



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.06.2007 Patentblatt 2007/23

(51) Int Cl.:
H04R 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06077114.4**

(22) Anmeldetag: **27.11.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Opfer, Holger, Dr.**
30171 Hannover (DE)
• **Spichalsky, Carsten**
38165 Lehrte (DE)

(30) Priorität: **05.12.2005 DE 102005058175**

(74) Vertreter: **Effert, Udo et al**
Patentanwälte
Radickestrasse 48
12489 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Volkswagen**
38436 Wolfsburg (DE)

(54) **Lautsprecheranordnung zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug**

(57) Lautsprecheranordnung (1) und zugehöriges Verfahren zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug, umfassend mindestens einen Lautsprecher, der von mindestens einem Audio-Prozessor ansteuerbar ist, wobei der Lautsprecher als mindestens ein elektrostatischer Flächenlautsprecher (2) mit unidirektionaler Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist und der Flächenlautsprecher (2) Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine einer Hauptabstrahlrichtung (5) entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist.

chenlautsprecher (2) mit unidirektionaler Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist und der Flächenlautsprecher (2) Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine einer Hauptabstrahlrichtung (5) entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist.

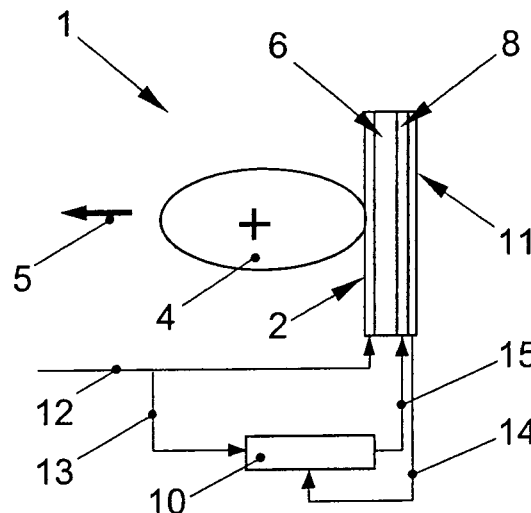


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lautsprecheranordnung und ein zugehöriges Verfahren zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug.

[0002] Lautsprecheranordnungen zur Beschallung des Innenraums eines Kraftfahrzeugs z.B. mit Musik oder akustischen Informationen, die beispielsweise von einem Radio, CD-Player, DVD-Player bzw. einem Telekommunikations- oder Navigationssystem als Audiosignal bereitgestellt werden, sind seit langem üblich und bekannt. Gängige Lautsprechersysteme verwenden dabei üblicherweise elektrodynamische Lautsprecher, wobei die Membran durch die Wechselwirkung zwischen elektrischem Strom und einem magnetischen Gleichfeld angetrieben und als Kraftquelle die Lorentzkraft ausgenutzt wird. Elektrodynamische Lautsprecher sind jedoch aufgrund ihrer üblichen Konus-Bauform sowie der verwendeten Permanent-Magneten in der Regel recht voluminös und schwer, so dass insbesondere bei einer Anordnung mehrerer Lautsprecher ein enormer Platzbedarf entsteht, der insbesondere in den begrenzten Raumverhältnissen im Innenraum eines Kraftfahrzeugs Kompromisse hinsichtlich Einbauort, Schalleistung sowie optimaler Abstrahlcharakteristik erforderlich macht.

[0003] Aus der WO 99/56498 ist ein akustisches Element bekannt, welches eine beliebige Anzahl, vorzugsweise zwei, Schichten und mindestens eine zu der Schicht beabstandete Kunststoffolie umfasst, wobei mindestens eine Schicht mindestens eine poröse Schicht umfasst und die poröse Schicht und die Kunststoffolie im wesentlichen nur an bestimmten Unterstutzungsstellen miteinander in Kontakt kommen, während an den anderen Stellen ein Luftspalt zwischen der porösen Schicht und der Kunststoffolie vorhanden ist. Die poröse Schicht ist entweder elektrisch leitfähig oder mindestens auf einer ihrer Oberflächen so beschichtet, dass sie elektrisch leitfähig ist. Die Kunststoffolie ist aufgeladen oder mit einer elektrisch leitenden Oberfläche versehen. Die Unterstutzungsstellen, an denen die Kunststoffolie und die poröse Schicht miteinander in Kontakt kommen, sind derart angeordnet, dass die gesamte Struktur ihre Dicke verändern kann. Durch Anlegen eines Signals an mindestens eine poröse Schicht wird dann die Kunststoffolie in Schwingungen versetzt, wobei vorzugsweise auch die andere poröse Schicht mit dem gegenphasigen Signal beaufschlagt wird. Diese Anordnung stellt einen elektrostatischen Flächenlautsprecher dar. Elektrostatische Flächenlautsprecher besitzen die Eigenschaft einer besonders ausgeprägten Richtcharakteristik, d.h. eine ausgeprägte Schallabstrahlung senkrecht zur Lautsprecherebene. Da sie üblicherweise aus Kunststoff hergestellt werden, zeichnen sie sich neben ihrer flachen Bauweise des Weiteren durch gute Formbarkeit und geringes Gewicht aus. Da es sich bei den gängigen Flächenlautsprechern üblicherweise um akustische Dipole handelt, erfolgt die Abstrahlung jedoch typischerweise in beiden Richtungen senkrecht zur Laut-

sprecherfläche. Dadurch ist z.B. eine individuelle Einzelplatzbeschallung innerhalb des Kraftfahrzeugs ohne zusätzliche konstruktive Maßnahmen nicht möglich. Werden zur Umgehung der Problematik der Rückabstrahlung des Schalls beispielsweise Flächenlautsprecher flach im Dachhimmel des Fahrzeugs angeordnet, so wird der Schall zwar zum einen wie erwünscht in Richtung der Insassen nach unten abgestrahlt, zum anderen erfolgt jedoch auch in entgegengesetzter Richtung eine Abstrahlung des Schalls nach oben, welche von der Karosserie reflektiert und ungerichtet in den Innenraum zurückgeworfen wird. Dies führt zu einer Verschlechterung des Klangs im Innenraum, unterbindet die ausgeprägte Richtcharakteristik der Flächenlautsprecher und kann unerwünschte Übersprecheffekte oder Resonanzen mit sich bringen. Zudem kann der von oben kommende Schall vom Zuhörer als unangenehm bzw. unnatürlich empfunden werden.

[0004] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zu Grunde, eine verbesserte Lautsprecheranordnung zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug zu schaffen.

