbestimmten Muster angeordnet sind, wobei die Abstände von Lautsprecher zu Lautsprecher variabel gestaltet sind, und wobei Lautsprecher auch in Kontakt miteinander angeordnet werden können.

[0008] Das US-Patent Nr. 2,602,860 offenbart eine Lautsprecherstruktur, bei der neun konische Lautsprecher symmetrisch in drei Reihen von jeweils drei in einem einzigen Rahmen angeordnet sind. Der Rahmen umfasst zueinander verkippte Segmente, um den Abstrahlwinkel zu erhöhen. So soll der Abstand zwischen den Rändern der Lautsprecher kleiner als der Radius der Lautsprecher sein, wobei alle Lautsprecher aus einer gleichen Quelle betrieben werden. Ferner soll keine Restriktion bezüglich der Luftbewegung durch ein Gehäuse erreicht werden, da dies das Verhalten bei tiefen Frequenzen beeinträchtigen würde.

[0009] Das US-Patent Nr. 4,399,328 offenbart eine Richtungs- und Frequenz-unabhängige Spalte von elektroakustischen Wandlern, die mit unterschiedlichen Amplituden angesteuert werden, so dass sich bestimmte Verhältnisse der Ansteuerung der elektroakustischen Wandler ergeben.

[0010] Das US-Patent Nr. 6, 801, 631 B1 offenbart ein Lautsprechersystem mit mehreren Wandlern, die in einer Ebene positioniert sind, um ein optimales akustisches Schallausstrahlungsmuster zu erreichen. Vier mittlere Wandler (Woofer) arbeiten zusammen, um die niedrigen und mittleren Frequenzen zu reproduzieren, wobei die Woofer so positioniert sind, dass keine zwei Woofer eine gemeinsame vertikale Achse oder eine gemeinsame horizontale Achse gemeinsam haben. Ferner ist ein fünfter Wandler, und zwar ein Hochfrequenz-Tweeter vorgesehen, der in der Mitte der Woofer angeordnet ist.

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Schallwiedergabesystem zu schaffen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Schallwiedergabesystem gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein preisgünstiges, flaches und dennoch hochqualitatives Schallwiedergabesystem durch Anordnen eines Flächen-Arrays aus gehäuselosen Einzellautsprechern, welche alle eine flache Form haben, in einem flachen Gehäuse erreicht werden kann, wobei dieses Schallwiedergabesystem eine hohe Wiedergabeband-

breite oder einen ausreichenden Schalldruck in einem gewünschten schmalen, z. B. tiefen, Frequenzbereich aufweist.

[0014] Dieses Schallwiedergabesystem ist dahingehend vorteilhaft, dass der Platzbedarf aufgrund der Verwendung der flachen und typischerweise im Durchmesser kleinen Einzellausprecher sehr gering ist. Auch das pro Einzellausprecher erforderliche Gehäusevolumen ist aufgrund der Tatsache, dass die gehäuselosen Einzellausprecher klein und flach sind, relativ gering, so dass das Gehäusevolumen des Flachgehäuses derart klein ist, dass das gesamte Schallwiedergabesystem eine kompakte Bauform hat. Insbesondere wird als Einzellausprecher ein Element bevorzugt, das eine niedrige Freiluftresonanz hat. Dann ist üblicherweise auch das äquivalente Luftvolumen klein. Die Steifigkeit der Membranaufhängung des Einzellausprechers wird hier mit der Steifigkeit eines äquivalenten Luftvolumens gleichgesetzt. Insofern werden Einzellausprecher mit einer Resonanzfrequenz kleiner als 150 Hz und insbesondere sogar kleiner als 120 Hz oder sogar kleiner als 100 Hz bevorzugt.

[0015] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass sie die Verwendung von flachen gehäuselosen Einzellausprechern ermöglicht, wobei das erforderliche Gehäusevolumen mit einem nahezu beliebigen Formfaktor, also mit einem flachen Gehäuse bereitzustellen. Die Verwendung von gehäuselosen Einzellausprechern mit flachem Formfaktor hat ferner den Vorteil, dass diese Einzellausprecher sehr preisgünstig in großer Stückzahl verfügbar sind. Durch Anordnung dieser gehäuselosen Einzellausprecher in einem Flächen-Array wird eine Kopplung der Lautsprecher bei tiefen Frequenzen ausgenutzt, um auch bei tiefen Frequenzen, wie beispielsweise bei 100 Hz einen ausreichenden Schalldruck zu erzeugen. Andererseits ist die Verwendung von kleinen Einzellausprechern, also von Einzellausprechern mit einem Membrandurchmesser, der verhältnismäßig klein ist, insbesondere bei hohen Frequenzen von großem Vorteil im Vergleich zu einer Verwendung von Lautsprechern mit größeren Membranen, weil bei kleinen Membranen gegenüber größeren Membranen erst bei höheren Frequenzen Partialschwingungen auftreten.

[0016] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass eine variable Ansteuerung der vielen gehäuselosen Einzellausprecher, und damit von Teilflächen des Flächen-Array, erfolgen kann. Es soll eine über weite Teile ortsunabhängige Vollbereichsbeschallung im Raum vor dem Schallwiedergabesystem so gut als möglich zu erreichen sein, trotz der Tatsache, dass das Schallwiedergabesystem ein Einzellausprecher-Array großer Abmessungen aufweist.

[0017] Vorzugsweise umfasst das Schallwiedergabesystem ausschließlich identische Einzellausprecher, die beispielsweise Kopfhörerkapseln oder allgemein gesagt Miniaturschallwandler sein können. Dies führt dazu, dass die Herstellung des Schallwiedergabesystems zu einem

günstigen Preis möglich ist. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Einzellausprecher in mehreren Arrays gruppiert, wobei das Flächen-Array mit den einzelnen Einzellausprechern für die Tieftonwiedergabe vorgesehen ist und ein Array von einem oder mehreren gleichen Einzellausprechern für eine Hochtonwiedergabe vorgesehen ist, wenn ein 2-Wege-System eingesetzt wird. Alternativ kann auch ein 3-Wege-System implementiert werden, bei dem das zweite Array mehrere Mitteltöne umfasst und der Hochtonbereich vorzugsweise von einem einzigen oder von nur wenigen Einzellausprechern bestritten wird. Allerdings liefert auch bereits ein Ein-Wege-System mit gehäuselosen flachen Einzellausprechern eine gute Wiedergabe in einem überraschend großen Wiedergabeband.

[0018] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird es bevorzugt, dem Flächenarray nur das Tiefpasssignal zu liefern und dem weiteren Array, das für die mittleren oder hohen Töne zuständig ist, das Audiosignal mit der gesamten Bandbreite zur Verfügung zu stellen. Das heißt, dass eine Frequenzweiche in diesem Fall nur eine Tiefpassfunktion und keine Hochpassfunktion hat.

[0019] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden Schallwiedergabesysteme bzw. Lautsprecher erhalten, die trotz eines flachen Lautsprechergehäuses von weniger als 5 cm und insbesondere weniger als 3cm Tiefe und insbesondere mit identischen Einzellausprechern eine Wiedergabe des Frequenzbereichs von 100 Hz bis 20 kHz mit einer Sensitivität von wenigstens 90dB/1W/1m ermöglichen. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel umfasst 25 Miniaturschallwandler, welche ein etwa 21x21cm großes Flächen-Array bilden, das zwei Teil-Arrays für die Tieftonwiedergabe und ein zwischen diesen beiden Teilarrays vorhandenes Linienarray für eine Hochtonwiedergabe aufweist.

[0020] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnung detailliert erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a eine Vorderansicht eines Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1b eine Rückansicht des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 1c eine Verschaltung der gehäuselosen Einzellausprecher gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 1d eine frequenzmäßige Aufteilung der Arrayelemente von Fig. 1a für eine 3-Wege-Ansteuerung;

Fig. 2a eine Vorderansicht eines Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 2b eine Darstellung des Gehäuses des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a;
- Fig. 2c eine Rückansicht des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a ohne Gehäuserückwand;
- Fig. 2d eine Belegung der gehäuselosen Einzellausprecher für eine 2-Wege-Ansteuerung;
- Fig. 2e eine alternative Implementierung des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a mit angesetzten Fasen;
- Fig. 3 eine Verschaltung der gehäuselosen Einzellausprecher mit zusätzlicher Treiberelektronik für die in Fig. 2d gezeigte Lautsprecherbelegung;
- Fig. 4a eine schematische Darstellung des flachen Gehäuses des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c;
- Fig. 4b eine alternative schematische Darstellung des Gehäuses des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c;
- Fig. 5a eine Übertragungsfunktion einer Frequenzweiche für eine 2-Wege-Ansteuerung;
- Fig. 5b die Frequenzgänge des Hoch- und des Tiefwegs für den in Fig. 2a gezeigten Lautsprecher bzw. das in Fig. 2a gezeigte Schallwiedergabesystem;
- Fig. 5c einen Frequenzgang des 2-Wege-Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems gemäß Fig. 2a-2d ohne Entzerrung;
- Fig. 5d einen entzerrten Frequenzgang des Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems von Fig. 2a mit einer Ansteuerung gemäß Fig. 3;
- Fig. 6a eine Vorderansicht und eine Rückansicht eines bevorzugten gehäuselosen Einzellausprecher in Form einer Kopfhörerkapsel;
- Fig. 6b technische Daten des gehäuselosen Einzellausprecher von Fig. 6a;
- Fig. 7a eine schematische Darstellung eines Einsatzbereiches für Flachlautsprecher bzw. Schallwiedergabesystems mit verkippt angeordneten Hoch- bzw. Mitteltönern; und
- Fig. 7b eine schematische Darstellung eines Lautsprechers bzw. Schallwiedergabesystems mit einem zurückgesetzten Mittel- bzw. Hochtonarray mit einem Horn bzw. Wave-Guide zum Vergleichmäßigen der Richtcharakteristik des Mittel- bzw. Hochtonarrays.

[0021] Fig. 1a zeigt eine Vorderansicht eines Schallwiedergabesystems, das nachfolgend auch Lautsprecher genannt wird, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Lautsprecher in Fig. 1a umfasst ein Flächen-Array 10 aus gehäuselosen Einzellausprechern 11a, 11b, 11c, ... , wobei jeder gehäuselose Einzellausprecher eine flache Form aufweist, wie

es bereits anhand der Rückansicht in Fig. 1b anhand des gehäuselosen Einzellausprecher 11d zu sehen ist. Insbesondere zeigt die Vorderansicht in Fig. 1a pro Einzellausprecher den vorderen Bereich, also eine Aufsicht auf die Membran des Lautsprechers, während die Rückansicht veranschaulicht, dass der gesamte Einzellausprecher so flach ist, dass er in dem in Fig. 1b gezeigten Gehäuse bzw. in der entsprechenden Gehäusebohrung aufgenommen ist und kaum über die Bohrung hervorsteht. Wie es noch anhand von Fig. 4a zu sehen ist, ist bei dem gehäuselosen Einzellausprecher, der beispielhaft in Fig. 1b und Fig. 1a eingesetzt ist, und der in Fig. 6a detailliert dargestellt ist, der Einzellausprecher nahezu vollständig in der Gesamtdicke des Materials der Lautsprechervorderwand aufgenommen, derart, dass der Lautsprecher nur ein kleines Stück über die Gehäusevorderwand hervorsteht und rückseitig aus der Gehäusevorderwand ebenfalls nur ein kleines Stück hervorsteht, wobei der Vorstand aus der Gehäusevorderwand bei einem Ausführungsbeispiel lediglich 4,5mm beträgt und der Lautsprecher lediglich etwa 1,5mm auf der rückwärtigen Seite der Gehäusevorderwand vorsteht und damit ein extrem flacher Einzellausprecher ist.

[0022] Dennoch wird es aufgrund des besseren Verhaltens bevorzugt, elektrodynamische gehäuselose Einzellausprecher einzusetzen, die prinzipiell wie Konus-Lautsprecher aufgebaut sind. Konus-Lautsprecher haben bereits eine systembedingte Minimaltiefe. Insbesondere bei Kopfhörerkapseln ist jedoch diese Tiefe sehr gering, so dass Kopfhörerkapseln, wie sie beispielsweise in Fig. 6a und Fig. 6b dargestellt sind, mit einer sehr geringen Tiefe, nämlich z.B. nur mit einer Bautiefe von 10,6 mm, geeignet sind und außerdem preisgünstig angeboten werden.

[0023] Fig. 1c zeigt eine Ansteuerung der einzelnen gehäuselosen Einzellausprecher in Fig. 1a im Falle einer 1-Wege-Implementierung. Insbesondere werden aus den gehäuselosen Einzellausprechern des Flächenarrays wenigstens zwei Gruppen a wenigstens zwei Lautsprechern gebildet, wobei bei dem in Fig. 1c gezeigten Ausführungsbeispiel fünf Gruppen 12a-12e gebildet werden, wobei jede Gruppe fünf Einzellausprecher aufweist, so dass der gesamte Lautsprecher insgesamt 25 gehäuselose Einzellausprecher aufweist.

[0024] Generell wird es bevorzugt, Lautsprecher bereitzustellen, deren Anzahl von Einzellausprechern zwischen 9 und 49 variiert, wobei die genaue Anzahl der Einzellausprecher davon abhängt, wie die einzelnen Verhältnisse der Einzellausprecher sind, und welcher Schalldruckpegel insbesondere im unteren Frequenzbereich, für den das Schallwiedergabesystem vorgesehen ist, gefordert wird.

[0025] Bei dem in Fig. 1a und Fig. 1b gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Membrandurchmesser eines Einzellausprecher 36 mm. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden gehäuselose Einzellausprecher verwendet, deren Membrandurchmesser kleiner als 5 cm und vorzugsweise sogar kleiner als 4cm ist, da bei der

erfindungsgemäßen Flächen-Array-Anordnung das Verhalten im Hochtonbereich besser wird, je kleiner der Membrandurchmesser eines Einzellausprechers wird. Kleinere Membranflächen, die durch kleinere Einzellausprecher erreicht werden, und die Verwendung von gehäuselosen Einzellausprechern ermöglichen eine dichtere Anordnung der Einzellausprecher, um damit die Gesamtgröße des Arrays zu verkleinern. Dies führt zu einer reduzierten Richtwirkung. Außerdem werden Partial-schwingungen, die zu ausgeprägten räumlichen Variationen des Schalldruckpegels im Raum führen können, zu unkritischeren höheren Frequenzen hin verschoben. Dort treten die Partial-schwingungen zwar ebenfalls auf, sind aber aufgrund der Tatsachen, dass sie nicht bei tiefen Frequenzen sind, nicht mehr störend.

[0026] Der damit verbundene Abfall des Schalldruckpegels bei tiefen Frequenzen wird durch eine gekoppelte Anordnung von mehreren Einzellausprechern im Array kompensiert, wobei es jedoch wesentlich ist, dass die Einzellausprecher für die Tieftonwiedergabe in einem Flächen-Array angeordnet werden und nicht etwa in einem Linien-Array. Ein Flächen-Array erfordert wenigstens zwei benachbarte Reihen, wobei eine Reihe wenigstens zwei Lautsprecher haben muss und die andere Reihe wenigstens einen Lautsprecher haben muss. So ist bereits eine Dreiecks-Anordnung aus den Lautsprechern 11a, 11b, 11c in Fig. 1a ein Flächen-Array, wobei Flächen-Arrays in Form eines Rechtecks, Quadrates oder eines Kreises bzw. einer Ellipse bevorzugt werden. Insbesondere ein quadratisches Array wird am meisten bevorzugt, weil die Quadralform der Kreisform am nächsten kommt und die gewissermaßen rechteckige Anordnung der einzelnen Einzellausprecher, die zu einem insgesamten Quadrat für das Flächen-Array führt, es ermöglicht, die Einzellausprecher möglichst nah aneinander anzuordnen. Insbesondere werden die Einzellausprecher derart nah aneinander angeordnet, dass sie sich berühren oder dass zwischen den Einzellausprechern, die zueinander benachbart sind, ein direkter Abstand besteht, der kleiner als 5 mm und insbesondere kleiner als 3mm ist.

