

(19)



(11)

EP 3 280 161 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

19.01.2022 Patentblatt 2022/03

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

H04S 3/00 (2006.01) H04S 7/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17187840.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

H04S 3/00; H04S 7/303; H04R 2203/12; H04R 2205/024; H04R 2499/13

(22) Anmeldetag: **05.06.2015**

(54) **LAUTSPRECHERSYSTEM**

SPEAKER SYSTEM

SYSTÈME D'HAUT-PARLEURS

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

- **Beer, Daniel**
98693 Martinroda (DE)
- **Franck, Andreas**
Southampton, SO17 1QH (GB)

(30) Priorität: **05.06.2014 DE 102014210821**
29.08.2014 DE 102014217344

(74) Vertreter: **Pfitzner, Hannes et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radtkoferstraße 2
81373 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.02.2018 Patentblatt 2018/06

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
15729381.2 / 3 152 925

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 427 253 WO-A1-2004/075601
WO-A2-2012/068174 JP-A- H05 199 595
JP-A- H06 289 880 US-A- 6 112 847
US-A1- 2008 130 922 US-A1- 2009 067 657
US-A1- 2012 012 111 US-B1- 6 237 715
US-B1- 8 224 001

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

(72) Erfinder:
• **Sladeczek, Christoph**
98693 Ilmenau (DE)

EP 3 280 161 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] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Lautsprechersystem für ein Fahrzeug, insbesondere mit einem Lautsprecher-Array, allgemein auf Lautsprecher-Arrays mit einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern in unterschiedlichen Anordnungskonfigurationen und auf ein Lautsprecher-Array mit Schallführung.

[0002] Zukünftige Infotainment-Systeme in Fahrzeugen und die damit verbundenen Lautsprechersysteme in Fahrzeugen müssen anspruchsvollen Aufgaben in komplexen Verkehrsszenarien gerecht werden. Dazu wird eine absolut zuverlässige Funktion vorausgesetzt, wobei Gefahren in beliebigen Fahrsituationen für den Fahrer, z.B. durch Fehlfunktion, ausgeschlossen werden müssen. Hierbei spielen Kommunikationsanforderungen und schnelle Informationsbereitstellung sowie ungestörte Audiowiedergabe eine wesentliche Rolle. Dabei sind als Störsignale nicht nur Fahrzeuggeräusche zu verstehen, sondern auch paralleles Konsumieren von unterschiedlichen Audio-Inhalten, wie etwa beim gleichzeitigen Telefonieren und Konsumieren von Medieninhalte aus Sicht mehrerer Passagiere. Derartige Herausforderungen bedingen Systemeigenschaften, die eine individuelle Beschallung auf begrenzte Hörgebiete, sogenannte Schall- oder Hörzonen ermöglichen.

[0003] Zur Realisierung dieser Systeme sind typischerweise neben den elektroakustischen Komponenten, effiziente Algorithmen zur Störschallunterdrückung und eine leistungsfähige Datenkommunikation zur Regelung des adaptiven Systems erforderlich.

[0004] Ausgehend von dieser Problemstellung gibt es bereits einige auf dem Markt eingesetzte bzw. zumindest teilweise erprobte Konzepte. Ein Beispiel ist die personalisierte Beschallung (mittels Schallzonen) durch Verwendung von Lautsprechern in unmittelbarer Nähe zu den Ohren des Hörers in der jeweiligen Schallzone, z.B. durch Lautsprecherintegration in die entsprechenden Kopfstützen des jeweiligen Autositzes pro Hörzone. Ein derartiges System mit in Gruppen unterteilte Lautsprecher ist in der Patentschrift US 8,126,159 offenbart. Ein Vorteil dieses Ansatzes ist die hohe akustische Trennung gegenüber den benachbarten Schallzonen, infolge der großen Differenz in der Hörentfernung. Hier liegt das theoretische Modell der Pegelabnahme mit ca. 6 dB je Entfernungsverdopplung (bei idealer Kugelwellenausbreitung) zugrunde. Ein Nachteil dieses Ansatzes ist die hohe Störsensibilität z.B. infolge von Kopfbewegungen. Dies führt zu einem zu starken Pegelschwankungen und deutlichen Beeinträchtigungen der räumlichen Wahrnehmung, z.B. Verlust der Stereo-Images.

[0005] Ein zweiter Stand-der-Technik-Ansatz betrifft die personalisierten Schallzonen, welche unter Verwendung von Ultraschalltechnik erzeugt werden können. Hörschall wird auf Ultraschallträger moduliert und hochfokussiert auf die Hörzonen abgestrahlt. Grundvoraussetzung dieses Modulationsprinzips ist die Abstrahlung

von sehr hohen Ultraschallpegeln, z.B. größer 130 dB. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass der Ultraschall infolge der günstigen Verhältnisse aus Wellenlänge zu der Größe der aktiven "Abstrahlfläche", definiert durch die Lautsprecher-Größe bzw. die Lautsprecher-Array-Größe, stärker fokussiert abgestrahlt wird als Frequenzen des Hörfrequenzbereichs. Damit ist eine höhere akustische Trennung der Schallzonen bei gleicher Größe der verwendeten Lautsprechertechnik möglich. Der Nachteil dieses Ansatzes ist nicht nur, dass Ultraschall ab bestimmten Leistungspegeln gesundheitsschädigend sein kann (vgl. hierzu Einsatz von Ultraschall im medizinischen Bereich zur Zerstörung von Nierensteinen), sondern auch, dass es bei der Verwendung von Ultraschall zu starken Reflexionen im Fahrzeuginnenraum kommt, die sich nachteilig auf die akustische Kanaltrennung auswirken. Ferner bedingt der Ultraschalleinsatz einen hohen Leistungsbedarf, was gleichbedeutend mit einer geringen Energieeffizienz ist. Hinzu kommt ein stark nichtlineares Übertragungsverhalten aufgrund des Demodulationsprinzips, was eine geringe Klangqualität nach sich zieht, die in der Regel nur für Sprachwiedergabe ausreicht.

[0006] Ein weiterer Stand-der-Technik-Ansatz basiert auf dem sogenannten Beamforming. Hierzu werden mehrere Lautsprecher verwendet, die z.B. im Fahrzeug verteilte und/oder zu einem Lautsprecher-Array gruppiert sind. Durch die gezielte Ansteuerung jedes Lautsprechers wird eine gerichtete Schallabstrahlung, z.B. für individuelle Schallzonen, erzielt. Im Zusammenhang hiermit sei beispielsweise auf die Patentschrift US 8,073,156 verwiesen, welche die Verwendung von linienförmigen Lautsprecher-Arrays in einem Fahrzeug offenbart. Hiermit ist es möglich, ein Klangmuster auf eine oder mehrere Positionen im Fahrzeug zu fokussieren. Das Patentdokument US 2012 / 0 121 113 offenbart den Einsatz eines weiteren Lautsprecher-Arrays in einem Fahrzeug inklusive entsprechendem Controller. Der Vorteil gegenüber dem erstgenannten Ansatz liegt in der stabileren Schallzone, auch bei Kopfbewegung. Des Weiteren ist keine unmittelbare Nähe der Sitzposition zu einer Lautsprecherreinbauposition notwendig. Im Vergleich zu dem zweitgenannten Ansatz besteht hier auch kein Gefährdungspotenzial aufgrund des hohen Schalldrucks. Außerdem ist eine bessere Klangqualität im Vergleich zu diesem Ultraschallansatz erzielbar. Nachteilig ist jedoch die erzielbare Schallfokussierung, die häufig eine ungenügende Kanaltrennung, insbesondere bedingt durch die realisierbaren Array-Abmessungen, die realisierbaren Schallwandlerabstände (Abstand von benachbarten elektroakustischen Schallwandlern) und die Anzahl der Schallwandler pro Array zur Folge hat. Zusätzlich wird die Kanaltrennung bisheriger Beamforming-Ansätze durch die raumakustischen Einflüsse im Fahrzeug, Reflexionen bzw. Raummoden herabgesetzt.

[0007] Des Weiteren offenbart die Patentschrift US 7,343,020 ein automobiles Audiosystem mit Richtlautsprechern, planaren Schallwandlern zur Erzeugung von Stereo-

oder Surround-Sounds für jeden Passagier individuell. Die Patentschrift US 2003/0021433 offenbart eine Lautsprecherkonfiguration zusammen mit einem Signalprozessor zur Stereokanalgenerierung für alle Passagiere einzeln durch Verwendung eines Center-Lautsprechers. Die Patentschrift EP 2 143 300 B1 offenbart ein Fahrzeuglautsprechersystem mit direktionalen Schallwandlern, ausgerichtet auf die jeweiligen Sitzpositionen (=Hörpositionen). Alle drei letztgenannten Ansätze aus den US-/EP-Patentschriften haben gemein, dass aufgrund der abzuleitenden Lautsprechertechnik es zu nicht ausreichender Kanaltrennung bzw. zu Übersprechen kommen kann. Deshalb besteht der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz.

[0008] Die EP 1 427 253 A2 zeigt ein Lautsprechersystem für ein Fahrzeug mit einem Lautsprecher-Array. Die JP H05 199595 A D3 zeigt den Einbau von Schallwandlern in ein Fahrzeug mit einer Mehrzahl von Schallführungen und Schallaustrittsöffnungen für jeden Schallwandler.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Konzept für ein Lautsprechersystem, insbesondere für ein Fahrzeug-Lautsprechersystem, zu schaffen, das die oben beschriebenen Nachteile vermeidet und somit qualitativ hochwertige Raumklangerzeugung mit guter Kanaltrennung ermöglicht. Insbesondere ist es Ziel der Erfindung, eine platzsparende Installation zu ermöglichen.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Ein Ausführungsbeispiel umfasst ein Lautsprechersystem für ein Fahrzeug mit einem Lautsprecher-Array. Das Lautsprecher-Array umfasst eine Mehrzahl elektroakustischer Schallwandler, die individuell ansteuerbar sind, so dass über die Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler ein nutzerspezifisches Audiosignal für verschiedene Nutzer an unterschiedlichen Hörpositionen in einem Fahrzeuginnenraum des Fahrzeugs wiedergebar ist. Das Lautsprecher-Array oder im Fall von eingesetzten Schallführungen ein Schallausslass des Lautsprecher-Arrays ist hierbei insbesondere zwischen zumindest zwei der Hörpositionen in dem Fahrzeuginnenraum, also z.B. zwischen dem Fahrer und dem Beifahrersitz, angeordnet.

[0012] Den Ausführungsbeispielen dieses Aspekts liegt also die Erkennung zugrunde, dass ein Lautsprechersystem für ein Fahrzeug insbesondere hinsichtlich Kanaltrennung, z.B. bei Wiedergabe unterschiedlicher Audio-Inhalt an den unterschiedlichen Hörpositionen, dadurch verbessert werden kann, dass ein Lautsprecher-Array zentral im Sinne von mittig bezogen auf alle oder die relevanten Hörpositionen angeordnet ist. Das eingesetzte Lautsprecher-Array kann für jeden Hörplatz (oder jeden relevanten Hörplatz) eine separate Schallkeule bzw. z.B. bei Stereo mehrere separate Schallkeulen pro Zone aufbauen. Durch die mittige Anordnung des Lautsprecher-Arrays, z.B. am Dachhimmel zwischen

den Sitzen, wird erreicht, dass das Lautsprecher-Array von jedem relevanten Hörplatz ungefähr gleichweit entfernt ist, so dass jede Schallkeule ähnliche Ausdehnung aufweist und vor allem dass die Schallkeulen in Bezug auf ihre Richtung auch gegenläufig orientiert sind, was in Hinblick auf die Kanaltrennung insbesondere bei nutzerspezifischer Audiowiedergabe optimal ist.

[0013] Wie oben bereits angedeutet, wäre eine bevorzugte Positionierung des Lautsprecher-Arrays entsprechend den Ausführungsbeispielen im Dachhimmel des Fahrzeugs, in der Mittelkonsole, in dem Armaturenbrett oder in der Hutablage, wobei entsprechend weiterer Ausführungsbeispiele insbesondere wichtig ist, dass ein Abstand zwischen dem Array und den Hörpositionen bzw. zumindest den relevanten Hörpositionen (Teilmenge aller Hörpositionen) im Wesentlichen, d.h. also mit einem abweichenden +/- 30% gleich ist.

