

(19)



(11)

EP 3 677 053 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.07.2022 Patentblatt 2022/28

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H04S 3/00 ^(2006.01) **H04S 7/00** ^(2006.01)
H04R 3/12 ^(2006.01) **G10K 11/178** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18762485.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H04S 7/301; H04S 7/302; G10K 11/17823;
H04R 3/12

(22) Anmeldetag: **28.08.2018**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/073100

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/042978 (07.03.2019 Gazette 2019/10)

(54) **LAUTSPRECHERSYSTEM FÜR RAUMKLANG MIT UNTERDRÜCKUNG UNERWÜNSCHTEN DIREKTSCHALLS**

LOUDSPEAKER SYSTEM FOR SURROUND SOUND WITH REJECTION OF UNDESIRABLE DIRECT SOUND

SYSTÈME DE HAUT-PARLEURS POUR SON AMBIOPHONIQUE AVEC SUPPRESSION DES BRUITS DIRECTS NON SOUHAITÉS

(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

(72) Erfinder: **DAUSEND, Andreas**
54331 Pellingen (DE)

(30) Priorität: **28.08.2017 DE 102017119650**

(74) Vertreter: **Hertin und Partner**
Rechts- und Patentanwälte PartG mbB
Kurfürstendamm 54/55
10707 Berlin (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.07.2020 Patentblatt 2020/28

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 5 815 578 US-A1- 2007 263 888
US-A1- 2015 304 791 US-A1- 2017 053 641

(73) Patentinhaber: **Lautsprecher Teufel GmbH**
10787 Berlin (DE)

EP 3 677 053 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lautsprechersystem, bei dem ein seitlich und/oder zur Decke ausgestrahlter Kanal bzw. mehrere Kanäle verwendet werden, um durch Reflektion an Wänden und/oder Decken für ein Raumklangerlebnis im Zuhörerbereich zu sorgen. Das sind die sogenannten Raumklangkanäle, die durch nicht frontal strahlende Lautsprecher erzeugt werden. Dabei werden auch unerwünschte Ausgangssignale erzeugt, sogenannter Direktschall, der auf direktem Wege, ohne Reflektionen in den Zuhörerbereich gelangt und das Raumklangerlebnis stört. Zur Abschwächung des unerwünschten Direktschalls wird für jeden Raumklangkanal ein durch einen FIR-Filter entsprechend angepasstes Signal durch mindestens einen Frontlautsprecher ausgesandt. Die zeitliche Erzeugung eines Raumklangsignals wird dabei durch mindestens ein Verzögerungsglied angepasst. In einem Zuhörerbereich treffen nun Direktschall und angepasstes Signal aufeinander, so dass der Direktschall abgeschwächt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Abschwächung von Direktschall.

Hintergrund und Stand der Technik

[0003] Raumklangsysteme können dem Zuhörer das Erlebnis verschaffen, dass dieser allseitig von Klangquellen umgeben ist und sich somit "mitten im Geschehen" befindet. Dies ist vor allem bei Spielfilmen interessant, bei denen Klang- und visuelle Informationen in Einklang gebracht werden können, indem auch hinter dem Zuschauer Klänge erzeugt werden, welche zu den aktuellen Geschehnissen auf dem Bildschirm passen oder diese antizipieren. So können sehr realistische Eindrücke vermittelt werden. Auch bei Konzertmitschnitten ist diese Technik relevant. Raumklangerlebnisse werden dabei im Vergleich zu normalen Stereoausstrahlungen oft als viel "packender" beschrieben. Bei Raumklangsystemen wird ausgenutzt, dass ein Zuhörer z. B. durch Bestimmung von Laufzeitdifferenzen zwischen beiden Ohren und der Auswertung unterschiedlicher Schallpegel die Richtung, aus der ein Klang oder ein Geräusch kommt, bestimmen kann.

[0004] Ein Nachteil von Raumklangsystemen ist die erhöhte Zahl an benötigten Lautsprechern. Es werden typischerweise mindestens zwei weitere Lautsprecher benötigt, die in einem Bereich hinter dem Zuhörerbereich platziert werden, um die zusätzlichen, von weiteren Seiten kommenden Klänge zu erzeugen. Die Kosten eines solchen Systems sind oft sehr hoch, außerdem ist aufgrund der Vielzahl der Lautsprecher der Platzbedarf höher. Für kleine Räume ist ein solches System schlichtweg nicht geeignet.

[0005] Es sind mittlerweile auch Systeme bekannt, welche Reflektionen von Wänden nutzen, um die Illusion zusätzlicher Klangquellen zu erzeugen. Dabei werden Lautsprecher, welche konventionell vor dem Zuhörer

platziert sind, so ausgerichtet, dass der von ihnen erzeugte Schall an Wänden und/oder Decken reflektiert wird. Der reflektierte Klang scheint dabei für einen Zuhörer nicht mehr direkt von dem emittierenden Lautsprecher zu kommen, sondern von der Stelle oder dem Bereich an der Wand, an dem der Schall reflektiert wurde und von dort den Zuhörer erreicht. Die verwendeten Lautsprecher können dabei so ausgerichtet werden, dass unabhängig von der genauen Anordnung der Wände und Decken des Zuhörerraums das gewünschte Klangbild erzeugt werden kann.

[0006] Auf diese Art können Schallwellen von der Seite oder sogar von hinten und/oder über dem Zuhörer erzeugt werden, wodurch das Klangerlebnis intensiviert werden kann. Dabei kann nicht nur Klang mit mehr als zwei Kanälen erzeugt werden, sondern auch das Erlebnis eines gewöhnlichen Zweikanalsignals oder gar Monokanals "verbreitert" werden.

[0007] Jedoch haben diese Art von Systemen einen Nachteil, der sich bei "echten" Raumklangsystemen nicht ergibt. Trotz der Verwendung seitlich angeordneter und orientierter Lautsprecher zur Erzeugung der gewünschten Reflektion wird ein gewisser Anteil des Schalls den Zuhörer auf direktem Wege vom Lautsprecher zum Zuhörer erreichen. Dieser Schall erreicht aufgrund des gegenüber der Reflektion kürzeren Weges immer zuerst den Zuhörer. Auch wenn der Schallpegel dieses Direktschalls oftmals viel geringer ist als der gewünschte, reflektierte Schall, entsteht beim Zuhörer aufgrund des sogenannten Haas-Effekts der Eindruck, der Schall käme direkt vom Lautsprecher. Der vorgenannte psychoakustische Effekt besagt nämlich, dass ein Zuhörer einen Klang unter bestimmten Bedingungen primär aus der Richtung wahrnimmt, aus dem ihm das Signal zuerst erreicht. Dieser unerwünschte Direktschall vermindert somit das Raumklangerlebnis erheblich.

[0008] Durch die Verwendung sogenannter direkter Lautsprecher kann der Direktschall minimiert werden. Dabei werden sogenannte waveguides, das sind kleine Elemente zur Schallführung, vor dem Lautsprecher platziert, welche sich positiv auf eine richtungstreue Emission auswirken. Ebenfalls können bevorzugt größere Lautsprecher verwendet werden, da diese eine höhere Direktivität aufweisen. Allerdings sind größere Lautsprecher weniger geeignet, hohe Töne zu erzeugen und vermindern die Kompaktheit des Systems. Diese Systeme haben außerdem den Nachteil, dass der sweet spot relativ klein ist.

[0009] So offenbart US 2017/0053641 ein System von Mehrfachlautsprechern zur Klangverbreiterung. Dabei werden Lautsprecher verwendet, die zur Seite und/oder nach oben abstrahlen, sowie Frontlautsprecher eingesetzt. Die von den seitlichen und oberen Lautsprechern gesendeten Signale gelangen als an Wänden und Decken reflektierte Signale zum Hörer. Die Signale der Frontlautsprecher können direkt zum Hörer gelangen, Signale der anderen Lautsprecher abschwächen oder auslöschen. Insbesondere werden dafür Filter mit endlicher

Impulsantwort eingebunden, sogenannte FIR-Filter (englisch: finite impulse response filter), um das Signal der Frontlautsprecher entsprechend anzupassen. Pro Raumklangkanal werden hierbei mehrere FIR-Filter eingesetzt.

[0010] US 5,815,578 offenbart ein System zur Erzeugung virtuellen Surroundsounds. Verwendet werden pro Seite, d.h. links und rechts, jeweils ein seitlicher und ein frontaler Lautsprecher. Der seitliche Lautsprecher reflektiert Signale zur Klangverbreiterung, während der frontale Lautsprecher Standardsignale erzeugt, die auf direktem Wege zum Hörer gelangen. Zusätzlich soll der frontale Lautsprecher Audiosignale zur Auslöschung unerwünschter, nicht reflektierter Signale des seitlichen Lautsprechers erzeugen. Dafür wird ein digitaler Filter verwendet, welcher eine erwünschte Transferfunktion umsetzt. Eine mögliche Transferfunktion wird ausführlich beschrieben. Diese kann in Form einer Division der Übertragungsfunktion des unerwünschten Direktschalls durch die Übertragungsfunktion des Frontlautsprechers sowie die benötigte Ordnung des Filters berechnet werden. Eine Filteroption wird durch die Kombination eines Minimalphasenfilters mit einem zeitlichen Verzögerungsglied beschrieben. Eine Verwendung von FIR-Filtern wird nicht nahegelegt.

[0011] Des Weiteren beschreibt US 2007/0263888 ein Verfahren sowie ein System für eine Raumklang-Strahlformung, und US 2015/0304791 zeigt ein Verfahren sowie ein System mit virtueller Höhenfilterung.

[0012] Im Stand der Technik ist ebenfalls bekannt, durch sogenanntes Beamforming den Haas-Effekt zu vermindern. Dabei werden eine Vielzahl direkter Lautsprecher verwendet, deren Ansteuerung so konfiguriert ist, dass durch Laufzeitanpassungen zwischen diesen Lautsprechern die Klanguausbreitung sehr genau gesteuert werden kann. So kann ein unerwünschter Direktschall nahezu vollständig vermieden werden. Allerdings steigt die Anzahl der Lautsprecher und somit die Komplexität des Systems. Aufwendige DSP-Systeme (Digital-Signal Processing-Systeme) sind erforderlich. Oft sind die Anschaffungskosten eines Beamforming-Systems sehr hoch und die Kompaktheit geht verloren.

[0013] Daher fehlen im Stand der Technik günstige, flexible, kompakte und einfache Systeme zur Erzeugung von Raumklang, welche keine direktiven Lautsprecher benötigen, ohne zusätzliche Lautsprecher hinter dem Zuhörer auskommen und gleichzeitig einen breiten sweet spot haben.

Aufgabe der Erfindung

[0014] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Lautsprechersystem sowie ein Verfahren zur Abschwächung von Direktschall ohne die Nachteile des Standes der Technik bereitzustellen. Insbesondere war es eine Aufgabe der Erfindung, ein kompaktes, einfaches, flexibles und kostengünstiges Lautsprechersystem zur Erzeugung von Raumklang bereitzustellen, welches ohne zusätzliche

Lautsprecher hinter dem Zuhörerbereich auskommt, keine direktiven Lautsprecher benötigt und keinen unerwünschten Direktschall erzeugt. Ein sweet spot sollte dabei möglichst groß sein.

5

Zusammenfassung der Erfindung

[0015] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

10

[0016] In einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Lautsprechersystem für die Wiedergabe von mindestens einem Kanal, umfassend

15

- mindestens einen nicht frontal strahlenden Lautsprecher und einem dem nicht frontal strahlenden Lautsprecher zugeordneten Kanal, der ein Raumklangkanal ist,
- mindestens einen Frontlautsprecher und
- pro Raumklangkanal einen dem Frontlautsprecher vorgeschalteten Filter und
- pro Raumklangkanal mindestens ein dem nicht frontal strahlenden Lautsprecher vorgeschaltetes Verzögerungsglied

20

25

wobei der Filter ein FIR-Filter ist und das Verzögerungsglied und der FIR-Filter konfiguriert sind für eine relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und mindestens eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers eines Raumklangkanals zu einer Abschwächung eines unerwünschten Direktschalls des nicht frontal strahlenden Lautsprechers in einem Zuhörerbereich.

30

35

[0017] Bei dem erfinderischen Lautsprechersystem wird ein seitlich und/oder zur Decke ausgestrahlter Kanal bzw. mehrere Kanäle verwendet, um durch Reflektion an Wänden und/oder Decken für ein Raumklangerlebnis im Zuhörerbereich zu sorgen. Das sind die sogenannten Raumklangkanäle, die durch nicht frontal strahlende Lautsprecher erzeugt werden. Dabei werden auch unerwünschte Ausgangssignale erzeugt, sogenannter Direktschall, der auf direktem Wege, ohne Reflektionen, in den Zuhörerbereich gelangt und das Raumklangerlebnis stört. Zur Abschwächung des unerwünschten Direktschalls wird für jeden Raumklangkanal ein durch einen Finite-Impulse-Response-Filter (FIR-Filter) entsprechend angepasstes Signal durch mindestens einen Frontlautsprecher ausgesandt. Die zeitliche Erzeugung eines Raumklangsignals wird dabei durch mindestens ein Verzögerungsglied angepasst. In einem Zuhörerbereich treffen nun Direktschall des Raumklangkanals und angepasstes Signal aufeinander, so dass der Direktschall abgeschwächt wird. Unerwünschter Direktschall wird effektiv und einfach durch Verwendung eines FIR-Filters pro Raumklangkanal und mindestens eines Verzögerungsglieds pro Raumklangkanal abgeschwächt, wobei das erfinderische Lautsprechersystem gegenüber

40

45

50

55

den aus dem Stand der Technik bekannten Systemen dadurch gekennzeichnet ist, dass ein Hochpassfilter dem FIR-Filter vorgeschaltet ist.