[0027] Die in Fig. 1c gezeigte Seriell-/Parallel-Schaltung ermöglicht es, dass das gesamte Lautsprecher-Array noch einen nennenswerten Ohmschen Widerstand hat, im Vergleich zu der Situation, bei der alle Lautsprecher parallel geschaltet sind, so dass der fließende Strom die Belastbarkeit der Schwingspulen der Schallwandler nicht übersteigt. Im Vergleich zu einer kompletten Serienschaltung aller einzelnen Lautsprecher wird jedoch durch die Serien-Parallelschaltung erreicht, dass sich nicht alle, in Reihe geschalteten Lautsprecher gegenseitig elektrisch beeinflussen. Die Seriell-/Parallel-Schaltung gemäß Fig. 1c stellt somit einen guten Kompromiss zwischen der Komplexität der Verdrahtung der Einzellausprecher und der von den Einzellausprechern vorgegebenen Spezifikationen für Maximalstrom dar.

[0028] Fig. 1d zeigt eine alternative Implementierung des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels, bei dem

die Einzellausprecher ähnlich wie in Fig. 1a angeordnet sind, die jedoch als 3-Wege-System angesteuert werden. Hierbei wird das Flächen-Array aus gehäuselosen Einzellausprechern in eine erste Array-Hälfte 13a aus Tiefton-Lautsprechern und eine zweite Array-Hälfte 13b aus Tiefton-Lautsprechern ausgebildet. Diese beiden Arrayhälften bzw. Teilarrays werden von einem weiteren Array aus Mittelton-Lautsprechern 13c und einem noch weiteren Array, das nur aus einem einzelnen Hochton-Lautsprecher 13d besteht, getrennt. Bei der in Fig. 1d gezeigten Implementierung werden die beiden mit "x" bezeichneten Einzellausprecher kurzgeschlossen, also deaktiviert, dahingehend, dass diese beiden Einzellausprecher nicht zur Schallausgabe beitragen und ein Schwingen als Passivmembran verhindert werden kann.

[0029] Bei dem in Fig. 1d gezeigten Ausführungsbeispiel ist zu sehen, dass die Anzahl der Tiefton-Einzellausprecher wesentlich größer ist als die Anzahl der Mittelton-Lautsprecher oder der Hochton-Lautsprecher. Diese Aufteilung zugunsten der Tiefton-Wiedergabe wird vorgenommen, um durch eine Kopplung der Einzellausprecher für den Tieftonbereich, die dadurch erreicht wird, dass die Tiefton-Einzellausprecher in einem Flächen-Array so nah als möglich zusammen angeordnet werden, ein ausreichender Schalldruck bei tiefen Frequenzen bereitgestellt wird.

[0030] Erfindungsgemäß wird trotz eines flachen Lautsprechergehäuses von nur 2,4 cm Innentiefe und der damit verbundenen hohen Federsteifigkeit des eingeschlossenen Luftvolumens, die Wiedergabe des Frequenzbereiches von 100 Hz (-6dB) bis zu 20kHz (-6dB) mit einer Sensitivity von 101 dB/1W/1m ermöglicht. Dazu wird aus 25 Miniatur-schallwandlern ein 21 cm x 21 cm großes Array gebildet und in ein Gehäuse der Größe (LxBxH) eingebaut. Die Ansteuerung der einzelnen Treiber wird auf die Zielvorgabe eines möglichst linearen Amplitudenfrequenzganges und einer gleichmäßigen Directivity in Hauptabhörrichtung angepasst. Zu diesem Zweck wird das Array als Dreiwegen-System ausgelegt. Der Array-Ansatz wird deshalb gewählt, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Antriebskraft auf die Membran zu realisieren und um mittels vieler kleiner Membranflächen das Auftreten von Partial-schwingungen zu höheren Frequenzen zu verschieben. Im Gegensatz zu einer großen Membranfläche ist außerdem das wesentlich geringere Gewicht der Einzelmembrane von großem Vorteil für die Wiedergabe hoher Frequenzen.

[0031] Insbesondere für die Wellenfeldsynthese-Anwendung bietet der Array-Ansatz die Möglichkeit, den Lautsprecherabstand zwischen benachbarten Wiedergabekanälen veränderlich zu gestalten, indem die Gruppierung von Wandlern zu einem Wiedergabekanal beliebig möglich ist. Eine Randbedingung bei der Wellenfeldsynthese ist die "räumliche Abtastfrequenz", die es erfordert, dass zur Aliasing-freien Wiedergabe eines Tons von 1 kHz alle 17 cm ein Lautsprecherelement vorhanden ist, das mit einem jeweils eigenen Signal angesteuert wird. Bei 10 kHz sollte der Abstand bei 1,7 cm liegen, bei

100 Hz aber bei 1,7 m. Ein Abstand von 1,7 m kann leicht erfüllt werden. Ein Abstand von 1,7 cm dagegen schwer oder nur annähernd. Der erfindungsgemäße Flachlautsprecher ermöglicht es, größere Gruppen von Einzellausprechern mit einem tiefpassgefilterten Signal zu versorgen, die eine größere Breite haben. Hier gibt es eine vorteilhafte Synergie, weil Einzellausprecher im tiefen Bereich ohnehin in einem Flächenarray benötigt werden, um einen ausreichenden Schalldruck zu liefern. Dagegen werden benachbarte Gruppen oder einzelne nebeneinander liegende Lautsprecher mit unterschiedlichen Lautsprechersignalen versorgt, um für die höheren Frequenzen einen kleinen Kanalabstand zu erzeugen, der in der Größenordnung des Membrandurchmessers liegt. Das Lautsprechersignal kann jeweils ein Hochpasssignal oder ein Signal mit Hochpass- und Tiefpassanteilen sein.

[0032] Vorzugsweise ist also ein weiteres Array von Einzellausprechern vorhanden, wobei Einzellausprecher es Flächenarrays so gruppiert sind, dass räumlich benachbarte Wellenfeldsynthesekanäle mit begrenzter Bandbreite unter 1 KHz durch nebeneinander liegende Gruppen von Einzellausprechern wiedergebbar sind, deren Abstand größer ist als der zwischen benachbarten Einzellausprechern oder im Vergleich zu den Gruppen kleineren Grüppchen, die räumlich benachbarte Wellenfeldsynthesekanäle mit Signalanteilen über 1 kHz wiedergeben.

[0033] Erfindungsgemäß wird ein Lautsprecher erhalten, der einen linearen Frequenzgang über einen möglichst großen Frequenzbereich, gutes Impulsverhalten, ein gleichmäßiges und für die Anwendung sinnvolles Abstrahlverhalten aufweist, und der in der Lage ist, einen maximalen Schalldruckpegel von 101 dB oder mehr in einem 1 m Abstand zu erzeugen, wobei der Lautsprecher dabei außergewöhnlich flach ist. Der Flachlautsprecher ist dahin gehend vorteilhaft, dass er unauffällig in die Umgebung integrierbar ist und trotzdem gute Übertragungseigenschaften hat. Die Gehäusekonstruktion soll so sein, dass eine besonders geringe Bautiefe von 5 und vorzugsweise 3,6 cm bzw. noch bevorzugter 3,0 cm nicht überschritten wird. Zu diesem Zweck werden akustische Treiber verwendet, die eine sehr geringe Bautiefe haben. Bevorzugt wird das elektrodynamische Prinzip des Konuslautsprechers als Schallwandler, da diese Technologie gut beherrschbar und leistungsfähig ist. Die geforderte geringe Bautiefe erfordert den Einsatz von Miniaturlautsprechern und bedingt somit kleine Membranflächen. Daher werden einzelne Treiber in einer Gruppenanordnung verwendet, wobei es in einem solchen Flächen-Array möglich ist, im Gegensatz zu einem einzelnen großen BiegeWellenwandler bzw. Einzelkolbenstrahler mit gleicher Membranfläche, die jeweils aktive Strahlerfläche durch frequenzabhängige Ansteuerung der Array-Elemente bei Bedarf zu verändern. Diese Option ist bezüglich der Vermeidung von Seitenkeulenbildung bei hohen Frequenzen und der Vermeidung von Partialschwingungen von Vorteil, wobei der Membranra-

dius möglichst so gewählt wird, dass Partialschwingungen erst bei unkritischen Frequenzen auftreten. Gegenüber bekannten Dickenschwingern ist ein wesentlich höherer Membranhub und damit eine höhere Lautstärke im unteren Frequenzbereich erreichbar. Daher sind Flächen-Arrays für die erfindungsgemäßen Flachlautsprecher günstig.

[0034] Fig. 6a zeigt eine Vorderansicht und eine Rückansicht eines vorzugsweise verwendeten Miniaturlautsprechers bzw. "Miniaturchassis". Die Miniaturchassis ist vorzugsweise als rückwärtig offene Kopfhörerkapsel, wie in Fig. 6a gezeigt, ausgeführt. Die messtechnisch ermittelten Parameter eines solchen gehäuselosen Einzellausprechers sind in der Tabelle in Fig. 6b dargestellt. Die Freiluftresonanzfrequenz eines solchen Einzellausprechers liegt bei 120 Hz.

[0035] Sowohl bei dem in Fig. 1a gezeigten Lautsprecher als auch bei dem Bezug nehmend auf die Figuren 2a-2e diskutierten Lautsprecher gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein geschlossenes Gehäuse eingesetzt. Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel kann auch ein geöffnetes Gehäuse eingesetzt werden, insbesondere mit einem Bassreflex-System, also einem Bassreflexgehäuse als Helmholtz-Resonator, wie er aus der Technik bekannt ist.

[0036] Bezüglich des Materials des flachen Gehäuses wird ein geeignet steifes Material bevorzugt, um ein ausreichend versteiftes Gehäuse zu erhalten, das mit einer Materialstärke von weniger als 7 mm und insbesondere sogar mit einer Materialstärke von 3 mm oder noch weniger auskommt. Es wird bevorzugt, als Material Stahlblech oder profilierten Kunststoff zu verwenden, obgleich auch Holz eingesetzt werden kann. Es wird bevorzugt, um die Anfälligkeit für Längs- und Quermoden gleicher Frequenz zu minimieren, dass die Kantenabmessungen des gesamten Lautsprechers in keinem ganzzahligen Vielfachen zueinander sind oder dass der Lautsprecher nicht parallele Wände aufweist. Um dennoch einen gewünschten optischen Eindruck mit parallelen Wänden zu haben, kann ein inneres Gehäuse mit nicht parallelen Wänden in ein äußeres Gehäuse mit parallelen Wänden gesetzt werden. Ein Beispiel für eine Innenabmessung des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels beträgt 61,5 cm Breite, 80 cm Höhe und 2,4 cm Tiefe. Bei einer Verwendung eines 6 mm MDF-Plattenmaterials ergeben sich Außenmaße mit einer Breite von 63,7 cm, einer Höhe von 81,2 cm und einer Tiefe von 3,6 cm.

[0037] Gegen das Mitschwingen des Gehäuses wird es bevorzugt, im Gehäuseinneren Stege zwischen Vorder- und Rückseite einzubringen, und es wird ferner bevorzugt, auf die Rückwand von außen Profile aufzubringen. Wie es beispielsweise in Fig. 2a, 2b zu sehen ist, wird es bevorzugt, dass das Flächen-Array bezüglich der Breite zentral und zu den Kanten parallel einzubringen, jedoch bezüglich der Höhe exzentrisch anzuordnen. Die Einzellausprecher werden insbesondere in einzelnen Bohrungen untergebracht und teilweise im Gehäusema-

terial eingelassen. Die Einzellausprecher können z.B. mit Heißklebstoff oder einem anderen Dichtungsmaterial eingeklebt und insbesondere akustisch abgedichtet werden.

[0038] Ein Vorteil der Array-Anordnung ist die Möglichkeit, einzelne Elemente und damit einzelne Teilflächen des Arrays unterschiedlich anzusteuern. Um die aktiven Elemente des Arrays frequenzabhängig bestimmen zu können, wird eine Mehrwege-Ansteuerung verwendet. Zu diesem Zweck wird das Flächen-Array, wie es anhand von Fig. 1d beschrieben worden ist, in zwei Teilarrays 13a, 13b für die Tieftonwiedergabe aufgeteilt.

[0039] Alternativ zu dem in Fig. 1d gezeigten Ausführungsbeispiel würde eine 2-Wege-Anordnung darin bestehen, dass in der mittleren Spalte alle Lautsprecher bis auf den einzigen in der Mitte deaktiviert oder nicht vorhanden sind, wobei der einzige mittlere Lautsprecher dann als einziger Hochtoner wirken würde. Um den maximal erzielbaren Schalldruckpegel zu erhöhen, wird das in Fig. 1d gezeigte 3-Wege-System verwendet. Insbesondere wird, damit sich der von den 3 Wegen abgestrahlte Schallphasen richtig überlagert, der Mitteltonzweig um 0,5 ms und der Hochtonzweig um 0,52 ms gegenüber dem Tiefton-Array verzögert.

[0040] Um das Abstrahlverhalten noch weiter zu verbessern, wird es bevorzugt, eine 2-Wege-Ansteuerung mit Hochtonweg in Form eines Bessel-gewichteten linearen Arrays zu verwenden, wie sie in Fig. 2d schematisch gezeigt ist. Damit wird eine Bündelung und Seitenkeulenbildung besser unterdrückt. Dieser Effekt wird noch verbessert, wenn, wie es in Fig. 2d gezeigt ist, die Hochton-Einzellausprecher in der Mitte angeordnet sind, und das Flächen-Array aus Tiefton-Lautsprechern in zwei Teil-Arrays 13a, 13b aufteilen. Im Gegensatz zur Fig. 1d existiert in Fig. 2 jedoch lediglich ein weiteres Hochton-Array 13e, wobei die einzelnen Hochton-Lautsprecher mit den Gewichtungen angesteuert werden, wie sie in Fig. 2d schematisch angegeben sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Gewichtungsfaktoren 0,5, 1, -1 lediglich aufgrund einer schaltungstechnisch einfachen Realisierung der Bessel-Gewichte erhalten worden sind, die sich rechnerisch jedoch zu 0,11, 0,44, 0,76, -0,44 und 0,11 ergeben, und nur mit größerem Aufwand zu realisieren sind.

[0041] Die in Fig. 2d gezeigte Ansteuerung findet derart statt, dass die drei Einzellausprecher in der Mitte des Arrays 13e mit voller Amplitude angesteuert werden, wobei jedoch der untere dieser drei Einzellausprecher mit invertierter Phase angesteuert wird, während der oberste Einzellausprecher und der unterste Einzellausprecher des Arrays 13e mit halber Amplitude angesteuert werden. Diese Pegel- und Phasenverhältnisse lassen sich, entgegen den Bessel-Funktionen errechneten Faktoren mit sehr einfachen Mitteln umsetzen. Durch Parallelschalten der drei mittleren Einzellausprecher mit einer Serienschaltung der Lautsprecher ganz oben und ganz unten des Arrays 13e lassen sich diese Amplitudenverhältnisse herstellen. Die Phase wird bei dem Einzellaus-

sprecher, der einen Gewichtungsfaktor "-1" in Fig. 2d hat, einfach durch Verpolen des Anschlusses erreicht, wie es in Fig. 3 bei 15 dargestellt ist.

[0042] Ähnlich zu Fig. 1c werden die vier Spalten des TieftonArrays in vier Gruppen von jeweils fünf Einzellausprechern gruppiert, wobei die Gruppen untereinander parallel geschaltet sind. Dadurch ergibt sich für das Hochton-Array eine Nennimpedanz von 10 Ohm und für das Tiefton-Array eine Nennimpedanz von 56 Ohm. Es könnten auch alle Tiefton-Einzellausprecher parallel geschaltet werden, dann würde aber ein höherer Strom durch die Schwingspulen fließen.