[0014] Je Hörposition kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen zumindest ein Zusatzlautsprecher, wie z.B. der üblicherweise vorhandene Lautsprecher in der Tür bzw. dem Spiegeldreieck und/oder ein anders positionierter Zusatzlautsprecher vorgesehen sein. Der Zusatzlautsprecher kann auch als Körperschallwandler ausgeführt sein. Der Zusatzlautsprecher ist bevorzugt näher am Nutzer angeordnet als das Lautsprecher-Array. Durch eine derartige dichte Anordnung ist es möglich, dass der von dem Zusatzlautsprecher abgestrahlte Schall in Bezug auf die anderen Hörpositionen nahezu zu vernachlässigen ist, da hier mit wesentlich geringeren Schallpegeln und großen Pegeldifferenz infolge großem Unterschied im Hörabstand gearbeitet werden kann. Durch diesen Zusatzlautsprecher ist es möglich, je Hörposition Stereo, aber auch Mono mit lokaler Pegelanhebung oder Frequenzerweiterung (z.B. Tiefen) zu erzeugen.

[0015] Stereo kann auch unter Zuhilfenahme der Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler und des Lautsprecher-Arrays basierend auf der Technik des akustischen Beamformings erzeugt werden. Hierbei werden dann beispielsweise pro Hörposition mindestens zwei Beams (Schallkeulen) oder auch ein Stereo-Beam erzeugt. In diesem Zusammenhang muss auch erwähnt werden, dass es denkbar wäre, dass unter Zuhilfenahme von Übertragungsfunktionen, welche psychoakustischen Effekte emulieren, die zu erzeugenden Schallquellen virtuell im Raum positioniert werden. Vorteilhaft bei der Positionierung der Quellen mittels Beamforming wäre es entsprechend zusätzlichen Ausführungsbeispielen, dass die Beams unter Berücksichtigung der Sitzzeinstellung bzw. der Kopfposition des Hörers nachgeführt werden, so dass unabhängig von der Sitzposition ein gleichbleibend guter Wiedergabeeindruck entsteht.

[0016] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst das Lautsprechersystem auf einen Signalprozessor, der beispielsweise zum Beamforming den elektroakustischen Schallwandler und/oder den oder die Zusatzlautsprecher individuell ansteuert.

[0017] Die Erfindung schafft ein Lautsprecher-Array

mit einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern, die an ihrer Schallabstrahlfläche mit Schallführungen zur Schallausgabe bzw. zur Schalllenkung gekoppelt sind, wobei jede Schallführung eine Schallaustrittsöffnung umfasst. Die Mehrzahl der Schallaustrittsöffnungen ist so angeordnet, dass ein mittlerer Abstand zwischen den Schallaustrittsöffnungen kleiner ist als ein (möglicher) mittlerer Abstand zwischen den nebeneinander angeordneten elektroakustischen Schallwandlern.

[0018] Diesem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei Lautsprecher-Arrays eine kompakte Verteilung der einzelnen Schallquellen, insbesondere in Hinblick auf die selektive Schallfokussierung bei der Schallabstrahlung zu bevorzugen ist. Um eine kompakte Verteilung auch bei Arrays mit großer Ausdehnung, z.B. infolge von großen Schallwandlern, zu erreichen, werden erfindungsgemäß (für diesen dritten Aspekt) trichterförmige Schallführungen, welche jeweils mit einem elektroakustischen Schallwandler gekoppelt sind, eingesetzt. Dabei sind die Schallaustrittsöffnungen der Schallführungen kleiner als die Schalleinlassöffnungen der Schallführungen, so dass die Schallaustrittsöffnungen als kompaktes Feld arrangiert werden können. Somit kann die Richtungscharakteristik für ein Array, welches mit einer Vielzahl von Schallführungen gekoppelt wird, verbessert werden.

[0019] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a ein exemplarisches Schaubild einer Anordnung eines Lautsprecher-Arrays in einem Fahrzeug gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel (Mono) ;
- Fig. 1b ein schematisches Schaubild einer Anordnung in einem Fahrzeug gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiels (teilweise Stereo) ;
- Fig. 1c,d schematische Schaubilder von der Anordnung eines Lautsprecher-Arrays in Kombination mit Zusatzschallwandlern in einem Fahrzeug gemäß weiteren Ausführungsbeispielen (teilweise Stereo);
- Fig. 2a ein schematisches Schaubild eines Lautsprecher-Arrays mit Schallwandlern unterschiedlichen Typs für das Lautsprechersystem gemäß den Ausführungsbeispielen aus Figs. 1a-1d;
- Fig. 2b ein schematisches Schaubild eines Linienförmigen Lautsprecher-Arrays mit Schallwandlern unterschiedlichen Typs gemäß einem Ausführungsbeispiel ;
- Fig. 2c ein schematisches Schaubild eines Lautsprecher-Arrays mit flächig angeordneten Schallwandlern unterschiedlichen Typs gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2d ein Schaubild eines Lautsprecher-Arrays mit Schallwandlern unterschiedlichen Typs gemäß einem zusätzlichen Ausführungsbeispiel; und
- Fig. 3 ein schematisches Schaubild eines Lautsprecher-Arrays mit einer Vielzahl an Schallführungen gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.
- [0020]** Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren im Detail erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente oder Strukturen mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschreibung der austauschbar bzw. aufeinander anwendbar ist.
- [0021]** Fig. 1a zeigt einen schematisch dargestellten Fahrzeuginnenraum 10 in der Draufsicht mit vier Hörpositionen 12a, 12b, 12c und 12d, jede definiert durch einen Sitz, auf welchem der potenzielle Hörer sitzen kann. Das Lautsprechersystem 1 für den Fahrzeuginnenraum 10 umfasst ein Lautsprecher-Array 20, umfassend die Vielzahl der elektroakustischen Schallwandler 20a-20h.
- [0022]** Wie hier illustriert, ist das Array 20 in Bezug auf den Fahrzeuginnenraum 10 relativ zentral angeordnet, was zur Folge hat, dass das Array 20 zumindest zwischen zwei Hörpositionen (Teilmenge aller Hörpositionen 12a-12d), hier sogar zwischen den vier Hörpositionen 12a-12d angeordnet ist. Als mögliche Bauräume für das Lautsprecher-Array ist hier beispielsweise der Dachhimmel, die Mittelkonsole, aber auch alternativer Weise das Armaturenbrett bzw. die Hutablage zu nennen. Allgemein gesprochen heißt das, dass das Lautsprecher-Array 20 oberhalb oder unterhalb oder sogar auf Höhe der Hörzonen 12a-12d bzw. der Ohrhöhe des Hörers installiert sein kann. Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass sich der Begriff zentral auf alle Hörzonen 12a-12d oder zumindest auf eine Teilmenge der Hörzonen 12a-12d, z.B. die Hörzone 12a und 12b, bezieht. Nachfolgend wird auf die Funktionsweise des so realisierten Lautsprechersystems für das Fahrzeug eingegangen.
- [0023]** In dem dargestellten Beispiel wird durch das Lautsprecher-Array je Hörposition 12a-12d eine Schallkeule 22a-22d, die bevorzugter Weise auf die Hörzonen 12a-12d ausgerichtet sind bzw. zumindest diesen zugeordnet sind, ausgebildet. Die Ausbildung dieser Schallkeulen 22a-22d erfolgt dadurch, dass die Schallwandler 20a-20h des Lautsprecher-Arrays 20 unterschiedlich angesteuert werden, beispielsweise unter Berücksichtigung von sogenannten Beamforming-Algorithmen, die auch die Abstrahlcharakteristik der Einzelwandler 20a-20h sowie die raumakustischen Einflüsse einbeziehen können. Im Zusammenhang mit dieser Signalverarbeitung sei auf die Grundlagen der Lehre der Wellenfeldsynthese verwiesen, die größtenteils die Basis für das hier durchgeführte Beamforming bietet. D.h. also, dass das Lautsprecher-Array 20 ausgebildet ist, um je Hörplatz 12a-12d eine separate Schallkeule 22a-22d aufzu-

bauen, wobei aufgrund der zentralen Anordnung jede Schallkeule 22a-22d in Bezug auf ihre Ausrichtung gegenläufig (von der Mitte zu den Hörplätzen 12a-12d) orientiert ist. Zusätzlich ist (infolge der zentralen Anordnung) das Lautsprecher-Array 20 von jedem Hörplatz 12a-12d ungefähr gleichweit entfernt, so dass jede Schallkeule 22a-22d ähnliche Ausprägungen (z.B. Ausdehnung und Pegel) aufweist. Diese zwei Eigenschaften tragen maßgeblich zu der erreichten Kanaltrennung zwischen den Kanälen 22a-22d bei. Ein Vorteil der mittels dem Beamforming erzeugten Schallkeulen 22a-22d liegt darin, dass die Kanaltrennung so gut ist, dass nutzerspezifische Audiosignale für die Hörzonen 12a-12c erzeugt werden können. Infolgedessen kann in den unterschiedlichen Hörzonen 12a-12d nicht nur ein unterschiedliches Audiosignal im Sinne von Lautheit sondern sogar unterschiedliche Audioinhalte wiedergegeben werden. Zusätzlich wäre es auch denkbar, dass in einer der Schallzonen 12a-12d gezielt Stille durch Schallauslöschung generiert werden kann.

[0024] Bezug nehmend auf das Ausführungsbeispiel aus Fig. 1a sei angemerkt, dass durch die dargestellte Anordnung sogar eine zweite optionale Vorgabe erfüllt ist, nämlich dass der Abstand zwischen dem Lautsprecher-Array 20 und den einzelnen Hörpositionen 12a-12d im Wesentlichen, d.h. also mit einer Toleranz von +/- 30% gleich ist (zentrale Anordnung). Die zentrale Position des Arrays 20 reduziert ferner störende Einflüsse der Raumakustik bezüglich der Schallzonen, z.B. infolge von Schallreflexionen an Seitenscheiben.

[0025] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann anstelle des gesamten Lautsprecher-Arrays 20 auch ein Schallauslass einer Schallführung (vgl. Fig. 3), welche mit dem Lautsprecher-Array gekoppelt ist, zentral bzw. allgemein zwischen zumindest zwei der Hörzonen 12a-12d positioniert sein. Die Schallführung umfasst typischerweise einen mit dem jeweiligen Schallwandler 20a-20h gekoppelten Schalleiter je Schallwandler 20a-20h, wobei Vielzahl der Schallauslässe der Schalleiter den Schallauslass der Schallführung bilden. Hierdurch kann dann das eigentliche Schallwandler-Array 20, z.B. aus Platzgründen, an geeigneter Stelle im Auto (z.B. im Kofferraum) untergebracht werden und die Schallführung den Schall zum entsprechenden zentralen Schallauslasspunkt führen.

[0026] Durch derartig angeordnete Lautsprecher-Arrays ist es auch möglich, Stereo oder sogar 3D-Raumklang je Hörposition 12a-12d zu erzeugen, wie Bezug nehmend auf Fig. 1b dargestellt wird.

[0027] Fig. 1b zeigt die Draufsicht des Fahrzeuginnenraums 10 mit den vier Hörpositionen 12a-12d und dem Lautsprecher-Array 20 des Lautsprechersystems 1. Die Erzeugung von Stereo wird anhand der Position 12a erläutert, ist allerdings auch auf die anderen Hörpositionen 12a-12d übertragbar.

[0028] Wie in Fig. 1b dargestellt, wird für die Hörposition 12a eine Doppelschallkeule, umfassend die Schallkeulen 22aL und 22aR, erzeugt. Die Schallkeulen 22aL

und 22aR sind einmal auf das linke Ohr (22aL) und einmal auf das rechte Ohr (22aR) des Hörers an der Hörposition 12a ausgerichtet. Die Erzeugung von Schallkanälen je Hörposition 12a-12d ist nicht limitiert auf die Anzahl 2 für Stereo. Vielmehr können auch mehrere Schallkeulen je Hörposition 12a-12d erzeugt werden, um beispielsweise Raumklang zu simulieren. Hierbei wäre es entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen auch denkbar, dass bei der Erzeugung der Schallkeulen 22aL, 22aR, 22b, 22c und 22d (Beams) in der Signalverarbeitung Übertragungsfunktionen, welche psychoakustische Effekte emulieren, berücksichtigt werden, um die virtuellen Schallquellen besser im Innenraum 10 positionieren zu können. Beispiele für derartige Übertragungsfunktionen sind HRTF-Funktionen und/oder Blauertschen Bänder.

[0029] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen wäre es auch denkbar, dass bei der Ausrichtung der Schallkeulen 22aL, 22aR, 22b, 22c und 22d eine Berücksichtigung von Schallreflexionen (z.B. über Glasflächen) oder Schallabsorption erfolgt. Also wird im Vorfeld berücksichtigt, inwieweit direkte Schallwiedergabe und/oder indirekte Schallwiedergabe, also unter Einbeziehung von Wandreflexionen oder auch von optionalen Schallführungen, zum Einsatz kommt.