[0018] Ein Lautsprechersystem weist mindestens einen Kanal auf. Dann ist das Lautsprechersystem geeignet für die Erzeugung von Monophonie (Mono) und monophonem Raumklangkanal. Bevorzugt sind mindestens 2 Kanäle. Die Wiedergabe von mindestens 2 Kanälen meint bevorzugt die Wiedergabe mindestens zweier separat kodierter Kanäle, deren Klanginformation unabhängig sein können. Die Wiedergabe von 2 separaten Kanälen in Stereo ist bereits seit längerem bekannt. Dabei enthält ein Audiokanal eine Audioinformation, die für das linke Ohr mindestens eines Zuhörers bestimmt ist und der andere eine für das rechte Ohr bestimmte Audioinformation, wobei die Informationen einer einzelnen Wiedergabe zugeordnet sind. Diese Informationen können unterschiedlich sein, um z. B. die verschiedenen räumlichen Positionierungen von Mitgliedern eines aufgenommenen Orchesterkonzerts wiederzugeben oder um mit "räumlich" verschieden positionierten Klangquellen eines auf einem Bildschirm wiedergegeben Films zu korrespondieren.

[0019] Ein Lautsprechersystem besteht typischerweise aus mindestens zwei Seiten- und einem Frontlautsprecher, insbesondere, wenn es sich um ein Zweikanalsystem (Stereo) handelt.

[0020] Grundsätzlich wird bei dem Lautsprechersystem ein elektrisches (Audio-) Signal in Schallwellen übersetzt, welche als Ausgangssignal(e) bezeichnet werden. Dafür wird eine geeignete Fläche des Lautsprechers, die Membran, in entsprechende Vibrationen versetzt wird, z. B. durch Elektromagneten. Die Ausgangssignale sind dabei zu unterscheiden in Ausgangssignale eines Frontlautsprechers und denen eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers.

[0021] Neben einem 2-Kanal Aufnahme- und Wiedergabesystem (Stereo) gibt es auch Mehrkanalsysteme, bei denen neben der Klanginformation für links und rechts weitere Raumklanginformationen wie z. B. mittlerer Kanal (Center) und Raumklangkanäle für hintere Klänge (entweder ein Kanal oder wiederum aufgeteilt in links und rechts) sowie einen Tieftonkanal auf dem Klangquellenmedium kodiert werden und von einem geeigneten System wiedergegeben werden können. Ein Raumklangkanal bezeichnet dabei Bevorzugterweise einen Kanal, der nicht ein Center- und/oder Tieftonkanal ist. Dabei kann die Kodierung sowohl auf einer korrespondierenden Anzahl diskreter Kanäle eines Wiedergabemediums als auch über eine sogenannte Matrixkodierung auf den zwei standardmäßigen Stereokanälen vorgenommen werden, so dass das Wiedergabemedium keine spezielle Eignung für Mehrkanalwiedergabe haben muss. Mehrkanalsysteme können somit standardmäßig bevorzugt 3 Kanäle, 4 Kanäle, 5 Kanäle, 6 Kanäle, 7 Kanäle, 8 Kanäle, 9 Kanäle 10 Kanäle und mehr als 10 Kanäle umfassen. Das Lautsprechersystem ist bevorzugt ein solches Mehrkanalsystem. Die Zahl der Kanäle

muss dabei nicht mit der Anzahl der Lautsprecher übereinstimmen. Ein Fachmann weiß, welche Anzahl von Kanälen in Mehrkanalsystemen üblich sind. Ebenso weiß ein Fachmann, dass nicht alle Kanäle die volle zur Verfügung stehende Frequenzbandbreite nutzen. Z. B. ist es bekannt, einen oder mehrere Kanäle nur für niedrige Frequenzen (Tieftonkanal bzw. Bass) zu verwenden. Dabei kann die Anzahl der Kanäle auch in der üblichen Notation, z. B. 5.1, 7.1 etc. erfolgen, wobei die Zahl vor dem Punkt die Zahl der Kanäle bezeichnet, die die volle Frequenzbreite aufweisen und die Zahl nach dem Punkt die Anzahl der Bandbreitenbeschränkten Kanäle, bevorzugt Tieftonkanäle. Dabei kann bevorzugt die Anzahl der Kanäle des erfinderischen Lautsprechersystems alle üblichen Kanalkombination, die Raumklang erzeugen, umfassen. Die Kodierung kann dabei analog sein, oder in einem digitalen Format vorliegen. Insbesondere ist bevorzugt, dass die Kodierung in einem Standardformat vorgenommen ist, wobei das Format ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Dolby Stereo, Dolby Surround, Dolby Pro Logic, Dolby Pro Logic II, Dolby Pro Logic IIX, Dolby Pro Logic IIZ, Dolby Digital, Dolby Digital Plus, Dolby Atmos, Dolby TrueHD, Dolby Virtual Speaker, DTS Coherent Acoustics, DTS-ES, DTS Neo:6, DTS Neo:X, DTS-HD Master Audio und/oder DTS:X.

[0022] Ein Kanal umfasst bevorzugt die gesamte Toninformation, die bei einer Wiedergabe mindestens einem Lautsprecher zugeordnet werden kann. Dabei ist sowohl das elektrische Signal als auch das Ausgangssignal mindestens eines Lautsprechers umfasst.

[0023] Das Lautsprechersystem ist dabei bevorzugt mit einem geeigneten Decoder ausgerüstet, der die Mehrkanalinformation des Wiedergabemediums auslesen kann. Dabei wird die Mehrkanalinformation an die Anzahl der angeschlossenen Lautsprecher des Systems so angepasst, dass die Mehrkanalinformation möglichst sinnvoll im Sinne des bestmöglich erreichbaren Raumklangs mit der vorhandenen Zahl an Lautsprechern wiedergegeben wird. Geeignete Decoder sind dem Fachmann bekannt und standardmäßig verfügbar. Das Wiedergabemedium ist dabei bevorzugt ein von einem der folgenden Wiedergabegeräte auslesbares Medium: ein CD-Player, ein DVD Player, ein MP3 Wiedergabegerät, ein Mediaplayer bzw. Network Player, ein Tuner für Radioempfang, ein Minidisc-Player, ein Plattenspieler, ein Fernseher, ein Computer und weitere, dem Fachmann bekannte Vorrichtungen zur Wiedergabe von Audiosignalen. Das Medium selber kann dann die geeignete Form aufweisen, z. B. eine Compact Disc (CD) sein. Das Wiedergabegerät wird dabei bevorzugt per Kabel oder drahtlos an das Lautsprechersystem angeschlossen und überträgt die durch das Wiedergabemedium vorgegebene Information.

[0024] Ebenso ist das Lautsprechersystem bevorzugt mit einem Verstärker ausgerüstet, welcher die Information des vom Wiedergabegerät übertragenen und vom Decoder decodierten Signals verstärkt und an den bzw. die angeschlossenen Lautsprecher weitergibt. Bevor-

zugt ist dabei für jeden Kanal mindestens ein Verstärker vorhanden, insoweit die Anzahl der Lautsprecher dies zulässt und das jeweilige Mehrkanalsignal unterstützt wird. Einem oder mehreren Verstärkern kann bevorzugt eine Signalprozessierung, insbesondere ein Digital Signal Processing (DSP) vorgeschaltet sein, um ein Klangbild durch Prozessierung zu beeinflussen und einzustellen. Ein Verstärker kann z. B. ein Klasse AB, D oder E Verstärker sein.

[0025] Das Lautsprechersystem ist dabei bevorzugt so aufgebaut, dass es mindestens einen Eingang aufweist, an den das Wiedergabegerät angeschlossen werden kann. Das Eingangssignal kann dabei bevorzugt analog und/oder digital sein. Da innerhalb des Lautsprechersystems bevorzugt digitale Schaltungen integriert sind, z. B. zur Durchführung von DSP oder als digitaler FIR Filter, kann es bevorzugt sein, vor diesen Schaltungen mindestens einen geeigneten Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler) zu verwenden um mindestens ein analoges Eingangssignal in ein digitales Signal umzuwandeln. Nach einer solchen Schaltung und vor mindestens einem Verstärker ist bevorzugt an geeigneter Stelle mindestens ein geeigneter Digital-Analog-Wandler vorhanden, der das Digitalsignal wieder in ein Analogsignal umwandelt, um dem Verstärker ein analoges Signal zuzuführen.

[0026] Pro Raumklangkanal weist das Lautsprechersystem mindestens einen nicht frontal strahlenden Lautsprecher auf. Die Bezeichnung "frontal" bezieht sich dabei auf einen direkt in Richtung Zuhörerbereich orientierten Lautsprecher, der den erzeugten Schall im Wesentlichen in diese Richtung abstrahlt. Der nicht frontal strahlende Lautsprecher ist dabei bevorzugt kein direktonaler (bzw. synonym: "direktiver") Lautsprecher. Dem Fachmann ist bekannt, dass jeder Lautsprecher eine Vorzugsrichtung aufweist, in die der Schall im Wesentlichen emittiert wird bzw. in die ein Abschallkegel orientiert ist. Mit direktivem oder direktonalem Lautsprecher ist bevorzugt ein Lautsprecher gemeint, der keine Kanten, Hörner oder Schallführungen bzw. waveguides zur Verkleinerung eines Abschallkegels aufweist.

[0027] Es können für die nicht frontal strahlenden Lautsprecher bevorzugt größere Lautsprecher verwendet werden, da diese eine höhere Direktivität aufweisen und dies einen für Raumklangeffekte nachteiligen Direktschall vermindern kann. Allerdings sind größere Lautsprecher weniger geeignet, hohe Töne zu erzeugen und vermindern die Kompaktheit des Systems. Daher wird bevorzugt ein für die jeweils gewünschten Eigenschaften (z. B. Größe des sweet spots, Frequenzhöhe) Kompromiss bzgl. der Größe verwendet.

[0028] Der "sweet spot" ist dabei bevorzugt der Bereich, bei dem das durch das Lautsprechersystem zu erreichende Klangbild im Wesentlichen am besten erreicht wird, z. B. die Abschwächung des Direktschalls. Dieser Bereich wird beim Aufstellen und konfigurieren des Lautsprechersystems bestimmt und stimmt bevorzugt mit dem Zuhörerbereich überein. Der Zuhörerbereich kann sich z. B. mittig zwischen zwei auf verschiedenen Seiten

positionierten seitlichen Lautsprechern befinden, etwa vor einem frontal strahlenden Lautsprecher. Seitlicher Lautsprecher wird im Folgenden bevorzugt synonym für nicht frontal strahlenden Lautsprecher verwendet. Eine typische Konstellation des Lautsprechersystems sieht dabei wie folgt aus: Es sind mindestens zwei in einer gewissen Entfernung voneinander positionierte seitliche Lautsprecher vorhanden, wobei sich einer links und einer rechts befindet. Auf jeder Seite können bevorzugt auch mehr als ein seitlicher Lautsprecher vorhanden sein. Links und rechts sind bevorzugt definiert aus Sicht des Zuhörerbereichs, welcher sich bevorzugt mittig vor den Lautsprechern befindet. Sieht man die gedachte Verbindungslinie, welche durch beide seitliche Lautsprecher verläuft, als Grenze zwischen vorne und hinten an, dann ist vorne der Bereich, in dem die Schallwellen der Lautsprecher im Wesentlichen hin strahlen. In etwa mittig zwischen dem linken und dem rechten seitlichen Lautsprecher ist bevorzugt mindestens ein zentraler Lautsprecher positioniert, welcher Schallwellen im Wesentlichen frontal in Richtung des Zuhörerbereichs ausstrahlt. Die seitlichen Lautsprecher strahlen dabei nicht frontal, sondern in einem gewissen Winkel α in Bezug auf die frontale Ausstrahlungsrichtung. Dieser Winkel α ist im Wesentlichen so gewählt, dass die Schallwellen an den Wänden des Raumes, in dem das Lautsprechersystem vorliegt, reflektiert werden und auf diesem Wege nach einer Reflektion im Wesentlichen den Zuhörerbereich erreichen. Ein linker, seitlicher Lautsprecher würde dabei in Richtung einer vom Zuhörerbereich aus linken Wand des Raumes abstrahlen, so dass die ausgesandten Schallwellen im Wesentlichen an dieser Wand reflektiert und so einen Zuhörer im Zuhörerbereich im Wesentlichen erreichen. Ein rechter, seitlicher Lautsprecher ist analog in Richtung einer rechten Wand des Raumes orientiert. Ein Fachmann weiß, auf welcher Weise und in welcher Richtung eine Reflektion im Bezug zur Orientierung der Wand und zur Einfallsrichtung des Schalls im Wesentlichen stattfindet. Der Fachmann weiß ebenso, dass eine von einem Lautsprecher emittierte Schallwelle nicht auf einer Linie verläuft, sondern einen gewissen Raumbereich vor dem Lautsprecher in einem gewissen Raumwinkel, den sogenannten Abschallkegel, einnimmt und dass dieser Abschallkegel mit größerer Entfernung vom Lautsprecher divergiert. Eine Schallrichtung und eine Reflektion betrifft dementsprechend niemals nur eine Richtung und einen Punkt auf der Wand, sondern einen größeren Bereich. Trotzdem kann die Schallausbreitung einer gerichteten Schallwelle in nicht allzu großer Entfernung bevorzugt durch eine Gerade annähernd beschrieben werden, dessen Schnittpunkt und Schnittwinkel mit der Wand dann annähernd zur Beschreibung der Richtung einer Reflektion herangezogen werden kann. Der reflektierte Klang scheint dabei für einen Zuhörer nicht mehr direkt von dem emittierenden Lautsprecher zu kommen, sondern von der Stelle oder dem Bereich an der Wand, an dem der Schall reflektiert wurde und von dort den Zuhörer erreicht. So kann ein Raumklangerlebnis geschaffen

werden. Daher sind die nicht frontal strahlenden Lautsprecher mit Kanälen assoziiert, die Raumklangkanäle sind.