[0043] Dies könnte jedoch den Schwingspulendraht der Einzellausprecher jedoch überlasten und zerstören.

[0044] Wie es in Fig. 3 dargestellt ist, wird bei dem Ausführungsbeispiel eine Frequenzweiche 16 mit einer Grenzfrequenz 710 Hz bevorzugt. Bei einer größeren Arrayfläche sollte die Frequenzweiche eine kleinere Grenzfrequenz haben, und bei einer kleineren Arrayfläche sollte die Frequenzweiche eine größere Grenzfrequenz haben. Aufgrund der Frequenzweiche existieren ein Hochtonweg 17a und ein Tieftonweg 17b oder allgemein gesagt nur ein Tieftonweg und ein Weg mit voller Bandbreite statt dem Hochtonweg, der keine Tieftonanteile hat, welche vorzugsweise beide durch einen Entzerrer EQ 18a bzw. 18b entzerrt werden, wobei die entzerrten Signale ferner vorzugsweise durch jeweils einen Verstärker 19a bzw. 19b verstärkt werden.

[0045] Bei dem in Fig. 2a gezeigten Lautsprecher gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ebenfalls ein geschlossenes System verwendet. Das Gehäuse basiert auf einer Berechnung unter Verwendung der sogenannten Thiele-Small-Parameter der gehäuselosen Einzellausprecher, wobei die Gesamtgüte Q_{tc} der Kombination aus Gehäuse und Array bei 0,707 liegen soll. Diese Abstimmung wird auch als Butterworth-Abstimmung bezeichnet und äußert sich in einem, bei idealem Free-Air-Frequenzgang, maximal glattem Frequenzgang und minimal erreichbarer Resonanzfrequenz.

[0046] Fig. 2a zeigt eine perspektivische Ansicht des Lautsprechers gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel mit einer Gehäusevorderwand 1a und einer Gehäuseseitenwand 1b, wobei der Lautsprecher in einem reflexionsarmen Raum angeordnet ist. Die Gehäusevorderwand umfasst eine Höhe und eine Breite, wobei die Höhe größer als die Breite ist, und wobei es bevorzugt wird, das Array bezüglich der Breite zentriert und kantenparallel einzufügen, und das Array bezüglich der Höhe nicht zentriert, sondern dezentral unterzubringen, wie es in Fig. 2b gezeigt ist. Fig. 2c zeigt eine Rückansicht des geöffneten Lautsprechers, wobei Stege 19a, 19b in vertikaler Richtung und Stege 19c in horizontaler Richtung gezeigt sind. Diese Stege, die vorzugsweise komplett von der Gehäusevorderseite bis zur Gehäuserückseite durchgehend ausgebildet sind, ermöglichen eine Kapselung von unterschiedlich angetriebenen Einzellausprechern. Druckänderungen im Inneren des Lautsprechers,

hervorgerufen durch Schwingungen einzelner Membranen würden sich ansonsten nämlich auf alle auf das gleiche Volumen arbeitende Einzellausprecher auswirken. Um dies zu vermeiden, arbeiten die Einzellausprecher der mittleren Array-Spalte jeweils auf ein einzeln abgegrenztes Volumen, das durch die Stege 19a, 19b, 19c erreicht wird. Da diese Einzellausprecher für den Hochtonzweig verwendet werden, diese also weit oberhalb ihrer Resonanzfrequenz arbeiten sollen, ist eine aufwendige Dimensionierung des entstehenden Volumens nicht nötig. Das an jeden Hochton-Einzellausprecher angekoppelte Volumen beträgt 0,0361 l. Die Abmessungen der Volumina bestimmen sich aus den Abmessungen des Einzellausprechers.

[0047] Die Streben 19a, 19b erreichen eine zusätzliche Versteifung des Gehäuses und führen dazu, dass das Volumen für das Tiefton-Array in zwei Kammern aufgeteilt wird, wie es aus Fig. 2c oder auch aus Fig. 4a oder Fig. 4b ersichtlich ist. Das Aufteilen des Gesamtvolumens in zwei Kammern für die Teil-Arrays der Tiefton-Lautsprecher führt zu einer effizienten Versteifung des Gehäuses und dazu, dass Biegeschwingungen der Gehäusefront und/oder der Gehäuserückwand und Moden im Gehäuse unterdrückt werden, um entsprechende negative Einflüsse auf das Verhalten des Lautsprechers zu reduzieren. Weitere Versteifungselemente, wie sie bei 21 in Fig. 4b oder 22 in Fig. 4a gezeigt sind, werden eingefügt, um die Steifigkeit des verwendeten Holzmaterials zu verbessern, die relativ gering ist. Durch Minimieren der Abstände zwischen den Versteifungspunkten wird das Mitschwingen der Gehäusewände wegen des hohen Drucks im Inneren bei Betrieb des Lautsprechers verhindert. Vorzugsweise sind Höhe und Breite des Gehäuses keine geradzahigen Vielfachen, um die Ausbildung von gleichzeitigen Längs- und Quermoden nicht zu begünstigen. Die Innentiefe beträgt bei dem in Fig. 2a bzw. 2b gezeigten Ausführungsbeispiel wieder 2,4 cm. Die Außenabmessungen des in Fig. 2a gezeigten Ausführungsbeispiels betragen in der Breite 35,2 cm, in der Höhe 46,2 cm und in der Tiefe 3,6 cm. Diese Außenmaße sind auch in der schematischen Zeichnung in Fig. 4a zusammen mit anderen bevorzugten Abmessungen dieses Ausführungsbeispiels angegeben.

[0048] Die exzentrische Platzierung des Arrays auf der Front des Lautsprechers wird verwendet. Der Schalldruck von Schallwellen, die sich von einer Schallquelle über eine Lautsprecherfront ausbreiten, ändert sich, wenn diese auf eine Kante treffen, weil sich die Energie der Welle auf ein geändertes Volumen aufteilt. Im Falle einer Gehäusekante beugt sich eine Schallwelle um das Gehäuse. Das Volumen, in welches sich die Schallwelle ausbreitet und die Oberfläche der Wellenfront werden größer. Der Schalldruck auf dieser Oberfläche wird geringer. Durch die Druckänderung entsteht an dieser Kante eine zweite Schallquelle mit entgegengesetzter Phase. Der von dieser sekundären Schallquelle abgestrahlte Schall überlagert sich mit dem, von der primären Schallquelle abgestrahlten Schall. Je nach Laufzeitunter-

schied, der durch die Entfernung zwischen beiden Schallquellen und zwischen Lautsprecher und Hörposition beeinflusst wird, kommt es im Frequenzgang des Lautsprechers abwechselnd zu konstruktiver und destruktiver Interferenz. Wenn der dem Laufzeitunterschied äquivalente Wegunterschied ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge entspricht, dann kommt es zu Minima bei den entsprechenden Frequenzen, bei ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge kommt es zu Überhöhungen. Wenn das Array zentral auf der Schallwand platziert würde, käme es für Beobachtungspunkte nahe der 0°-Achse durch gleiche Laufzeiten bezüglich rechter und linker bzw. oberer und unterer Schallwandkante zu einer Überlagerung der Interferenzerscheinungen. Folge davon ist ein ortsabhängiger, teilweise von starken Einbrüchen und Überhöhungen geprägter Frequenzgang. Um dies zu vermeiden, wird die Position des Arrays auf der Frontplatte so ausgewählt, dass die Entfernung vom zentralen Einzellausprecher zur oberen, unteren und den seitlichen Gehäusekanten möglichst unterschiedlich und keine ganzzahligen Vielfachen voneinander sind. Dadurch wird das unvorteilhafte Zusammenfallen von Interferenz-Effekten verhindert.

[0049] Die Aufteilung des Gehäuses in zwei gleich große Kammern durch Versteifungsstege bedingt, dass das Array horizontal zentriert angeordnet wird. So beträgt der Abstand vom Zentrum des Arrays zu den Seitenkanten jeweils 17,6 cm. Der Abstand des Mittelpunkts des Arrays zur oberen Gehäusekante wird auf 14,1 cm festgelegt. Der Abstand zur unteren Gehäusekante ergibt sich somit zu 23,1 cm. Damit die bei dem Ausführungsbeispiel 6 mm starken Leisten, mit denen die Hochtontreiber abgetrennt werden, nicht die Luftkompression an den rückseitig offenen Membranen behindern, werden nicht alle Einzellausprecher des Arrays ohne Zwischenraum angeordnet. Stattdessen wird zwischen den Einzellausprechern der mittleren Spalte des Arrays und den Einzellausprechern der links und rechts benachbarten Spalten ein Abstand von 6 mm vorgenommen, wie es aus Fig. 4a ersichtlich ist.

[0050] Es wird bevorzugt, das Gehäuse zur Vermeidung von Gehäusemoden mit Dämmwolle zu bedämpfen. Eine Dämmwolle mit einer Dicke von 3 cm und einer Masse von 280 g/m² kann eingesetzt werden. Gehäusemoden soll durch Absorption im Dämmstoff Energie entzogen werden, so dass sie sich nicht voll oder gar nicht ausbilden können. Dieses Prinzip funktioniert nur bei hoher Schallschnelle. Da an den Rändern von Gehäusen bei Stehwellen stets Druckmaxima und Schnelle-Minima sind, wird daher an den Rändern des Gehäuses auf einer Breite von etwa 7 cm kein Dämmmaterial eingebracht, wie es schematisch in Fig. 2c zu sehen ist.

[0051] Nachfolgend werden, Bezug nehmend auf die Figuren 5a-5d diverse Messungen an dem in Fig. 2a bis Fig. 2d erläuterten Lautsprecher gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erläutert.

[0052] Die Auftrennung der Audiosignale in einen Hochton-Zweig und in einen Tiefton-Zweig durch die Fre-

quenzweiche 16 wird mit Hilfe von Linkwitz-Riley-Filtern vierter Ordnung für die Frequenzweiche vorgenommen. Die Übertragungsfunktion der Frequenzweiche ist in Fig. 5a dargestellt. Der Pegel des Hochton-Zweiges ist gegenüber dem Tiefton-Signal um 3 dB angehoben. Dem Lautsprecher ist ein 80 Hz Hochpass vorgeschaltet, der in Fig. 3 nicht gezeigt ist.

[0053] Das mit dieser Filterung beaufschlagte Signal wird dem Array zugeführt. Fig. 5b zeigt die Frequenzgänge von Hoch- und Tiefton-Weg auf der 0°-Achse. Die akustische Summation beider Wege ergibt den in Fig. 5c gezeigten nichtentzerrten Frequenzgang. Um sowohl die Linearität des Frequenzgangs als auch die untere Frequenz näher an die gestellten Anforderungen zu bringen, wird es bevorzugt, eine Entzerrung unter Verwendung der Equalizer 18a, 18b vorzunehmen. Ein entzerrter Frequenzgang ist in Fig. 5d gezeigt, bei dem eine wesentlich bessere Linearität ersichtlich ist, und bei dem ferner ein wesentlich verbessertes Verhalten im unteren Frequenzbereich und eine gesenkte untere Grenzfrequenz erhalten worden ist. Damit sich die von beiden Wegen abgestrahlten Schallanteile im Übernahmehereich möglichst optimal überlagern, wird es bevorzugt, den Hochton-Weg um 0,17 ms zu verzögern. Der Frequenzgang bei dem in Fig. 5d messtechnisch charakterisierten Ausführungsbeispiel wird im Bereich von 100 Hz bis 20 kHz linearisiert, so dass sich eine Welligkeit von +/- 2 dB erreichen lässt. Die Grenzfrequenz bei -6 dB beträgt 100 Hz. Bei 20 kHz ist der Schalldruckpegel ebenfalls um 6 dB abgefallen. Die mittlere elektrische Empfindlichkeit des Lautsprechers beträgt 101 dB/1W/1m. Dieser Wert ist im Vergleich zu herkömmlichen HiFi-Lautsprechern hoch und ist auf die hohe Empfindlichkeit der gehäuselosen Einzellautsprecher zurückzuführen. Fig. 2e zeigt eine alternative Implementierung des Flachgehäuses mit angesetzten Fasen, um mehr in die Nähe einer Gehäusefront ähnlich eines Pyramidenstumpfes zur Abschwächung von Interferenz-Effekten aufgrund von Beugungserscheinungen an den Kanten des Gehäuses zu kommen. Damit kann ein besser linearer Frequenzgang erreicht werden.

[0054] Um den von dem Lautsprecher abgegebenen Schalldruck bei niedrigeren Frequenzen, also im Bereich von 100 Hz und darunter zu verbessern, kann bei Ausführungsbeispielen der Erfindung das flache Gehäuse als Bassreflexgehäuse ausgeführt sein, das nicht vollkommen geschlossen ist, sondern eine oder mehrere Öffnungen in der Schallwand hat, die auch als Kanäle in das Gehäuse hinein verlängert werden können. Das Gehäuse eines Bassreflexsystems ist bei verschlossener Einbauöffnung für den Schallwandler ein Helmholtz-Resonator. Innerhalb des Bassreflexkanals befindet sich eine Luftmasse, die im Resonanzfall mit maximaler Amplitude schwingt. Der Resonator wird auf eine Resonanzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Schallwandlers abgestimmt und trägt dann bei tiefen Frequenzen wesentlich zur Schallabstrahlung des Lautsprechers bei. Eine korrekt abgestimmte Bassreflexkonstruktion

hat einen Impedanzverlauf mit zwei benachbarten Maxima. Der maximale Schalldruck wird vom Bassreflexrohr bei dem Minimum f_b zwischen den beiden Impedanz-Maxima abgestrahlt. In Richtung höherer und tieferer Frequenz nimmt der vom Bassreflexkanal abgestrahlte Schalldruck ab. Das Ziel der Abstimmung eines Bassreflexsystems ist die konstruktive Überlagerung von Schallanteilen, die von Schallwandler und Bassreflexöffnung abgestrahlt werden. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird eine Bassreflexöffnung an der unteren Seitenwand des Gehäuses, das beispielsweise in Fig. 2b gezeigt ist, vorgesehen, wobei diese Kanalöffnung rechteckig mit einer Breite von 5 cm ausgelegt wird. Die Länge eines Reflexrohrs für eine Kammer ergibt sich dann beispielsweise zu 3,3 cm. Ein darauf hin optimiertes Gehäuse hat eine Abmessung in der Breite von 41,5 cm, in der Höhe von 66,2 cm und in der Tiefe von 2,4 cm, wobei sich diese Abmessungen auf die Innenmaße beziehen. Die Öffnung des Bassreflexkanals kann bei anderen Ausführungsbeispielen vergrößert werden, und zwar insbesondere über die komplette Breite einer Kammer von z.B. 17,2 cm vergrößert werden. Entsprechend kann die Reflexrohrlänge vergrößert werden, da die Länge mit zunehmender Öffnungsfläche ebenfalls vergrößert werden muss, wenn die Abstimmfrequenz beibehalten werden soll.

[0055] Bei einer anderen Implementierung kann die Reflexöffnung auch an der oberen Schmalseite des Gehäuses angeordnet werden.

[0056] Insbesondere ein geschlossener Lautsprecher mit einer flächigen Anordnung von 25 Miniaturlautsprechern als Schallwandler wird bevorzugt, wobei die Anzahl der Schallwandler je nach Einsatz auch zwischen 9 und 49 liegen kann. Eine quadratische Form der Anordnung der Schallwandler wird bevorzugt, wobei das Flächen-Array aufgeteilt in getrennte Teilarrays der den kritischen Tiefton-Bereich liefernden Einzellautsprecher vorzugsweise in abgetrennten Volumina arbeiten soll. Vorzugsweise wird eine symmetrische 2-Wege-Anordnung eingesetzt, wobei die Einzellautsprecher des weiteren Arrays zwischen den beiden Teil-Arrays, welche als Hochtöner arbeiten, nach Koeffizienten von Bessel-Funktionen gewichtet sind. Das Anregungs-Signal des Systems wird mit einem Lautsprecher-Controller entzerrt sowie aktiv getrennt und mittels zwei Endstufen verstärkt. Damit werden HiFi-übliche Werte sowohl für den maximal erreichbaren Schalldruckpegel als auch für die Welligkeit des Frequenzgangs und den Klirrfaktor erreicht. Der Lautsprecher zeichnet sich durch ein kontinuierliches, nicht übermäßig bündelndes Richtverhalten ohne Seitenkeulen aus.

