



(11)

EP 2 485 504 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.08.2012 Patentblatt 2012/32

(51) Int Cl.:
H04S 7/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11153510.0**

(22) Anmeldetag: **07.02.2011**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder:
• **Deutsche Telekom AG**
53113 Bonn (DE)
• **Technische Universität Berlin**
10623 Berlin (DE)

(72) Erfinder:
• **Spors, Sascha**
D-10243 Berlin (DE)
• **Helwani, Karim**
D-10829 Berlin (DE)
• **Buchner, Herbert**
D-10785 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Vossius & Partner**
Siebertstrasse 4
81675 München (DE)

(54) **Erzeugung von stillen Gebieten innerhalb der Zuhörerzone vielkanaliger Wiedergabesysteme**

(57) Mit der Erfindung wird ein Verfahren zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mittels mehrerer Lautsprecher bereitgestellt. Durch Anwenden einer Fensterfunktion, beispielsweise einer räumlichen Rechteckfunktion, auf das wiederzugebende Wellenfeld wird ein wellenfreier Abschnitt in der Zuhörerzone ausgebildet, in dem das gewünschte Wellenfeld unterdrückt wird. Um das sich so ergebende Wellenfeld mit den Lautsprechern wiedergeben zu können, werden

entsprechende Lautsprecher-Ansteuerungssignale bestimmt und diese Ansteuerungssignale den Lautsprechern zugeführt. Weiterhin stellt die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mit Unterdrückung des Wellenfelds in einem vorbestimmten Abschnitt der Zuhörerzone bereit.

EP 2 485 504 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mittels mehrerer Lautsprecher, und insbesondere die Ausbildung eines wellenfreien Abschnitts innerhalb der Zuhörerzone.

[0002] Neben den bekannten stereophonischen Verfahren zur Schallwiedergabe gewinnen Verfahren, die eine physikalische Rekonstruktion eines beliebigen Wellenfeldes anstreben, in Forschung und Praxis an Bedeutung. Von besonderem Interesse sind Verfahren, die eine analytische Berechnung des Ansteuerungssignals für die Lautsprecher ermöglichen. Dies ist unter anderem bei der Wellenfeldsynthese und Higher-Order Ambisonics der Fall. Diese beiden Verfahren haben das gemeinsame Ziel, ein Wunschfeld in einem ausgedehnten Gebiet zu synthetisieren, so dass ein räumlicher Eindruck in einem, verglichen mit konventionellen stereophonischen Verfahren, relativ großen homogenen Zuhörerbereich hervorgerufen wird. Idealerweise umfasst der Zuhörerbereich die gesamte Fläche, die von den Lautsprechern umgeben ist.

[0003] Die physikalische Basis beider Verfahren beruht auf der Annahme einer kontinuierlichen Verteilung von Schallquellen um den zu beschallenden Zuhörerbereich. Die praktische Realisierung durch eine endliche Anzahl von räumlich diskreten Lautsprechern muss explizit berücksichtigt werden. Im Folgenden wird kurz auf die Theorie von Higher-Order Ambisonics und der Wellenfeldsynthese eingegangen, wobei die wiedergegebenen Quellen der auditiven Szene als virtuelle Quellen und die zur Wiedergabe verwendeten Lautsprecher als Sekundärquellen bezeichnet werden.

[0004] Die Herleitung der Ansteuerungsfunktionen bei Higher-Order Ambisonics erfolgt durch die explizite Lösung des zugrundeliegenden physikalischen Problems. Dazu werden die Lautsprecher durch eine kreis- oder kugelförmige kontinuierliche Verteilung von typischerweise akustischen Monopolen modelliert, die mit einer Gewichtungsfunktion belegt sind. Die aus diesem Ansatz folgende Integralgleichung kann durch die Darstellung der relevanten akustischen Felder in Form von sphärischen Harmonischen gelöst werden. Higher-Order Ambisonics ermöglicht im Prinzip die exakte Rekonstruktion eines nahezu beliebigen Schallfeldes innerhalb der Sekundärquellenverteilung. In der Praxis wird die kontinuierliche Verteilung von Monopolen jedoch durch eine räumlich diskrete Verteilung einer endlichen Anzahl von Lautsprechern realisiert. Ein Überblick über Higher-Order Ambisonics kann beispielsweise der Arbeit von J. Daniel, "Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la reproduction de scènes sonores complexes dans un contexte multimedia", PhD thesis, Université Paris 6, 2001 entnommen werden.