[0005] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Ansprüche 1 und 13. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zu Grunde, dass die oben genannten Nachteile überwunden werden können, wenn der betreffende elektrostatische Flächenlautsprecher mit einer unidirektionalen Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist. Um eine solche unidirektionale Abstrahlcharakteristik zu erzielen ist es vorstellbar, den Schall in der einen Abstrahlrichtung, die der erwünschten Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzt ist, abzdämpfen. Daher wird erfindungsgemäß eine Lautsprecheranordnung und ein entsprechendes Verfahren zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug vorgeschlagen, umfassend mindestens einen Lautsprecher, der von mindestens einem Audio-Prozessor ansteuerbar ist, wobei der Lautsprecher als mindestens ein elektrostatischer Flächenlautsprecher mit unidirektionaler Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist und der Flächenlautsprecher Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine einer Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist. Dadurch wird eine freie Platzierung des bzw. der Lautsprecher(s) im Innenraum des Fahrzeugs ermöglicht, wobei gleichzeitig eine Einzelplatzbeschallung realisierbar ist. Außerdem können dann durch eine geeignete Positionierung der Lautsprecheranordnung Raumklangeffekte wie beispielsweise "Virtual Dolby Surround" oder eine Wellenfeldsynthese erzielt werden. Des Weiteren ist vorstellbar, dass die Lautsprecheranordnung aus mindestens zwei benachbarten Flächenlautsprechern gebildet wird, die mittels unterschiedlicher komplexer Übertragungsfunktionen zur Einstellung einer bestimmten Abstrahlcharakteristik ansteuerbar sind. Mittels der komplexer Übertragungsfunktionen kann ein Richtlautsprecher,

d.h. eine in unterschiedliche Raumrichtungen unterschiedlich abstrahlende Schallquelle mit einer Hauptkeule im Winkel von 0°, über die gesamte Audiofrequenz eingestellt werden, um beispielsweise Nebenkeulen, die zu einem Übersprechen zu benachbarten Fahrzeugsitzen führen, zu vermeiden. Dabei kann unter einem erfindungsgemäßen Richtlautsprecher verstanden werden, dass für Frequenzen, deren Wellenlänge kleiner als die Ausdehnung des Strahlers vertikal zur Ausrichtung des Strahlers ist, alle Nebenkeulen der Richtcharakteristik oberhalb von 45° abweichend von der Ausrichtung des Strahlers um mindestens -10 dB kleiner sind. Auf diese Weise wird eine individuelle Einzelplatzbeschallung innerhalb des Fahrzeuginnenraums ermöglicht. Unter dem Begriff "Kraftfahrzeug" sind dabei vorzugsweise Automobile zu verstehen, in gleicher Weise sind jedoch auch andere Verkehrs- und Transportmittel wie z.B. Luft- oder Schienenfahrzeuge erfasst.

[0007] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der mindestens eine Lautsprecher verschwenkbar im Innenraum eines Kraftfahrzeuges angeordnet. Auf diese Weise kann der Lautsprecher in nahezu beliebige Positionen gebracht und insbesondere im Hinblick auf seine Abstrahlcharakteristik den akustischen Verhältnissen des Innenraums sowie der individuellen Nutzungssituation innerhalb des Fahrzeugs bzw. den Bedürfnissen des Benutzers angepasst werden, so dass insbesondere die Einstrahlung des Schalls zur Erzeugung von Rundumklang bzw. eine Einzelplatzbeschallung ermöglicht werden.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der mindestens eine Lautsprecher ausklappbar am Dachhimmel des Kraftfahrzeuges angeordnet. Auf diese Weise kann z.B. für Passagiere im Fond des Fahrzeugs der Lautsprecher zur Benutzung heruntergeklappt und in die akustisch optimale Position gebracht werden, so dass der heruntergeklappte Lautsprecher das Audiosignal entsprechend seiner ausgeprägten Richtcharakteristik optimal und direkt von vorne auf den Fahrgast abstrahlen kann. Wird der Lautsprecher nicht mehr benötigt, so kann er wieder nach oben in die Ruheposition im Dachhimmel geklappt werden und nimmt somit keinen zusätzlichen Raum mehr in Anspruch bzw. stört nicht die freie Sicht des Benutzers. Zum Versenken des Lautsprechers im Dachhimmel sind dabei diverse bekannte Klapp- und/oder Schiebemechanismen vorstellbar.

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind die Mittel zur passiven Dämpfung der Schallabstrahlung als mindestens eine schalldämmende Schicht an der der Hauptabstrahlrichtung abgewandten Seite des Lautsprechers ausgebildet. Dabei ist vorzugsweise auf der der Hauptabstrahlrichtung abgewandten Seite das Rückvolumen des Flächenlautsprechers durch eine dämmende Schicht, beispielsweise aus Mineralwolle, akustisch möglichst stark bedämpft sowie durch einen weiter vorzugsweise möglichst schallharten Abschluss nach außen begrenzt. Somit wird in einfacher Weise eine unidirektionale Abstrahlung des elektrostatischen Flä-

chenlautsprechers gewährleistet. Die genannten passiven Dämpfungstechniken entfalten dabei ihre beste Wirkung im mittleren und hohen Frequenzbereich.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind die Mittel zur aktiven Dämpfung der Schallabstrahlung als mindestens eine Vorrichtung zur aktiven Schallauslöschung ausgebildet, welche mindestens einen weiteren Lautsprecher umfasst, wobei die aktive Schallauslöschung durch Erzeugen eines Signals, das gegenphasig zum Signal des mindestens einen Lautsprechers ist, sowie durch Ansteuern des weiteren Lautsprechers mit dem gegenphasigen Signal erfolgt. Der weitere Lautsprecher ist dabei vorzugsweise ebenfalls als elektrostatischer Flächenlautsprecher ausgebildet, welcher die Abstrahlung von Schall in die der Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzte Richtung aktiv dämpft. Die aktive Dämpfung erfolgt dabei nach dem in Theorie und Praxis wohlbekannten "Active Noise Cancellation"-Prinzip (ANC), häufig auch als "Gegenschall"-Prinzip bezeichnet. Dabei wird mit Hilfe des weiteren Lautsprechers ein Schallsignal erzeugt, das zumindest entgegen der erwünschten Hauptabstrahlrichtung gegenphasig zum Schallsignal des mindestens einen (Haupt-)Lautsprechers ist. Dadurch löschen sich die Schallamplituden der gegensätzlichen Phasen in der der Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzten Richtung im Idealfall gegenseitig nahezu völlig aus, was zu einer aktiven Schalldämpfung in der betreffenden Abstrahlrichtung führt. Da die vergleichsweise simplen passiven Dämpfungstechniken nicht in allen Frequenzbereichen effektiv anwendbar sind, bietet sich insbesondere in diesen Fällen häufig eine aktive Dämpfung mittels ANC an. Insbesondere im tiefen Frequenzbereich erfordert die passive Dämpfung große Mengen an passivem Schallabsorptionsmaterial, dicken Absorptionsschichten bzw. speziellen Strukturen, was zu hohen Kosten und zusätzlichem Gewicht führt und besonders bei mangelnden Platzverhältnissen keine gangbare Lösung mehr darstellt. In diesen Fällen kann eine aktive Dämpfung vorteilhaft sein. Insbesondere die Kombination solcher aktiver Dämpfungsmaßnahmen mit einer zusätzlichen passiven Dämpfung ist dabei äußerst effektiv und führt zu guten Ergebnissen. Das ANC-Prinzip kann zudem auch in vorteilhafter Weise in der Hauptabstrahlrichtung zur Verbesserung der Abstrahlcharakteristik, beispielsweise zur Reduktion von unerwünschten seitlichen Übersprechereffekten bei der Einzelplatzbeschallung, Anwendung finden. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass im Falle der aus dem Dachhimmel ausklappbaren Variante des Flächenlautsprechers die aktiven Dämpfungsmaßnahmen sowohl in der hochgeklappten Position des bzw. der Flächenlautsprecher im Dachhimmel als auch in der heruntergeklappten Position eingesetzt werden können.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform erfolgt die Erzeugung des gegenphasigen Signals in Abhängigkeit eines von einem Mikrofon erfassten Schallsignals des mindestens einen Lautsprechers und/oder in Abhängigkeit eines mittels des Audio-Prozessors