[0057] Lautsprecher gemäß der vorliegenden Erfindung sind sowohl in klassischen Stereo- oder Multikanal-Setups, vorzugsweise mit einem Subwoofer für den untersten Frequenzbereich einsetzbar. Das Array-Konzept führt zu einer hohen Skalierbarkeit des Systems. So kann damit bei Lautsprecher-Panels für Wellenfeldsynthese der Abstand benachbarter Wiedergabekanäle durch den

geringen Durchmesser der Einzellautsprecher minimiert werden. Durch die Möglichkeit, einzelne gehäuselose Einzellautsprecher und somit bestimmte Bereiche eines Arrays diskret anzusteuern, sind auch zeitlich modifizierbare Ansteuerungen verwendbar. Die Bündelungswirkung des Lautsprechers in der Vertikalebene oberhalb von 10 kHz kann durch eine geänderte Array-Ansteuerung noch verringert werden, wenn oberhalb von 10 kHz nur noch ein einzelner Lautsprecher betrieben wird. Entsprechend der Richtwirkung des einzelnen Lautsprechers kann der vertikale Abstrahlwinkel oberhalb von 10 kHz mit einem solchen 3-Wege-System vergrößert werden. Die Schalldrucküberhöhung im Frequenzgang des in den Ausführungsbeispielen verwendeten Miniaturtreibers wird vorzugsweise eliminiert, damit keine Entzerrung mehr nötig ist.

[0058] Bei nicht Echtzeit-kritischem Einsatz des Lautsprechers wird es bevorzugt, zur Entzerrung einen linearphasigen Filtersatz zu verwenden. Damit kann die Gruppenlaufzeit des Systems aus Lautsprecher und Controller positiv beeinflusst werden.

[0059] Um den Lautsprecher bei tieferen Frequenzen zu verbessern, wird es bevorzugt, nicht die Array-Fläche zu vergrößern, sondern den abgestrahlten Schalldruck durch die Vergrößerung des Membranhubs zu erhöhen. Bei einer Verdoppelung des Membranhubs verdoppelt sich idealerweise auch der abgestrahlte Schalldruck. Hierzu muss jedoch die Mechanik des Schallwandlers für größeren Hub ausgelegt werden. Die Kraft, die vom Antrieb eines elektrodynamischen Schallwandlers erzeugt wird, wird vom Produkt aus der magnetischen Flussdichte B des Magneten, der Länge l des Spulendrahtes und dem fließenden Strom I in der Spule bestimmt.

[0060] Vorzugsweise wird der erfindungsgemäße Lautsprecher als aktiver Lautsprecher mit interner Signalverarbeitung auf einem DSP implementiert, da eine (z. B. aktive) Frequenzweiche und eine Entzerrung sowie eine mehrkanalige Verstärkung eingesetzt werden und in das Lautsprechergehäuse integriert werden können.

[0061] Der erfindungsgemäße Lautsprecher zeichnet sich durch eine außergewöhnlich geringe Gehäusetiefe, durch eine kostengünstige Herstellbarkeit und durch überzeugende Werte sowohl auf messtechnischer Seite als auch auf subjektiver Ebene aus.

[0062] Fig. 7a zeigt einen Lautsprecher, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern vorzugsweise in der Mitte des Lautsprechers vorhanden ist, bei dem einer oder mehrere Einzellautsprecher bezüglich der Einzellautsprecher des Flächenarrays verkippt angeordnet sind, so dass sich eine Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers des weiteren Arrays von einer Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers des Flächenarrays unterscheidet. Die Verkipfung kann beispielsweise 30 Grad bezüglich der Normalen betragen und liegt vorzugsweise zwischen 10° und 70°. Dann kann ein Hörer eine Ausrichtung der Lautsprecher auf sich haben, selbst wenn der Flachlaut-

sprecher an der Wand montiert ist und nicht gedreht werden kann. Für die näherungsweise Rundstrahlcharakteristik des Tieftonarrays ist dagegen eine Ausrichtung nicht erforderlich.

- 5 **[0063]** Fig. 7b zeigt einen Lautsprecher, bei dem ein weiteres Array von Einzellautsprechern vorhanden ist, das in dem Gehäuse zurückgesetzt ist, oder das vor der aktiven Fläche eine Wellenführungseinrichtung aufweist. Vorzugsweise wird eine Zurücksetzung und eine
- 10 Waveguide-Struktur verwendet, um eine ebenen Oberfläche des Lautsprechers zu haben. Außerdem ist die Zurücksetzung der Hochtöner in der Mitte unkritisch, weil das nötige Luftvolumen für die Hochtöner aufgrund der hohen Frequenzen klein bzw. insgesamt unerheblich ist.
- 15 Die Waveguide-Struktur dient dazu, die inhärente Richtwirkung im beabsichtigten Bereich zu vergleichmäßigen und sie wird eine hornartige Form haben.

20 Patentansprüche

1. Schallwiedergabesystem, mit folgenden Merkmalen:

- 25 einem flachen Gehäuse (1), wobei das flache Gehäuse (1) eine Vorderwand (1a), eine Rückwand, und eine Seitenwand (1b) aufweist, einem Flächen-Array (10) aus Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c), die eine flache Form haben, wobei das Flächen-Array (10) wenigstens zwei benachbarte Reihen von Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) aufweist, wobei eine Reihe der wenigstens zwei benachbarten Reihen von Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) wenigstens zwei Einzellautsprecher (11a, 11b, 11c) aufweist, und wobei eine andere Reihe der wenigstens zwei benachbarten Reihen von Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) wenigstens einen Einzellautsprecher (11a, 11b, 11c) aufweist, wobei das Flächen-Array (10) ein erstes Flächen-Teil-Array (13a) aus Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) und ein zweites Flächen-Teil-Array (13b) aus Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) aufweist;
- 35 einem weiteren Array (13c, 13d, 13e) aus Einzellautsprechern, die eine flache Form haben, wobei das weitere Array (13c, 13d, 13e) entlang einer Breite der Vorderwand (1a) zwischen dem ersten Flächen-Teil-Array (13a) aus Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) und dem zweiten Flächen-Teil-Array (13b) aus Einzellautsprechern (11a, 11b, 11c) angeordnet ist; und
- 40 einer Frequenzweiche (16) zum Liefern eines Hochpass-Signals (17a) und eines Tiefpass-Signals (17b), wobei das Hochpass-Signal zum Ansteuern der Einzellautsprecher des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) verwendet wird, und wobei das Tiefpass-Signal (17b) zum Ansteuern

- der Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) des ersten Flächen-Teil-Arrays (13a) und des zweiten Flächen-Teil-Arrays (13b) des Flächen-Arrays (10) verwendet werden;
- wobei die Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) in der Vorderwand (1a) aufgenommen sind, und
- wobei das flache Gehäuse (1) eine Tiefe kleiner als 5 cm aufweist, oder wobei ein Durchmesser eines Einzellausprechers (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) kleiner als 5 cm ist, und wobei das Flächen-Array (10) und das weitere Array (13c, 13d, 13e) in der Vorderwand (1a) zu den Kanten der Vorderwand (1a) parallel angeordnet sind, und wobei das Flächen-Array (10) und das weitere Array (13c, 13d, 13e) in der Vorderwand (1a) exzentrisch angeordnet sind.
2. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1, bei dem ein kleinster Abstand eines Einzellausprechers des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) zu einem Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) größer ist als ein kleinster Abstand zwischen zwei direkt benachbarten Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10).
 3. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1 oder 2, bei dem für das Hochpass-Signal und/oder das Tiefpass-Signal ein Entzerrer (18a, 18b) und/oder ein Verstärker (19a, 19b) vorgesehen sind, die ausgebildet sind, um ein Frequenzverhalten einer Schallausgabe des Schallwiedergabesystems in einem vordefinierten Frequenzbereich zu vergleichmäßigen.
 4. Schallwiedergabesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das flache Gehäuse (1) im Inneren mindestens einen Steg (19a, 19b, 19c) zum Verbinden der Vorderwand (1a) und der Rückwand aufweist, wobei der mindestens eine Steg (19a, 19b, 19c) so angeordnet ist, dass er zwischen einem Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) und einem benachbarten Einzellausprecher des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) angeordnet ist.
 5. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Flächen-Array (10) so in einer Vorderwand (1a) exzentrisch angeordnet ist, dass ein Mittelpunkt des Flächen-Arrays (10) von einem Mittelpunkt der Vorderwand (1a) um wenigstens 10 % der kürzeren Seite der Vorderwand (1a) unterschiedlich ist.
 6. Schallwiedergabesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine Anzahl von Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) in dem Flächen-Array (10) wenigstens doppelt so groß ist wie eine Anzahl von Einzellausprechern in dem weiteren Array (13c, 13d, 13e).
 7. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Flächen-Array (10) wenigstens zwei Gruppen (12a, 12b, 12c, 12d, 12e) von Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) aufweist, wobei jede Gruppe von Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) wenigstens zwei Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) aufweist, wobei die Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) in einer Gruppe von Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) seriell geschaltet sind, und wobei die Gruppen von Einzellausprechern (11a, 11b, 11c) parallel geschaltet sind.
 8. Schallwiedergabesystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das weitere Array (13c, 13d, 13e) ein Linien-Array von Einzellausprechern ist, wobei eine Ansteuerungsschaltung vorhanden ist, die ausgebildet ist, um äußere Einzellausprecher des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) mit einem amplitudenmäßig schwächeren Treibersignal als einen mittleren Einzellausprecher des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) zu versorgen.
 9. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, in dem alle Einzellausprecher des Schallwiedergabesystems insgesamt identische aktive Flächen haben.
 10. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Einzellausprecher (11a, 11b, 11c) so in dem flachen Gehäuse angeordnet sind, dass zwischen einer Rückseite einer Membran jedes Einzellausprechers (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) und einer nächstliegenden Gehäusewand wenigstens ein Abstand von 0,8 cm und höchstens ein Abstand von 4 cm vorhanden ist.
 11. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Tiefe des flachen Gehäuses (1) kleiner als 1/10 der kürzeren Seite der Vorderwand (1a) oder der Rückwand ist.
 12. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das flache Gehäuse (1) eine durchgehende Trennung (19a, 19b) aufweist, um für das erste Flächen-Teil-Array (13a) ein erstes Gehäusevolumen bereitzustellen und für das zweite Flächen-Teil-Array (13b) ein zweites Gehäusevolumen bereitzustellen, wobei das erste Gehäusevolumen und das zweite Gehäusevolumen durch die Trennung (19a, 19b) voneinander getrennt sind.
 13. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das weitere Array (13c, 13d, 13e) von Einzellausprechern vorhanden ist, das in dem flachen Gehäuse (1) zurückgesetzt ist, oder das vor der aktiven Fläche eine Wellenfüh-

rungseinrichtung aufweist.

14. Schallwiedergabesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in dem weiteren Array (13c, 13d, 13e) von Einzellautsprechern einer oder mehrere Einzellautsprecher bezüglich der Einzellautsprecher (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) verkippt angeordnet sind, so dass sich eine Flächennormale auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers des weiteren Arrays (13c, 13d, 13e) von einer Flächennormalen auf eine aktive Fläche eines Einzellautsprechers (11a, 11b, 11c) des Flächen-Arrays (10) unterscheidet.
15. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1, bei dem das Flächen-Array (10) und das weitere Array (13c, 13d, 13e) bezüglich der Breite zentral angeordnet sind.
16. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1, bei dem eine Anzahl von Einzellautsprechern zwischen 9 und 49 liegt.
17. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1, bei dem das Flächen-Array (10) bezüglich einer Breite des Schallwiedergabesystems zentral, zu Kanten des Schallwiedergabesystems parallel, und bezüglich einer Höhe des Schallwiedergabesystems exzentrisch angeordnet ist.
18. Schallwiedergabesystem nach Anspruch 1, bei dem eine Position des Arrays auf der Frontplatte so ausgewählt ist, dass eine Entfernung eines zentralen Einzellautsprechers zu einer oberen Gehäusekante, eine Entfernung eines zentralen Einzellautsprechers des Flächen-Arrays (10) zu einer unteren Gehäusekante und eine Entfernung eines zentralen Einzellautsprechers des Flächen-Arrays (10) zu seitlichen Gehäusekanten unterschiedlich zueinander sind und keine ganzzahligen Vielfachen voneinander sind.

Claims

1. Sound reproduction system comprising:

a flat housing (1), wherein the flat housing (1) comprises a front wall (1a), a rear wall, and a side wall (1b),

an two-dimensional array (10) consisting of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) having a flat shape, wherein the two-dimensional array (10) comprises at least two adjacent rows of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c), wherein a row of the at least two adjacent rows of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) comprises at least two individual loudspeakers (11a, 11b,

11c), and wherein a different row of the at least two adjacent rows of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) comprises at least one individual loudspeaker (11a, 11b, 11c), wherein the two-dimensional array (10) comprises a first two-dimensional sub-array (13a) consisting of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) and a second two-dimensional sub-array (13b) consisting of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c); a further array (13c, 13d, 13e) consisting of individual loudspeakers having a flat shape, said further array (13c, 13d, 13e) being arranged along a width of the front wall (1a) between the first two-dimensional sub-array (13a) consisting of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) and the second two-dimensional sub-array (13b) consisting of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c); and a frequency-separating means (16) for providing a high-pass signal (17a) and a low-pass signal (17b), the high-pass signal being used for controlling the individual loudspeakers of the further array (13c, 13d, 13e), and the low-pass signal (17b) being used for controlling the individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) of the first two-dimensional sub-array (13a) and the second two-dimensional sub-array (13b) of the two-dimensional array (10); wherein the individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10) are accommodated in the front wall (1a), and wherein the flat housing (1) comprises a depth of less than 5 cm, or wherein a diameter of an individual loudspeaker (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array is smaller than 5 cm, and wherein the two-dimensional array (10) and the further array (13c, 13d, 13e) are arranged in the front wall (1a) in parallel to the edges of the front wall (1a), and wherein the two-dimensional array (10) and the further array (13c, 13d, 13e) are arranged eccentrically in the front wall (1a).

2. Sound reproduction system according to claim 1, wherein a smallest distance of an individual loudspeaker of the further array (13c, 13d, 13e) from an individual loudspeaker (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10) is greater than a smallest distance between two directly adjacent individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10).
3. Sound reproduction system according to claim 1 or 2, wherein an equalizer (18a, 18b) and/or an amplifier (19a, 19b) are provided for the high-pass signal and/or the low-pass signal and configured to homogenize a frequency response of a sound output of the sound reproduction system in a predefined frequency range.