[0029] Zuhörerbereich ist bevorzugt da, wo sich ein Zuhörer vor dem Lautsprechersystem aufhält. Das kann bevorzugt vor dem mindestens einen Frontlautsprecher sein. Es kann ebenso bevorzugt sein, dass der Zuhörer (sein Kopf) und/oder der Zuhörerbereich mit den jeweils äußeren oder äußersten Lautsprechern in etwa ein gleichseitiges Dreieck bildet. Bevorzugt ist der Zuhörerbereich so groß, dass mindestens ein Zuhörer stehend oder sitzend bzw. sein Kopf von diesem umfasst wird. Besonders Bevorzugt betrifft dies zwei nebeneinanderstehende oder -sitzende Zuhörer bzw. deren Kopf, mehr bevorzugt 3, 4, 5, 6, 7, 8, oder 9 Zuhörer und insbesondere 10 Zuhörer. Es können aber auch mindestens 10, 15, 20, 50, 100, 300 oder 1.000 oder 10.000 Zuhörer bevorzugt sein. Es kann auch bevorzugt sein, dass der Zuhörerbereich mindestens 0,5 m², mindestens 1 m², mindestens 2 m², mindestens 3 m², mindestens 5 m², mindestens 10 m², mindestens 20 m², mindestens 30 m², mindestens 50 m², mindestens 100 m², mindestens 200 m², mindestens 500 m², mindestens 1.000 m² oder mindestens 10.000 m² groß ist. Das Lautsprechersystem würde bevorzugt gemäß der Größe des Zuhörerbereichs dimensioniert und/oder konfiguriert sein, jedoch würde das erfinderische Grundprinzip erhalten bleiben. Ebenso wäre das Lautsprechersystem im Verhältnis zu einer Vielzahl bekannter Lautsprechersysteme aus dem Stand der Technik mit einer vergleichbaren Raumklangfunktionalität und einem vergleichbaren Zuhörerbereich weiterhin als kompakt zu bezeichnen.

[0030] Begriffe wie im Wesentlichen, ungefähr, etwa, ca. etc. beschreiben bevorzugt einen Toleranzbereich von weniger als $\pm 40\%$, bevorzugt weniger als $\pm 20\%$, besonders bevorzugt weniger als $\pm 10\%$, noch stärker bevorzugt weniger als $\pm 5\%$ und insbesondere weniger als $\pm 1\%$. Ähnlich beschreibt bevorzugt Größen die ungefähr gleich sind. Teilweise beschreibt bevorzugt zu mindestens 5 %, besonders bevorzugt zu mindestens 10 %, und insbesondere zu mindestens 20 %, in einigen Fällen zu mindestens 40 %.

[0031] Ein nicht frontal strahlender Lautsprecher kann auch bevorzugt ein auf die Decke gerichteter, sogenannter Deckenlautsprecher sein. Diese Begriffe können bevorzugt ebenfalls synonym verwendet werden. Ein nicht frontal strahlender Lautsprecher kann somit mindestens einen seitlichen Lautsprecher und/oder mindestens einen Deckenlautsprecher umfassen. Ein auf die Decke gerichteter Lautsprecher emittiert Schallwellen im Wesentlichen in Richtung nach oben zu einer Decke eines Raumes, so dass Schallwellen an dieser reflektiert werden und mindestens einen Zuhörer im Zuhörerbereich von oben erreichen. So können zusätzliche Raumklangeffekte geschaffen werden. Die Abweichung des Deckenlautsprechers von einem frontal strahlenden Lautsprecher kann bevorzugt durch einen vertikalen Winkel β beschrieben werden.

[0032] Dabei kann es bevorzugt sein, dass die Auslenkung der nicht frontal strahlenden Lautsprecher des Lautsprechersystems, insbesondere die Winkel α und/oder β , ab Werk bei der Herstellung festgelegt sind und sich an den Abmessungen und Geometrien durchschnittlicher Räume z. B. durchschnittlicher Wohnzimmer von Konsumenten orientieren. Ebenso kann bevorzugt sein, dass diese Winkel von einem Fachmann und/oder einem Konsumenten veränderbar und somit an individuell unterschiedliche Räumlichkeiten anpassbar sind. Eine solche Anpassung kann ebenfalls automatisch geschehen.

[0033] Das Lautsprechersystem umfasst des Weiteren mindestens einen Frontlautsprecher. Dieser emittiert die Schallwellen im Wesentlichen in Richtung des Zuhörerbereichs. Dabei kann der mindestens eine Frontlautsprecher bevorzugt verschiedene Funktionalitäten des Raumklangsystems erfüllen. Er kann z. B. einen eigenen Kanal innerhalb des Raumklangsystems abbilden, den sogenannten Centerlautsprecher, auf dessen Kanal bspw. bei Filmen oft Dialoge kodiert werden.

[0034] Es kann ebenfalls bevorzugt sein, einen Frontlautsprecher für mindestens einen Kanal bereitzustellen, der auch über einen nicht frontal strahlenden Lautsprecher emittiert wird, z. B. einen (linken und einen rechten) Frontlautsprecher für zwei Kanäle des Stereoklangs und/oder für jeden weiteren Raumklangkanal.

[0035] Es kann ebenfalls bevorzugt sein, dass der mindestens eine Frontlautsprecher einen Tieftonkanal bildet. Dem Fachmann ist bekannt, dass tiefe Frequenzen von einem Zuhörer nur in einem geringeren Maße bis gar nicht lokalisiert werden können und daher der genaue Ausstrahlungsort innerhalb eines Raumes wenig relevant ist. Daher können tiefe Töne auch frontal auf einem einzigen Kanal ausgestrahlt werden. Der Frontlautsprecher kann diesbezüglich von seinen Abmessungen her angepasst sein, insbesondere kann er größer sein als z. B. kleinere, eher für höhere Frequenzen geeignete nicht frontal strahlende Lautsprecher. Der Tieftonkanal kann dabei bevorzugt nicht als eigener Kanal kodiert sein, sondern aus mindestens einem, bevorzugt mehreren Kanälen, welche durch einen Tiefpass gefiltert werden, erzeugt werden. Es kann ebenso bevorzugt sein, dass ein Tieftonkanal durch mindestens einen zusätzlichen Lautsprecher, einen sogenannten Subwoofer wiedergegeben wird, deren Ort und/oder Orientierung im Wesentlichen beliebig ist.

[0036] Es kann ebenso bevorzugt sein, dass der Tieftonkanal auf mehreren Kanälen und/oder Lautsprechern bzw. sogar auf allen Kanälen wiedergegeben wird.

[0037] Bevorzugt wird der Frontlautsprecher neben den oben genannten Aufgaben oder aber auch ausschließlich verwendet zur Aussendung eines Ausgangssignals, welches unerwünschten Direktschall eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers abschwächt.

[0038] Das Ausgangssignal kann demnach nur ein Signal zur Abschwächung sein, und/oder die Toninformation (mindestens einen) Kanals beinhalten. Das Signal

zur Abschwächung wird dabei bevorzugt als Abschwächungssignal bezeichnet, welches alleine oder gemeinsam mit einem Audiokanal das Ausgangssignal des Frontlautsprechers bildet.

[0039] Trotz der Verwendung orientierter, nicht frontal strahlende Lautsprecher zur Erzeugung der gewünschten Reflektion wird ein gewisser Anteil des Schalls den Zuhörerbereich auf direktem Wege von Lautsprecher zum Zuhörerbereich erreichen. Dieser Schall, im Weiteren Direktschall genannt, erreicht aufgrund des gegenüber der Reflektion kürzeren Weges immer vorher den Zuhörer. Auch wenn der Schallpegel dieses Signals oftmals viel geringer ist als der gewünschte, reflektierte Schall, entsteht beim Zuhörer aufgrund des sogenannten Haas-Effekts der Eindruck, der Schall käme direkt vom Lautsprecher. Der vorgenannte psychoakustische Effekt besagt nämlich, dass ein Zuhörer einen Klang unter bestimmten Bedingungen immer primär aus der Richtung wahrnimmt, aus dem ihm das Signal zuerst erreicht. Dieser unerwünschte Direktschall vermindert somit das Raumklangerlebnis erheblich.

[0040] Ein Fachmann weiß, wie ein Schallsignal durch ein räumlich in Überlappung gebrachtes, zweites Schallsignal durch Interferenz abgeschwächt und/oder ausgelöscht werden kann. Dafür ist insbesondere eine im Wesentlichen destruktive Interferenz zwischen diesen beiden Signalen erforderlich. Dabei sendet der frontal strahlende Lautsprecher das zweite Schallsignal aus, um das unerwünschte Schallsignal des Direktschalls abzuschwächen. Dabei wird pro Kanal eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers ein solches Signal zur Abschwächung ausgesendet. Dieses kann bevorzugt von einem einzigen Frontlautsprecher oder mindestens einem Frontlautsprecher pro Kanal ausgesendet werden. Dieses Abschwächungssignal kann gleichzeitig mit einem Kanal von einem Frontlautsprecher ausgesendet werden oder als einziges Ausgangssignal des Frontlautsprechers.

[0041] Dabei sind von einem Lautsprecher ausgesandte Schallsignale, Schallwellen oder auch Ausgangssignale bevorzugt räumlich ausgebreitete Schallwellen mit einer spektralen Verteilung, wobei jeder ausgesandten Frequenz an jedem Ort zu jeder Zeit eine Amplitude sowie eine relative Phase gegenüber jeder anderen ausgesandten Frequenz sowie eine absolute Phase zugeordnet werden kann. Einem Fachmann ist bekannt, welche Größen zur vollständigen Beschreibung einer Schallwelle benötigt werden. Eine Schallwelle ist dabei bevorzugt einer Überlagerung einer Vielzahl von Einzelschwingungen.

[0042] Eine Abschwächung des Direktschalls soll bevorzugt im Zuhörerbereich erreicht werden. Dort, wo die Abschwächung besonders gut ist bei gleichzeitig gutem Raumklangerlebnis aufgrund reflektierter Signale ist bevorzugt der sweet spot. Dieser stimmt bevorzugt mit dem Zuhörerbereich überein. Abschwächung bedeutet dabei bevorzugt, dass der Direktschall messbar kleiner wird. Eine Abschwächung bezieht sich dabei bevorzugt auf

eine Schallintensität. Eine bevorzugte Größe der Abschwächung ist bspw. abhängig von den Räumen, in denen das Lausprechersystem vorliegt sowie von der genauen Konstellation des Systems (z.B. Ausrichtung und/oder Typ der nicht frontal strahlenden Lautsprecher). Diese Faktoren haben einen Einfluss auf den Direktschall. Es wird in Fachkreisen häufig davon ausgegangen, dass dieser Direktschall um mindestens 10 dB geringer sein sollte als der reflektierte Schall des Raumklangkanals, damit der Haas-Effekt nicht auftritt. Daher wird eine Abschwächung bevorzugt, die dieses Verhältnis zwischen unerwünschtem Direktschall und reflektiertem Raumklangsignal sicherstellt. Da die Intensität des Direktschalls aufgrund der nicht frontalen Abstrahlung bei sachgemäßer Konfiguration des Systems und bei nicht zu weit von den Lautsprechern entfernten Wänden (an denen der Schall reflektiert wird) von vorne herein geringer ist als das reflektierte Signal, sind bevorzugt geringere Abschwächungen als 10 dB ausreichend. Eine Abschwächung kann bevorzugt mindestens einen Faktor 2 mindestens in mindestens einem Bereich des Zuhörerbereichs, insbesondere im kompletten Zuhörerbereich betragen. Es sind ebenso Abschwächungen um mindestens einen Faktor 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500 oder 1000 möglich. Eine Abschwächung kann ebenso in dB ausgedrückt werden, dabei sind Extinktionsverhältnisse von mindestens 3 dB, mindestens 10 dB, mindestens 20 dB, mindestens 30 dB oder mindestens 40 dB bevorzugt. Die Abschwächung ist bevorzugt so stark, dass eine Wahrnehmung des abgeschwächten, unerwünschten Direktschalls vom menschlichen Gehör im Wesentlichen verhindert wird und es im Wesentlichen zu keiner Trübung des Raumschalls durch den Haas-Effekt kommt. Dabei kann es bevorzugt sein, nur bestimmte Frequenzbereiche des Signals abzuschwächen. Z. B. können tiefe Frequenzbereiche, bspw. von ca. 0 Hz - 300 Hz, bevorzugt 50 Hz - 200 Hz, besonders bevorzugt zwischen 100 Hz und 150 Hz von der Abschwächung ausgenommen sein. Ein Grund dafür kann z. B. in der schwierigen Lokalisierbarkeit solch tiefer Töne liegen. Auch höhere Frequenzen können von der Abschwächung ausgenommen werden und/aber nicht als Ausgangssignale erzeugt werden, da sie z. B. vom menschlichem Ohr im Wesentlichen nicht wahrgenommen werden und/oder von Lautsprechern einer bestimmten Mindestgröße nur schwierig erzeugt werden können. Es hat sich u. a. in Experimenten gezeigt, dass durch das erfinderische Lautsprechersystem ausreichende Abschwächung in einem Zuhörerbereich erreicht werden kann, um den Haas-Effekt im Wesentlichen zu verhindern.