aufbereiteten Signals zur Ansteuerung des mindestens einen Lautsprechers. Die Ansteuerung des weiteren Lautsprechers zur Erzeugung des gegenphasigen Signals kann dabei zum einen adaptiv mit Hilfe eines Mikrofons, durch welches das abgestrahlte Schallsignal des (Haupt-)Lautsprechers erfasst wird, erfolgen. Dieses Vorgehen erfordert zwar zusätzlichen Hardwareaufwand, ist jedoch vergleichsweise einfach und preisgünstig zu realisieren. Zudem können dabei insbesondere die tatsächlichen Abstrahlverhältnisse im Rahmen eines geschlossenen "Feedback"-Regelkreises bestmöglich berücksichtigt werden, da mittels des Mikrofons eine Erfassung des vom mindestens einen (Haupt-)Lautsprecher tatsächlich abgestrahlten Schalls und eine Erzeugung eines darauf basierenden "Fehlersignals" erfolgt, welches in die Regelung einfließt. Andererseits kann jedoch die Ansteuerung des weiteren Lautsprechers zur Erzeugung des gegenseitigen Signals auch unmittelbar auf Basis des aufbereiteten Signals zur Ansteuerung des mindestens einen (Haupt-)Lautsprechers erfolgen, welches dann als Referenzsignal dient. Ist die Abstrahlcharakteristik bzw. Übertragungsfunktion des (Haupt-)Lautsprechers bekannt, so kann vorzugsweise mittels des Audio-Prozessors aus dem gesendeten Referenzsignal des (Haupt-)Lautsprechers im Rahmen einer vorwärtsgekoppelten "Feedforward"-Regelung, d.h. ohne Nutzung des Fehlersignals, das zur aktiven Dämpfung notwendige "Gegensignal" berechnet werden. Es ist des Weiteren auch vorstellbar, die Ansteuerung des weiteren Lautsprechers anhand einer Kombination aus feedback- und feedforward-Regelung, d.h. in Abhängigkeit des vom Mikrophon abgegebenen Fehlersignals und des aufbereiteten Referenzsignals zur Steuerung des (Haupt-)Lautsprechers zu betreiben, um eine möglichst effiziente aktive Dämpfung zu erzielen. Die Realisierung des Reglers ist dabei sowohl in analoger als auch digitaler Funktionsweise denkbar.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist das Mikrophon als elektrostatisches Flächenmikrophon ausgebildet. Zu diesem Zwecke kann die weitere vorteilhafte Eigenschaft elektrostatischer Lautsprecher ausgenutzt werden, dass diese relativ einfach auch als Mikrophon, d.h. zur Wandlung von Schalldrücken in ein elektrisches Signal, betrieben werden können. Wird an die porösen Schichten elektrostatischer Lautsprecher keine Signalspannung aktiv angelegt, so führt eine einfallende Schallwelle zu einer Auslenkung der Kunststoffschicht, was eine Spannungsänderung an den Elektroden der porösen Schichten zur Folge hat, welche als Signalspannung abgreifbar ist. Daher ist es in einfacher Weise möglich, die elektrostatischen Lautsprecher wechselweise auch als Mikrophon, z.B. für die Freisprechanlage oder zur fahrzeuginternen Kommunikation zwischen verschiedenen Insassen, zu betreiben. Somit eröffnet sich aufgrund der flachen Bauweise der Elektrostaten die Möglichkeit der Nutzung von Richtmikrofonen auch im begrenzten Innenraum eines Kraftfahrzeugs.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungs-

form sind der mindestens eine Lautsprecher und der mindestens eine weitere Lautsprecher als elektrostatische Flächenlautsprecher ausgebildet, wobei der jeweils eine als Flächendipol und der jeweils andere als Flächenmonopol ausgebildet ist. Elektrostatische Flächenlautsprecher können sowohl als Flächenmonopol- als auch als Flächendipol-Lautsprecher betrieben werden. Unter einem Flächendipol ist dabei ein Flächenlautsprecher zu verstehen, dessen Richtcharakteristik eine Abstrahlung des Schalls mit sich bringt, die in beiden Richtungen senkrecht zur Lautsprecheroberfläche gegenphasig erfolgt. Unter einem Flächenmonopol ist hingegen ein Flächenlautsprecher zu verstehen, dessen Richtcharakteristik eine Abstrahlung des Schalls mit sich bringt, die in beiden Richtungen senkrecht zur Lautsprecheroberfläche gleichphasig erfolgt. Ein Flächenmonopol kann beispielsweise mittels eines sog. Multilayer-Panels erzeugt werden, welches einem aus mehreren Schichten sowie Membranen zusammengesetzten elektrostatischen Flächenlautsprecher entspricht. Für die bereits oben beschriebene aktive Dämpfung mittels ANC ist es besonders vorteilhaft, wenn jeweils einer der beiden verwendeten Lautsprecher als Flächendipol und der jeweils andere als Flächenmonopol ausgebildet ist, da dann eine Auslöschung lediglich in einer Abstrahlrichtung erfolgt. Dabei ist darauf zu achten, dass jeweils diejenige Seite der beiden Lautsprecher, die die zum anderen Lautsprecher unterschiedliche Phase aufweist, in die der Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzten Richtung ausgerichtet ist, damit die Dämpfung mittels Phasenauslöschung nur in dieser Richtung erfolgt.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der mindestens eine weitere Lautsprecher als aktiver Reflektor ausgebildet. Ist jeweils einer der beiden verwendeten Lautsprecher als Flächendipol und der jeweils andere als Flächenmonopol ausgebildet, so erfolgt dann eine Auslöschung lediglich in einer der Abstrahlrichtungen, nämlich die, in der die beiden Lautsprecher mit unterschiedlicher Phase abstrahlen, wobei diese Abstrahlrichtung vorzugsweise der Hauptabstrahlrichtung entgegengesetzt ist. Da dann demgegenüber in Hauptabstrahlrichtung beide Lautsprecher zueinander gleichphasig abstrahlen, kann der in "Wunschrichtung" abgestrahlte Schalldruck dadurch sogar maximal verdoppelt werden, da sich die gleichen Phasen in Hauptabstrahlrichtung überlagern und somit verstärken. Es handelt sich bei dieser Anordnung daher um einen sog. "aktiven Reflektor".