4. Sound reproduction system according to one of claims 1 to 3, wherein the flat housing (1) comprises, in its interior, at least one ridge (19a, 19b, 19c) for connecting the front wall (1a) to the rear wall, said at least one ridge (19a, 19b, 19c) being arranged such that it is arranged between an individual loudspeaker (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10) and an adjacent individual loudspeaker of the further array (13c, 13d, 13e). 5
5. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein the two-dimensional array (10) is eccentrically arranged in a front wall (1a) such that a center of the two-dimensional array (10) differs from a center of the front wall (1a) by at least 10 % of the shorter side of the front wall (1a). 10
6. Sound reproduction system according to one of claims 1 to 5, wherein a number of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) in the two-dimensional array (10) is at least double the number of individual loudspeakers in the further array (13c, 13d, 13e). 15
7. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein the two-dimensional array (10) comprises at least two groups (12a, 12b, 12c, 12d, 12e) of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c), each group of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) comprising at least two individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) within a group of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) being serially connected, and the groups of individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) being connected in parallel. 20
8. Sound reproduction system according to one of claims 1 to 7, wherein the further array (13c, 13d, 13e) is a line array consisting of individual loudspeakers, wherein a control circuit exists which is configured to provide outer individual loudspeakers of the further array (13c, 13d, 13e) with a driver signal that is weaker, in terms of amplitude, than a central individual loudspeaker of the further array (13c, 13d, 13e). 25
9. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein all individual loudspeakers of the sound reproduction system comprise overall identical active areas. 30
10. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein the individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) are arranged within the flat housing such that there is at least a distance of 0.8 cm and at most a distance of 4 cm between a rear side of a diaphragm of each individual loudspeaker (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10) and a nearest housing wall. 35
11. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein a depth of the flat housing (1) is less than 1/10 of the shorter side of the front wall (1a) or the rear wall. 40
12. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein the flat housing (1) comprises a continuous partitioning (19a, 19b) so as to provide a first housing volume for the first two-dimensional sub-array (13a) and to provide a second housing volume for the second two-dimensional sub-array (13b), the first housing volume and the second housing volume being separated from each other by the partitioning (19a, 19b). 45
13. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein the further array (13c, 13d, 13e) of individual loudspeakers exists, which is set back within the flat housing (1), or which has a waveguide means in front of the active area. 50
14. Sound reproduction system according to one of the preceding claims, wherein, in the further array (13c, 13d, 13e) consisting of individual loudspeakers, one or more individual loudspeakers are arranged in a tilted manner in relation to the individual loudspeakers (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10), so that a surface normal to an active area of an individual loudspeaker of the further array (13c, 13d, 13e) differs from a surface normal to an active area of an individual loudspeaker (11a, 11b, 11c) of the two-dimensional array (10). 55
15. Sound reproduction system according to claim 1, wherein the two-dimensional array (10) and the further array (13c, 13d, 13e) are arranged centrally with regard to the width.
16. Sound reproduction system according to claim 1, wherein a number of individual loudspeakers ranges between 9 and 49.
17. Sound reproduction system according to claim 1, wherein the two-dimensional array (10) is arranged centrally with regard to a width of the sound reproduction system, parallel to edges of the sound reproduction system, and eccentrically with regard to a height of the sound reproduction system.
18. Sound reproduction system according to claim 1, wherein a position of the array on the front plate is selected such that a distance of a central individual loudspeaker from a top housing edge, a distance of a central individual loudspeaker of the two-dimensional array (10) from a bottom housing edge, and a distance of a central individual loudspeaker of the two-dimensional array (10) from lateral housing edges are different from one another and are not integral

multiples of one another.

Revendications

1. Système de reproduction de son, aux caractéristiques suivantes:

un boîtier plat (1), où le boîtier plat (1) présente une paroi avant (1a), une paroi arrière et une paroi latérale (1b),

un réseau de surface (10) composé de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) qui présentent une forme plane, où le réseau de surface (10) présente au moins deux rangées adjacentes de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c), où une rangée parmi les au moins deux rangées adjacentes de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) présente au moins deux haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c), et où une autre rangée parmi les au moins deux rangées adjacentes de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) présente au moins un haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c), où le réseau de surface (10) présente un premier sous-réseau de surface (13a) composé de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) et un deuxième sous-réseau de surface (13b) composé de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c);

un autre réseau (13c, 13d, 13e) composé de haut-parleurs individuels qui présentent une forme plane, où l'autre réseau (13c, 13d, 13e) est disposé le long d'une largeur de la paroi avant (1a) entre le premier sous-réseau de surface (13a) composé de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) et le deuxième sous-réseau de surface (13b) composé de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c); et

un filtre de fréquences (16) destiné à fournir un signal passe-haut (17a) et un signal passe-bas (17b), où le signal passe-haut est utilisé pour commander les haut-parleurs individuels de l'autre réseau (13c, 13d, 13e), et où le signal passe-bas (17b) est utilisé pour commander les haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) du premier sous-réseau de surface (13a) et du deuxième sous-réseau de surface (13b) du réseau de surface (10);

dans lequel les haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10) sont reçus dans la paroi avant (1a), et

dans lequel le boîtier plat (1) présente une profondeur inférieure à 5 cm, ou dans lequel un diamètre d'un haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10) est inférieur à 5 cm, et

dans lequel le réseau de surface (10) et l'autre réseau (13c, 13d, 13e) sont disposés dans la

paroi avant (1a) de manière parallèle aux bords de la paroi avant (1a), et dans lequel le réseau de surface (10) et l'autre réseau (13c, 13d, 13e) sont disposés de manière excentrique dans la paroi avant (1a).

5

2. Système de reproduction de son selon la revendication 1,

dans lequel une distance la plus petite entre un haut-parleur individuel de l'autre réseau (13c, 13d, 13e) et un haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10) est supérieure à une distance la plus petite entre deux haut-parleurs individuels directement adjacents (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10).

10

15

3. Système de reproduction de son selon la revendication 1 ou 2, dans lequel sont prévus, pour le signal passe-haut et/ou le signal passe-bas, un égaliseur (18a, 18b) et/ou un amplificateur (19a, 19b) qui sont conçus pour égaliser une réponse en fréquence d'une sortie de son du système de reproduction de son dans une plage de fréquences prédéfinie.

20

25

4. Système de reproduction de son selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le boîtier plat (1) présente à l'intérieur au moins une entretoise (19a, 19b, 19c) destinée à connecter la paroi avant (1a) et la paroi arrière, où l'au moins une entretoise (19a, 19b, 19c) est disposée de sorte qu'elle soit disposée entre un haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10) et un haut-parleur individuel adjacent de l'autre réseau (13c, 13d, 13e).

30

35

5. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau de surface (10) est disposé de manière excentrique dans une paroi avant (1a) de sorte qu'un point central du réseau de surface (10) soit différent d'un point central de la paroi avant (1a) d'au moins 10 % du côté le plus court de la paroi avant (1a).

40

6. Système de reproduction de son selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel un nombre de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) dans le réseau de surface (10) est au moins deux fois plus grand que le nombre de haut-parleurs individuels dans l'autre réseau (13c, 13d, 13e).

45

7. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau de surface (10) comporte au moins deux groupes (12a, 12b, 12c, 12d, 12e) de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c), dans lequel chaque groupe de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) présente au moins deux haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c), dans lequel les haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) sont connectés en série dans un groupe

50

55

- de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c), et dans lequel les groupes de haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) sont connectés en parallèle.
8. Système de reproduction de son selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'autre réseau (13c, 13d, 13e) est un réseau de rangées de haut-parleurs individuels, dans lequel est présent un circuit de commande qui est conçu pour alimenter les haut-parleurs individuels extérieurs de l'autre réseau (13c, 13d, 13e) par un signal de pilotage plus faible en amplitude qu'un haut-parleur individuel central de l'autre réseau (13c, 13d, 13e). 5
 9. Système de reproduction de son selon l'un des revendications précédentes, dans lequel tous les haut-parleurs individuels du système de reproduction de son présentent dans l'ensemble des surfaces actives identiques. 10
 10. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) sont disposés dans le boîtier plat de sorte qu'entre une face arrière d'une membrane de chaque haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10) et une paroi de boîtier adjacente soit présente au moins une distance de 0,8 cm et tout au plus une distance de 4 cm. 15
 11. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une profondeur du boîtier plat (1) est inférieure à 1/10 du côté le plus court de la paroi avant (1a) ou de la paroi arrière. 20
 12. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le boîtier plat (1) présente une séparation continue (19a, 19b) aux fins de créer, pour le premier réseau partiel de surfaces (13a), un premier volume de boîtier et de créer, pour le deuxième réseau partiel de surfaces (13b), un deuxième volume de boîtier, dans lequel le premier volume de boîtier et le deuxième volume de boîtier sont séparés l'un de l'autre par la séparation (19a, 19b). 25
 13. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel est présent l'autre réseau (13c, 13d, 13e) de haut-parleurs individuels qui est placé en retrait dans le boîtier plat (1), ou qui présente un dispositif de guide d'ondes devant la surface active. 30
 14. Système de reproduction de son selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, dans l'autre réseau (13c, 13d, 13e) de haut-parleurs individuels, un ou plusieurs haut-parleurs individuels sont disposés inclinés par rapport aux haut-parleurs individuels (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10), de sorte qu'une normale à la surface sur une surface active d'un haut-parleur individuel de l'autre réseau (13c, 13d, 13e) diffère d'une normale à la surface sur une surface active d'un haut-parleur individuel (11a, 11b, 11c) du réseau de surface (10). 35
 15. Système de reproduction de son selon la revendication 1, dans lequel le réseau de surface (10) et l'autre réseau (13c, 13d, 13e) sont disposés de manière centrale par rapport à la largeur. 40
 16. Système de reproduction de son selon la revendication 1, dans lequel un nombre de haut-parleurs individuels est compris entre 9 et 4-9. 45
 17. Système de reproduction de son selon la revendication 1, dans lequel le réseau de surface (10) est disposé de manière centrale par rapport à une largeur du système de reproduction de son, de manière parallèle aux bords du système de reproduction de son, et de manière excentrique par rapport à une hauteur du système de reproduction de son. 50
 18. Système de reproduction de son selon la revendication 1, dans lequel une position du réseau sur le panneau avant est sélectionnée de sorte qu'une distance d'un haut-parleur individuel central par rapport à un bord supérieur du boîtier, qu'une distance d'un haut-parleur individuel central du réseau de surface (10) par rapport à un bord inférieur du boîtier et qu'une distance d'un haut-parleur individuel central du réseau de surface (10) par rapport aux bords latéraux du boîtier soient différentes l'une de l'autre et ne soient pas des multiples de nombre entier l'une de l'autre. 55

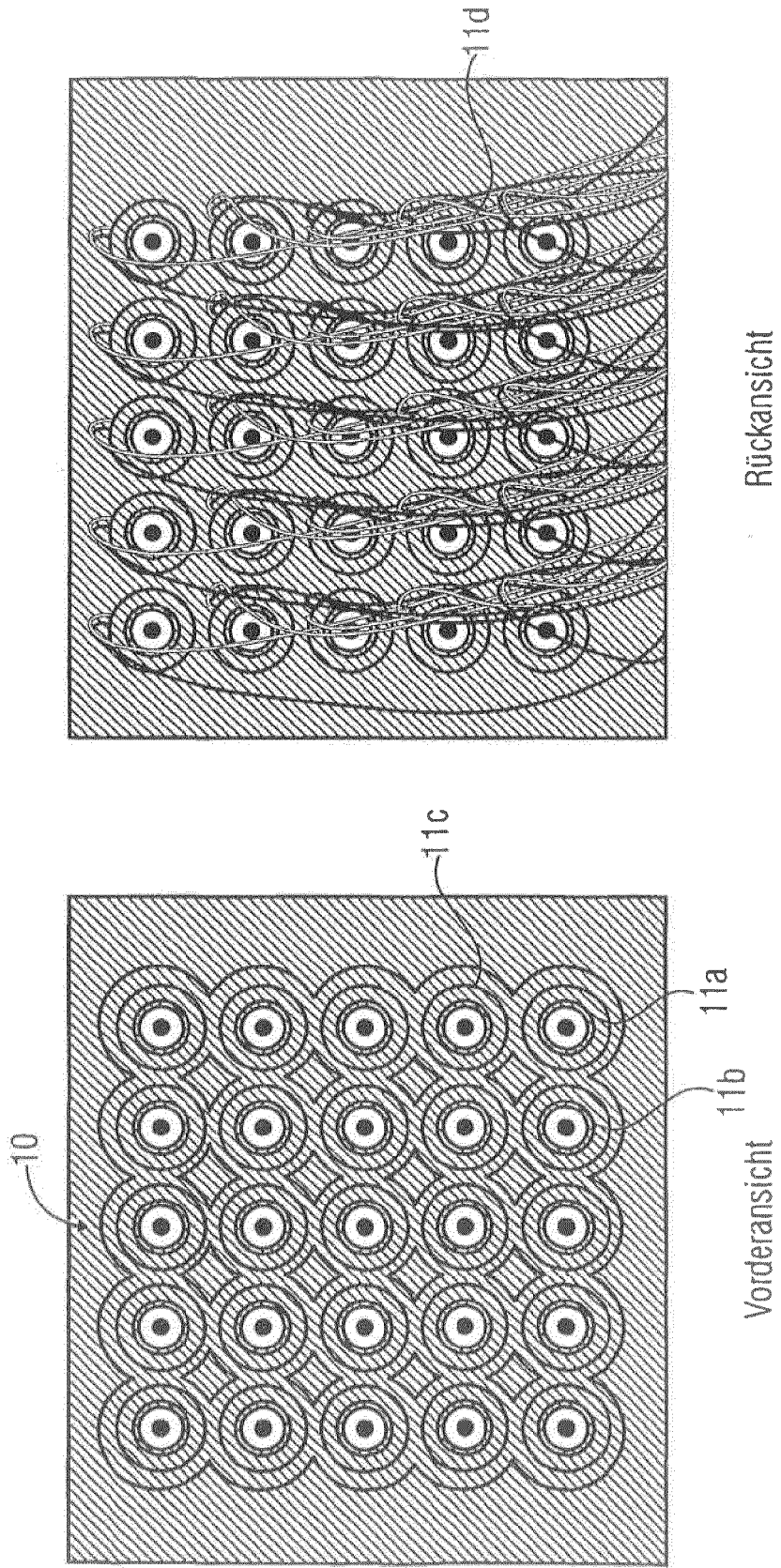


FIG 1B

FIG 1A

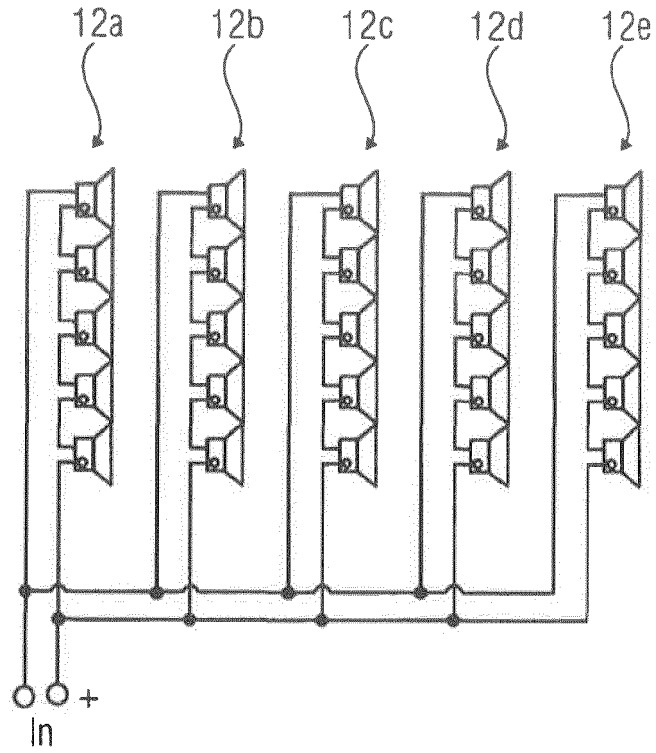
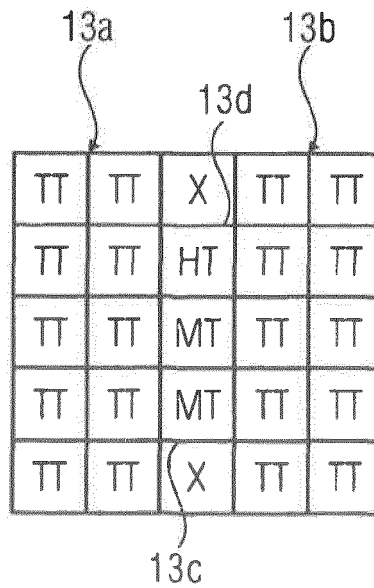