[0030] Entsprechend wiederum weiteren Ausführungsbeispielen wäre denkbar, dass die Schallkeulen 22aL, 22aR, 22b, 22c und 22d in Abhängigkeit von der Sitzposition, die die Hörposition 12a, 12b, 12c und 12d definieren, ausgerichtet werden. Hierbei wäre beispielsweise eine informatorische Kopplung des Lautsprechersystems an die (elektrische) Sitzeinstellung denkbar.

[0031] Ein weiteres Ausführungsbeispiel für das Lautsprechersystem ist in Fig. 1c und 1d offenbart, bei welchen das zentrale Lautsprecher-Array 20 mit mindestens einem Zusatzlautsprecher oder Zusatzlautsprecher-Array (oder allgemein mit einem Zusatzlautsprechersystem, umfassen mindestens einen Zusatzlautsprecher) kombiniert wird. Mögliche Positionen für den/die Zusatzlautsprecher sind die A-, B-, C-Säule, die Kopfstütze oder der Dachhimmel.

[0032] Fig. 1c zeigt den Fahrzeuginnenraum 10 (Draufsicht) mit den vier Hörpositionen 12a-12d, den zentral angeordneten Lautsprecher-Array 20 des Lautsprechersystems 1', wobei der ersten Hörposition 12a ein Zusatzlautsprecher 30a (hier z.B. im Dachhimmel, alternativ B-Säule bzw. Kopfstütze) zugeordnet ist. Dieser Zusatzlautsprecher 30a befindet sich aus Sicht des Hörers an der Hörposition 12a auf einer von dem Lautsprecher-Array 20 abgewandten Seite (hier links) und ist bevorzugter- aber nicht notwendigerweise näher am Ohr angeordnet als das zentrale Lautsprecher-Array 20. Hierdurch wird dann auch sichergestellt, dass eine weitere optionale Bedingung, nämlich die, dass der Zusatzlautsprecher 30a dichter an einer Hörposition 12a im Vergleich zu den anderen Hörpositionen 12b-12d angeordnet ist, erfüllt ist.

[0033] Wie hier dargestellt, erzeugt der Zusatzlautsprecher 30a eine Schallkeule 32aL, die dem einen (lin-

ken) Ohr des Hörers eine Hörposition 12a zugeordnet ist, während das andere (rechte) Ohr durch die Schallkeule 22aR (erzeugt durch das Lautsprecher-Array 20) beschallt wird. Somit ist es in dem dargestellten Ausführungsbeispiel möglich, Stereo an dem Hörplatz 12a zu erzeugen. Die Verwendung des Zusatzlautsprechers 30a ist nicht auf Stereo beschränkt, so kann der Zusatzlautsprecher 30a allgemein zur Unterstützung der Beschallung an dem Hörplatz 12a (Mono mit Pegelanhebung) dienen. Hierbei ist es vorteilhaft, dass der Zusatzlautsprecher 30a nah an dem Hörplatz positioniert wird, so dass die Gesetzmäßigkeiten des Schallpegelabfalls mit der Entfernung ausgenutzt werden, was dazu führt, dass der Schallpegel des Zusatzlautsprechers 30a in der zugehörigen Hörzone 12a lauter ist als in den fremden Hörzonen 12b-12d. Dies trägt vor allem zur erhöhten akustischen Trennung der Schallzonen 12a-12d bei. Allgemein sind die Vorteile eines des Zusatzlautsprechers 30a darin zu sehen, dass die Klangqualität und der Raumeindruck für die zugehörige Schallzone durch Ausnutzung von psychoakustischen Effekten verbessert werden. Allgemein sei festgestellt, dass durch die Anordnung von Schallwandlern 20 bzw. 30a möglichst nahe an der Hörposition (hier 12a), vgl. z.B. Schallwandler 20 und 30a in Bezug auf die Hörposition 12a, der Anteil an Direktschall zunimmt, so dass Reflexionen weiterstehend verdeckt werden bzw. vernachlässigbar sind.

[0034] Fig. 1d zeigt den Fahrzeuginnenraum 10 mit einem Lautsprechersystem 1" in einer Seitendarstellung. Hier ist der Hörplatz 12b und der Hörplatz 12d dargestellt, wobei ferner zu erkennen ist, dass das Lautsprecher-Array 20 zentral oberhalb der Hörplätze 12d und 12b (also im Dachhimmel) angeordnet ist. Für den (Font-) Hörplatz 12d, auf welchen die Schallkeule 22d ausgerichtet ist, ist ein Zusatzlautsprecher 30d (hier in der Hutablage zur Erzeugung der Schallkeule 32d) vorgesehen, der hinsichtlich Eigenschaften und Zweck dem Zusatzlautsprecher 30a aus Fig. 1c entspricht.

[0035] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ist es, wie auch hier in Fig. 1d dargestellt, möglich, dass je Hörplatz, hier 12d und 12b auch ein Körperschallanreger als Zusatzlautsprecher vorgesehen ist. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst der Sitz für den Hörplatz 12b den Körperschallanreger 35b, während der Sitz für den Hörplatz 12d den Körperschallanreger 35d umfasst. Jeder dieser Körperschallanreger 35b und 35d ist mechanisch fest mit dem Sitz (Sitzgestell oder Kopfstütze) für den Hörplatz 12b bzw. 12d (z.B. über den Fußraum) verbunden bzw. allgemein mit dem Standort des Hörers zugeordnet und ausgebildet, den Körperschall 36b bzw. 36d auszugeben, so dass er den jeweiligen Hörer erreicht. Diese Körperschallwandler 35b und 35d sind besonders als Unterstützung im Tieftonbereich geeignet, in welchem eine Schallreproduktion mit kleinen Arrays (wegen der limitierten Array-Größe) nicht ausreichend fokussierbar wäre. Durch optionale Schallentkopplungsmittel kann sichergestellt werden, dass der Körperschall 36d bzw. 36b in anderen Hörzonen, z.B.

12a und 12c nicht wahrnehmbar ist, was wiederum zur Erhöhung der akustischen Trennung zwischen den Schallzonen 12a-12d beiträgt.

[0036] Fig. 2a zeigt ein Lautsprecher-Array 50 mit einer Vielzahl von Schallwandlern 52a-52d des Typs A und einer Vielzahl von Schallwandlern 54a-54d des Typs B. Die Schallwandler des Typs A unterscheiden sich insbesondere in ihrer Größe, und damit typischer, aber nicht notwendiger Weise in ihrem übertragbaren Frequenzbereich von den elektroakustischen Schallwandlern 54a-54d des Typs B (B für Hochtonbereich, z.B. > 1000 Hz oder 500Hz; A für den Tieftonbereich, z.B. < 2000 Hz oder < 500Hz). Ferner kann auch die Richtungscharakteristik der Schallwandler 52a-52d des Typs A unterschiedlich zu den Schallwandlern 54a-54d des Typs B sein. Die Schallwandler 52a-52d und 54a-54b sind in Form eines linienförmigen Schallwandler-Arrays 50 angeordnet und weisen insgesamt weniger Schallwandler auf als beim Aufbau mit zwei parallelen Arrays des Typs A und B gleicher Länge. Diese in Fig. 2a gezeigte Array-Anordnungen 50 in Linienform kann vorteilhafter Weise als Arrays für die Lautsprechersysteme 1, 1' oder 1" aus Fig. 1a-1d eingesetzt werden.

[0037] Auch wenn das bzgl. Fig. 2a erläuterte Array in der Form von A, B, A, B, A, B, A, B dargestellt wurde, ist der Grundgedanke der abwechselnden Anordnung auch auf Schallwandler-Arrays mit mehr als zwei unterschiedlichen Schallwandlertypen übertragbar, so, dass beispielsweise auch eine Schallwandler-Anordnung von A, B, C, A, B, C denkbar wäre. Eine weitere denkbare Alternative wäre die Schallwandleranordnung A, A, B, B, A, A, B, B.

[0038] Bezug nehmend auf Fig. 2b wird nun ein Lautsprecher-Array 60 erläutert, bei dem weitere Vorteile zu Tage treten. Bezüglich des Lautsprecher-Arrays 60 ist auch angemerkt, dass dieses auch für Lautsprechersysteme außerhalb des KFZ-Bereichs nutzbar wäre bzw. dass alleine das Array 60 Vorteile bietet. Fig. 2b zeigt ein Lautsprecher-Array 60 mit den Schallwandlern 52a-52f (Typ A) und den Schallwandlern 54a-54f (Typ B). Hier sind die Schallwandler 52a-52f und 54a-54f entlang der Linie des Array 60 so angeordnet, dass ein mittlerer Abstand d_B der Schallwandler 54a-54f kleiner ist als ein mittlerer Abstand d_A der Schallwandler 52a-52f, vgl. $d_B < d_A$. Des Weiteren kann auch festgestellt werden, dass der mittlere Abstand des Schallwandlers des Typs B d_B auch kleiner ist als der durchschnittliche mittlere Abstand d_{AB} aller eingesetzten Schallwandler (vgl. Fig. 2a und 2b). Eine derartige Ausbildung des mittleren Abstands d_B im Verhältnis zu dem mittleren Abstand d_A kann durch die entsprechende Reihenfolge der unterschiedlichen Schallwandler 52a-52f bzw. 54a-54f realisiert werden.

[0039] Wie in Fig. 2b dargestellt, wäre eine mögliche Realisierungsform die Kombination der Schallwandler in Form von A, A, B, A, B, B, B, A, B, A, A. Bei dem in Fig. 2b dargestellten Array 60 sind im Innenbereich 60i vier Schallwandler des Typs B, vgl. 54b-54e angeordnet, die durch je einen Schallwandler des Typs A (vgl. 52c und

52d) je Seite eingerahmt werden, wobei diese Anordnung wiederum durch je einen Schallwandler des Typs B (vgl. 54a und 54f) eingerahmt wird. Diese gesamte Schallwandleranordnung wird dann durch je zwei Schallwandler des Typs A (vgl. 52a, 52b, 52e und 52f) je Seite wiederum eingerahmt. Eine derartige Verteilung kann auch mit anderen Worten als logarithmisch oder zumindest annähernd logarithmisch beschrieben werden.

[0040] In dieser Schallwandleranordnung des Arrays 60 kann sichergestellt werden, dass im Innenbereich (vgl. Bereich markiert mit dem Bezugszeichen 60i) eine hohe Dichte an Schallwandlern des Typs B, die im Hochtonbereich arbeiten und sich tendenziell durch eine gute Einstellung der Abstrahlcharakteristik auszeichnen, vorliegt. Dies gilt insbesondere im Vergleich zu dem Außenbereich bzw. den Außenbereichen 60a. Durch eine derartige Anordnung kann den zwei systemimmanenten Bedingungen Rechnung getragen werden, nämlich dass für die fokussierten Abstrahlung das Lautsprecher-Array 60 größer sein sollte als die Wellenlänge, was insbesondere für die Tieftonwiedergabe aufgrund der Größe der Schallwandler 54a-54h problematisch ist, und dass gleichzeitig für die fehlerfreie Reproduktion der Abstand benachbarter Lautsprecher kleiner als die Wellenlänge sein sollte, was insbesondere für die Hochtonwiedergabe aufgrund der Größe der Schallwandler 52a-52h problematisch ist..

[0041] Das in Fig. 2b beschriebene Prinzip der quasi-logarithmischen Anordnung ist auch auf flächige Schallwandler-Arrays übertragbar, wie in Fig. 2c gezeigt wird. Fig. 2c zeigt ein Array 70 mit einem zentralen Schallwandler 54e des Typs B, der von insgesamt acht Schallwandlern 54a-54i des Typs B ringsherum (d.h. einer auf jeder Seite) umgeben ist. Insofern wird also durch die elektroakustischen Schallwandler 54a-54d ein 3x3-Feld an elektroakustischen Schallwandlern 54a-54d des Typs B erzeugt. Dieses 3x3-Feld der Schallwandler 54a-54i befindet sich in Bezug auf die gesamte Schallwandleranordnung 70 im Schwerpunkt der Arrayfläche 70. Dieser Schwerpunkt ist durch das Bezugszeichen 70i gekennzeichnet. Das 3x3-Feld der Schallwandler 54a-54i ist wiederum ringsherum umgeben durch die Schallwandler 52a-52h, des Typs A.

[0042] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der mittlere Abstand der Schallwandler 54a-54i, der aufgrund der Zweidimensionalität als Dichte bezeichnet wird, kleiner als der mittlere Abstand der Schallwandler 52a-52h im Außenbereich 70a. Das heißt also, dass die Dichte im Innenbereich 70i im Vergleich zur Dichte des Außenbereichs 70a (definiert durch die Anzahl an Schallwandlern 52a-52h und 54a-54i pro Fläche) höher ist. Auch bei dieser Flächenanordnung kann also ein kleiner Schallwandler-Abstand zu hochfokussierten Abstrahlungen bei den Schallwandlern 54a-54i für die hohen Frequenzbereiche und ein bauartbedingter größerer Schallwandler-Abstand (zur fokussierten Abstrahlung) für die tieferen Frequenzbereiche (vgl. Schallwandler 52a-52h) erreicht werden.