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der mindestens eine Lautsprecher als Mikrophon und/oder als akustisches Dämpfungselement einsetzbar. Neben der bereits oben beschriebenen vorteilhaften Eigenschaft von elektrostatischen Lautsprechern, in vergleichsweise einfacher Weise auch als Mikrophon betrieben werden zu können, können diese auch aufgrund ihrer flachen Bauweise, der porösen Schichten sowie des in ihnen enthaltenen Luftvolumens gleichzeitig als Dämpfungselemente Verwendung finden. Dies bietet

sich insbesondere in der am Dachhimmel angebrachten klappbaren Variante an, wenn die Lautsprecher sich in der nach oben geklappten Position befinden. Auch ist eine zusätzliche Verwendung als thermisches Isolations-
element, als mechanischer Stabilisator sowie als elastisches Federungselement vorstellbar.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der mindestens eine Lautsprecher als Projektionsfläche für die Darstellung visueller Information einsetzbar. Da in Kraftfahrzeugen in zunehmendem Maße visuelle Infotainment-Applikationen wie z.B. TV-, Video- bzw. DVD-Systeme Anwendung finden, können für diese vorzugsweise Flächenlautsprecher neben ihrer Schallabstrahlungsfunktion gleichzeitig als Bildprojektionsfläche dienen. Hierfür sind insbesondere Flächenlautsprecher mit heller bzw. weißer Außenfläche vorteilhaft. Insbesondere in Verbindung mit der am Dachhimmel angebrachten klappbaren Variante der elektrostatischen Flächenlautsprecher lässt sich somit in platzsparender Weise eine vorteilhafte Doppelnutzung der Flächenlautsprecher erreichen.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist mindestens eine Frequenzweiche zur Auftrennung der Frequenzanteile der vorzunehmenden Beschallung vorgesehen und zumindest die tiefen Frequenzanteile sind über einen separaten Sub-Woofer und/oder Bass-Shaker abstrahlbar. Da elektrostatische Flächenlautsprecher insbesondere in den höheren Frequenzbereichen ein überzeugendes Klangverhalten bieten, während sie die tieferen Frequenzanteile häufig nicht in gleicher Weise mit ausreichender Schallleistung bzw. -qualität reproduzieren können, ist es sinnvoll, für ein vollständiges Klangbild die tiefen Frequenzanteile separat mittels dafür besser geeigneter Mittel einzustrahlen. Dies kann z.B. mittels eines vorzugsweise an bzw. unter dem Fond-Sitz angeordneten Sub-Woofers und/oder Bass-Shakers erfolgen. Es ist zudem ebenfalls vorstellbar, dass dessen beispielsweise auf den Vordersitzen unerwünschterweise hörbare Schallanteile dort weiter vorzugsweise durch gegenphasig betriebene Lautsprecher aktiv gedämpft bzw. gegenphasig überlagert werden, um auch für die tiefen Frequenzen eine zumindest örtlich begrenzte Beschallung innerhalb des Fahrzeuginnenraums zu erzielen.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung in der Querschnittsansicht,
Fig. 2 eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung in der Querschnittsansicht,
Fig. 3 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer in einem Fahr-

zeug montierten erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung in der Querschnittsansicht,

- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer in einem Fahrzeug montierten erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung in der Draufsicht,
Fig. 5 eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer in einem Fahrzeug montierten erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung in der Draufsicht,
Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Flächenlautsprechers in der Querschnittsansicht (Stand der Technik),
Fig. 7a eine schematische Darstellung eines Flächenchendipols,
Fig. 7b eine schematische Darstellung eines Flächenmonopols und
Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Multilayer-Panels in der Querschnittsansicht.

[0019] Fig. 1 zeigt schematisch einen Flächenlautsprecher 2, wie er in einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung 1 zur Anwendung kommt. Der elektrostatische Flächenlautsprecher 2 ist dabei mit einer unidirektionalen Abstrahlcharakteristik ausgebildet. Dazu wird der Schall nahezu ausschließlich in einer Hauptabstrahlrichtung 5 abgestrahlt, während er in der Richtung, die der erwünschten Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzt ist, abgedämpft wird. Zu diesem Zweck weist der Flächenlautsprecher 2 sowohl Mittel zur aktiven als auch zur passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in der der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Abstrahlrichtung auf. Der elektrostatische Flächenlautsprecher 2 ist zudem von mindestens einem Audio-Prozessor (nicht dargestellt) ansteuerbar. Die Mittel zur passiven Dämpfung der Schallabstrahlung sind dabei als zumindest schwach schalldämmende Schicht 6 an der der Hauptabstrahlrichtung 5 abgewandten Seite des Flächenlautsprechers 2 ausgebildet. Dazu ist das Rückvolumen des Flächenlautsprechers 2 bzw. der Lautsprecheranordnung 1 auf der der Hauptabstrahlrichtung 5 abgewandten Seite durch die schwach schalldämmende Schicht 6, die beispielsweise aus Mineralwolle ausgebildet sein kann, zumindest an den Rändern akustisch wenigstens schwach bedämpft. Des Weiteren sind die Mittel zur aktiven Dämpfung der Schallabstrahlung als eine Vorrichtung zur aktiven Schallauslöschung ausgebildet. Dazu ist ein ebenfalls als elektrostatischer Flächenlautsprecher ausgebildeter Sekundärlautsprecher 8 als weiterer Lautsprecher vorgesehen, welcher die Abstrahlung von Schall in die der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzte Richtung aktiv dämpft. Die aktive Dämpfung erfolgt dabei nach dem Prinzip der "Active Noise Cancellation" (ANC), d.h. es erfolgt eine aktive Schallauslöschung durch Erzeugen eines Schallsignals mittels des Sekundärlautsprechers 8, welches gegenphasig zu dem vom Flächenlautspre-