[0043] Einem Frontlautsprecher des Lautsprechersystems ist mindestens ein Filter vorgeschaltet. Dabei wird pro Raumklangkanal ein Filter verwendet. Dieser ist weiterhin dem dem Lautsprecher vorgeschaltetem Verstärker vorgeschaltet. Der Filter ist ein Finite-Impulse-Response-Filter (FIR-Filter). Dieser Filter weist eine endliche Impulsantwort auf und ist in Fachkreisen bekannt.

Der Filter ist bevorzugt ein digitaler Filter. Digitale Filter sind besonders einfach und kostengünstig realisierbar.

[0044] FIR-Filter sind leicht zu realisieren, kostengünstig und sind bezüglich ihrer Signalantwort besonders stabil und wenig anfällig für Schwingungen im Vergleich zu Infinite-Impulse-Response Filtern (IIR-Filter), also Filtern mit unendlicher Impulsantwort.

[0045] Ein FIR-Filter wird bevorzugt realisiert durch eine integrierte Schaltung, z. B. einem Mikroprozessor. Es können auch andere integrierte Schaltungen, welche in der digitalen Elektronik zur schnellen Datenverarbeitung verwendet werden können, zum Einsatz kommen. Z. B. kann ein FIR-Filter durch einen DSP-Prozessorchip realisiert werden. Eine integrierte Schaltung kann dabei auch mehrere FIR-Filter umfassen. Insbesondere digitale FIR-Filter sind besonders leicht zu programmieren. Es war überraschend, dass zur Abschwächung eines Direktschalls eines Raumklangkanals ein FIR-Filter verwendet werden konnte, welcher darüber hinaus durch einen kostengünstigen und einfach und schnell zu programmierenden Standard DSP-Chip realisiert werden kann. So können Kosten gespart und die Entwicklungszeiten des Lautsprechersystems niedrig gehalten werden.

[0046] Einem nicht frontal strahlenden Lautsprecher ist ein Verzögerungsglied vorgeschaltet, mit dem die Laufzeit eines elektronischen Signals verändert werden kann. Dieses ist bevorzugt dem Verstärker vorgeschaltet. Dieses Verzögerungsglied funktioniert bevorzugt auf digitaler Basis. Mit dem Verzögerungsglied kann ein bestimmtes elektronisches Signal, welches zu einem vom nicht frontal strahlenden Lautsprecher erzeugtem Ausgangssignal werden soll, innerhalb des zeitlichen Einstellungsbereichs des Verzögerungsglieds verzögert werden. Diese Verzögerung kann dabei bevorzugt einige Nanosekunden (ns), einige Mikrosekunden (μ s), einige Millisekunden (ms) und/oder bis zu 0,5 Sekunden (s) betragen und ist mit einer geeigneten Auflösung einstellbar. Besonders bevorzugt ist eine Verzögerung zwischen 1 μ s und 10 ms mit einer Auflösung von weniger als 10 μ s.

[0047] Ein Verzögerungsglied wird bevorzugt realisiert durch eine integrierte Schaltung, z. B. einem Mikroprozessor. Es können auch andere integrierte Schaltungen, welche in der digitalen Elektronik zur schnellen Datenverarbeitung verwendet werden können, zum Einsatz kommen. Z. B. kann ein Verzögerungsglied durch einen DSP-Prozessorchip realisiert werden. Eine integrierte Schaltung kann dabei auch mehrere Verzögerungsglieder umfassen. FIR-Filter und Verzögerungsglied(er) können auf der selben integrierten Schaltung, z. B. einem DSP-Chip, realisiert sein. So kann ein besonders einfaches, kostengünstiges und effizientes System bereitgestellt werden.

[0048] Bei dem Lautsprechersystem sind ein Verzögerungsglied und ein Filter konfiguriert für eine relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und mindestens eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers eines Raumklangkanals zu einer Ab-

schwächung eines unerwünschten Direktschalls dieses nicht frontal strahlenden Lautsprechers in einem Zuhörerbereich. Somit kann die oben geschilderte Abschwächung eines unerwünschten Direktschalls bevorzugt durch eine Anpassung des Filters und des Verzögerungsglieds erreicht werden, indem der FIR-Filter eine adäquate Impulsantwort aufweist und das Verzögerungsglied eine passende Verzögerung des elektronischen Signals verursacht. Ein Fachmann weiß, wie eine zumindest teilweise destruktive Interferenz zwischen einem Direktschall und einem Abschwächungssignal zu erreichen ist. Nun, da sich überraschenderweise herausgestellt hat das eine Abschwächung auch mit dem beschriebenen Lautsprechersystem möglich ist, kann dieses Wissen übertragen werden, um mit den Komponenten des Lautsprechersystems eine gewünschte Abschwächung zu erreichen. Z. B. kann in einem einfachen Ausführungsbeispiel ein FIR-Filter so konfiguriert sein, dass ein elektronisches Signal eines Raumklangkanals (Phasen-) invertiert wird und gleichzeitig (bevorzugt frequenzabhängig) vom Pegel her angepasst wird. Dieses Signal wird dann dem Frontlautsprecher zugeführt. Auf diese Art kann ermöglicht werden, dass das Ausgangssignal eines dem Filter nachgeschalteten Frontlautsprechers im Zuhörerbereich invertiert und ansonsten gleich stark ist zu einem unerwünschten Direktschall eines nicht-frontal strahlenden Lautsprechers des Raumklangkanals. Jedoch kann es sein, dass aufgrund der unterschiedlichen Distanzen des nicht-frontal strahlenden Lautsprechers und des Frontlautsprechers zum Zuhörerbereich und aufgrund der elektronischen Signalverzögerung (Latenz), die einem FIR-Filter inhärent ist, diese beiden Schallsignale nicht gleichzeitig im Zuhörerbereich ankommen. Eine Gleichzeitigkeit der so erzeugten, überlappenden Ausgangssignale ist jedoch wichtig für die zur Abschwächung erforderliche destruktive Interferenz. Daher wird über das Verzögerungsglied eingestellt, dass der Direktschall und das dazu invertierte und im Pegel angepasste Signal im Wesentlichen gleichzeitig in einem Zuhörerbereich ankommen.

[0049] Bevorzugt gleicht dabei das Verzögerungsglied im Wesentlichen die Signalverzögerung eines FIR-Filters aus.

[0050] Ein bevorzugter elektronischer Aufbau ist wie folgt: Ein elektronisches Signal eines Raumklangkanals wird an einer elektronischen Signalweiche aufgeteilt und in einem Signalarm einem FIR-Filter zugeführt, der einem Frontlautsprecher vorgeschaltet ist. Durch den FIR-Filter wird das elektronische Signal des Raumklangkanals so angepasst, dass der Frontlautsprecher ein Ausgangssignal erzeugt, welches zur Abschwächung des Direktschalls dient. Gleichzeitig wird das elektronische Signal des Raumklangkanals in dem anderen Signalarm durch ein Verzögerungsglied zeitlich angepasst, bevor es einem nicht frontal strahlenden Lautsprecher zugeführt wird.

[0051] Es ist bevorzugt, dass die Interferenz im Wesentlichen destruktiv ist und im Zuhörerbereich im ge-

wünschten spektralen Bereich die gewünschte Abschwächung erreicht wird. Das bedeutet, die Übereinstimmung der sich abschwächenden Signale muss nicht perfekt sein, es reicht, dass die bevorzugte Abschwächung erreicht wird, die zu einer Verbesserung des Raumklangerlebnisses führt. So ist das Lautsprecher-System ein besonders einfaches System zur Raumklangerzeugung, bei dem der sweet spot relativ groß sein kann. Durch die bevorzugte Verwendung nicht direktonaler nicht frontal strahlender Lautsprecher ist dabei der Zuhörerbereich überraschend groß.

[0052] Es gibt pro Raumklangkanal mindestens ein Verzögerungsglied. Sollten pro Raumklangkanal mehrere nicht-frontal strahlende Lautsprecher verwendet werden, so reicht bevorzugt ein Ausgangssignal eines Frontlautsprechers zur Abschwächung und die Verwendung eines einzigen FIR-Filters aus. Die Laufzeitunterschiede des Direktschalls der verschiedenen nicht-frontal strahlenden Lautsprecher können dabei z. B. über jeweilige, den nicht-frontal strahlenden Lautsprechern vorgeschaltete Verzögerungsglieder individuell angepasst werden. So kann pro Raumklangkanal, auch wenn mehrere nicht-frontal strahlende Lautsprecher verwendet werden, ein einziger FIR-Filter zur Abschwächung des Direktschalls verwendet werden. Es war überraschend, dass hierdurch ein sehr breiter Zuhörerbereich, indem der Direktschall effektiv ausgelöscht wird, erzeugt werden kann, ohne mehrere FIR-Filter verwenden zu müssen.

[0053] Es kann aber auch bevorzugt sein, nur ein Verzögerungsglied pro Raumklangkanal auch bei mehreren nicht frontal strahlenden Lautsprechern zu verwenden, insbesondere, wenn diese Lautsprecher räumlich nah beieinander liegen und eine separate Laufzeitanpassung an das Abschwächungssignal nicht benötigt wird.

[0054] Der Frontlautsprecher kann bevorzugt als Ausgangssignal neben dem explizit zur Abschwächungssignal eines Raumklangsignals aufbereiteten Signals mindestens eines FIR-Filters einen eigenen Kanal wiedergeben, z. B. einen klassischen Stereokanal (links oder rechts) oder einen Centerkanal. Diese Signale können gleichzeitig als Ausgangssignal vorhanden sein, da die Energie des Abschwächungssignals bei der Erzeugung der zumindest teilweisen destruktiven Interferenz verbraucht wird und somit von einem Zuhörer nicht mehr wahrgenommen wird, wobei die Energie des eigenen Kanals an das Ohr eines Zuhörers gelangen kann und ungetrübt wahrgenommen werden kann.

[0055] Dabei kann es bevorzugt sein, dass die Konfiguration des mindestens einen FIR-Filters und die Verzögerung eines Verzögerungsglieds werksseitig bei der Herstellung festgelegt werden und sich an den Abmessungen und Geometrien durchschnittlicher Räume z. B. durchschnittlicher Wohnzimmer von Konsumenten orientieren. Ebenso kann bevorzugt sein, dass die Konfiguration zur Abschwächung eines Direktschalls automatisiert oder manuell an individuell unterschiedliche Räumlichkeiten, Situationen und/oder Zuhörerbereiche angepasst werden kann.