[0043] Auch wenn die flächige Schallwandleranord-

nung nur in Form eines Schachbrettmusters des Schallwandler-Arrays 70 erläutert wurde, sei darauf hingewiesen, dass auch andere flächige Anordnungen, z.B. konzentrische Anordnungen, mit Konzentration von Schallwandlern eines bestimmten Typs (B) in einem bestimmten Bereich, z.B. im Zentrum (70i) denkbar wären, bei welchen die "Schallwandlerdichte" über die Fläche variiert. Die Anordnung der Schallwandler des Typs A/B muss auch nicht zwingend symmetrisch sein. So wäre auch eine asymmetrische Anordnungen, also leicht versetztes Hochtton-Array (vgl. 54a-54i) im Zentrum 70i des Tiefton-Arrays (vgl. 52a-52h) möglich. Vorteilhafter Weise kann so eine Reduzierung von Artefakten in der Abstrahlfunktion infolge von Unstetigkeitsstellen erreicht werden. Ursache für solche Effekte ist beispielsweise Kantenreflexion bei Hochtönern, welche zentral auf Gehäusefront platziert sind.

[0044] Die Lautsprecher-Arrays 60 und 70 sind als Arrays für das Ausführungsbeispiel aus Fig. 1a-d einsetzbar und weisen gegenüber dem Lautsprecher-Array aus Fig. 2a Vorteile in Bezug auf die Richtwirkung, insbesondere bei dem Beamforming zur Einstellung der Richtungscharakteristik sowohl im tieffrequenten als auch im hochfrequenten Bereich auf und können darüber hinaus auch zur Vermeidung von räumlichen Aliasing-Effekt beitragen.

[0045] Die durch die Schallwandler-Arrays 60 und 70 erreichte Konzentrierung von Schallwandlern des Typs B im Zentrum 60i und 70i und von Schallwandlern des Typs A im Außenbereich 60a und 70a kann auch durch eine Schallwandleranordnung mit zwei Ebenen erreicht werden, wie es Bezug nehmend auf Fig. 2d beschrieben wird.

[0046] Die Fig. 2d zeigt einen Lautsprecher-Array 80 mit einer Vielzahl von Schallwandlern 52a-52h (Typ A), die linienförmig (direkt) nebeneinander in einer ersten Ebene angeordnet sind. Des Weiteren umfasst das Schallwandler-Array 80 eine Vielzahl von Schallwandlern 54a-54h (Typ B), die ebenfalls (aneinander angrenzend) linienförmig nebeneinander angeordnet sind. Diese zwei Schallwandlertypen 52a-52h und 54a-54h sind in zwei unterschiedlichen Ebenen, d.h. also hintereinander oder auch versetzt bzw. übereinander angeordnet. Beide Anordnungen der Linienarrays habe gemein, dass die Linie auf welche die Schallwandler 52a-52h und 54a-54h angeordnet werden, gleich im Sinne von parallel ist. Somit ist es trotz der direkten Nebeneinanderanordnung der Schallwandler des gleichen Typs 52a-52h bzw. 54a-54h möglich, dass der mittlere Abstand d_B der Schallwandler des Typs B (54a-54h) kleiner ist als der mittlere Abstand d_A der Schallwandler des Typs A (52a-52h).

[0047] Es sei angemerkt, dass es für dieses Ausführungsbeispiel unerheblich ist, ob die Schallwandler des Typs A in der ersten oder zweiten Ebene angeordnet sind und umgekehrt auch, ob die Schallwandler des Typs B in der ersten oder zweiten Ebene angeordnet sind.

[0048] Optionaler Weise ist es jedoch wichtig, dass die Schallwandler des Typs B, die also bevorzugt mit einem

geringeren mittleren Abstand d_B angeordnet werden, im Zentrum der Schallwandleranordnung des Typs A positioniert werden, so dass auch durch dieses Ausführungsbeispiel des Lautsprecher-Arrays eine Konzentration von Schallwandler für den Hochfrequenzbereich im Zentrum erfolgen kann.

[0049] Bei weiteren Ausführungsbeispielen wäre es auch möglich, dass weitere Schallwandler, z.B. Schallwandler des Typs C in einer dritten Ebene angeordnet werden.

[0050] Bezug nehmend auf die Lautsprecheranordnungen aus den Fig. 2a-2d sei angemerkt, dass den Einzelwandlern 52a-52h bzw. 54a-54h komplexe Richtungscharakteristika, z.B. durch Schallführungen oder durch den Schallwandler selbst zugeordnet werden können.

[0051] Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Kombination aus mehreren Linienarrays, wie z.B. die Arrays 50 und 60, so dass ein flächiges Lautsprecher-Array gebildet wird. Die Linienarrays 50 oder 60 können hier eine unterschiedliche Anzahl an Schallwandlern aufweisen, so dass sich beispielsweise auch unterschiedliche Längen der Linienarrays ergeben. Ferner wäre es auch denkbar, dass die Schallwandlerabstände je Linienarray, z.B. aufgrund dessen, dass unterschiedliche Schallwandlertypen eingesetzt werden, variieren. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann jedes Linienarray in sich unterschiedliche Schallwandlertypen umfassen, wobei die Kombination von Linienarrays mit je einem Typ pro Linienarray zu bevorzugen ist. Ein Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Linienarrays mit dem Schallwandlertyp A drei Linienarrays mit dem Schallwandlertyp B einschließen. So wird dann ein flächiges Lautsprecher-Array gebildet, bei dem ein bestimmter Typ an Schallwandlern im Zentrum konzentriert ist.

[0052] Bezug nehmend auf Fig. 3 wird nachfolgend eine Erweiterung für die obigen Lautsprecher-Arrays beschrieben, wobei die Erweiterung nicht auf solche Arrays oder den KFZ-Bereich beschränkt ist.

[0053] Fig. 3 zeigt ein Lautsprecher-Array 90, hier ausgeführt als Kombination von acht Schallwandlern 52a-52h des gleichen Typs. Jeder dieser Schallwandler 52a-52h bzw., um genau zu sein, die Membran 56 der Schallwandler 52a-52h ist auf seiner Abstrahlseite mit einer Schallführung 92a-92h gekoppelt. Diese Schallführungen 92a-92h sind trichterförmige und optionaler Weise gebogenen Elemente, so dass die Schallaustrittsöffnungen (vgl. Bezugszeichen 94) der Schallführung 92a-92h kleiner (in allen bzw. zumindest einer Dimension) sind als die Schalleinlassöffnungen (vgl. Bezugszeichen 56) auf Seite der elektroakustischen Schallwandler 52a-52h. Der Trichter der Schallführung 92a-92h ist so ausgebildet, dass der Schalleingang 56 im Vergleich zu der Schallaustrittsöffnungen 94 versetzt ist, wobei je nach Kombination mit einem Schallwandler 52a-52h ein unterschiedliches Versetzungsverhältnis benutzt wird, so dass die Gesamtfläche der Schallaustrittsöffnungen ins-

gesamt reduziert werden kann.

[0054] Hierdurch können die Schallaustrittsöffnungen 94 der Schallführungen 92a-92h dicht nebeneinander mit einem mittleren Abstand d_S angeordnet werden. Infolgedessen wird trotz eines flächig groß ausgedehnten Lautsprecher-Arrays 90 einen sehr kleinen mittleren Abstand d_S zwischen den Schallaustrittsöffnungen 94 (insbesondere im Vergleich zu dem mittleren Abstand d_A) erreicht, was zu einer verbessert einstellbaren Richtungscharakteristik (aufgrund der Verringerung der Schallabstrahlfläche durch den kompakten Abstand d_S der Schallaustrittsöffnungen 94 bzw. aufgrund des reduzierten virtuellen Schallwandler-Abstands d_S) und besserer Positionierbarkeit der Arrays (z.B. im Fahrzeug) beiträgt.

[0055] Die Kombination der Schallführung 92a-92h mit einem der Lautsprecher-Arrays 50, 60, 70 oder 80 ist möglich, so dass ein Einsatz der Schallführung auch für die Ausführungsbeispiele des Lautsprechersystems 1, 1' oder 1" aus den Figs. 1a-1d in Frage kommt. Hierdurch ist es dann (wie oben bereits angedeutet) auch möglich, die Schallführung 92 derart zu gestalten, dass das eigentliche Schallwandler-Array 90 (oder auch 50, 60, 70, 80), z.B. aus Platzgründen, an geeigneter Stelle im Auto (z.B. im Kofferraum) untergebracht ist und die Schallführung 92 den Schall zum entsprechenden Schallauslasspunkt, z.B. im Dach, führt, was eine platzsparende Installation ermöglicht.

[0056] Bezug nehmend auf Fig. 1 sei angemerkt, dass die Anordnung der Lautsprecher bzw. Lautsprecher-Arrays des Lautsprechersystems auch mit einer vorgegebenen Ausrichtung, z.B. auf die Hörpositionen 12a-12d erfolgen kann, so dass eine gerichtete Abstrahlung je Schallwandler möglich ist, was zu einer Reduzierung des Einflusses auf die Raumakustik in den Schallzonen durch die Position der Lautsprecher beiträgt.

[0057] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann auch eine Signalsteuerungsvorrichtung geschaffen werden, die das Array 20 bzw. die erweiterten Arrays 50, 60, 70, 80, 90 entsprechend den oben beschriebenen Prinzipien (vgl. Monowiedergabe der Hörzone 12a-12d oder Stereowiedergabe der Hörzone 12a-12d) steuert und somit die Ausbildung der entsprechenden Anzahl an hochfokussierten Schallabstrahlungsbeams 22a-22d, 22aL, 22aR ermöglicht.

[0058] Bezug nehmend auf Fig. 1 sei weiter angemerkt, dass unter den nutzerspezifischen Signalen auch das Einblenden anderer Audioinformationen, wie z.B. in Infotainment-Signalen oder Telekommunikationsaudio in eine bestimmte Hörzone, z.B. die Fahrer-Hörzone 12a, verstanden werden kann.

[0059] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann das Lautsprechersystem eine Frequenzweiche oder einen Prozessor umfassen, der ausgebildet ist, um das Eingangssignal, wenn es nur einen Hörinhalt umfasst (d.h. einen Inhalt für eine Person an einer jeweiligen Hör-/Sitzposition), die mittleren und höheren Frequenzen dem Array, z.B. in der Art, dass Beamformen betrieben werden kann, bereitzustellen und die tiefen Frequen-

zen an den Körperschallwandler der jeweiligen Sitzposition auszugeben. Im Fall, dass der wiederzugebende Audioinhalt mehrere parallele, z.B. für unterschiedliche Hör-/Sitzpositionen bestimmte Inhalte umfasst, ist die Frequenzweiche bzw. der Audioprozessor dazu ausgebildet, um die mittleren und höheren Frequenzen aller wiederzugebenden Audioinhalte an das Array bereitzustellen und zwar in der Art, dass mittels Beamforming die Audioinhalte separiert für die verschiedenen Hörzonen an den verschiedenen Hörpositionen wiedergegeben werden, während die tieferen Frequenzen separiert an die unterschiedlichen Körperschallwandler der unterschiedlichen Sitze bzw. Hörpositionen abgespalten und weitergeleitet werden. Das bietet in Summe den Vorteil, dass mittlere und höhere Frequenzen für die verschiedenen Hörpositionen mittels des Arrays gerichtet wiedergegeben werden, während die tiefen Frequenzen nur lokal über den Körperschallwandler dargestellt werden. Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass insbesondere die Tiefenfrequenzen nicht so gut über Arrays gerichtet werden können, so dass eine Separierung dieser mittels Beamforming häufig Schwierigkeiten bereitet. Durch den Einsatz der Körperschallwandler, die explizit den einzelnen Sitz- bzw. Hörpositionen zugeordnet sind, kommt es nicht zur Überlagerung der Schallsignale dieser Schallwandler.

[0060] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Lautsprecher-Array mit einer Mehrzahl an ersten elektroakustischen Schallwandlern, die auf einer ersten Linie angeordnet sind, und einer Mehrzahl an zweiten elektroakustischen Schallwandlern, die auf der ersten Linie oder einer zu der ersten Linie parallelen Linie angeordnet sind. Hierbei ist ein mittlerer Abstand (d_B) zwischen den ersten elektroakustischen Schallwandlern kleiner als ein mittlerer Abstand (d_A) zwischen den zweiten elektroakustischen Schallwandlern.