cher 2 entgegen der Hauptabstrahlrichtung 5 abgestrahlten Schallsignal ist. Dadurch löschen sich dann im Idealfall die Schallamplituden der gegensätzlichen Phasen in der der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Richtung gegenseitig nahezu völlig aus, was zu einer aktiven Schalldämpfung in dieser Richtung führt, weswegen lediglich eine Hauptschallamplitude 4 in der Hauptabstrahlrichtung 5 erhalten bleibt und vom Flächenlautsprecher 2 als Schall nach außen abgegeben wird. Dazu wird zunächst ein gegenphasiges Signal 15 erzeugt, welches gegenphasig zu einem Nutzsignal 12 ist, mit dem der elektrostatische Flächenlautsprecher 2 angesteuert wird. Mit diesem gegenphasigen Signal 15 wird dann der Sekundärlautsprecher 8 angesteuert. Die Erzeugung des gegenphasigen Signals 15 erfolgt dabei mittels eines Reglers 10, der vorzugsweise Bestandteil des (nicht dargestellten) Audio-Prozessors ist. Die Erzeugung kann dabei zum einen in Abhängigkeit eines von einem Mikrofon 11 erfassten Schallsignals des Flächenlautsprechers 2 erfolgen. Dazu ist an der Rückseite des Sekundärlautsprechers 8 das als elektrostatisches Flächenmikrofon ausgebildete Mikrofon 11 vorgesehen. Die Ansteuerung des Sekundärlautsprechers 8 zur Erzeugung des gegenphasigen Schallsignals erfolgt dann adaptiv mit Hilfe des Mikrofons 11, durch welches das entgegen der Hauptabstrahlrichtung 5 abgestrahlte Schallsignal des Flächenlautsprechers 2 erfasst wird. Mittels des Mikrofons 11 erfolgt nach der Erfassung des vom Flächenlautsprecher 2 tatsächlich abgestrahlten Schalls die Erzeugung eines darauf basierenden Fehlersignals 14, welches dann an den Regler 10 übermittelt wird und als Stellgröße in die Regelung einfließt. Dies entspricht dann einem geschlossenen "Feedback"-Regelkreis. Andererseits kann jedoch die Ansteuerung des Sekundärlautsprechers 8 zur Erzeugung des gegenphasigen Schallsignals auch unmittelbar auf Basis des aufbereiteten Nutzsignals 12 zur Ansteuerung des Flächenlautsprechers 2 erfolgen, welches dann als Referenzsignal 13 für die Regelung dient. Ist die Abstrahlcharakteristik bzw. Übertragungsfunktion des Flächenlautsprechers 2 bekannt, so kann mittels des Reglers 10 aus dem gesendeten Referenzsignal 13 im Rahmen einer vorwärtsgekoppelten "Feedforward"-Regelung, d.h. ohne Nutzung des Fehlersignals 14, das zur aktiven Dämpfung notwendige gegenphasige Signal 15 berechnet werden. Im vorliegenden Falle erfolgt die Ansteuerung des Sekundärlautsprechers 8 anhand einer Kombination aus feedback- und feedforward-Regelung. Um sicherzustellen, dass lediglich die unerwünschten Schallamplituden des Flächenlautsprechers 2, die entgegen der Hauptabstrahlrichtung 4 abgestrahlt werden, mittels ANC ausgelöscht werden, sind der Flächenlautsprecher 2 und der Sekundärlautsprecher 8 beide als elektrostatische Flächenlautsprecher ausgebildet, wobei der jeweils eine als Flächendipol 20 und der jeweils andere als Flächenmonopol 21 (vgl. Fig. 7a und 7b) ausgebildet ist. Dabei ist jeweils diejenige Seite der beiden Lautsprecher, die die zum anderen Lautsprecher unterschiedliche Phase auf-

weist, in die der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Richtung ausgerichtet, damit die Dämpfung mittels Phasenauslöschung nur in dieser Richtung erfolgt. Da demgegenüber in Hauptabstrahlrichtung 5 dann Flächenlautsprecher 2 und Sekundärlautsprecher 8 zueinander gleichphasig abstrahlen, kann der Schalldruck der in Hauptabstrahlrichtung 5 abgestrahlten Hauptschallamplitude 4 dadurch sogar maximal verdoppelt werden, d.h. der Sekundärlautsprecher 8 wirkt als aktiver Reflektor. Der die Charakteristik eines Flächenmonopols 21 aufweisende Lautsprecher kann dabei beispielsweise als Multilayer-Panel 30 (vgl. Fig. 8) ausgebildet sein.

[0020] Fig. 2 zeigt schematisch eine weitere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung 1 in der Querschnittsansicht, wobei auch hier der elektrostatische Flächenlautsprecher 2 mit einer unidirektionalen Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist. Zum Zweck des Unterbindens einer bidirektionalen Schallabstrahlung weist der Flächenlautsprecher 2 hier jedoch lediglich Mittel zur passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in der der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Abstrahlrichtung auf, welche als schalldämmende Schicht 7 sowie einen schallharten Abschluss 9 an der der Hauptabstrahlrichtung 5 abgewandten Seite des Flächenlautsprechers 2 ausgebildet sind. Dabei ist auf der der Hauptabstrahlrichtung 5 abgewandten Seite das Rückvolumen des Flächenlautsprechers 2 durch die schalldämmende Schicht 7, die beispielsweise aus Mineralwolle ausgebildet sein kann, akustisch möglichst stark bedämpft sowie durch den möglichst schallharten Abschluss 9 nach außen begrenzt. Aufgrund der schalldämmenden Schicht 7 und dem schallharten Abschluss 9 werden die vom Flächenlautsprecher 2 in der der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Richtung abgegebenen Schallamplituden nahezu völlig gedämpft bzw. in die entgegengesetzte Richtung reflektiert, was zu einer passiven Schalldämpfung in dieser Richtung führt, weswegen lediglich eine Hauptschallamplitude 4 in der Hauptabstrahlrichtung 5 erhalten bleibt und vom Flächenlautsprecher 2 als Schall nach außen abgegeben wird.

[0021] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer in einem Kraftfahrzeug montierten erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung 1 schematisch in der Querschnittsansicht. Die Lautsprecheranordnung 1 weist dabei mindestens einen elektrostatischen Flächenlautsprecher 2 mit unidirektionaler Abstrahlcharakteristik auf, der Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist. Dabei kann es sich beispielsweise um einen Flächenlautsprecher 2 gemäß den in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Varianten handeln. Der Flächenlautsprecher 2 ist dabei ausklappbar am Dachhimmel 27 eines lediglich stilisiert dargestellten Kraftfahrzeugs angeordnet, wie durch den Doppelpfeil und die halb bzw. ganz ausgeklappte Position angedeutet. Auf diese Weise kann z.B. für einen Insassen 19b im Fond des Fahrzeugs der Flächenlautsprecher 2 zur Be-

nutzung heruntergeklappt und in die akustisch optimale Position gebracht werden, so dass der heruntergeklappte Flächenlautsprecher 2 das Audiosignal entsprechend seiner ausgeprägten Richtcharakteristik optimal und direkt von vorne, das heißt in der Hauptabstrahlrichtung 5, auf den Insassen 19b abstrahlen kann. Der auf dem Rücksitz 18 befindliche Insasse 19b kann somit individuell beschallt werden, ohne dass ein auf dem Vordersitz 17 befindlicher Insasse 19a, der z.B. als Fahrer das Lenkrad 16 zu bedienen hat, beschallt wird. Wird der Flächenlautsprecher 2 nicht mehr benötigt, so kann er wieder nach oben in die Ruheposition im Dachhimmel 27 geklappt werden und nimmt somit keinen zusätzlichen Raum mehr in Anspruch bzw. stört nicht die freie Sicht des Insassen 19b. Der Flächenlautsprecher 2 ist dabei vorzugsweise in seiner hochgeklappten Stellung auch als Mikrofon und/oder als akustisches Dämpfungselement einsetzbar. In der heruntergeklappten Position dient der Flächenlautsprecher 2 neben seiner Schallabstrahlungsfunktion gleichzeitig auch als Bildprojektionsfläche 23 für visuelle Infotainment-Applikationen wie z.B. TV-, Video- bzw. DVD-Systeme. Zu diesem Zweck ist der Flächenlautsprecher 2 vorzugsweise mit einer hellen bzw. weißen Außenfläche versehen. Da der elektrostatische Flächenlautsprecher 2 lediglich in den höheren Frequenzbereichen ein überzeugendes Klangverhalten bietet, während die tieferen Frequenzanteile nicht mit ausreichender Schallleistung bzw. -qualität abgestrahlt werden, ist vorzugsweise eine Frequenzweiche (nicht dargestellt) zur Auftrennung der Frequenzanteile der vorzunehmenden Beschallung vorgesehen und zumindest die tiefen Frequenzanteile sind über einen separaten Shaker 25, der vorzugsweise unter dem Rücksitz 18 angeordnet ist, abstrahlbar.