[0056] Zur Verdeutlichung der Erfindung möchten sollen nun verschiedene Konstellationen aufgeführt werden:

- 5 - Es gibt pro Raumklangkanal ein Verzögerungsglied mit einem nachgeschalteten, seitlich/zur Decke gerichteten Lautsprecher. Es gibt dabei einen Filter mit einem nachgeschalteten Frontlautsprecher zur Abschwächung des Direktschalls.
- 10 - Es gibt pro Raumklangkanal ein Verzögerungsglied mit einem nachgeschalteten, seitlich/zur Decke gerichteten Lautsprecher mit einem vorgeschalteten Verzögerungsglied. Es gibt dabei einen Filter mit
- 15 mehreren nachgeschalteten Frontlautsprechern zur Abschwächung des Direktschalls.
- 20 - Es gibt pro Raumklangkanal ein Verzögerungsglied mit mehreren nachgeschalteten, seitlich/zur Decke gerichtete Lautsprechern. Es gibt dabei einen Filter mit einem oder mehreren nachgeschalteten Frontlautsprechern zur Abschwächung des Direktschalls. Diese Konstellation stellt einen besonders einfachen Aufbau dar, der in überraschender Weise für hervorragenden Raumklang sorgt, insbesondere wenn die nicht frontal strahlenden Lautsprecher räumlich nah beieinander liegen.
- 25 - Es gibt pro Raumklangkanal mehrere Verzögerungsglieder mit mehreren nachgeschalteten seitlich/zur Decke gerichtete Lautsprechern (bevorzugt einem pro Verzögerungsglied). Ansonsten wie oben, einer oder mehrere Frontlautsprecher, aber nur ein Filter für jeden Raumklangkanal. Hierdurch kann eine besonders gute Anpassung der Ausgangssignale erreicht werden, der Raumklang hat eine hohe Qualität und einen breiten sweet spot, sogar in Konstellationen, bei denen die nicht frontal strahlenden Lautsprecher nicht nah beieinander liegen.
- 30 - Wie vorstehend, es kann dabei auch einen Frontlautsprecher mit mehreren vorgeschalteten Filtern zur Abschwächung des Direktschalls mehrerer Raumklangkanäle geben, wobei ein Filter pro Raumklangkanal verwendet wird. Diese Konstellation bietet besondere Vorteile. Durch die Verwendung nur einen Frontlautsprechers kann das System besonders kompakt, einfach und günstig gehalten werden. Es war überraschend, dass bei Verwendung nur eines Frontlautsprechers mit jeweils einem pro Raumklangkanal vorgeschaltetem FIR-Filter zur Auslöschung von Direktschall ein hervorragendes Raumklangerlebnis mit breitem sweet spot erzielt werden konnte.
- 35 - Es werden jedoch nicht mehrere FIR-Filter für einen Raumklangkanal verwendet werden, z. B. zur Abschwächung verschiedener seitlich/zur Decke ge-

richteter Lautsprecher dieses Kanals. Eine Anpassung an mehrerer seitlich/zur Decke gerichteter Lautsprecher eines Raumklangkanals ist jedoch besonders einfach über mehrere Verzögerungsglieder möglich. So bleibt der Aufbau sehr einfach bei gleichzeitig verbesserter Leistung.

[0057] Es war überraschend, dass ein FIR-Filter zur Abschwächung eines Raumklangkanals, auch bei einer Verwendung mehrerer nicht frontal strahlender Lautsprecher pro Raumklangkanal, ausreichend ist, um die gewünschte Abschwächung zu erreichen. So können Kosten gespart werden und das Lautsprechersystem ist besonders einfach und somit robust, kompakt und kostengünstig.

[0058] Es war ebenso überraschend, dass durch die Erfindung auf einfache Weise alle Konstellationen abgedeckt werden konnten, welche für ein ungetrübtes Raumklanglebnis relevant sind.

[0059] Es war darüber hinaus überraschend, dass durch solch ein Lautsprechersystem ein hochwertiges Raumklanglebnis ohne den Zuhörerbereich umgebende (z. B. hinter diesem platzierte) und/oder direktive Lautsprecher erzeugt werden kann. So kann ein kompaktes Lautsprechersystem zur Erzeugung von Raumklang bereitgestellt ist, welches durch Verwendung weniger, einfacher und kostengünstiger Komponenten besonders preiswert, kompakt und einfach in der Herstellung gehalten werden kann.

[0060] In einer bevorzugten Ausführungsform werden der mindestens eine nichtfrontale Lautsprecher und der mindestens eine Frontlautsprecher in geringem räumlichen Abstand zueinander positioniert. Der Abstand zwischen zwei Lautsprechern ist dabei bevorzugt geringer als die Größe der verwendeten Lautsprecher. Mit Abstand zwischen den Lautsprechern ist bevorzugt der räumliche Bereich zwischen den äußeren Begrenzungen zweier benachbarter Lautsprecher gemeint. So kann eine besonders effektive Auslöschung des Direktschalls in einem breiten Zuhörerbereich erreicht werden, weil ein sehr guten Überlapp der anzupassenden Ausgangssignale erreicht werden kann.

[0061] Besonders bevorzugt ist dabei, dass kleine nicht frontale Lautsprecher verwendet werden, die besonders wenig direktiv sind. So kann ein besonders breiter Abstrahlbereich des reflektierten Raumklangkanals erreicht werden, gleichzeitig funktioniert die Auslöschung des Direktschalls sehr gut.

[0062] Als Beispiel können nicht frontal strahlende Lautsprecher einen Membrandurchmesser (gibt bevorzugt die Größe des Lautsprechers an) von 50 Millimeter (mm) oder weniger, bevorzugt von 40 mm oder weniger, besonders bevorzugt von 30 mm oder weniger und insbesondere von 20 mm oder weniger aufweisen. Dabei könnte der Abstand zwischen Frontlautsprecher und benachbarten nicht frontal strahlenden Lautsprechern bevorzugt ebenfalls kleiner als die Größe des nicht frontal strahlenden Lautsprechers sein.

[0063] Es war besonders überraschend, dass kompaktes Systeme, bevorzugt mit den vorstehenden Eigenschaften, nicht nur durch ihre geringe Größe, sondern gleichzeitig durch einen besonders großen sweet spot bestechen.

[0064] Dabei kann weiterhin bevorzugt sein, dass ebenfalls der Frontlautsprecher nicht besonders groß und somit nicht besonders direktiv und/oder gerichtet (bevorzugt bezogen auf die Divergenz des Abschallkegels) ist. Dadurch kann der Überlapp zwischen Direktschall und Abschwächungssignal bevorzugt vergrößert und ein ausgedehnter sweet spot erreicht werden. Dabei kann der Frontlautsprecher einen Membrandurchmesser von 70 mm oder weniger, bevorzugt von 60 mm oder weniger, besonders bevorzugt von 50 mm oder weniger, stärker bevorzugt von 40 mm oder weniger und insbesondere von 30 mm oder weniger aufweisen. Bevorzugterweise muss ein Frontlautsprecher jedoch nicht genauso groß sein wie ein nicht frontal strahlender Lautsprecher.

[0065] Dabei kann es auch bevorzugt sein, dass oben genannte Größe in Bezug auf die Größe des Zuhörerbereichs und/oder des zu demnach zu erzeugenden Schalldrucks skaliert werden.

[0066] In einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens ein FIR-Filter und/oder mindestens ein Verzögerungsglied durch einen DSP-Chip realisiert. Dabei kann bevorzugt ein einziger DSP-Chip für das Lautsprechersystem verwendet werden. Dadurch ist dieses besonders kompakt und kostengünstig. Es können ebenso bevorzugt mehrere DSP-Chips verwendet werden. Dadurch kann eine besonders gute Einstellbarkeit und/oder Konfigurierbarkeit des Lautsprechersystems erreicht werden.

[0067] Ein solches System ist besonders einfach, kostengünstig und schnell zu realisieren. Es können Standardkomponenten verwendet werden. DSP-Chips sind außerdem besonders energieeffizient. DSP-Chips bieten weiterhin den Vorteil, dass mit ihnen weitere, standardmäßig bekannte Klangeffekte und -anpassungen gleichzeitig möglich sind.

[0068] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers in Bezug auf die Amplitude, den Phasengang und den Frequenzgang vorgenommen. So kann bevorzugt eine im Wesentlichen destruktive Interferenz zwischen Direktschall und Abschwächungssignal im Zuhörerbereich erreicht werden. Dabei wird bevorzugt im Wesentlichen das durch den mindestens einen Frontlautsprecher ausgesendete Abschwächungssignal entsprechend angepasst, da dieses Signal keine Informationen für einen Zuhörer enthält. Eine (feine) Anpassung insbesondere der Phase kann dann über das Verzögerungsglied auch durch den mindestens einen nicht frontal strahlenden Lautsprecher erzielt werden.

[0069] In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform des Lautsprechersystems ist das Verzögerungs-

glied konfiguriert für eine Verzögerung zum Ausgleich einer durch den FIR-Filter verursachten Latenz des Ausgangssignals des Frontlautsprechers. Ein FIR-Filter weist eine gewisse elektronische Signallaufzeit auf, welche bevorzugt als Latenz bezeichnet wird und kompensiert werden muss, damit Abschwächungssignal und Direktschall im Zuhörerbereich im Wesentlichen destruktiv miteinander interferieren. Natürlich werden dabei bevorzugt ebenso die Laufzeitdifferenzen zwischen Abschwächungssignal und Direktschall berücksichtigt, welche aufgrund unterschiedlicher räumlicher Distanzen zwischen den beteiligten Lautsprechern und dem Zuhörerbereich bestehen kann. Dadurch kann besonders einfach eine Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers erreicht werden, welche zur Abschwächung des Direktschalls führt.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform des Lautsprechersystems verursacht die relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers zur Abschwächung des unerwünschten Direktschalls eine teilweise destruktive Interferenz zwischen dem Ausgangssignal des Frontlautsprechers und dem unerwünschten Direktschall des nicht frontal strahlenden Lautsprechers im Zuhörerbereich. Die destruktive Interferenz ist hier bevorzugt nur teilweise, da bevorzugt nur das Abschwächungssignal des Ausgangssignals im Wesentlichen destruktiv mit dem Direktschall interferiert und der etwaige Teil des Ausgangssignals des Frontlautsprechers, welcher zur Wiedergabe eigener Kanalinformationen dient, im Wesentlichen nicht durch Interferenz mit dem Direktschall wechselwirkt. So kann eine besonders effektive Abschwächung erreicht werden, bei der bevorzugt der Frontlautsprecher bevorzugt gleichzeitig eigene Kanalinformationen wiedergibt. So können Ressourcen gespart werden.

[0071] In einer bevorzugten Ausführungsform des Lautsprechersystems betrifft die relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers zur Abschwächung des unerwünschten Direktschalls im Zuhörerbereich solche Ausgangssignale, deren Frequenzen den Mittel- und Hochtonbereich umfassen. Ein Fachmann im Audiobereich weiß, was mit Mittel- und Hochtonbereich, insbesondere in Abgrenzung zum Tieftonbereich gemeint ist. Es hat sich gezeigt, dass tiefere Frequenzen für das menschliche Gehör ohnehin schwierig zu lokalisieren sind. Daher spielt der Haas-Effekt bei niedrigeren Frequenzen im Wesentlichen nur eine geringe bzw. gar keine Rolle. Hiervon sind bevorzugt Frequenzen zwischen ungefähr 0 Hz und 800 Hz, mehr bevorzugt bis zu 300 Hz, besonders bevorzugt zwischen 50 Hz und 200 Hz und insbesondere zwischen 100 Hz und 150 Hz betroffen. Dies kann auch von einem verwendeten Tieftonlautsprecher abhängen.

[0072] Es wurde im Stand der Technik davon ausgegangen, dass ein Raumklangerlebnis durch reflektierte Signale nur bis zu bestimmten maximalen Frequenzen

möglich wäre. Diese Annahme beruhte darauf, dass man für höhere Frequenzen für eine bestimmte Signalqualität bevorzugt kleinere Lautsprecher (kleinere Membran) verwenden muss. Kleinere Lautsprecher sind wiederum bedingt durch grundsätzliche physikalische Zusammenhänge weniger gerichtet und weisen einen stärker divergierenden Abschallkegel auf. Daher ist auch ihr Direktschall größer. Dies hat man im Stand der Technik als hinderlich angesehen, da eine Abschwächung, insbesondere eine einfache Abschwächung eines Direktschalls gemäß der Erfindung nicht bekannt war. Durch die in der Vergangenheit oft verwendeten direktionalen war auch der sweet spot sehr klein, da ein reflektiertes Signal nur einen sehr kleinen Bereich abdeckte. In der bevorzugten Ausführungsform, wobei Frequenzen im Mittel- und Hochtonbereich relativ zueinander für eine Abschwächung angepasst werden, kann der Zuhörerbereich wesentlich vergrößert und das System kompakt gehalten werden, bei hoher Tonqualität auch bei hohen Frequenzen.

[0073] Eine maximale Frequenz ergibt sich dabei höchstens daraus, dass ab einer gewissen Tonhöhe die Membran der Lautsprecher sehr klein sein muss. Daher kann es je nach konkret verwendeten Lautsprechern eine maximale Frequenz geben, bevorzugt bezogen auf die nicht frontal strahlenden Lautsprecher. Diese kann z. B. bei 12 Kilohertz (kHz) liegen.

[0074] Frontale und nicht frontale-Lautsprecher können bevorzugt auch sogenannte Mehrwege-Lautsprechern sein, welche Mittel- und Hochtöner (im Sinne der bevorzugt ausgestrahlten Frequenzbereiche) umfasst. Die Verwendung von zusätzlichen Hochtönern kann bevorzugt für eine verbesserte Tonqualität sorgen, die maximale Frequenz erhöhen, sowie die Direktivität verringern, wodurch ein breiter sweet spot erreicht wird.

[0075] In einer bevorzugten Ausführungsform ist dem Frontlautsprecher ein Kanal zugeordnet, wobei ein Signal eines FIR-Filters zu einem Kanalsignal addiert wird, um das Ausgangssignal des Frontlautsprechers zu erzeugen. Somit kann durch den Frontlautsprecher gleichzeitig als Ausgangssignal das Signal eines Audiokanals und das Abschwächungssignal enthalten sein. Dem Fachmann sind geeignete Schaltungen für die Addition eines elektrischen Audiosignals bekannt. Dabei ist die Schaltung bevorzugt digital. Die Schaltung kann bevorzugt in einem DSP-Chip integriert vorliegen. Dabei kann der DSP-Chip der gleiche Chip sein, auf dem auch (mindestens) ein FIR-Filter und/oder ein Verzögerungsglied vorliegt. So kann die Signalverarbeitung besonders einfach und kompakt gehalten werden.