[0061] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Lautsprecher-Array mit einer Mehrzahl an ersten elektroakustischen Schallwandlern, die in einem ersten flächigen Bereich angeordnet sind, und einer Mehrzahl an zweiten elektroakustischen Schallwandlern, die in dem ersten flächigen Bereich angeordnet sind. Hierbei ist eine mittlere Dichte der ersten elektroakustischen Schallwandler kleiner als eine mittlere Dichte der zweiten elektroakustischen Schallwandler.

[0062] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Lautsprecher-Array mit einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern, die mit ersten Schallführungen zur Schallausgabe in einem ersten Bereich gekoppelt sind, wobei jede Schallführung eine Schallaustrittsöffnung umfasst. Hier ist die Mehrzahl der Schallaustrittsöffnungen so angeordnet, dass ein mittlerer Abstand (d_S) zwischen den Schallaustrittsöffnungen kleiner ist als ein möglicher mittlerer Abstand (d_A) zwischen den nebeneinander angeordneten elektroakustischen Schallwandlern.

[0063] Bezug nehmend auf das Lautsprecher-Array 20 aus Fig. 1a-1d sei angemerkt, dass die in den schema-

tischen Skizzen dargestellten geometrischen Ausrichtungen der Schallwandler 20a-20h im Lautsprecher-Array 20 fiktiv ist und nicht notgedrungen mit der Realität übereinstimmen. So kann die Ausrichtungen der einzelnen Schallwandler 20a-20h entsprechend abweichen oder sogar von Position zu Position variieren (stark gekippt zur ersten Seite, gekippt zur ersten Seite, nach unten, gekippt zur zweiten Seite, stark gekippt zur zweiten Seite).

[0064] Zusätzliche Ausführungsbeispiele und Aspekte der Erfindung werden beschrieben, die einzeln oder in Kombination mit den hierin beschriebenen Merkmalen und Funktionalitäten verwendet werden können.

[0065] Gemäß einem ersten Aspekt kann ein Lautsprechersystem 1, 1', 1" für ein Fahrzeug folgende Merkmale aufweisen: ein Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 mit einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i die individuell ansteuerbar sind, so dass über die Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i ein nutzerspezifisches Audiosignal für verschiedene Nutzer an unterschiedlichen Hörpositionen 12a-12d in einem Fahrzeuginnenraum 10 des Fahrzeugs wiedergebar ist, wobei das Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 oder ein Schallauslass 94 des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 zwischen zumindest zwei der Hörpositionen 12a-12d in dem Fahrzeuginnenraum 10 angeordnet ist, wobei das Lautsprechersystem 1, 1', 1" je Hörposition mindestens ein Zusatzlautsprechersystem umfasst, das mindestens einen Zusatzlautsprecher (30a, 30d) oder ein Zusatzlautsprecher-Array aufweist, wobei das Zusatzlautsprechersystem einen Körperschalllautsprecher 35b, 35d aufweist, der in einem der Hörposition zugeordneten Fußraum, in einem der Hörposition zugeordneten Sitz und/oder in einer der Hörposition zugeordneten Kopfstütze angeordnet ist und/oder der so mit dem der Hörposition zugeordneten Sitz mechanisch gekoppelt ist.

[0066] Gemäß einem zweiten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt wobei das Lautsprechersystem 1, 1', 1" ausgebildet ist, um unter Zuhilfenahme der Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 akustisches Beam-Forming zur Ausbildung der Schallkeulen 22a-22d, 22aL, 22aR zu betreiben.

[0067] Gemäß einem dritten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten oder zweiten Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 oder der Schallauslass 94 des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 in einem Dachhimmel des Fahrzeugs, der Mittelkonsole des Fahrzeugs, dem Armaturenbrett des Fahrzeugs oder der Hutablage des Fahrzeugs angeordnet sein.

[0068] Gemäß einem vierten Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des ersten, zweiten oder dritten Aspekts kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" ein Abstand zwischen dem Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 oder dem Schallauslass 94 des Lautsprecher-

Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 und allen der Hörpositionen 12a-12d oder einer Teilmenge aller Hörpositionen 12a-12d mit einer Abweichung von +/- 30% gleich sein.

[0069] Gemäß einem fünften Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des ersten bis vierten Aspekts kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 oder der Schallauslass 94 des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 mittig zwischen zumindest zwei der Hörpositionen 12a-12d in dem Fahrzeuginnenraum 10 angeordnet sein.

[0070] Gemäß einem sechsten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Zusatzlautsprechersystem näher an dem Nutzer sein als das Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 oder der Schallauslass 94 des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90.

[0071] Gemäß einem siebten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Zusatzlautsprechersystem in einem der Hörposition zugeordneten Sitz, einer der Hörposition zugeordneten Position der A-Säule, der B-Säule, der C-Säule und/oder des Dachhimmels und/oder in einer der Hörposition zugeordneten Kopfstütze angeordnet sein.

[0072] Gemäß einem achten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Zusatzlautsprechersystem ausgebildet sein, einen Schall 32a, 32d, 36b, 36d so auszugeben, dass ein Großteil des Schalls 32a, 32d, 36b, 36d in Bezug auf die weiteren der Hörpositionen 12a-12d an der entsprechend Hörposition 12a-12d ankommt.

[0073] Gemäß einem neunten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Zusatzlautsprechersystem näher an einem Ohr des Nutzers angeordnet sein als an dem anderen Ohr des Nutzers.

[0074] Gemäß einem zehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den neunten Aspekt kann das Lautsprecher-Array 60, 70, 80 eine weitere Mehrzahl an dritten elektroakustischen Schallwandlern umfassen.

[0075] Gemäß einem elften Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann das Lautsprechersystem 1, 1', 1" unter Zuhilfenahme des Zusatzlautsprechersystems ausgebildet sein, um Stereo je Hörposition 12a-12d oder um Mono mit lokaler Pegelanhebung wiederzugeben.

[0076] Gemäß einem zwölften Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des ersten bis elften Aspekts kann das Lautsprechersystem 1, 1', 1" ausgebildet sein, um unter Zuhilfenahme der Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i des Lautsprecher-Arrays 20, 50, 60, 70, 80, 90 akustisches Beam-Forming zur Ausbildung der Schallkeulen 22a-22d, 22aL, 22aR zu betreiben.

[0077] Gemäß einem dreizehnten Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des ersten bis zwölften Aspekts kann das Lautsprechersystem 1, 1', 1" ausgebildet sein, um unter Zuhilfenahme der Mehr-

zahl der elektroakustischen Schallwandler 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i pro Hörposition 12a-12d mindestens zwei Schallkeulen 22aL, 22aR oder eine Stereo-Schallkeule zu erzeugen; und/oder wobei das Lautsprechersystem 1, 1', 1" ausgebildet sein kann, um unter Nutzung von Übertragungsfunktionen, welche psychoakustische Effekte emulieren, Schallquellen virtuell im Raum 10 zu positionieren.

[0078] Gemäß einem vierzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" das Beam-Forming auf der direkten und/oder indirekten Schallwiedergabe in Bezug auf den Nutzer basieren.

[0079] Gemäß einem fünfzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann bei dem Lautsprechersystem 1, 1', 1" ein Schalldruckpegel und/oder eine Abstrahlrichtung je Beam, der einer Hörposition zugeordnet ist, so gewählt sein, dass der Schalldruckpegel an anderen Hörpositionen 12a-12d nach Absorption und/oder Reflexion unter einer Mithörschwelle liegt.

[0080] Gemäß einem sechzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt kann das Lautsprechersystem 1, 1', 1" ausgebildet sein, Beam-Forming unter Berücksichtigung einer Sitzeinstellung oder einer Kopfposition des Nutzers an der Hörposition zu betreiben und/oder die Schallkeulen 22a-22d, 22aL, 22aR in Abhängigkeit von der Sitzeinstellung oder/oder der Kopfposition des Nutzers nachzuführen.

[0081] Gemäß einem siebzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des ersten bis sechzehnten Aspekts kann das Lautsprechersystem 1, 1', 1" eine Steuerung umfassen, die ausgebildet ist, die elektroakustischen Schallwandler 20a-20h, 52a-52h, 54a-54i individuell anzusteuern.

[0082] Gemäß einem achtzehnten Aspekt kann ein Lautsprecher-Array 60, 70, 80 unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt folgende Merkmalen aufweisen: eine Mehrzahl an ersten elektroakustischen Schallwandlern 54a-54i, die auf einer ersten Linie angeordnet sind; und eine Mehrzahl an zweiten elektroakustischen Schallwandlern 52a-52h, die auf der ersten Linie oder einer zu der ersten Linie parallelen Linie angeordnet sind, wobei ein mittlerer Abstand d_B zwischen den ersten elektroakustischen Schallwandlern 54a-54i kleiner ist als ein mittlerer Abstand d_A zwischen den zweiten elektroakustischen Schallwandlern 54a-54i.

[0083] Gemäß einem neunzehnten Aspekt kann ein Lautsprecher-Array 70 unter Bezugnahme auf einen vorherigen Aspekt folgende Merkmale aufweisen: eine Mehrzahl an ersten elektroakustischen Schallwandlern 54a-54i, die in einem ersten flächigen Bereich 70i angeordnet sind; und eine Mehrzahl an zweiten elektroakustischen Schallwandlern 52a-24h, die in dem ersten flächigen Bereich 70a angeordnet sind, wobei eine mittlere Dichte der ersten elektroakustischen Schallwandler 54a-54i kleiner ist als eine mittlere Dichte der zweiten elektroakustischen Schallwandler 52a-52h.

[0084] Gemäß einem zwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des achtzehnten oder neunzehnten Aspekts können bei dem Lautsprecher-Array 60, 70 mindestens zwei der ersten elektroakustischen Schallwandler 54a-54i durch zwei der zweiten elektroakustischen Schallwandler 52a-52h eingerahmt sein.

[0085] Gemäß einem einundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf zumindest einen des achtzehnten bis zwanzigsten Aspekts können bei dem Lautsprecher-Array 20, 50, 60, 70, 80, 90 die ersten elektroakustischen Schallwandler 54a-54i ausgebildet sein, um einen ersten Frequenzbereich definiert durch eine erste Mittenfrequenz wiederzugeben, und die zweiten elektroakustischen Schallwandler 52a-52h ausgebildet sein, einen zweiten Frequenzbereich definiert durch eine zweiten Mittenfrequenz wiederzugeben, wobei die erste Mittenfrequenz höher ist als die zweite Mittenfrequenz.

[0086] Gemäß einem zweiundzwanzigsten Aspekt kann ein Lautsprecher-Array 90 folgende Merkmale aufweisen: eine Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern 52a-52h, die mit ersten Schallführungen 92a-92h zur Schallausgabe in einem ersten Bereich 56 gekoppelt sind, wobei jede Schallführung 92a-92h eine Schallaustrittsöffnung 94 umfasst, wobei die Mehrzahl der Schallaustrittsöffnungen 94 so angeordnet ist, dass ein mittlerer Abstand d_S zwischen den Schallaustrittsöffnungen 94 kleiner ist als ein möglicher mittlerer Abstand d_A zwischen den nebeneinander angeordneten elektroakustischen Schallwandlern 52a-52h.

[0087] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar, wie sie in den nachfolgenden Ansprüchen definiert ist. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') in einem Fahrzeug mit folgenden Merkmalen:

einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern (52a-52h), die ein Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) formen und die mit ersten Schallführungen (92a-92h) zur Schallausgabe in einem ersten Bereich (56) gekoppelt sind, wobei jede Schallführung (92a-92h) eine Schallaustrittsöffnung (94) umfasst, wobei die Mehrzahl der Schallaustrittsöffnungen (94) so angeordnet ist, dass ein mittlerer

Abstand (d_S) zwischen den Schallaustrittsöffnungen (94) kleiner ist als ein möglicher mittlerer Abstand (d_A) zwischen den nebeneinander angeordneten elektroakustischen Schallwandlern (52a-52h);

wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') eine Steuerung umfasst, die ausgebildet ist, die elektroakustischen Schallwandler (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) individuell anzusteuern, um unter Zuhilfenahme der Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) des Lautsprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90) akustisches Beam-Forming zur Ausbildung von Schallkeulen (22a-22d, 22aL, 22aR) zu betreiben; oder

wobei das Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) oder die Schallaustrittsöffnungen (94) des Lautsprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90) in einem Dachhimmel des Fahrzeugs, der Mittelkonsole des Fahrzeugs, dem Armaturenbrett des Fahrzeugs oder der Hutablage des Fahrzeugs angeordnet ist.

2. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß Anspruch 1, wobei ein Abstand zwischen dem Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) oder der Schallaustrittsöffnungen (94) des Lautsprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90) und allen Hörpositionen (12a-12d) oder einer Teilmenge aller Hörpositionen (12a-12d) mit einer Abweichung von +/- 30% gleich ist.
3. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) oder die Schallaustrittsöffnungen (94) des Lautsprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90) mittig zwischen zumindest zwei Hörpositionen (12a-12d) in einem Fahrzeuginnenraum (10) angeordnet ist.
4. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Beam-Forming auf der direkten und/oder indirekten Schallwiedergabe in Bezug auf den Nutzer basiert; und/oder

wobei ein Schalldruckpegel und/oder eine Abstrahlrichtung je Beam, der einer Hörposition zugeordnet ist, so gewählt sind, dass der Schalldruckpegel an anderen Hörpositionen (12a-12d) nach Absorption und/oder Reflexion unter einer Mithörschwelle liegt; und/oder

wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') ausgebildet ist, Beam-Forming unter Berücksichtigung einer Sitzeinstellung oder einer Kopfposition des Nutzers an der Hörposition zu betreiben und/oder die Schallkeulen (22a-22d, 22aL, 22aR) in Abhängigkeit von der Sitzeinstellung und/oder der Kopfposition des Nutzers nachzuführen.

5. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mittenfrequenz höher ist als die zweite Mittenfrequenz.

6. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') für ein Fahrzeug, mit folgenden Merkmalen:

ein Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) mit einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) die individuell ansteuerbar sind, so dass über die Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) ein nutzerspezifisches Audiosignal für verschiedene Nutzer an unterschiedlichen Hörpositionen (12a-12d) in einem Fahrzeuginnenraum (10) des Fahrzeugs wiedergebbar ist,

wobei das Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) oder ein Schallauslass (94) des Lautsprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90) zwischen zumindest zwei der Hörpositionen (12a-12d) in dem Fahrzeuginnenraum (10) angeordnet ist,

wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') je Hörposition mindestens ein Zusatzlautsprechersystem umfasst, das mindestens einen Zusatzlautsprecher (30a, 30d) oder ein Zusatzlautsprecher-Array aufweist,

wobei das Zusatzlautsprechersystem einen Körperschalllautsprecher (35b, 35d) aufweist, der in einem der Hörposition zugeordneten Fußraum, in einem der Hörposition zugeordneten Sitz und/oder in einer der Hörposition zugeordneten Kopfstütze angeordnet ist und/oder der so mit dem der Hörposition zugeordneten Sitz mechanisch gekoppelt ist,

wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') ein Lautsprecher-Array (90) mit folgenden Merkmalen aufweist:

einer Mehrzahl an elektroakustischen Schallwandlern (52a-52h), die mit ersten Schallführungen (92a-92h) zur Schallausgabe in einem ersten Bereich (56) gekoppelt sind, wobei jede Schallführung (92a-92h) eine Schallaustrittsöffnung (94) umfasst,

wobei die Mehrzahl der Schallaustrittsöffnungen (94) so angeordnet ist, dass ein mittlerer Abstand (d_s) zwischen den Schallaustrittsöffnungen (94) kleiner ist als ein möglicher mittlerer Abstand (d_A) zwischen den nebeneinander angeordneten elektroakustischen Schallwandlern (52a-52h).

7. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß Anspruch 6, wobei das Zusatzlautsprechersystem näher an einem Nutzer ist als das Lautsprecher-Array (20, 50, 60, 70, 80, 90) oder der Schallauslass (94) des Laut-

sprecher-Arrays (20, 50, 60, 70, 80, 90).

8. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 6 bis 7, wobei das Zusatzlautsprechersystem ausgebildet ist, einen Schall (32a, 32d, 36b, 36d) so auszugeben, dass ein Großteil des Schalls (32a, 32d, 36b, 36d) in Bezug auf die weiteren der Hörpositionen (12a-12d) an der entsprechend Hörposition (12a-12d) ankommt.

9. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Zusatzlautsprechersystem näher an einem Ohr des Nutzers angeordnet ist als an dem anderen Ohr des Nutzers; und/oder wobei das Lautsprecher-Array (60, 70, 80) eine weitere Mehrzahl an dritten elektroakustischen Schallwandlern umfasst.

10. Lautsprechersystem (1, 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') unter Zuhilfenahme des Zusatzlautsprechersystems ausgebildet ist, um Stereo je Hörposition (12a-12d) oder um Mono mit lokaler Pegelanhebung wiederzugeben; und/oder

wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') ausgebildet ist, um unter Zuhilfenahme der Mehrzahl der elektroakustischen Schallwandler (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) pro Hörposition (12a-12d) mindestens zwei Schallkeulen (22aL, 22aR) oder mindestens zwei Schallkeulen (22aL, 22aR) für Stereo- zu erzeugen; und/oder wobei das Lautsprechersystem (1, 1', 1'') ausgebildet ist, um unter Nutzung von Übertragungsfunktionen, welche psychoakustische Effekte emulieren, Schallquellen virtuell im Raum (10) zu positionieren.

40 Claims

1. A loudspeaker system (1, 1', 1'') in a vehicle, comprising:

a plurality of electroacoustic sound transducers (52a-52h) forming a loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) and coupled to first sound guides (92a-92h) for sound output in a first area (56), wherein each sound guide (92a-92h) includes a sound outlet opening (94),

wherein the plurality of sound outlet openings (94) are arranged such that an average distance (d_s) between the sound outlet openings (94) is smaller than a possible average distance (d_A) between the juxtaposed electroacoustic sound transducers (52a-52h);

wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') includes a controller configured to individually

control the electroacoustic sound transducers (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) to perform, with the help of the plurality of the electroacoustic sound transducers (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90), acoustic beamforming for forming the sound beams (22a-22d, 22aL, 22aR); or wherein the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) or the sound outlet openings (94) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) is/are arranged in a roof lining of the vehicle, the center console of the vehicle, the dashboard of the vehicle or the rear shelf of the vehicle.

2. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to claim 1, wherein a distance between the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) or the sound outlet openings (94) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) and all of the listening positions (12a-12d) or a subset of all listening positions (12a-12d) is the same, with a deviation of +/- 30%.

3. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of the preceding claims, wherein the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) or the sound outlet openings (94) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) is/are arranged centrally between at least two of the listening positions (12a-12d) in the vehicle interior (10).

4. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of claims 1 to 3, wherein beamforming is based on direct and/or indirect sound reproduction with regard to the user; and/or

wherein a sound pressure level and/or radiation direction per beam allocated to a listening position are selected such that the sound pressure level is below a listening threshold at other listening positions (12a-12d) after absorption and/or reflection; and/or

wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') is configured to perform beamforming while considering a seat adjustment or a head position of the user at the listening position and/or to track the sound beams (22a-22d, 22aL, 22aR) in dependence on the seat adjustment and/or the head position of the user.

5. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of the preceding claims, wherein the first center frequency is higher than the second center frequency,

6. A loudspeaker system (1, 1', 1'') for a vehicle, comprising:

a loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) in-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

cluding a plurality of electroacoustic sound transducers (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i) that can be controlled individually, such that a user-specific audio signal can be reproduced for different users at different listening positions (12a-12d) in a vehicle interior (10) of the vehicle via the plurality of electroacoustic sound transducers (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i),

wherein the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) or a sound outlet (94) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) is arranged between at least two of the listening positions (12a-12d) in the vehicle interior (10),

wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') includes, per listening position, at least one additional loudspeaker system comprising at least one additional loudspeaker (30a, 30d) or an additional loudspeaker array,

wherein the additional loudspeaker system comprises a structure-borne sound loudspeaker (35b, 35d) that is arranged in a foot space allocated to the listening position, in a seat allocated to the listening position and/or a headrest allocated to the listening position and/or that is mechanically coupled to the seat allocated to the listening position,

wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') includes a loudspeaker array (90), comprising: a plurality of electroacoustic sound transducers (52a-52h) coupled to first sound guides (92a-92h) for sound output in a first area (56), wherein each sound guide (92a-92h) includes a sound outlet opening (94),

wherein the plurality of sound outlet openings (94) are arranged such that an average distance (dS) between the sound outlet openings (94) is smaller than a possible average distance (dA) between the juxtaposed electroacoustic sound transducers (52a-52h).

7. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to claim 6, wherein the additional loudspeaker system is closer to a user than the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90) or the sound outlet (94) of the loudspeaker array (20, 50, 60, 70, 80, 90).

8. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of claims 6 to 7, wherein the additional loudspeaker system is configured to output sound (32a, 32d, 36b, 36d) such that, with regard to the further listening positions (12a-12d), a large part of the sound (32a, 32d, 36b, 36d) reaches the respective listening position (12a-12d).

9. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of claims 6 to 8, wherein the additional loudspeaker system is arranged closer to one ear of the user than to the other ear of the user; and/or

wherein the loudspeaker array (60, 70, 80) includes a further plurality of third electroacoustic sound transducers.

10. The loudspeaker system (1, 1', 1'') according to any of claims 6 to 9, wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') is configured, with the help of the additional loudspeaker system, to reproduce stereo per listening position (12a-12d) or mono with local level increase; and/or

wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') is configured to generate, with the help of the plurality of the electroacoustic sound transducers (20a-20h, 52a-52h, 54a-54i), at least two sound beams (22aL, 22aR) or at least two stereo sound beams per listening position (12a-12d); and/or wherein the loudspeaker system (1, 1', 1'') is configured to virtually position sound sources in space (10) by using transfer functions emulating psychoacoustic effects.

Revendications

1. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') dans un véhicule, aux caractéristiques suivantes:

une pluralité de transducteurs électro-acoustiques (52a à 52h) qui forment un réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) et qui sont couplés à des premiers guides de son (92a à 92h) en vue d'une sortie de son dans une première zone (56), où chaque guide de son (92a à 92h) comporte une ouverture de sortie de son (94), dans lequel la pluralité d'ouvertures de sortie de son (94) sont disposées de sorte qu'une distance moyenne (d_s) entre les ouvertures de sortie de son (94) soit inférieure à une distance moyenne possible (d_A) entre les transducteurs électro-acoustiques (52a à 52h) disposés l'un à côté de l'autre;

dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') comporte un moyen de commande qui est conçu pour commander individuellement les transducteurs électro-acoustiques (20a à 20h, 52a à 52h, 54a à 54i) pour réaliser, à l'aide de la pluralité de transducteurs électro-acoustiques (20a à 20h, 52a à 52h, 54a à 54i) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90), la formation de faisceaux acoustiques pour la formation de lobes acoustiques (22a à 22d, 22aL, 22aR); ou

dans lequel le réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) ou les ouvertures de sortie de son (94) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) sont disposés dans un pavillon de toit du véhicule, la console centrale du véhicule,

le tableau de bord du véhicule ou la plage arrière du véhicule.

2. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon la revendication 1, dans lequel une distance entre le réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) ou les ouvertures de sortie de son (94) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) et toutes les positions d'écoute (12a à 12d) ou une quantité partielle de toutes les positions d'écoute (12a à 12d) est la même, avec un écart de +/-30%.

3. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) ou les ouvertures de sortie de son (94) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) sont disposés au centre entre au moins deux positions d'écoute (12a à 12d) dans un espace intérieur de véhicule (10).

4. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la formation de faisceau est basée sur la reproduction de son directe et/ou indirecte par rapport à l'utilisateur; et/ou

dans lequel un niveau de pression acoustique et/ou une direction de rayonnement par faisceau à laquelle est associée une position d'écoute sont choisis de sorte que le niveau de pression acoustique à d'autres positions d'écoute (12a à 12d) après absorption et/ou réflexion se situe au-dessous d'un seuil d'audition; et/ou dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') est conçu pour réaliser la formation de faisceau en tenant compte d'un réglage du siège ou d'une position de la tête de l'utilisateur à la position d'écoute et/ou pour actualiser les lobes acoustiques (22a à 22d, 22aL, 22aR) en fonction du réglage du siège et/ou de la position de la tête de l'utilisateur.

5. Système de haut-parleur (1, 1', 1'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la première fréquence centrale est supérieure à la deuxième fréquence centrale.

6. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') pour un véhicule, aux caractéristiques suivantes:

un réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) avec une pluralité de transducteurs électro-acoustiques (20a à 20h, 52a à 52h, 54a à 54i) qui peuvent être commandés individuellement, de sorte que puisse être reproduit, par l'intermédiaire de la pluralité de transducteurs électro-acoustiques (20a à 20h, 52a à 52h, 54a à 54i), un signal audio spécifique à l'utilisateur pour différents utilisateurs à différentes positions

- d'écoute (12a à 12d) dans un espace intérieur (10) du véhicule,
 dans lequel le réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) ou une sortie de son (94) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) est disposé entre au moins deux des positions d'écoute (12a à 12d) dans l'espace intérieur du véhicule (10),
 dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') comporte, par position d'écoute, au moins un système de haut-parleurs additionnels qui présente au moins un haut-parleur additionnel (30a, 30d) ou un réseau de haut-parleurs additionnels,
 dans lequel le système de haut-parleurs additionnels comporte un haut-parleur à bruit corporel (35b, 35d) qui est disposé dans un espace des pieds associé à la position d'écoute, dans un siège associé à la position d'écoute et/ou dans un appui-tête associé à la position d'écoute et/ou qui est couplé mécaniquement au siège associé à la position d'écoute,
 dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') comporte un ensemble de haut-parleurs (90) aux caractéristiques suivantes:
 une pluralité de transducteurs électro-acoustiques (52a à 52h) qui sont couplés à des premiers guides de son (92a à 92h) en vue de sortir le son dans une première zone (56), où chaque guide de son (92a à 92h) comporte une ouverture de sortie de son (94),
 dans lequel la pluralité d'ouvertures de sortie de son (94) sont disposées de sorte qu'une distance moyenne (ds) entre les ouvertures de sortie de son (94) soit inférieure à une distance moyenne possible (dA) entre les transducteurs électro-acoustiques (52a à 52h) disposés l'un à côté de l'autre.
7. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon la revendication 6, dans lequel le système de haut-parleurs additionnels est plus rapproché d'un utilisateur que le réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90) ou la sortie de son (94) du réseau de haut-parleurs (20, 50, 60, 70, 80, 90).
8. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon l'une des revendications 6 à 7, dans lequel le système de haut-parleurs additionnels est conçu pour émettre un son (32a, 32d, 36b, 36d) de sorte qu'une grande partie du son (32a, 32d, 36b, 36d) arrive, par rapport aux autres positions d'écoute (12a à 12d), à la position d'écoute (12a à 12d) correspondante.
9. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel le système de haut-parleurs additionnels est disposé plus près d'une oreille de l'utilisateur que de l'autre oreille de l'utilisateur; et/ou dans lequel le réseau de haut-parleurs (60, 70, 80) comporte une autre pluralité de troisièmes transducteurs électro-acoustiques.
10. Système de haut-parleurs (1, 1', 1'') selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') est conçu à l'aide du système de haut-parleurs additionnels pour reproduire un son stéréo par position d'écoute (12a à 12d) ou un son mono avec élévation de niveau locale; et/ou dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') est conçu pour générer, à l'aide de la pluralité de transducteurs électro-acoustiques (20a à 20h, 52a à 52h, 54a à 54i), par position d'écoute (12a à 12d) au moins deux lobes acoustiques (22aL, 22aR) ou au moins deux lobes acoustiques (22aL, 22aR) pour le son stéréo; et/ou dans lequel le système de haut-parleurs (1, 1', 1'') est conçu pour positionner virtuellement, à l'aide de fonctions de transfert qui émulent des effets psycho-acoustiques, des sources de son dans l'espace (10).