[0022] Fig. 4 und Fig. 5 zeigen zwei Varianten der in Fig. 3 dargestellten bevorzugten Ausführungsform der in einem Fahrzeug montierten erfindungsgemäßen Lautsprecheranordnung 1 in der Draufsicht. Dabei ist zu erkennen, dass die aus dem Dachhimmel 27 (vgl. Fig. 3) heruntergeklappten Flächenlautsprecher 2 aufgrund ihrer unidirektionalen Richtcharakteristik ihr jeweiliges Audiosignal direkt von vorne, d.h. in Hauptabstrahlrichtung 5 auf die Insassen 19b, 19c auf den Rücksitzen 18 des Fahrzeugs abstrahlen. Aufgrund der Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in der der Hauptabstrahlrichtung 5 entgegengesetzten Richtung strahlen die Flächenlautsprecher 2 jedoch keinen Schall auf die auf den Vordersitzen 17 befindlichen Insassen 19a, 19d ab. Durch eine geeignete Positionierung der Lautsprecheranordnung 1 im Innenraum des Fahrzeugs können dann Raumklangeffekte wie beispielsweise Stereoklang bzw. "Virtual Dolby Surround" oder eine Wellenfeldsynthese erzielt werden. Da die in Fig. 4 und 5 dargestellte Lautsprecheranordnung 1 aus jeweils mindestens zwei benachbarten Flächenlautsprechern 2 gebildet wird, ist vorstellbar, dass diese mittels unterschiedlicher komplexer Übertragungsfunktionen zur Einstellung einer bestimmten Abstrahlcharakteristik

ansteuerbar sind. Mittels dieser komplexer Übertragungsfunktionen kann ein Richtlautsprecher, d.h. eine in unterschiedliche Raumrichtungen unterschiedlich abstrahlende Schallquelle mit einer Hauptkeule im Winkel von 0°, über die gesamte Audiofrequenz eingestellt werden, um beispielsweise Nebenkeulen, die zu einem Übersprechen zu den benachbarten Fahrzeugsitzen führen, zu vermeiden. Auf diese Weise wird für die Insassen 19b und 19c jeweils eine individuelle Einzelplatzbeschallung innerhalb des Fahrzeuginnenraums ermöglicht. Bei der in Fig. 4 dargestellten Lautsprecheranordnung 1 sind die Flächenlautsprecher 2 jeweils separat angeordnet. Aus diesem Grund ist dort auch für beide Insassen 19a, 19d eine gemeinsame, von den Flächenlautsprechern 2 separate ausklappbare Bildprojektionsfläche für DVD-/Video-/TV-Infotainmentfunktionen vorgesehen. In der in Fig. 5 dargestellten Variante sind die Flächenlautsprecher 2 in einer gemeinsamen ausklappbaren Fläche integriert, weswegen diese gleichzeitig auch als Bildprojektionsfläche 23 für DVD-/Video-/TV-Entertainment genutzt werden kann.

[0023] Fig. 6 zeigt schematisch einen hinsichtlich des Funktionsprinzips bereits aus dem Stand der Technik bekannten gattungsgemäßen elektrostatischen Flächenlautsprecher 2a ohne unidirektionale Abstrahlcharakteristik in der Querschnittsansicht. Elektrostatische Lautsprecher funktionieren prinzipiell, indem sich eine elektrisch geladene möglichst leichte Kunststoffmembran 31 in einem elektrischen Feld bewegt. Dieses elektrische Feld wird im Allgemeinen durch ein Tonsignal 32 mit der Folge moduliert, dass die Kunststoffmembran 31 den Ton als Schall abstrahlt. Die Kunststoffmembran 31 muss dabei derart angespannt sein, dass eine lineare Übertragung und eine gute Beweglichkeit, d.h. insbesondere ausreichende Amplituden und geringe Dämpfung, gewährleistet sind und die Ausbildung von Membraneigenmoden unterdrückt werden. Dies wird erreicht, indem die isolierte Kunststoffmembran 31 zwischen zwei filzartige poröse Schichten 34 gelegt wird, welche mit metallischen Oberflächen 35 beschichtet sind. Die porösen Schichten 34 und die Kunststoffmembran 31 kommen dabei im wesentlichen nur an bestimmten als Klebenaht 37 ausgebildeten Unterstützungsstellen miteinander in Kontakt, während an den anderen Stellen ein Luftspalt bzw. Hohlraum 33 zwischen den porösen Schichten 34 und der Kunststoffmembran 31 vorhanden ist. Die Kunststoffmembran 31 wird dann mit einer Bias-Gleichspannung 36 von 300-500 Volt belegt. Alternativ dazu kann die Kunststoffmembran 31 auch als Elektret ausgebildet sein, d.h. als ein elektrisch isolierendes Material, das an zwei gegenüberliegenden Flächen entgegengesetzte elektrische Ladungen trägt und somit ein permanentes elektrisches Feld in seiner Umgebung erzeugt. Zudem werden die metallischen Oberflächen 35 mit dem gegenphasigen elektrischen Tonsignal 32 beaufschlagt. Dabei wirken die filzartigen porösen Schichten 34 bzw. das in ihnen enthaltenen Luftvolumen sowohl als Dämpfer als auch als Stabilisator und als Federelement. Durch eine

örtliche Variation dieser Eigenschaften kann die Richtcharakteristik des Flächenlautsprechers 2a weiter positiv beeinflusst werden. Außerdem wird dessen Richtcharakteristik durch seine Formgebung beeinflusst. In der dargestellten Form wirkt der elektrostatische Flächenlautsprecher 2a dann als bidirektionaler Lautsprecher bzw. als Flächendipol (vgl. Fig. 7a).