[0076] In dem erfindungsgemäßen Lautsprechersystem ist ein Hochpassfilter dem FIR-Filter vorgeschaltet. So werden tiefe Frequenzen, welche nicht abgeschwächt werden müssen, da sie von einem Zuhörer von vorneherein schwer lokalisierbar sind, dem Filter nicht zugeführt. Dadurch kann die Rechenleistung des FIR-Filters verringert werden, die Latenz kann verringert werden, der Stromverbrauch ist geringer und der Filter kann

einfacher konstruiert werden. Die Beschränkung, tiefe Frequenzen von der Abschwächung des FIR-Filters auszunehmen, verringert die benötigte Rechenleistung des DSP-Chips weiterhin, so können noch günstigere Chips verwendet werden. Dabei ist insbesondere vorteilhaft, dass FIR-Filter gemeinhin mehr Rechenleistung benötigen, je tiefer sie im Frequenzbereich wirken sollen. Somit ergibt sich ein synergistischer Effekt. Außerdem kann ggf. auch der mindestens eine Frontlautsprecher kleiner dimensioniert werden, wodurch das System kompakter wird und die Klangqualität des Frontlautsprechers bei hohen Frequenzen verbessert wird. Der Hochpassfilter kann bevorzugt mithilfe eines DSP-Chips, insbesondere durch den gleichen Chip, auf dem auch (mindestens) ein FIR-Filter und/oder ein Verzögerungsglied vorliegt, realisiert werden.

[0077] In einer bevorzugten Ausführungsform des Lautsprechersystems weist der Hochpassfilter eine Abschneidfrequenz zwischen 50 Hz - 200 Hz, bevorzugt zwischen 100 Hz und 150 Hz, aufweist. Diese Frequenzen haben sich zu Erreichung der vorstehend genannten Ziele als besonders wirksam erwiesen. Auch können Filter für diese Frequenzen besonders einfach realisiert werden.

[0078] Je nach verwendeten Lautsprechertypen können auch andere Abschneidfrequenzen bevorzugt sein. So kann das Lautsprechersystem individuell angepasst werden.

[0079] In einer bevorzugten Ausführungsform des Lautsprechersystems umfassen die nicht frontal strahlenden Lautsprecher Seitenlautsprecher und/oder Deckenlautsprecher. Dadurch kann ein umfassendes Raumklangerlebnis erzeugt werden.

[0080] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Abschwächung eines unerwünschten Direktschalls mindestens eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers in einem Zuhörerbereich für ein Lautsprechersystem zur Wiedergabe mindestens eines Kanals, bevorzugt wie vorstehend beschrieben, umfassend

- Bereitstellen mindestens eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers und einem dem nicht frontal strahlenden Lautsprecher zugeordneten Kanals, der ein Raumklangkanal ist;
- Bereitstellen mindestens eines Frontlautsprechers;
- Bereitstellen eines pro Raumklangkanal dem Frontlautsprecher vorgeschalteten Filters;
- Bereitstellen mindestens eines pro Raumklangkanal dem nicht frontal strahlenden Lautsprecher vorgeschalteten Verzögerungsglieds,

wobei der Filter ein FIR-Filter ist und das Verzögerungsglied und der FIR-Filter konfiguriert sind für eine relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und mindestens eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers eines Raumklangkanals zu einer Abschwächung eines unerwünschten Direktschalls des nicht frontal strahlenden Lautsprechers in einem Zuhö-

rerbereich, dadurch gekennzeichnet, dass ein Hochpassfilter dem FIR-Filter vorgeschaltet ist.

[0081] Der durchschnittliche Fachmann erkennt, dass technische Merkmale, Definitionen und Vorteile bevorzugter Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Lautsprechersystems auch für das erfindungsgemäße Verfahren gelten.

[0082] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers in Bezug auf die Amplitude, den Phasengang und den Frequenzgang vorgenommen.

[0083] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens verursacht die relative Anpassung der Ausgangssignale des Frontlautsprechers und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers die Abschwächung des unerwünschten Direktschalls durch teilweise destruktive Interferenz zwischen dem Ausgangssignal des Frontlautsprechers und dem unerwünschten Direktschall des nicht frontal strahlenden Lautsprechers im Zuhörerbereich.

Detaillierte Beschreibung

[0084] Im Folgenden soll die Erfindung an Hand von Beispielen und Figuren näher erläutert werden, ohne auf diese beschränkt zu sein.

Kurzbeschreibung der Abbildungen

[0085]

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Lautsprechersystems des Standes der Technik.

Figur 2 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines Lautsprechersystems des Standes der Technik.

Figur 3 zeigt schematisch das Grundprinzip der Abschwächung eines Direktschalls.

Figur 4 zeigt den schematischen Aufbau des Lautsprechersystems.

Figur 5 zeigt eine Messung von unerwünschtem Direktschall und erwünschtem reflektierten Schall ohne Abschwächung.

Figur 6 zeigt eine Messung von unerwünschtem Direktschall und erwünschtem reflektierten Schall mit Abschwächung.

Detaillierte Beschreibung der Abbildung

[0086] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Lautsprechersystems **1** des Standes der Technik zur Erzeugung von Raumklang. Dabei wird durch einen nicht

frontal strahlenden Lautsprecher ein Ausgangssignal **5** erzeugt, welches an einer Wand **8** reflektiert wird **6** und so bei einem Zuhörer **9** im Zuhörerbereich **11** das Gefühl erzeugen soll, die Schallquelle würde sich am Ort der Reflektion befinden. Dabei wird jedoch durch den nicht frontal strahlenden Lautsprecher auch ein unerwünschter Direktschall **7** erzeugt, welcher einen Zuhörer **9** im Zuhörerbereich **11** aufgrund des kürzeren Weges vor dem reflektierten Schall **6** erreicht. Aufgrund des Haas-Effekts wird der Zuhörer **9** eine Ortung der Schallquelle aufgrund des Direktschalls vornehmen. So wird das durch den reflektierten Schall **6** zu erzeugende Raumklangerlebnis getrübt.

[0087] Figur 2 zeigt ein identisches Lautsprechersystem **1** des Standes der Technik. Hierbei ist auch ein in Richtung der Wand **8** orientierter, nicht frontal strahlender Lautsprecher **3** gezeigt.

[0088] Figur 3 zeigt das Grundprinzip der Abschwächung von unerwünschtem Direktschall **7**. Links ist dabei noch einmal die aus dem Stand der Technik bekannte Konstellation zur Erzeugung von Raumklang dargestellt, bei der auch unerwünschter Direktschall **7** entsteht. Das Lautsprechersystem **1** auf der rechten Seite weist zusätzlich einen Frontlautsprecher **13** auf, dessen Ausgangssignal **15** ein Abschwächungssignal enthält, welches durch entsprechende Anpassung den unerwünschten Direktschall **7** abschwächt, so dass von diesem nur ein stark abgeschwächtes Schallsignal **17** bei einem Zuhörer **9** im Zuhörerbereich **11** ankommt. Somit erreicht den Zuhörer von einem Raumklangkanal eines nicht frontal strahlenden Lautsprechers **3** im Wesentlichen nur der erwünschte, reflektierte Schall **6**.

[0089] Figur 4 zeigt schematisch den Aufbau des Lautsprechersystems, wobei der erfindungsgemäß dem FIR-Filter vorgeschaltete Hochpassfilter nicht dargestellt ist. Ein elektronisches Signal **19** eines Raumklangkanals wird an einer Signalweiche **21** aufgeteilt und in einem Signalarm einem FIR-Filter **23** zugeführt, der einem Frontlautsprecher **13** vorgeschaltet ist. Durch den FIR-Filter wird das elektronische Signal **19** des Raumklangkanals im Anschluss an eine Filterung durch den nicht dargestellten Hochpassfilter so angepasst, dass der Frontlautsprecher **13** ein Ausgangssignal erzeugt, welches zur Abschwächung des Direktschalls dient. Gleichzeitig wird das elektronische Signal **19** des Raumklangkanals in dem anderen Signalarm durch ein Verzögerungsglied **25** zeitlich angepasst, bevor es einem nicht frontal strahlenden Lautsprecher **3** zugeführt wird. Dadurch kann eine zeitliche Anpassung des Ausgangssignals des nicht frontal strahlenden Lautsprechers **3** herbeigeführt werden, welche die Latenz des FIR-Filters **23** und die unterschiedlichen Laufzeiten von Direktschall und Ausgangssignal des nicht frontal strahlenden Lautsprechers **3** berücksichtigt. So können Direktschall und zugeordnetes Abschwächungssignal in eine für die destruktive Interferenz benötigte zeitliche Übereinstimmung gebracht werden.

[0090] Figur 5 zeigt eine Messung in einem Zuhörer-

bereich von reflektiertem Schall und Direktschall als Funktion der Zeit bei einem impulsartigen Ausgangssignal des nicht frontal strahlenden Lautsprechers. Zu sehen ist, dass ein beachtliches Direktschallsignal zeitlich vor dem reflektierten Signal den Zuhörerbereich erreicht. Der hierdurch hervorgerufene, psychoakustische Haas-Effekt verursacht, dass ein Zuhörer die Richtung des Direktschalls zur Ortung der Schallquelle benutzt. Der durch das reflektierte Signal zu erreichende Raumklangeffekt verpufft.

[0091] Figur 6 zeigt die gleiche Messung bei gleichzeitiger Abschwächung des Direktschalls gemäß der Erfindung. Man sieht, dass im Wesentlichen kein Direktschall mehr gemessen wird. Der Raumklangeffekt wird erzeugt.

[0092] Es wird darauf hingewiesen, dass verschiedene Alternativen zu den beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung verwendet werden können, um die Erfindung auszuführen und zu der erfindungsgemäßen Lösung zu gelangen. Das erfindungsgemäße Lautsprechersystem, sowie das Verfahren beschränken sich in ihren Ausführungen somit nicht auf die vorstehenden bevorzugten Ausführungsformen. Vielmehr ist eine Vielzahl von Ausgestaltungsvarianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung abweichen können.

Bezugszeichenliste

[0093]

1	Lautsprechersystem
3	Nicht frontal strahlender Lautsprecher
5	Ausgangssignal (des nicht frontal strahlender Lautsprechers)
6	Reflektierter Schall
7	Direktschall
8	Wand
9	Zuhörer
11	Zuhörerbereich
13	Frontlautsprecher
15	Ausgangssignal (des Frontlautsprechers)
17	Abgeschwächter Direktschall
19	Elektronisches Signal des Raumklangkanals
21	Signalweiche
23	FIR-Filter
25	Verzögerungsglied

Patentansprüche

1. Lautsprechersystem (1) für die Wiedergabe von mindestens einem Kanal, umfassend
 - mindestens einen nicht frontal strahlenden Lautsprecher (3) und einem dem nicht frontal strahlenden Lautsprecher zugeordneten Kanal, der ein Raumklangkanal ist,
 - mindestens einen Frontlautsprecher (13),
 - pro Raumklangkanal einen dem Frontlautspre-

cher (13) vorgeschalteten Filter und
- pro Raumklangkanal mindestens ein dem nicht
frontal strahlenden Lautsprecher (3) vorge-
schaltetes Verzögerungsglied (25),

wobei der Filter ein FIR-Filter (23) ist und das Ver-
zögerungsglied (25) und der FIR-Filter (23) konfigu-
riert sind für eine relative Anpassung der Ausgangs-
signale (15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des
nicht frontal strahlenden Lautsprechers (3) des
Raumklangkanals zu einer Abschwächung eines uner-
wünschten Direktschalls (7) des nicht frontal strah-
lenden Lautsprechers (3) in einem Zuhörerbereich
(11),

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Hochpassfilter dem FIR-Filter (23) vorgeschaltet
ist.

2. Lautsprechersystem (1) nach Anspruch 1,
wobei mindestens ein FIR-Filter (23) und/oder min-
destens ein Verzögerungsglied (25) durch einen
DSP-Chip realisiert werden.
3. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei die relative Anpassung der Ausgangssignale
(15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des nicht
frontal strahlenden Lautsprechers (3) in Bezug auf
die Amplitude, den Phasengang und den Frequenz-
gang vorgenommen wird.
4. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei das Verzögerungsglied (25) konfiguriert ist für
eine Verzögerung zum Ausgleich einer durch den
FIR-Filter (23) verursachten Latenz des Ausgangs-
signals (15) des Frontlautsprechers (13).
5. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei die relative Anpassung der Ausgangssignale
(15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des nicht
frontal strahlenden Lautsprechers (3) zur Abschwä-
chung des unerwünschten Direktschalls (7) eine teil-
weise destruktive Interferenz zwischen dem Aus-
gangssignal (15) des Frontlautsprechers (13) und
dem unerwünschten Direktschall (7) des nicht frontal
strahlenden Lautsprechers (3) im Zuhörerbereich
(11) verursacht.
6. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei die relative Anpassung der Ausgangssignale
(15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des nicht
frontal strahlenden Lautsprechers (3) zur Abschwä-
chung des unerwünschten Direktschalls (7) im Zu-
hörerbereich (11) solche Ausgangssignale (15, 5)
betrifft, deren Frequenzen den Mittel- und Hochton-

bereich umfassen.

7. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei dem Frontlautsprecher (13) ein Kanal zuge-
ordnet ist, wobei ein Signal eines FIR-Filters (23) zu
einem Kanalsignal addiert wird, um das Ausgangs-
signal (15) des Frontlautsprechers zu erzeugen.
8. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei der Hochpassfilter bevorzugt eine Abschnei-
defrequenz zwischen 50 Hz - 200 Hz, insbesondere
zwischen 100 Hz und 150 Hz, aufweist.
9. Lautsprechersystem (1) nach einem oder mehreren
der vorherigen Ansprüche,
wobei die nicht frontal strahlenden Lautsprecher (3)
Seitenlautsprecher und/oder Deckenlautsprecher
umfassen.
10. Verfahren zur Abschwächung eines unerwünschten
Direktschalls (7) mindestens eines nicht frontal
strahlenden Lautsprechers (3) in einem Zuhörerbe-
reich (11) für ein Lautsprechersystem (1) zur Wie-
dergabe mindestens eines Kanals, bevorzugt nach
einem oder mehreren der Ansprüche 1 -9,
umfassend
 - Bereitstellen mindestens eines nicht frontal
strahlenden Lautsprechers (3) und eines dem
nicht frontal strahlenden Lautsprecher (3) zuge-
ordneten Kanals, der ein Raumklangkanal ist;
 - Bereitstellen mindestens eines Frontlautspre-
chers (13);
 - Bereitstellen eines pro Raumklangkanal dem
Frontlautsprecher (13) vorgeschalteten Filters;
 - Bereitstellen mindestens eines pro Raum-
klangkanal dem nicht frontal strahlenden Laut-
sprecher (3) vorgeschalteten Verzögerungs-
glieds (25),

wobei der Filter ein FIR-Filter (23) ist und das Ver-
zögerungsglied (25) und der FIR-Filter (23) konfigu-
riert sind für eine relative Anpassung der Ausgangs-
signale (15, 5) des Frontlautsprechers (13) und min-
destens eines nicht frontal strahlenden Lautspre-
chers (3) eines Raumklangkanals zu einer Abschwä-
chung eines unerwünschten Direktschalls (7) des
nicht frontal strahlenden Lautsprechers (3) in einem
Zuhörerbereich (11),
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Hochpassfilter dem FIR-Filter (23) vorgeschaltet
ist.
11. Verfahren zur Abschwächung eines unerwünschten
Ausgangssignals nach dem vorigen Anspruch,
wobei die relative Anpassung der Ausgangssignale

(15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers (3) in Bezug auf die Amplitude, den Phasengang und den Frequenzgang vorgenommen wird.

12. Verfahren zur Abschwächung eines unerwünschten Ausgangssignals nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, wobei die relative Anpassung der Ausgangssignale (15, 5) des Frontlautsprechers (13) und des nicht frontal strahlenden Lautsprechers (3) zur Abschwächung des unerwünschten Direktschalls (7) eine teilweise destruktive Interferenz zwischen dem Ausgangssignal (15) des Frontlautsprechers (13) und dem unerwünschten Direktschall (7) des nicht frontal strahlenden Lautsprechers (3) im Zuhörerbereich (11) verursacht.

Claims

1. A loudspeaker system (1) for playback of at least one channel, comprising

at least one non-frontally emitting loudspeaker (3) and a channel associated with the non-frontally emitting loudspeaker that is a surround sound channel,

at least one front loudspeaker (13), per surround sound channel, a filter upstream of the front loudspeaker (13), and

per surround sound channel, at least one delay element (25) upstream of the non-frontally emitting loudspeaker (3), wherein the filter is an FIR filter (23) and the delay element (25) and the FIR filter (23) are configured for a relative adjustment of the output signals (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-frontally emitting loudspeaker (3) of the surround sound channel to attenuate an undesirable direct sound (7) of the non-frontally emitting loudspeaker (3) within an audience area (11),

characterised in that

a high-pass filter is upstream of the FIR filter (23).

2. The loudspeaker system (1) according to claim 1, wherein at least one FIR filter (23) and/or at least one delay element (25) are implemented by a DSP chip.

3. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the relative adjustment of the output signals (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-frontally emitting loudspeaker (3) is performed in terms of amplitude, phase response, and frequency response.

4. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the delay element (25) is configured for a delay to compensate for a latency of the output signals (15) of the front loudspeaker (13) caused by the FIR filter (23).

5. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the relative adjustment of the output signals (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-frontally emitting loudspeaker (3) to attenuate the undesirable direct sound (7) causes a partially destructive interference between the output signal (15) of the front loudspeaker (13) and the undesirable direct sound (7) of the non-frontally emitting loudspeaker (3) within the audience area (11).

6. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the relative adjustment of the output signals (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-frontally emitting loudspeaker (3) to attenuate the undesirable direct sound (7) within the audience area (11) relates to output signals (15, 5), the frequencies of which comprise the mid- and high-frequency ranges.

7. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein a channel is associated with the front loudspeaker (13), wherein a signal of an FIR filter (23) is added to a channel signal to generate the output signal (15) of the front loudspeaker.

8. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the high-pass filter preferably has a cut-off frequency between 50Hz-200Hz, in particular between 100Hz and 150Hz.

9. The loudspeaker system (1) according to any one or more of the preceding claims, wherein the non-frontally emitting loudspeakers (3) comprise side loudspeakers and/or ceiling loudspeakers.

10. A method for attenuating an undesirable direct sound (7) of at least one non-frontally emitting loudspeaker (3) within an audience area (11) for a loudspeaker system (1) for playback of at least one channel, preferably according to any one or more of the claims 1-9,

comprising

providing at least one non-frontally emitting loudspeaker (3) and a channel associated with the non-frontally emitting loudspeaker (3) that is a surround sound channel;

providing at least one front loudspeaker (13);
 providing, per surround sound channel, a filter
 upstream of the front loudspeaker (13);
 providing, per surround sound channel, at least
 one delay element (25) upstream of the non-
 frontally emitting loudspeaker (3),
 wherein the filter is an FIR filter (23) and the
 delay element (25) and the FIR filter (23) are
 configured for a relative adjustment of the output
 signals (15, 5) of the front loudspeaker (13) and
 at least one non-frontally emitting loudspeaker
 (3) of a surround sound channel to attenuate an
 undesirable direct sound (7) of the non-frontally
 emitting loudspeaker (3) within an audience area
 (11),

characterised in that

a high-pass filter is upstream of the FIR filter
 (23).

11. The method for attenuating an undesirable output
 signal according to the preceding claim,
 wherein the relative adjustment of the output signals
 (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-
 frontally emitting loudspeaker (3) is performed in
 terms of amplitude, phase response, and frequency
 response.
12. The method for attenuating an undesirable output
 signal according to any one or more of the preceding
 claims,
 wherein the relative adjustment of the output signals
 (15, 5) of the front loudspeaker (13) and the non-
 frontally emitting loudspeaker (3) to attenuate the
 undesirable direct sound (7) causes a partially de-
 structive interference between the output signal (15)
 of the front loudspeaker (13) and the undesirable
 direct sound (7) of the non-frontally emitting loud-
 speaker (3) within the audience area (11).

Revendications

1. Système de haut-parleurs (1) pour la reproduction
 d'au moins un canal, comprenant
- au moins un haut-parleur à rayonnement non
 frontal (3) et un canal associé au haut-parleur à
 rayonnement non frontal, qui est un canal de
 son ambiophonique,
 au moins un haut-parleur frontal (13),
 pour chaque canal de son ambiophonique, un
 filtre placé en amont du haut-parleur frontal (13)
 et
 pour chaque canal de son ambiophonique, au
 moins un élément de temporisation (25) placé
 en amont du haut-parleur à rayonnement non
 frontal (3),
 dans lequel le filtre est un filtre FIR (23) et l'élé-

ment de temporisation (25) et le filtre FIR (23)
 sont configurés pour un ajustement relatif des
 signaux de sortie (15, 5) du haut-parleur frontal
 (13) et du haut-parleur à rayonnement non fron-
 tal (3) du canal de son ambiophonique pour at-
 ténuer des bruits directs non souhaités (7) du
 haut-parleur à rayonnement non frontal (3) dans
 une zone d'écoute (11),

caractérisé en ce que

un filtre passe-haut est placé en amont du filtre
 FIR (23).

2. Système de haut-parleurs (1) selon la revendication
 1,
 dans lequel au moins un filtre FIR (23) et/ou au moins
 un élément de temporisation (25) sont mis en œuvre
 par une puce DSP.
3. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs
 des revendications précédentes,
 dans lequel l'ajustement relatif des signaux de sortie
 (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et du haut-parleur
 à rayonnement non frontal (3) est effectuée en ce
 qui concerne l'amplitude, la réponse en phase et la
 réponse en fréquence.
4. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs
 des revendications précédentes,
 dans lequel l'élément de temporisation (25) est con-
 figuré pour un retard pour compenser une latence
 du signal de sortie (15) du haut-parleur frontal (13)
 causée par le filtre FIR (23).
5. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs
 des revendications précédentes,
 dans lequel l'ajustement relatif des signaux de sortie
 (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et du haut-parleur
 à rayonnement non frontal (3) pour atténuer les
 bruits directs non souhaités (7) provoque une inter-
 férence partiellement destructive entre le signal de
 sortie (15) du haut-parleur frontal (13) et les bruits
 directs non souhaités (7) du haut-parleur à rayonne-
 ment non frontal (3) dans la zone d'écoute (11).
6. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs
 des revendications précédentes,
 dans lequel l'ajustement relatif des signaux de sortie
 (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et du haut-parleur
 à rayonnement non frontal (3) pour atténuer les
 bruits directs non souhaités (7) dans la zone d'écou-
 te (11) concerne lesdits signaux de sortie (15, 5) dont
 les fréquences comprennent la plage des moyennes
 et hautes fréquences.
7. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs
 des revendications précédentes,
 dans lequel un canal est associé au haut-parleur
 frontal (13), dans lequel un signal d'un filtre FIR (23)

est ajouté à un signal de canal pour produire le signal de sortie (15) du haut-parleur frontal.

8. Système de haut-parleur (1) selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel le filtre passe-haut présente de préférence une fréquence de coupure comprise entre 50 Hz et 200 Hz, en particulier entre 100 Hz et 150 Hz. 5
9. Système de haut-parleurs (1) selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel les haut-parleurs (3) à rayonnement non frontal comprennent des haut-parleurs latéraux et/ou des haut-parleurs de plafond. 10
10. Procédé d'atténuation de bruits directs non souhaités (7) d'au moins un haut-parleur à rayonnement non frontal (3) dans une zone d'écoute (11) pour un système de haut-parleurs (1) destiné à reproduire au moins un canal, de préférence selon une ou plusieurs des revendications 1 à 9, 20

comprenant

la fourniture d'au moins un haut-parleur à rayonnement non frontal (3) et un canal associé au haut-parleur à rayonnement non frontal (3), qui est un canal de son ambiophonique ; 25

la fourniture d'au moins un haut-parleur frontal (13) ;

la fourniture d'un filtre placé en amont du haut-parleur frontal (13) pour chaque canal de son ambiophonique ; 30

la fourniture d'au moins un élément de temporisation (25) placé en amont du haut-parleur à rayonnement non frontal (3) pour chaque canal de son ambiophonique, 35

dans lequel le filtre est un filtre FIR (23) et l'élément de temporisation (25) et le filtre FIR (23) sont configurés pour un ajustement relatif des signaux de sortie (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et d'au moins un haut-parleur à rayonnement non frontal (3) d'un canal de son ambiophonique pour atténuer des bruits directs non souhaités (7) du haut-parleur à rayonnement non frontal (3) dans une zone d'écoute (11), 40

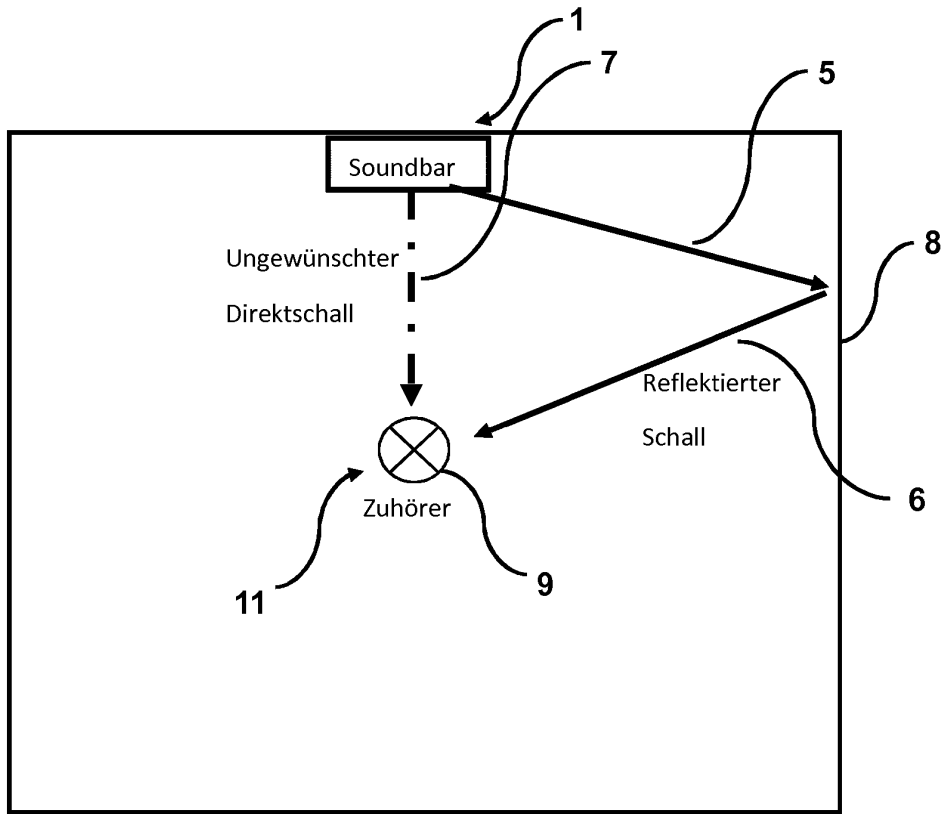
caractérisé en ce que 45

un filtre passe-haut est placé en amont du filtre FIR (23).