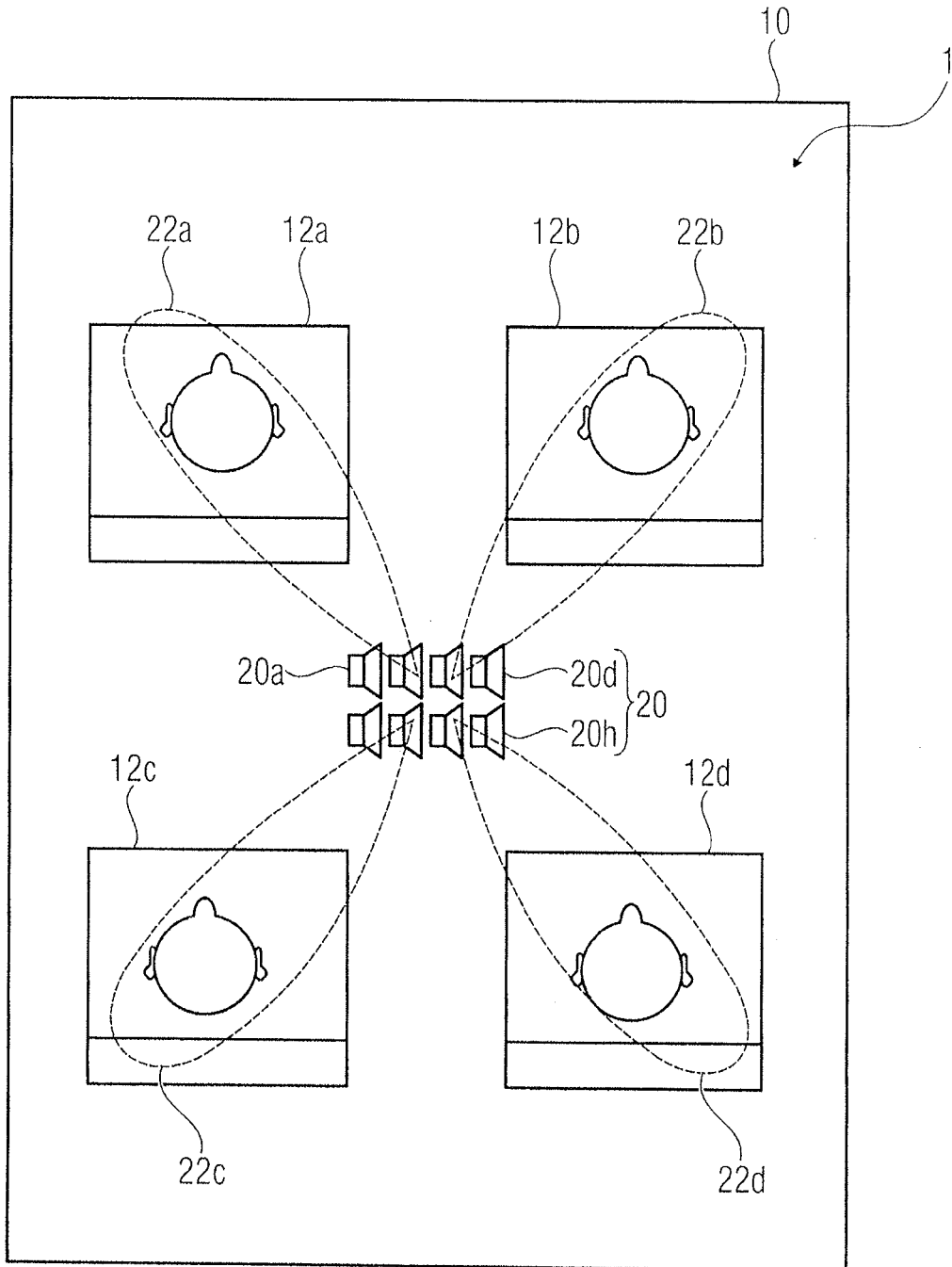


FIG 1A

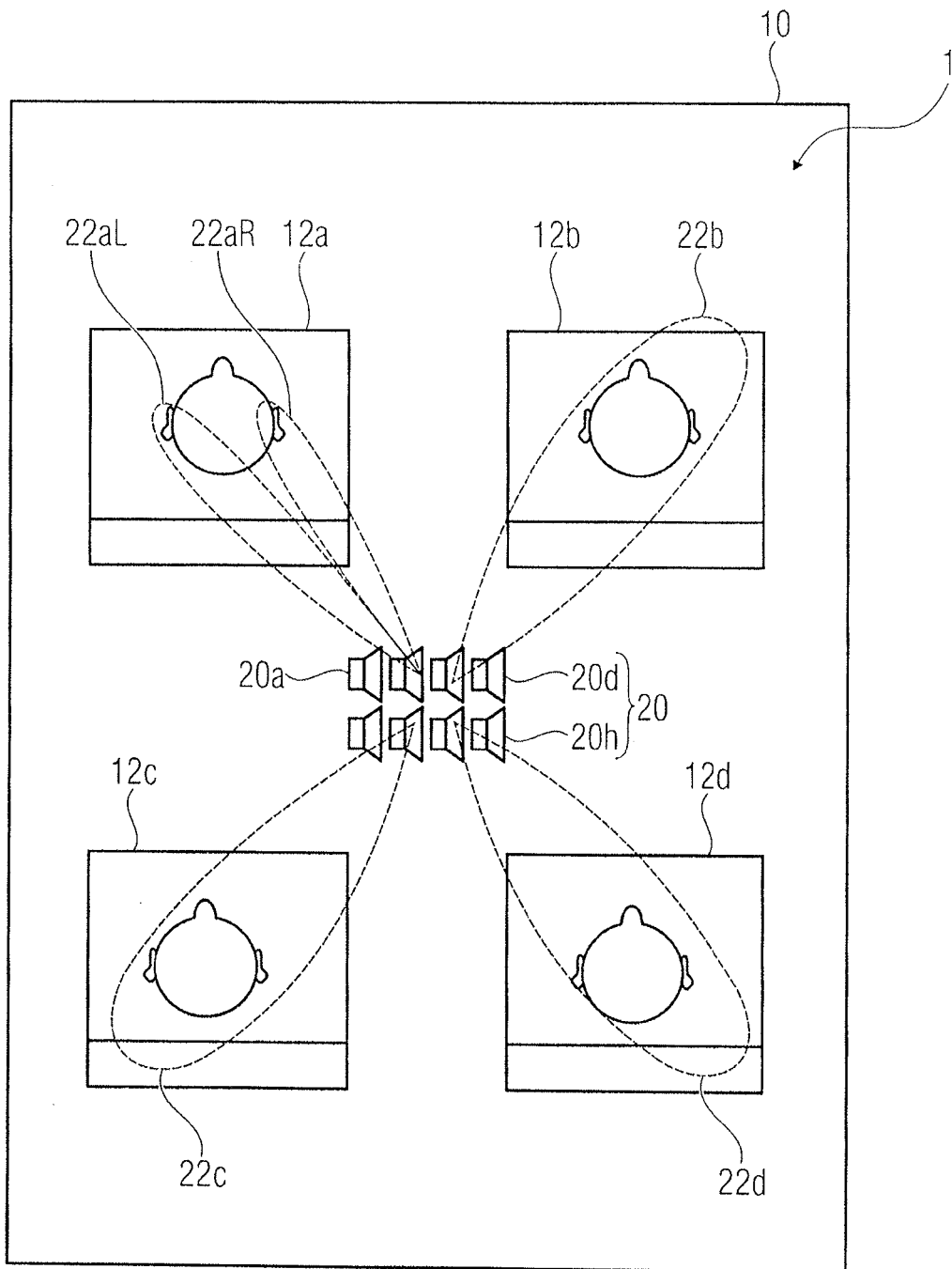


FIG 1B

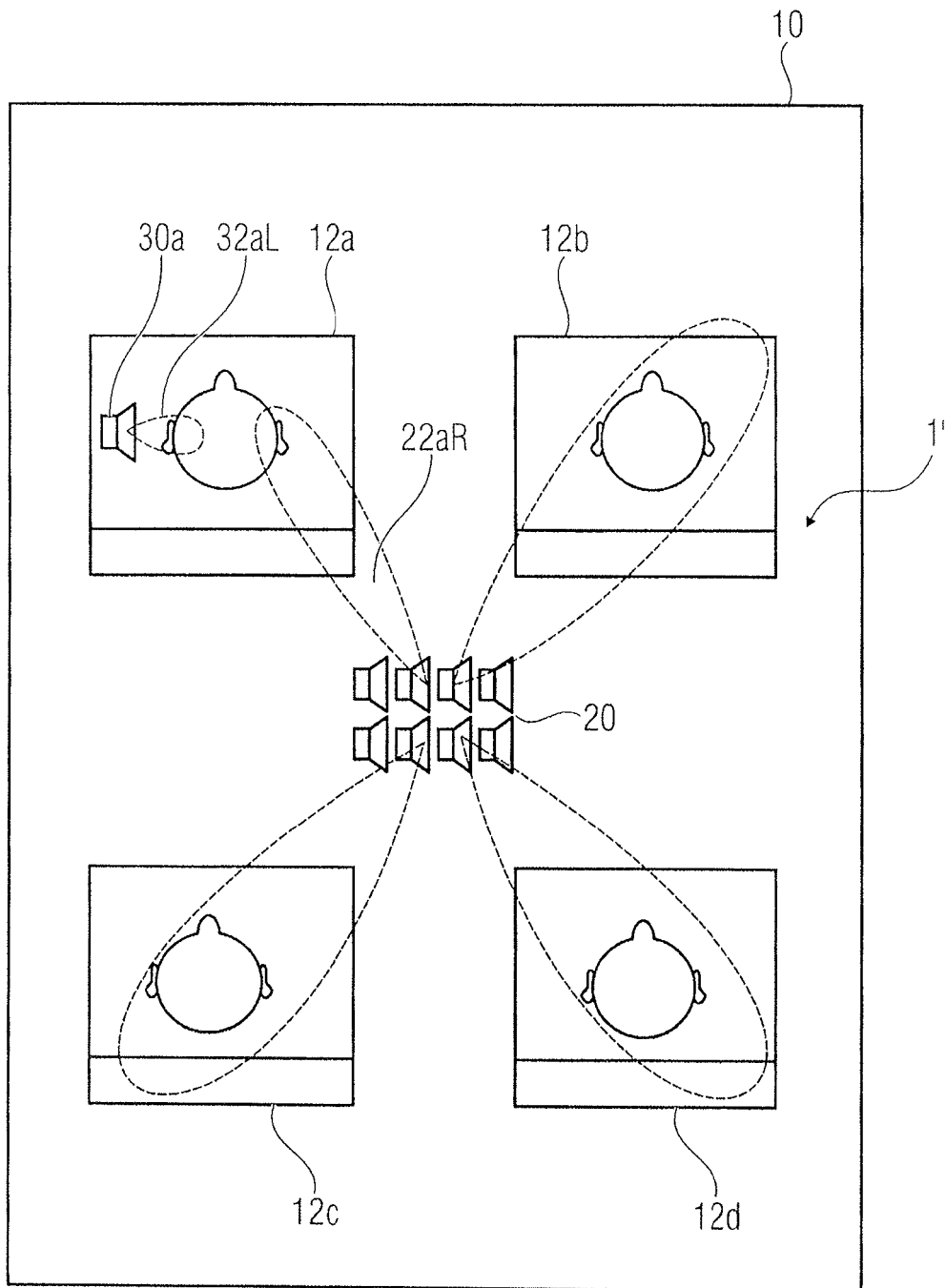


FIG 1c

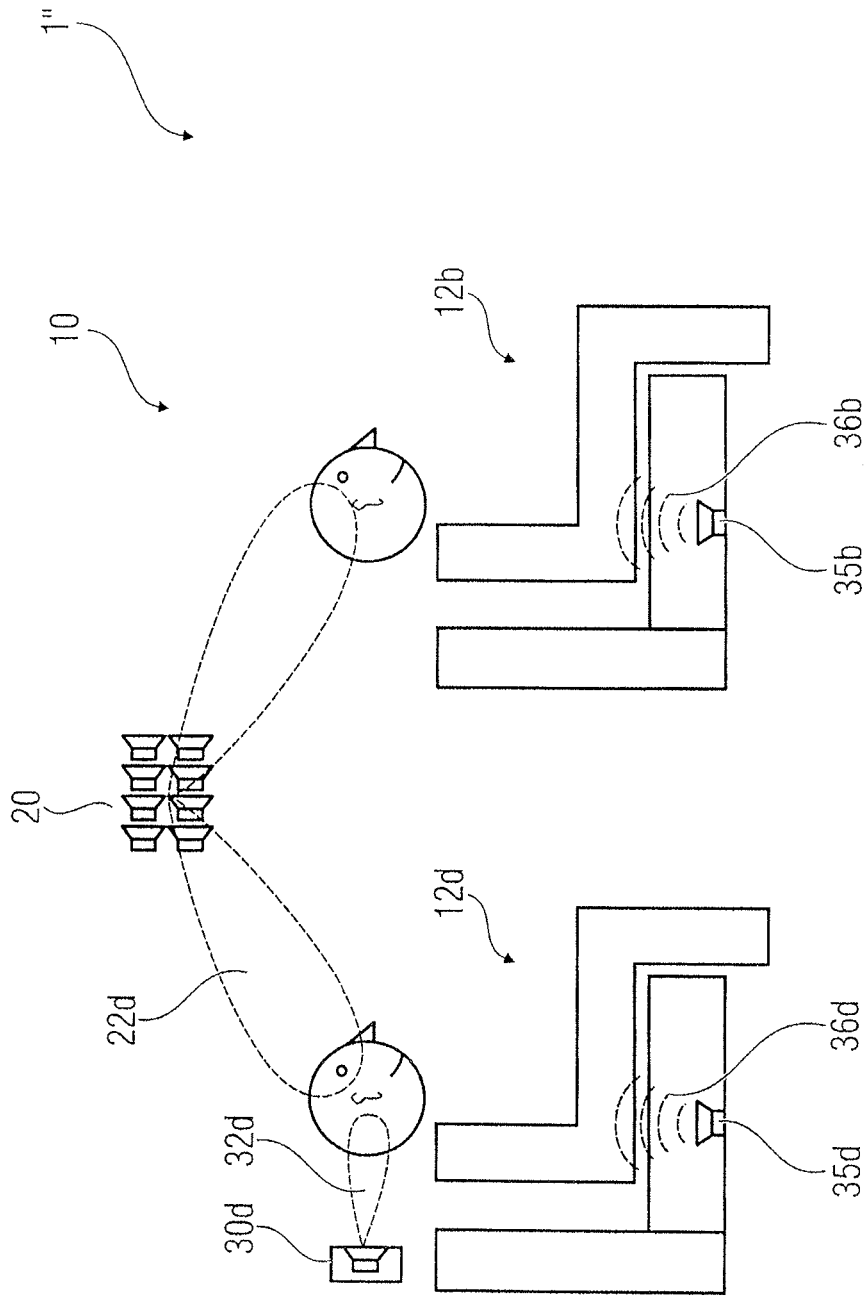


FIG 1D

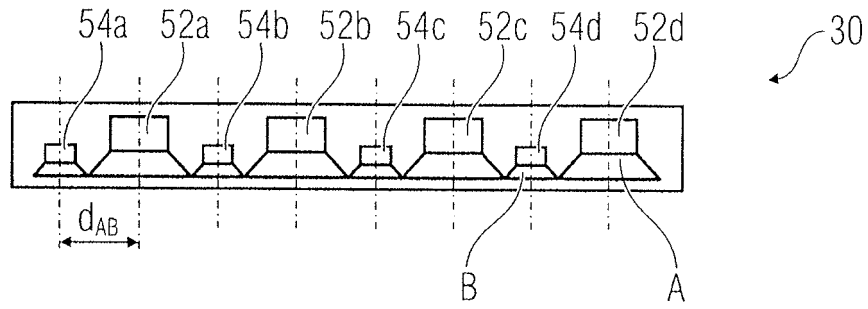


FIG 2A

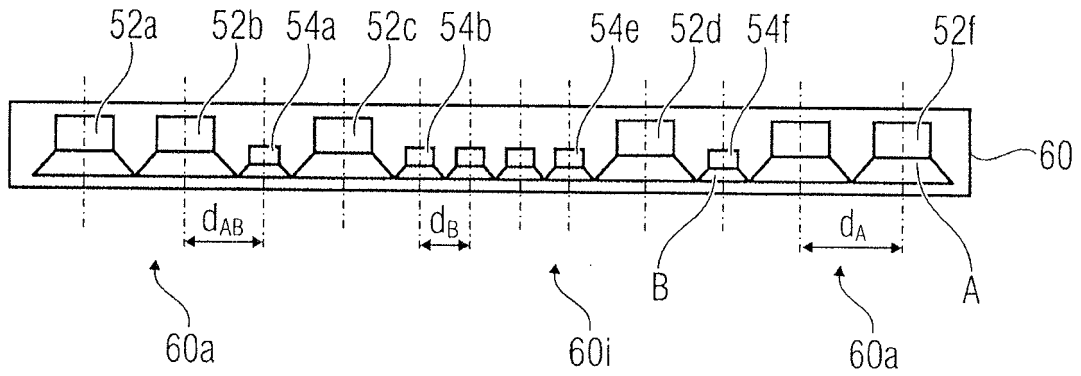


FIG 2B

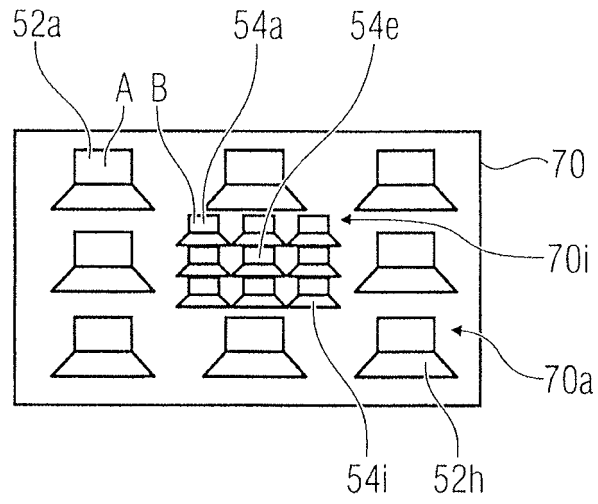


FIG 2C

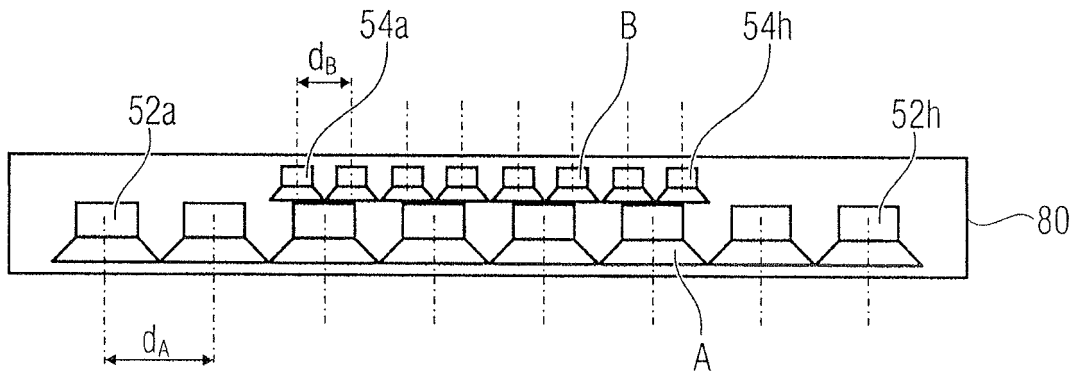


FIG 2D

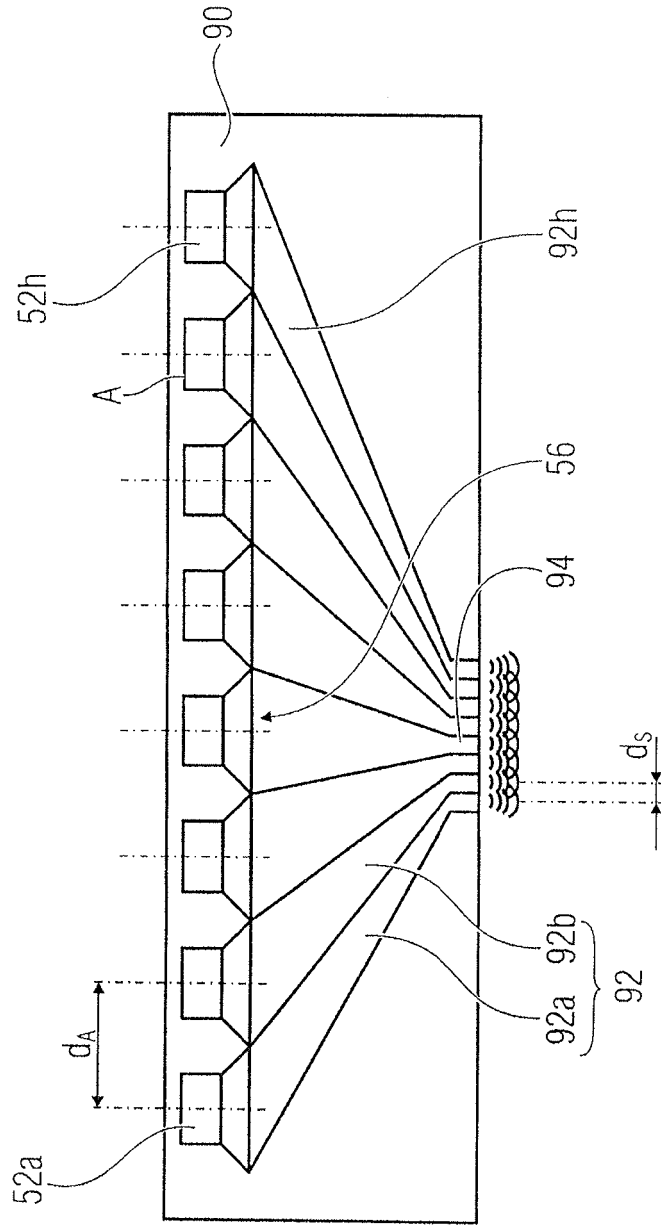


FIG 3

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 8126159 B [0004]
- US 8073156 B [0006]
- US 20120121113 A [0006]
- US 7343020 B [0007]
- US 20030021433 A [0007]
- EP 2143300 B1 [0007]
- EP 1427253 A2 [0008]
- JP H05199595 A [0008]