[0024] Fig. 7a und 7b stellen schematisch die Wirkungsweise von prinzipiell bereits aus dem Stand der Technik bekannten Flächendipolen bzw. -monopolen dar. Der in Fig. 7a dargestellte Flächendipol 20 besteht aus einem Flächenlautsprecher 2, dessen Richtcharakteristik eine Schallabstrahlung mit sich bringt, die in beiden Richtungen senkrecht zur Lautsprecheroberfläche gegenphasig erfolgt. D.h. in der einen Richtung wird das Schallsignal mit positiver Amplitude abgestrahlt, während simultan das gleiche Schallsignal in entgegengesetzter Richtung mit negativer Amplitude abgestrahlt wird. Der in Fig. 7b dargestellte Flächenmonopol 21 besteht ebenfalls aus einem Flächenlautsprecher 2, dessen Richtcharakteristik jedoch eine Schallabstrahlung mit sich bringt, die in beiden Richtungen senkrecht zur Lautsprecheroberfläche gleichphasig erfolgt. D.h., wenn in der einen Richtung das Schallsignal mit positiver Amplitude abgestrahlt wird, wird simultan das gleiche Schallsignal in entgegengesetzter Richtung ebenfalls mit positiver Amplitude abgestrahlt. Ein solcher Flächenmonopol 21 kann beispielsweise mittels eines in Fig. 8 dargestellten Multilayer-Panels 30 erzeugt werden, welches einem aus mehreren porösen Schichten 34 sowie Kunststoffmembranen 31 zusammengesetzten, mit Perforationen 38 versehenen elektrostatischen Flächenlautsprecher 2 entspricht. Die porösen Schichten 34 sind dabei jeweils mit metallischen Oberflächen 35 beschichtet. Die Unterstützungsstellen, an denen die Kunststoffmembranen 31 und die porösen Schichten 34 miteinander in Kontakt kommen, sowie die Perforationen 38 sind derart angeordnet, dass die gesamte Struktur des Multilayer-Panels 30 ihre Dicke verändern kann.

Bezugszeichenliste

[0025]

1	Lautsprecheranordnung
2, 2a	Flächenlautsprecher
4	Hauptschallamplitude
5	Hauptabstrahlrichtung
6	schwach schalldämmende Schicht
7	schalldämmende Schicht
8	Sekundärlautsprecher
9	schallharter Abschluss
10	Regler
11	Mikrofon
12	Nutzsignal
13	Referenzsignal
14	Fehlersignal
15	gegenphasiges Signal

16	Lenkrad
17	Vordersitz
18	Rücksitz
19a, b, c, d	Insasse
20	Flächendipol
21	Flächenmonopol
23	Bildprojektionsfläche
25	Shaker
27	Dachhimmel
30	Multilayer-Panel
31	Kunststoffmembran
32	elektrisches Tonsignal
33	Hohlraum
34	poröse Schicht
35	metallische Oberfläche
36	Bias-Gleichspannung
37	Klebenaht
38	Perforationen

Patentansprüche

1. Lautsprecheranordnung (1) zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug, umfassend mindestens einen Lautsprecher, der von mindestens einem Audio-Prozessor ansteuerbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Lautsprecher als mindestens ein elektrostatischer Flächenlautsprecher (2) mit unidirektionaler Abstrahlcharakteristik ausgebildet ist, wobei der Flächenlautsprecher (2) Mittel zur aktiven und/oder passiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine einer Hauptabstrahlrichtung (5) entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist.
2. Lautsprecheranordnung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lautsprecher verschwenkbar im Innenraum eines Kraftfahrzeuges angeordnet ist.
3. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lautsprecher ausklappbar am Dachhimmel (27) des Kraftfahrzeugs angeordnet ist.
4. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur passiven Dämpfung der Schallabstrahlung als mindestens eine schalldämmende Schicht (7) an der der Hauptabstrahlrichtung (5) abgewandten Seite des Lautsprechers ausgebildet sind.
5. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur aktiven Dämpfung der Schallabstrahlung als mindestens eine Vorrichtung zur aktiven Schallauslöschung ausgebildet sind, welche mindestens einen weiteren Lautsprecher umfasst, wobei

die aktive Schallauslöschung durch Erzeugen eines Signals (15), das gegenphasig zum Signal des mindestens einen Lautsprechers ist, sowie durch Ansteuern des weiteren Lautsprechers mit dem gegenphasigen Signal (15) erfolgt.

5

6. Lautsprecheranordnung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erzeugung des gegenphasigen Signals (15) in Abhängigkeit eines von einem Mikrofon (11) erfassten Schallsignals des mindestens einen Lautsprechers und/oder in Abhängigkeit eines mittels des Audio-Prozessors aufbereiteten Signals zur Ansteuerung des mindestens einen Lautsprechers erfolgt. 10
7. Lautsprecheranordnung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mikrofon (11) als elektrostatisches Flächenmikrofon ausgebildet ist. 15
8. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lautsprecher und der mindestens eine weitere Lautsprecher als elektrostatische Flächenlautsprecher (2) ausgebildet sind, wobei der jeweils eine als Flächendipol (20) und der jeweils andere als Flächenmonopol (21) ausgebildet ist. 20 25
9. Lautsprecheranordnung (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine weitere Lautsprecher als aktiver Reflektor ausgebildet ist. 30
10. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lautsprecher als Mikrofon (11) und/oder als akustisches Dämpfungselement einsetzbar ist. 35
11. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Lautsprecher als Projektionsfläche für die Darstellung visueller Information einsetzbar ist. 40
12. Lautsprecheranordnung (1) nach einem der genannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Frequenzweiche zur Auftrennung der Frequenzanteile der vorzunehmenden Beschallung vorgesehen ist und zumindest die tiefen Frequenzanteile über einen separaten Sub-Woofer und/oder Bass-Shaker abstrahlbar sind. 45 50
13. Verfahren zur Beschallung in einem Kraftfahrzeug, umfassend eine Lautsprecheranordnung (1) mit mindestens einem Lautsprecher, der von mindestens einem Audio-Prozessor angesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lautsprecher als mindestens ein elektrostati-

scher Flächenlautsprecher (2) ausgebildet ist, wobei der Flächenlautsprecher (2) mindestens Mittel zur aktiven Dämpfung der Schallabstrahlung in eine einer Hauptabstrahlrichtung (5) entgegengesetzten Abstrahlrichtung aufweist und die Mittel zur aktiven Dämpfung derart vom Audio-Prozessor angesteuert werden, dass die Beschallung unidirektional erfolgt.