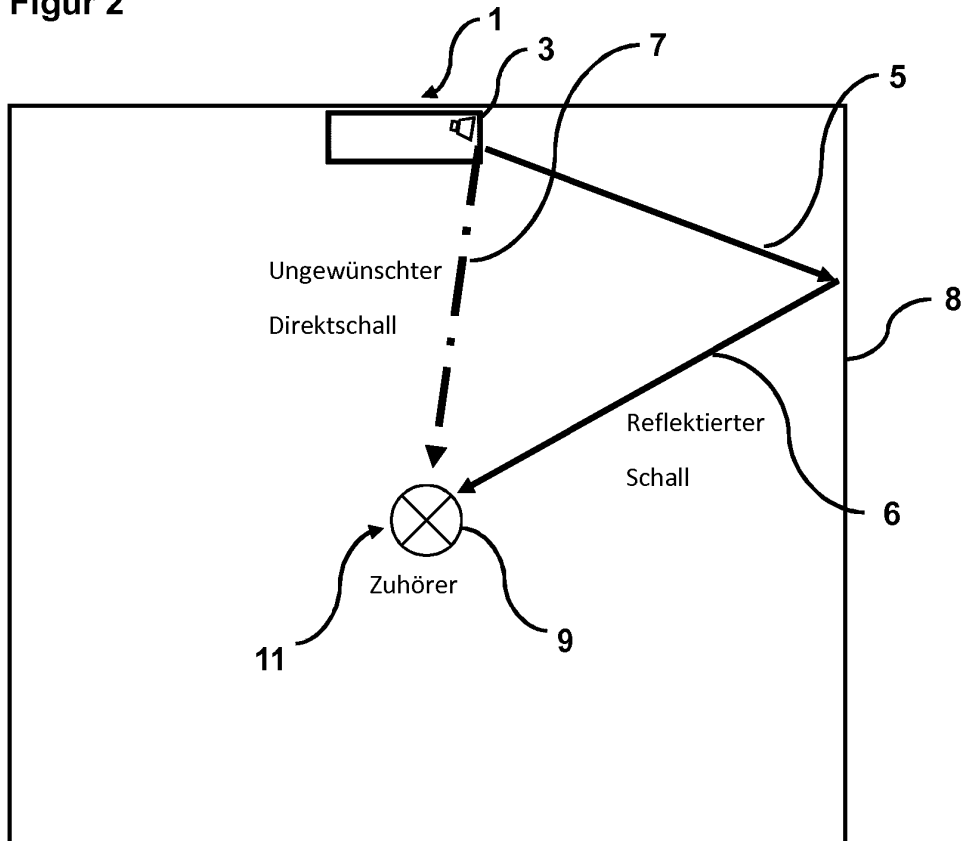
11. Procédé d'atténuation d'un signal de sortie non souhaité selon la revendication précédente, dans lequel l'ajustement relatif des signaux de sortie (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et du haut-parleur à rayonnement non frontal (3) est effectuée en ce qui concerne l'amplitude, la réponse en phase et la réponse en fréquence. 50
12. Procédé d'atténuation d'un signal de sortie non sou- 55

haité selon une ou plusieurs des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement relatif des signaux de sortie (15, 5) du haut-parleur frontal (13) et du haut-parleur à rayonnement non frontal (3) pour atténuer les bruits directs non souhaités (7) provoque une interférence partiellement destructive entre le signal de sortie (15) du haut-parleur frontal (13) et les bruits directs non souhaités (7) du haut-parleur à rayonnement non frontal (3) dans la zone d'écoute (11).

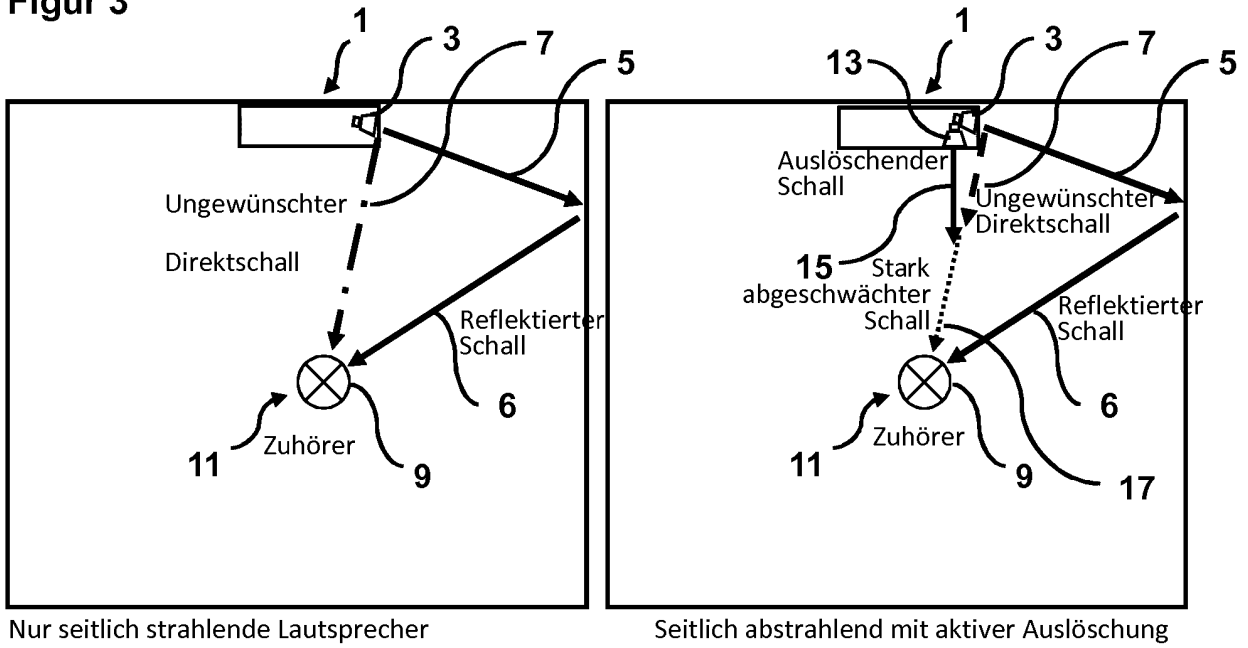
Figur 1



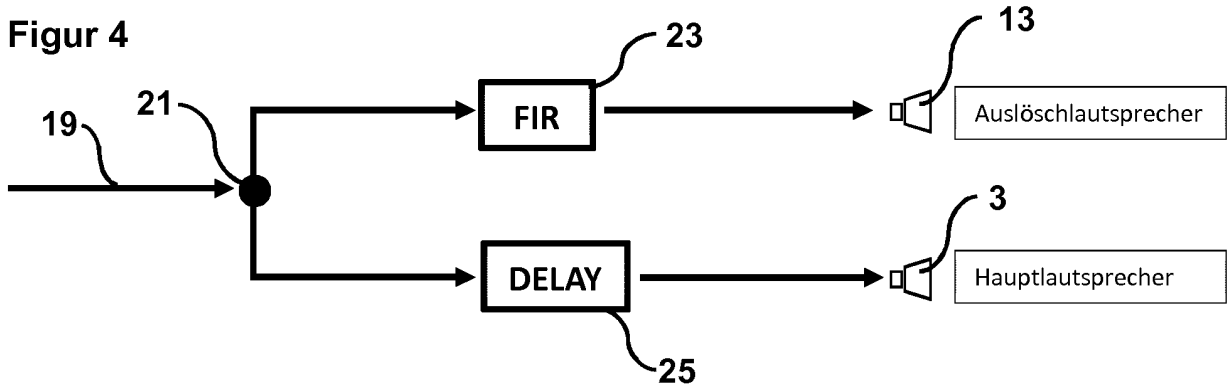
Figur 2



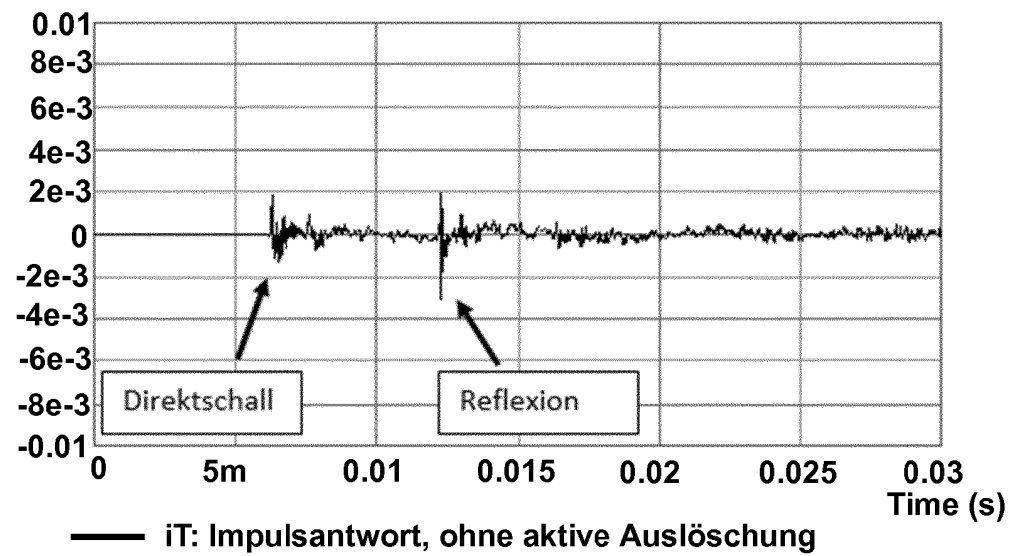
Figur 3



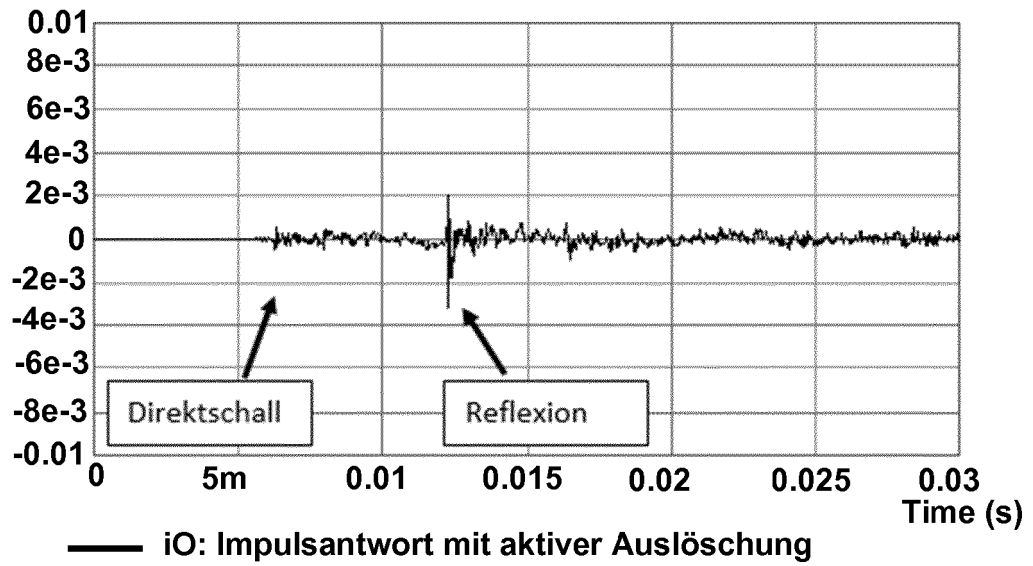
Figur 4



Figur 5



Figur 6



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 20170053641 A [0009]
- US 5815578 A [0010]
- US 20070263888 A [0011]
- US 20150304791 A [0011]