FIG 1C



Frequenzmäßige Aufteilung des Arrayelemente in 3-Wege-Ansteuerung;
 TT - Tiefton, MT - Mittelton, HT - Hochton, X - kurzgeschlossen

FIG 1D

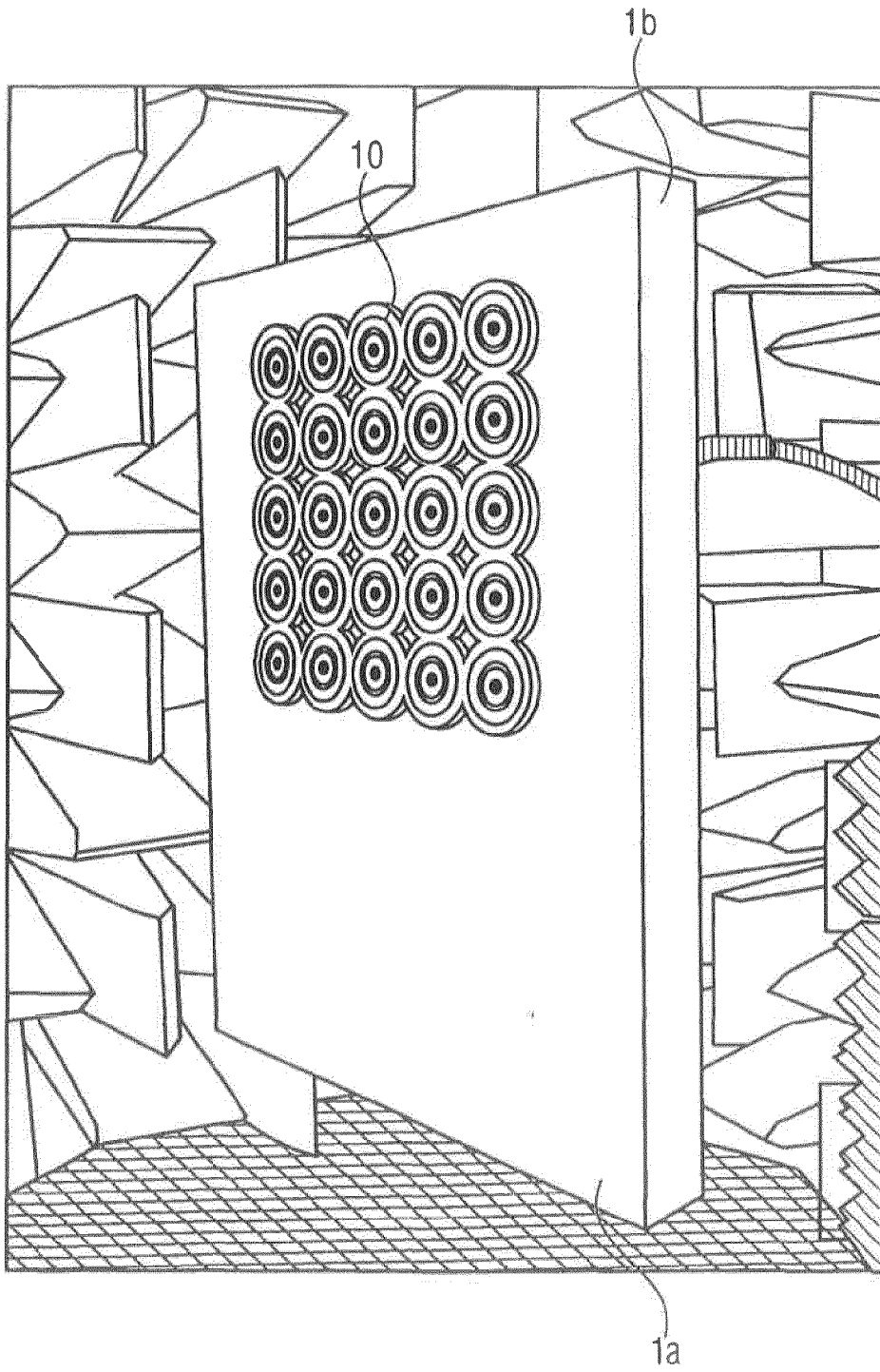


FIG 2A

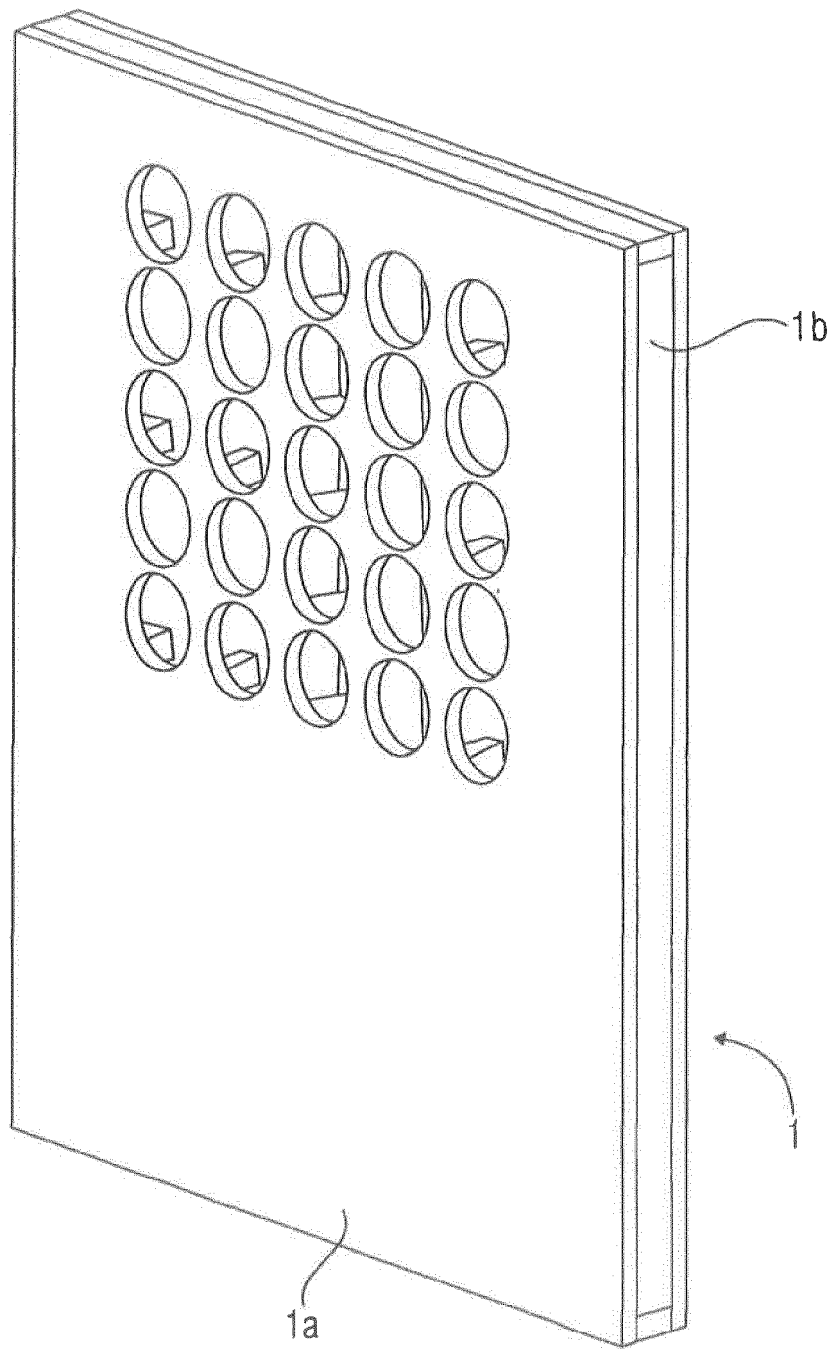


FIG 2B

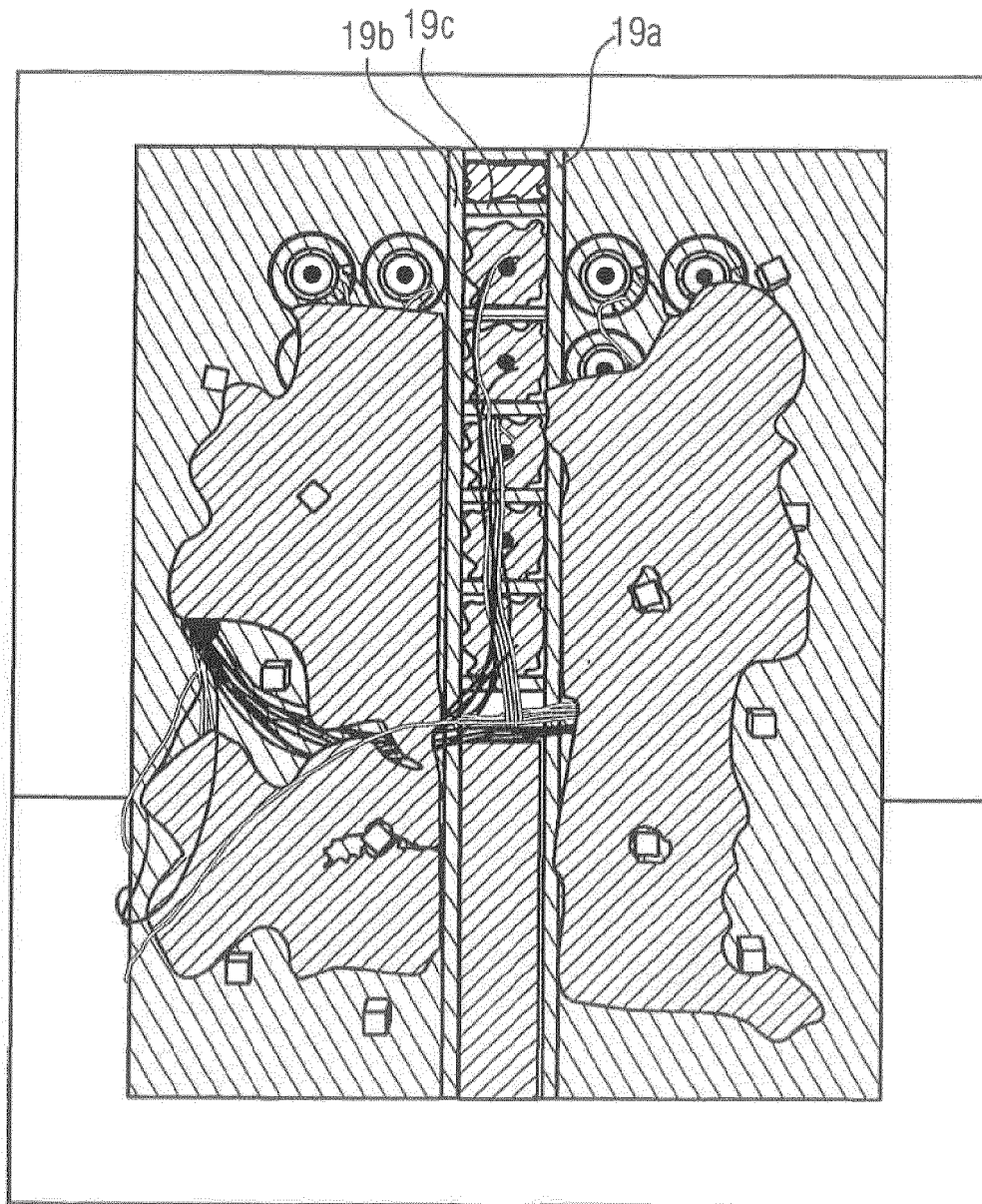
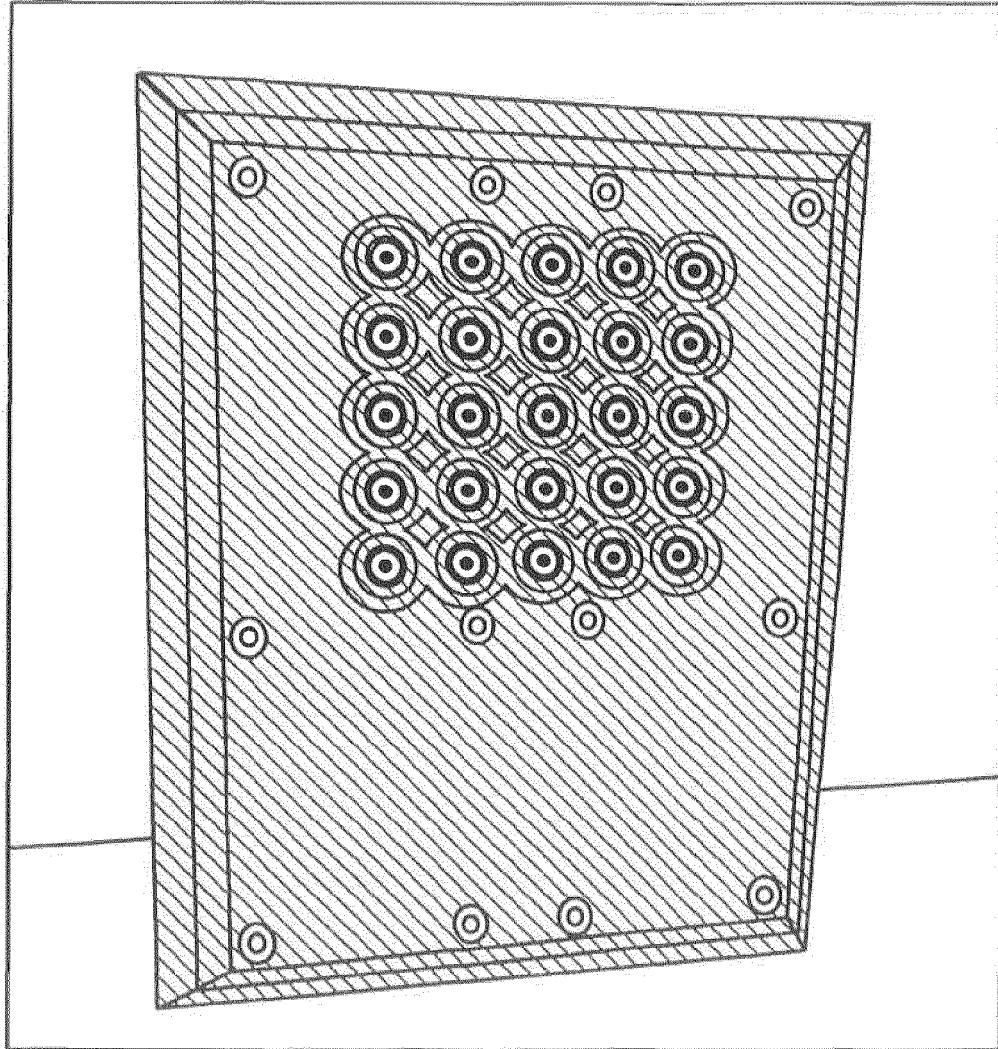