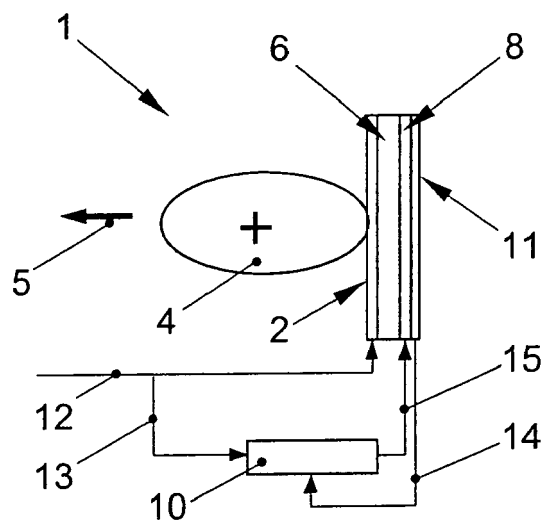


FIG. 1

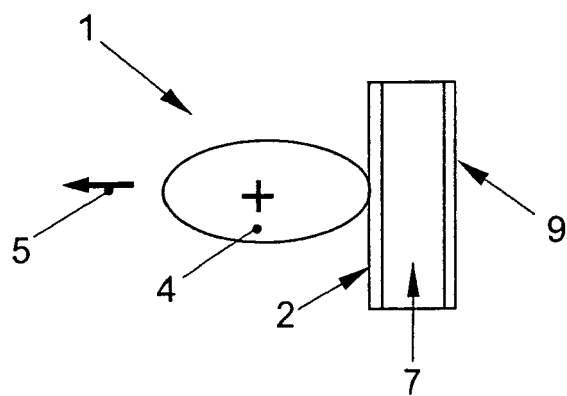


FIG. 2

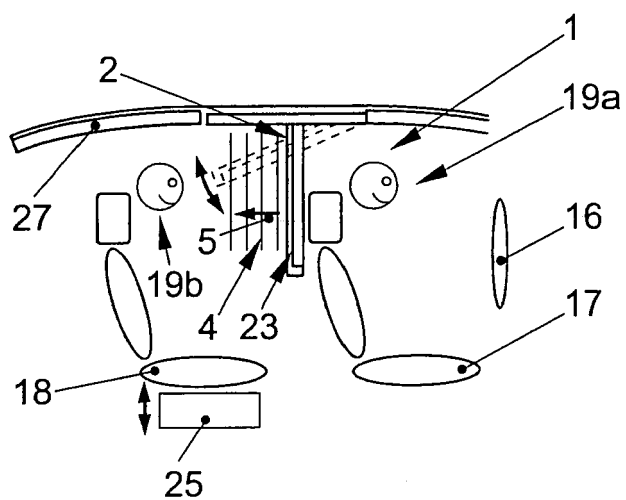


FIG. 3

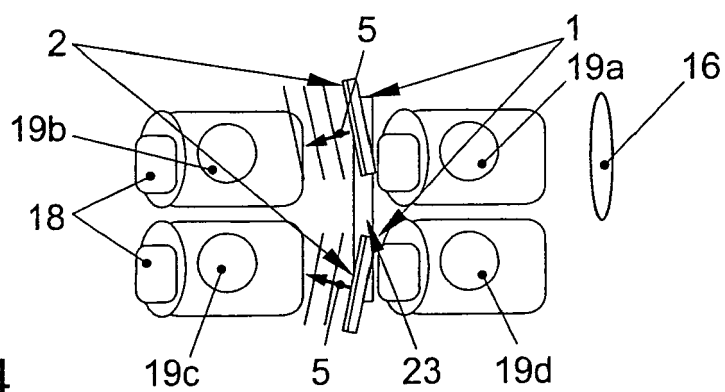


FIG. 4

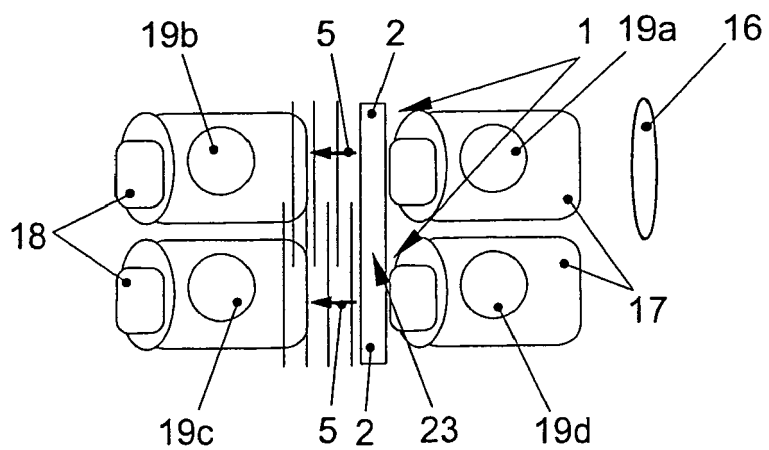


FIG. 5

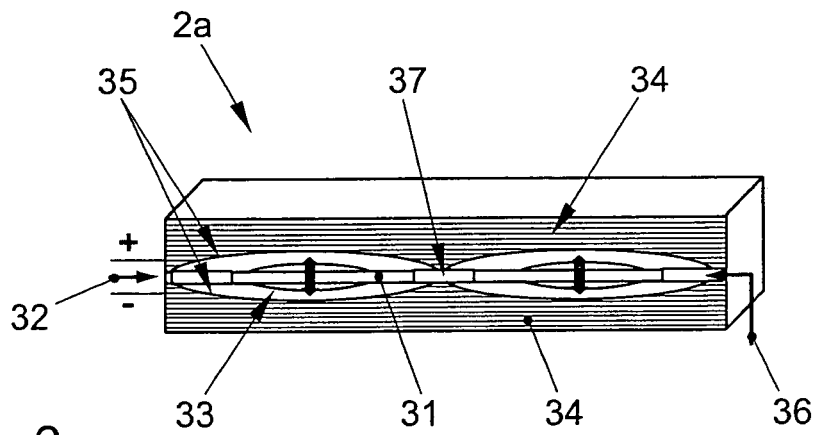


FIG. 6

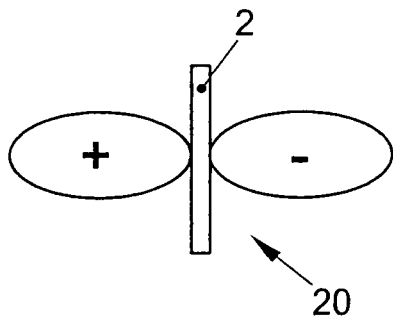


FIG. 7a

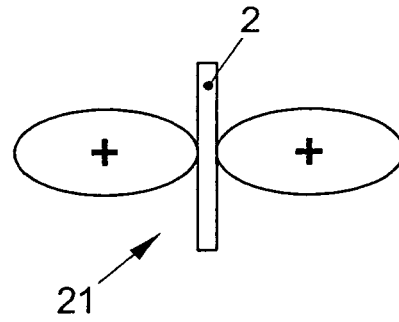


FIG. 7b

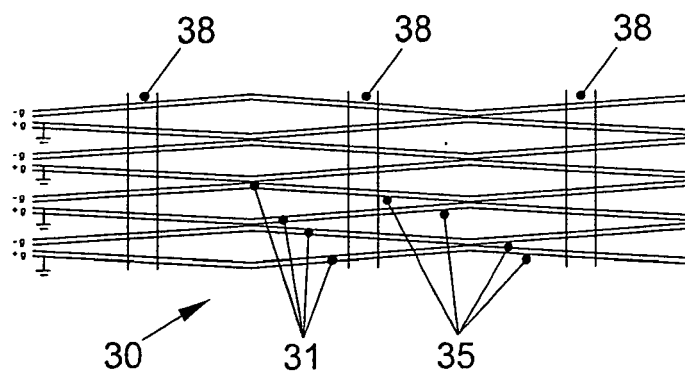


FIG. 8

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

- WO 9956498 A [0003]