FIG 2C

13a 13e 13b

π	π	HT(0,5)	π	π
π	π	HT(1)	π	π
π	π	HT(1)	π	π
π	π	HT(-1)	π	π
π	π	HT(0,5)	π	π

FIG 2D



Ansicht mit angesetzten Fasern

FIG 2E

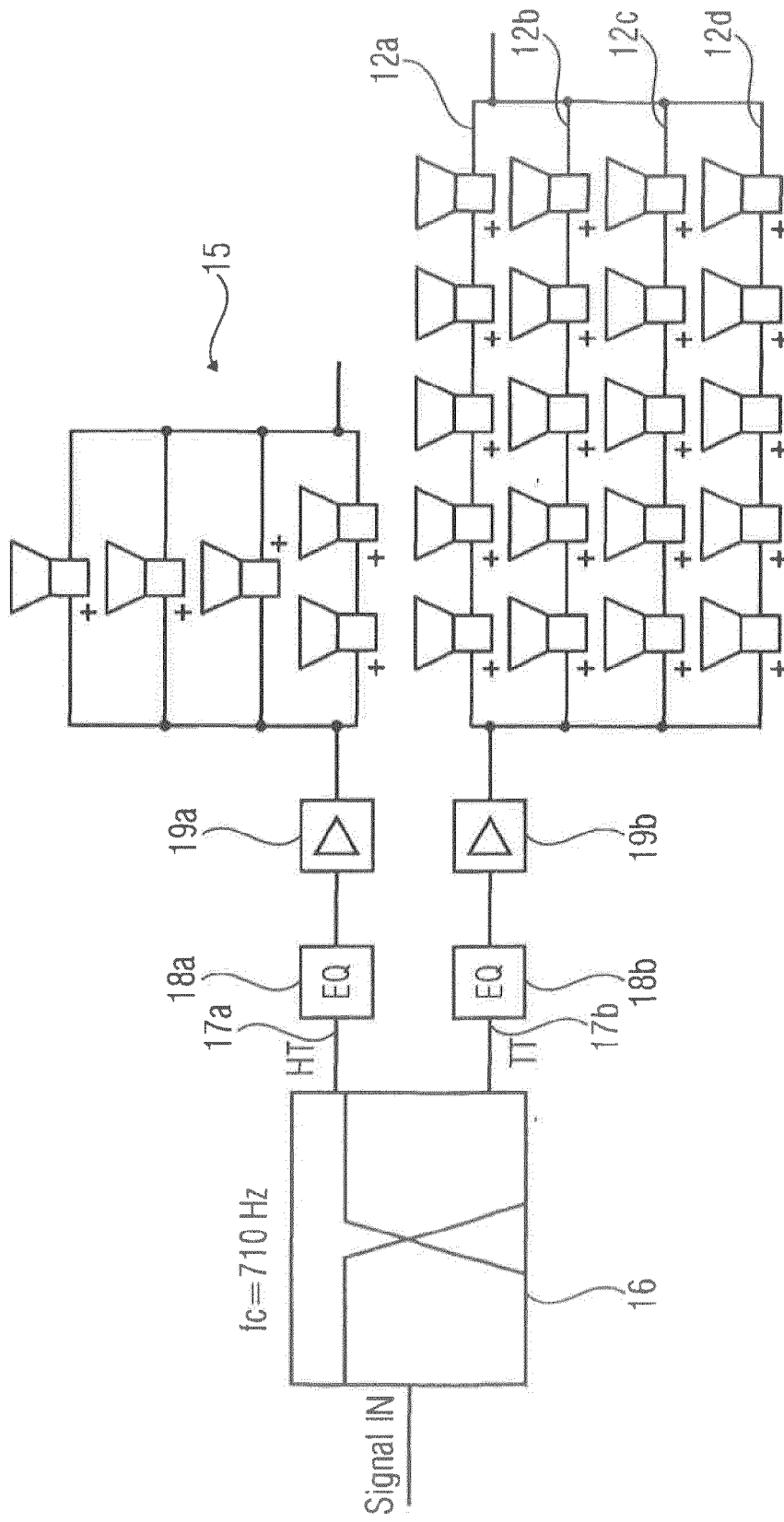


FIG 3

Außenmaße

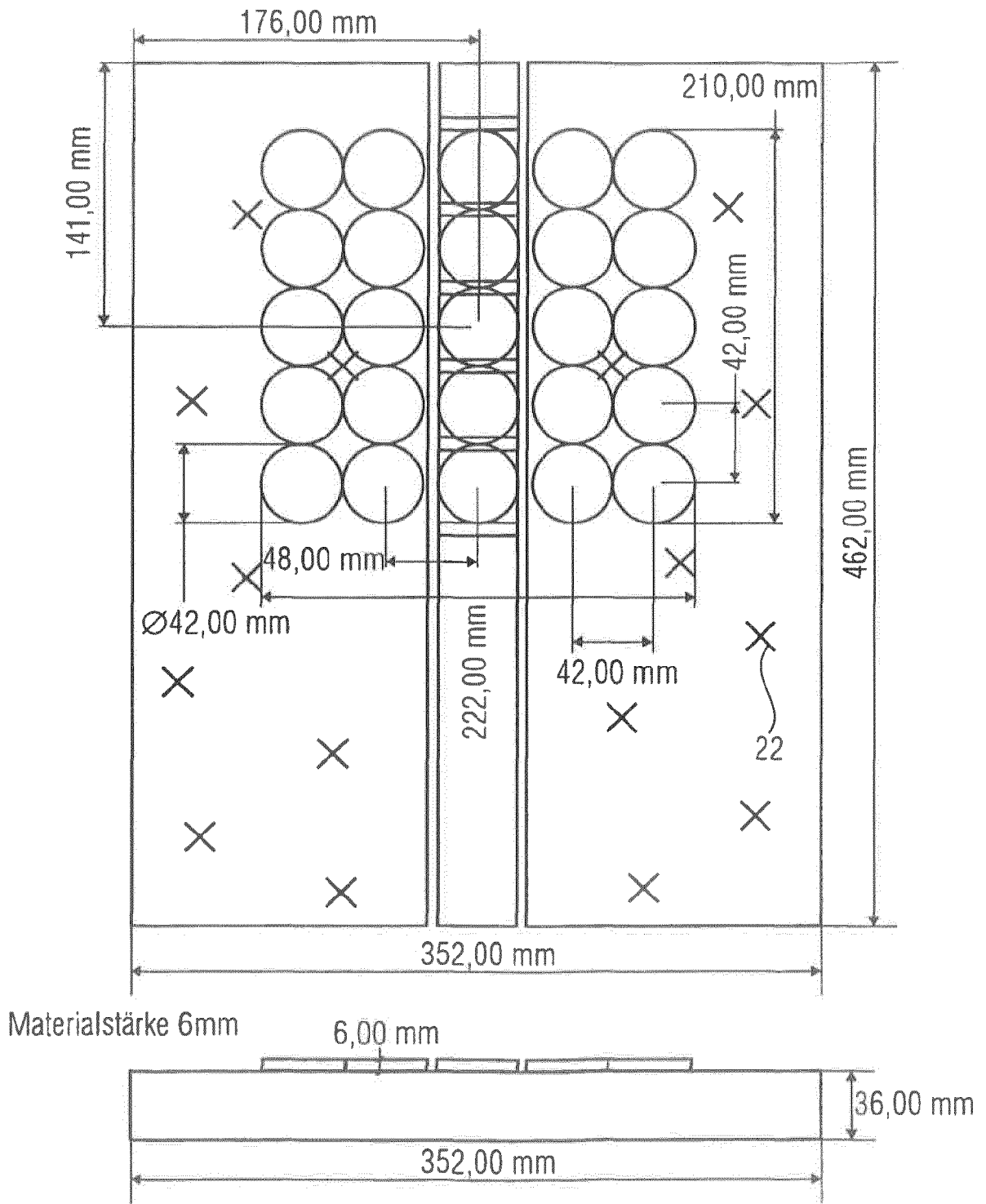


FIG 4A

FIG 4B

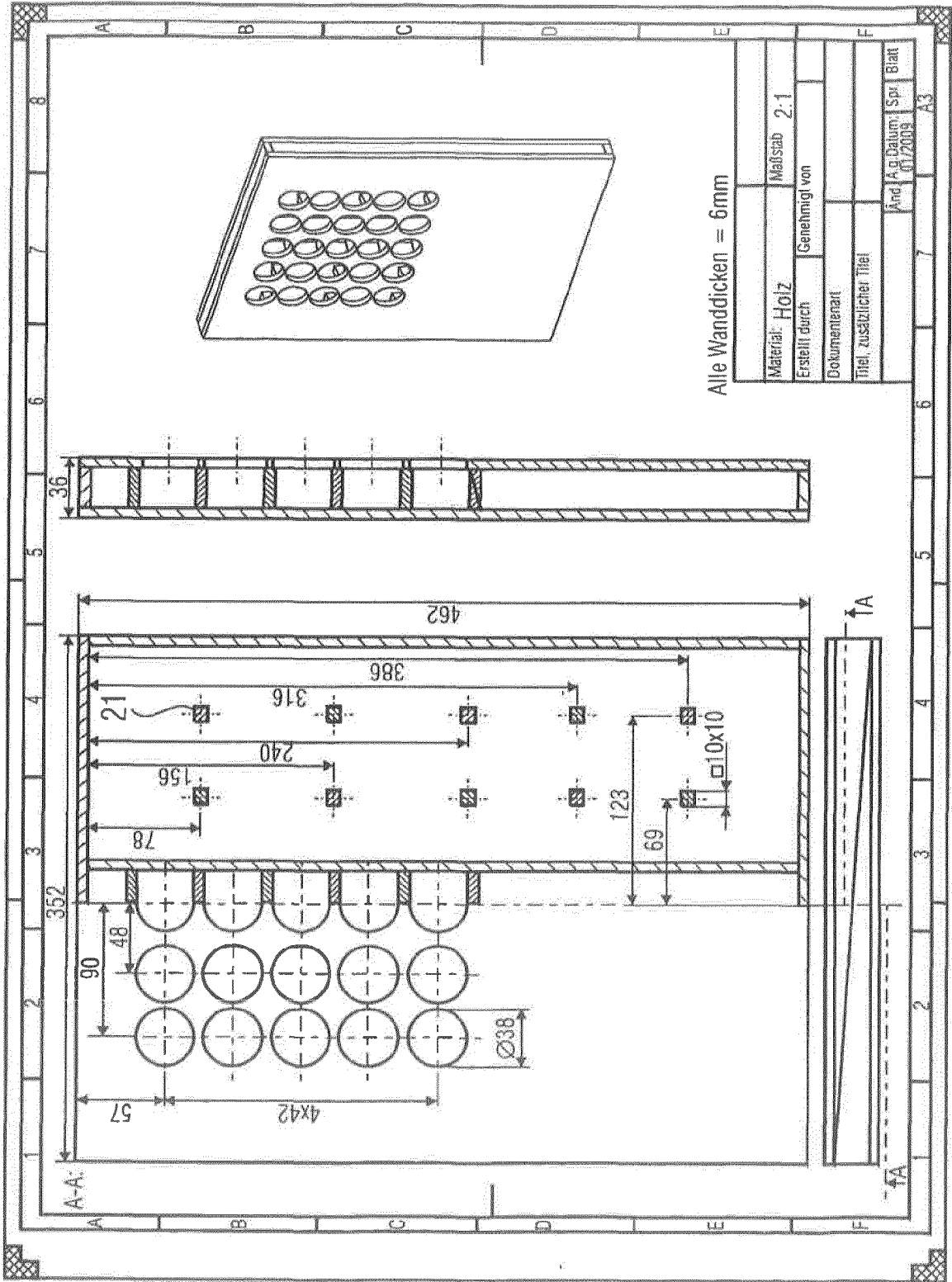


FIG 5A

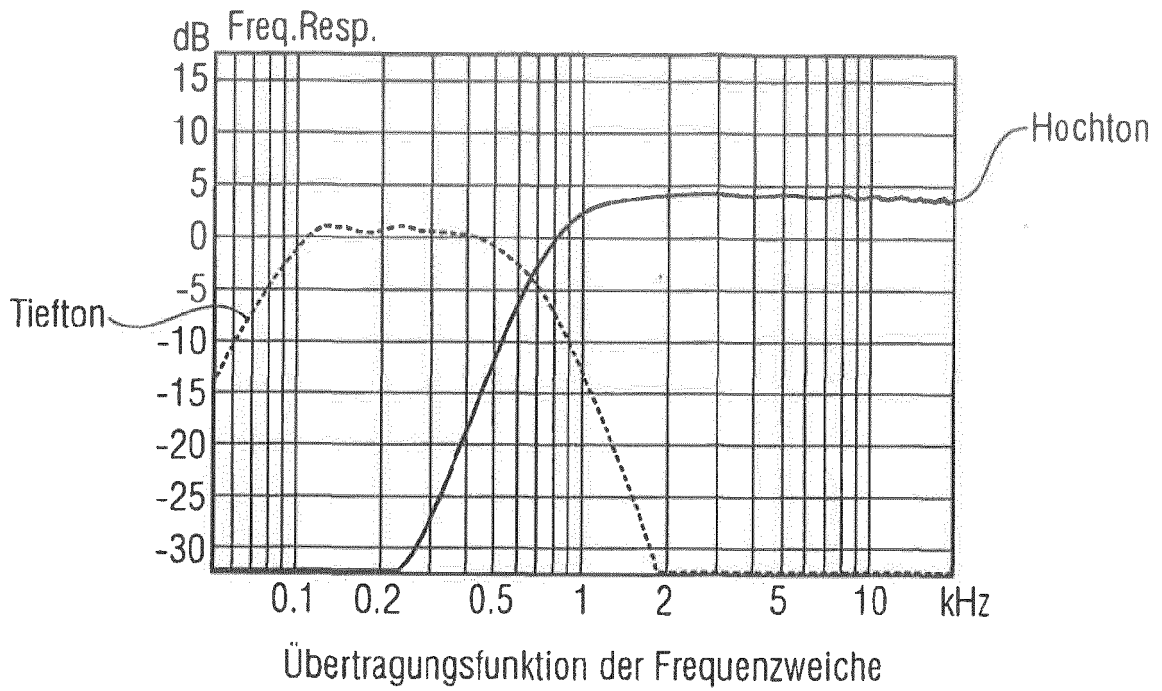


FIG 5B

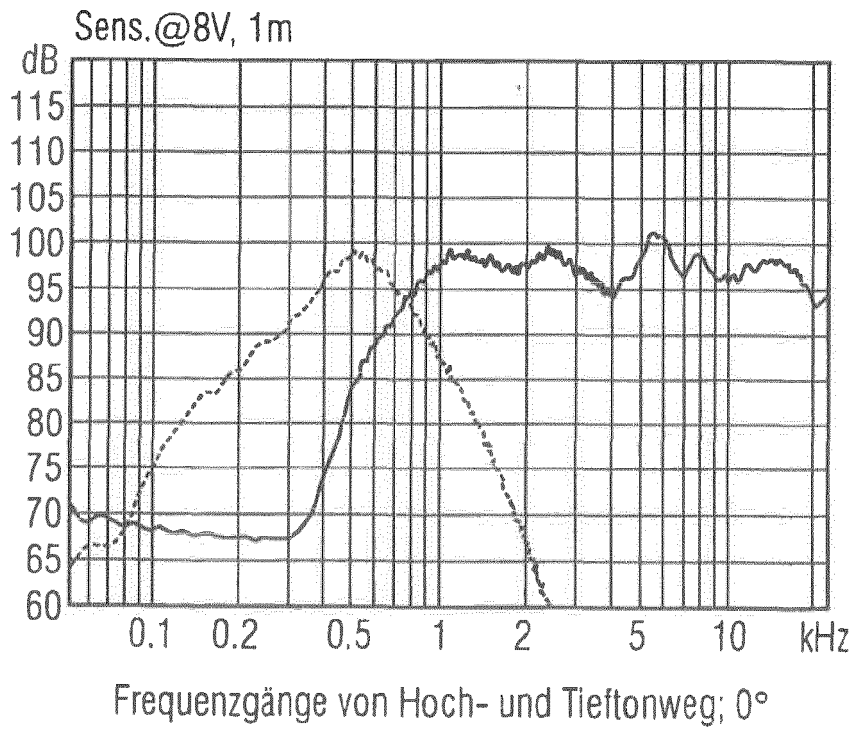


FIG 5C

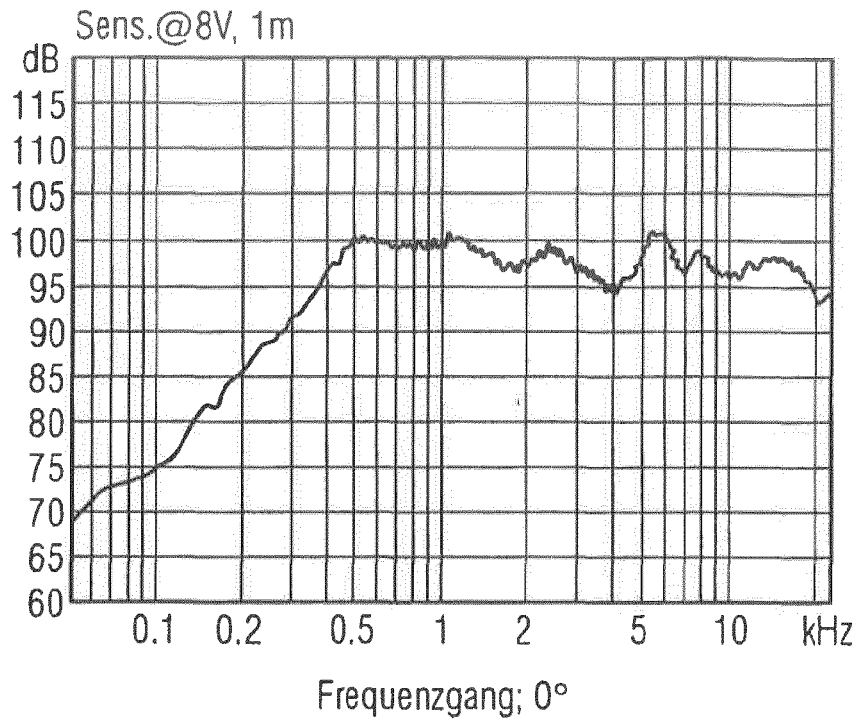
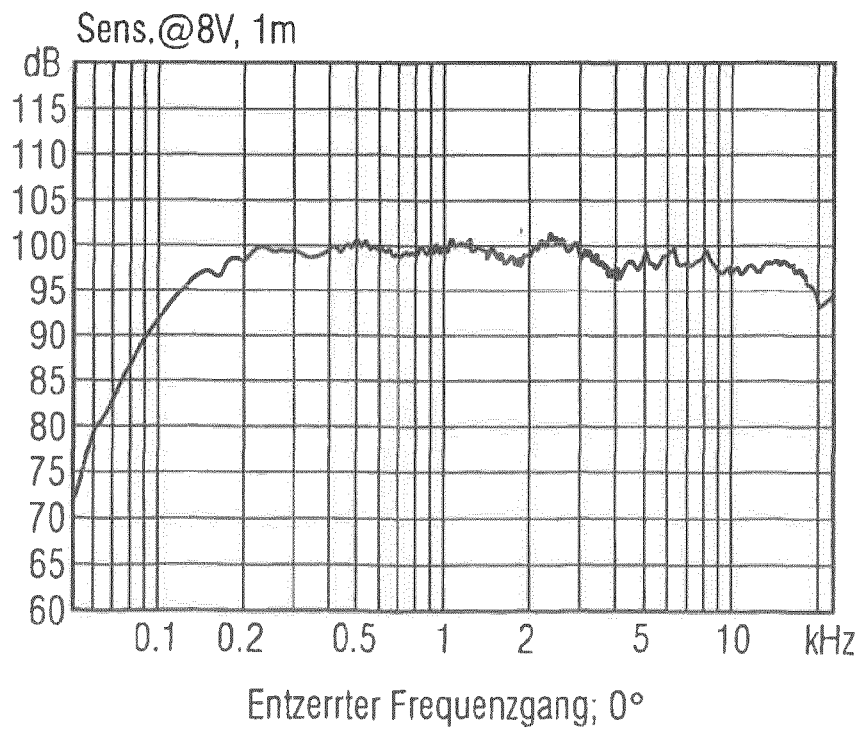
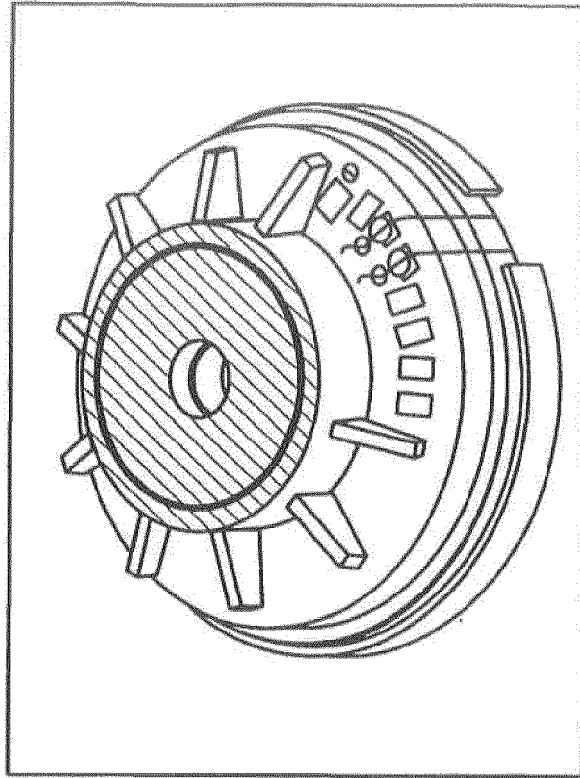
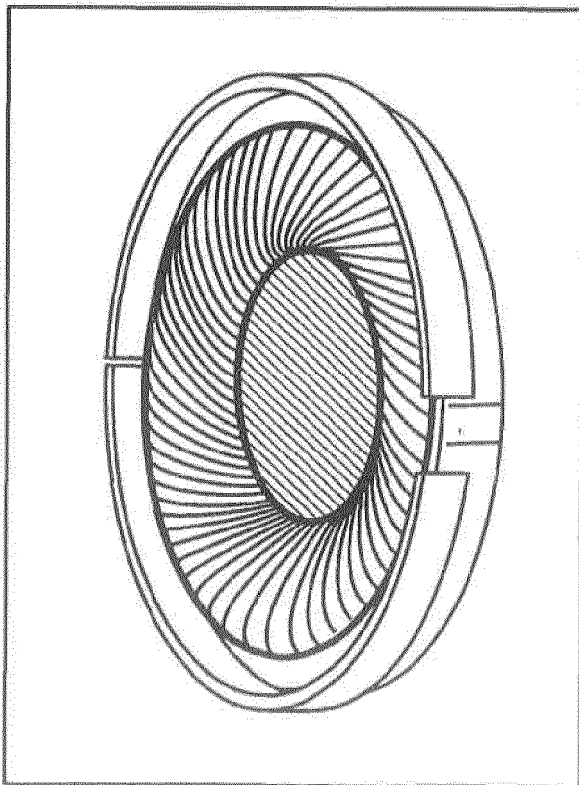


FIG 5D





Rückansicht

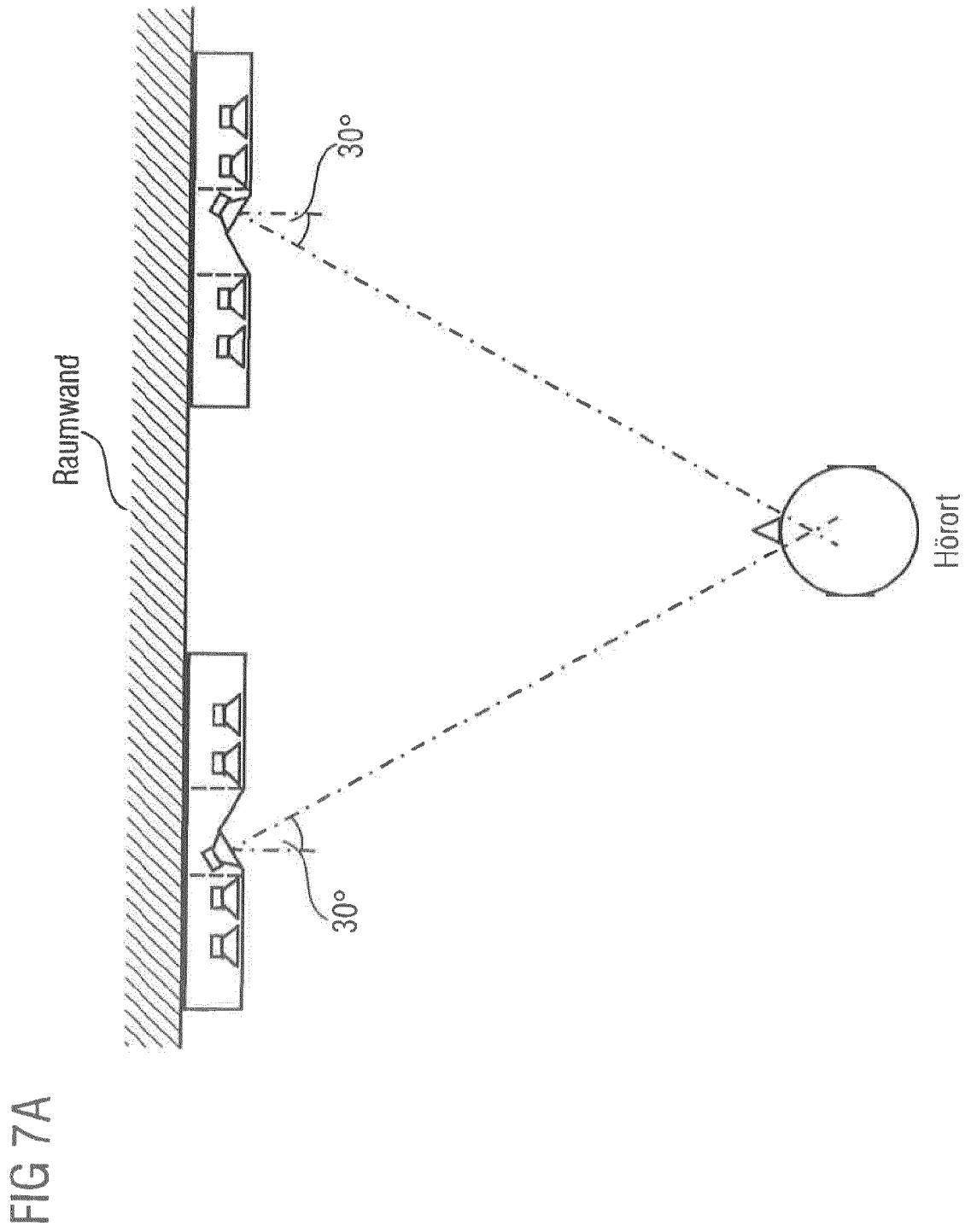


Vorderansicht

FIG 6A

Parameter	Wert
Durchmesser	41,60 mm
Bautiefe	10,60 mm
Membrandurchmesser	36 mm
Bewegte Masse	0,18 g
Schwingspulenhöhe	3,06 mm
Schwingspulendurchmesser	18,76 mm
Maximaler linearer Membranhub	+/- 0,5 mm
Minimale Impedanz	49,50 Ω
Nennimpedanz	50 Ω
Gleichstromwiderstand R_{DC}	53 Ω
Schwingspuleninduktivität L	0,59 mH
Krafffaktor BI(X)	4,5 N/A
obere Grenzfrequenz (-6 dB)	22000 Hz
untere Grenzfrequenz	abhängig vom Gehäuse
Resonanzfrequenz f_s	120 Hz
Mechanische Güte Q_{ms}	1,25
Elektrische Güte Q_{es}	0,41
Gesamtgüte Q_{ts}	0,307
Äquivalentes Luftvolumen V_{AS}	0,661
Dauerbelastbarkeit (Pink Noise)	300 mW

FIG 6B



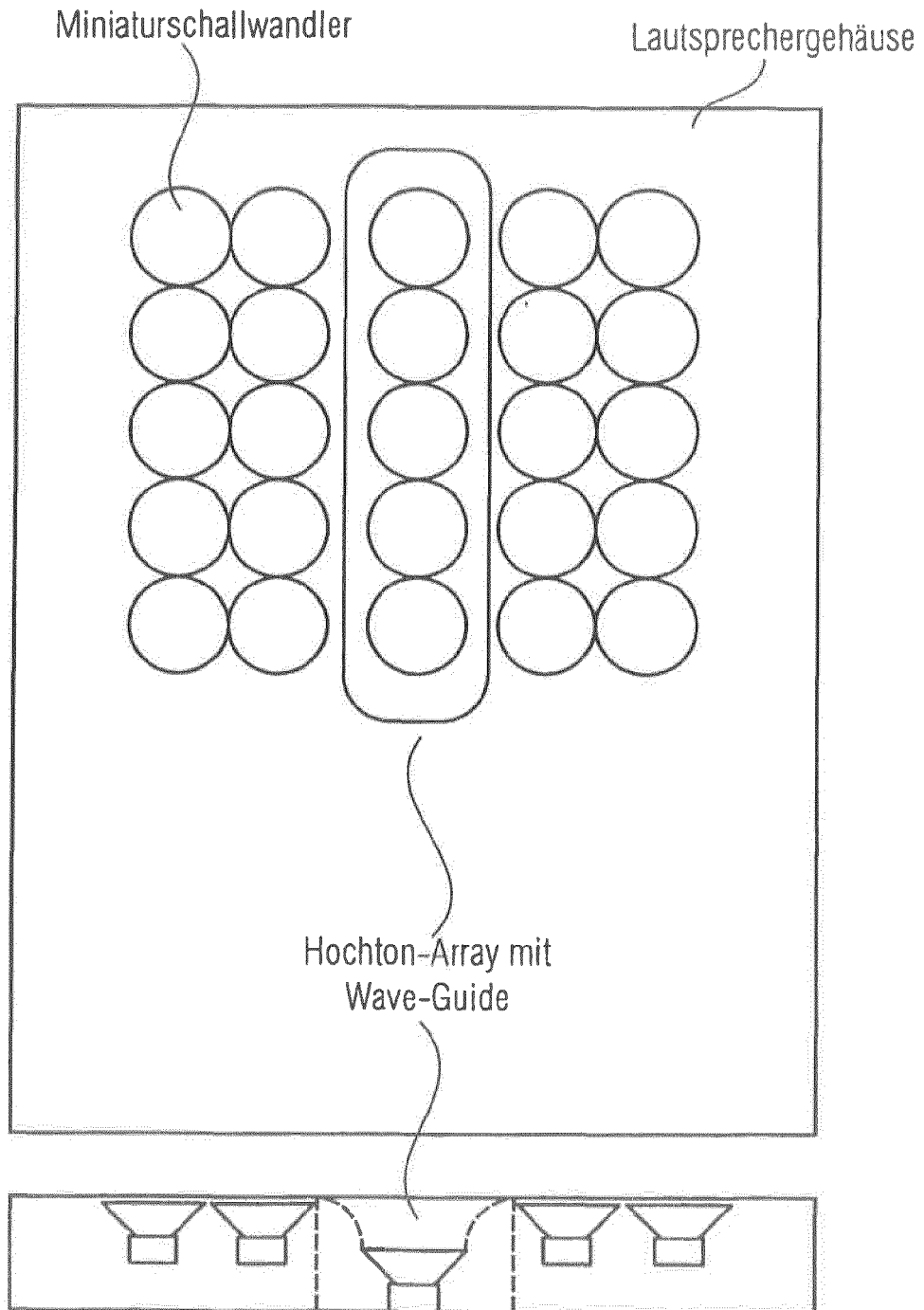


FIG 7B

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 2007263894 A1 [0005]
- US 20050201583 A1 [0006]
- DE 69507896 T2 [0007]
- US 2602860 A [0008]
- US 4399328 A [0009]
- US 6801631 B1 [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BEER, D.** *Flachlautsprecher - ein Überblick, präsentiert auf der DAGA08*, März 2008 [0003]
- **H. AZIMA ; J. PANZER.** Distributed-Mode Loudspeakers (DML) in Small Enclosures. *106th AES Convention*, Mai 1999 [0003]
- **BEER et al.** The air spring effect of flat panel speakers. *124th AES-Convention*, Mai 2008 [0003]
- **WAGNER, ROLAND.** Electrostatic Loudspeaker - Design and Construction. Audio Amateurs Press, 1993 [0003]