[0005] Das Verfahren der spektralen Division (Spectral Division Method SDM, siehe beispielsweise J. Ahrens and S. Spors, Sound field reproduction using planar and linear arrays of loudspeakers. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, 18(8):2038 - 2050, November 2010. doi:10.1109/TASL.2010.2041106) stellt im Prinzip eine Übertragung des Higher-Order Ambisonics Ansatzes auf planare und lineare Geometrien dar. Bei der SDM wird das zugrundeliegende physikalische Problem, formuliert als eine Integralgleichung, explizit gelöst. Die Lösung erfolgt durch den Übergang in den räumlichen Spektralbereich mittels einer räumlichen Fourier Transformation. Wie bei Higher-Order Ambisonics werden die Lautsprecheransteuerungsfunktionen in diesem Bereich durch spektrale Division berechnet. Dazu wird neben dem analytischen Ausdruck für ein gewünschtes Schallfeld einer prototypischen Quelle die Ausbreitungsfunktion (Green'sche Funktion) der Lautsprecher benötigt. Nach Rücktransformation der Ansteuerungsfunktion aus dem spektralen Bereich in den Ortsbereich steht diese dann für eine Realisierung zur Verfügung.

[0006] Die physikalische Grundlage der Wellenfeldsynthese beruht qualitativ auf dem Huygens-Fresnel'schen Prinzip und quantitativ auf den Rayleigh Integralen (siehe beispielsweise S. Spors, R. Rabenstein, und J. Ahrens, "The theory of wave field synthesis revisited," Audio Eng. Soc. Conv. Paper, Bd. 124). Diese besagen, dass ein nahezu beliebiges Schallfeld innerhalb eines Halbraumes bzw. einer Halbebene durch eine Verteilung von Sekundärquellen auf dem Rand resynthetisiert werden kann. Die Sekundärquellen müssen dabei mit dem gerichteten Gradienten des gewünschten Schallfeldes auf dem Rand angesteuert werden. Dies bildet die physikalische Grundlage für die Verwendung linearer oder planarer Sekundärquellenverteilungen. In der Praxis werden jedoch meist stückweise lineare Lautsprecherarrays eingesetzt. Dafür werden entsprechende Erweiterung in der Theorie vorgenommen (siehe zum Beispiel S. Spors, R. Rabenstein, und J. Ahrens, "The theory of wave field synthesis revisited," Audio Eng. Soc. Conv. Paper, Bd. 124).

[0007] Wie bei Higher-Order Ambisonics und SDM geht auch die Theorie der Wellenfeldsynthese von einer räumlich kontinuierlichen Verteilung der Sekundärquellen aus. In der Praxis werden jedoch räumlich diskrete Verteilungen von Lautsprechern verwendet. Diese räumliche Diskretisierung führt zu einer Reihe von Artefakten im Zuhörerbereich.

[0008] Für einige Anwendungen kann es interessant sein, eine Ruhezone innerhalb eines Zielbeschallungsbereichs, also der Zuhörerzone, vorzusehen, oder auch die Wiedergabe in einem begrenzten Bereich umgeben von einer Ruhezone. Beispielfhaft seien folgende mögliche Anwendungen genannt:

1 Wiedergabe in einem begrenzten Bereich umgeben von einer Ruhezone. Zum Beispiel in einem Büro, Wohnzimmer, etc.

2 Konstruktion von akustisch getrennten Bereichen, um verschiedene Inhalte in einem physikalisch offenen Gebiet so wiederzugeben, dass sich die Inhalte nicht vermischen. Zum Beispiel für die Wiedergabe von Stereosignalen ohne die Verwendung von Kopfhörern.

3 Minimieren des Einflusses des Raumes, in dem die Wiedergabe stattfinden soll. Eine Möglichkeit dies zu erzielen ist, die Reflektion an den Wänden zu verhindern, indem die Energie des Schallfeldes nahe den Wänden minimiert wird.

4 Unterdrückung des Schallfeldes in einem Ort, in dem sich ein Aufnahmesystem befindet, um Rückkopplungseffekte zu unterdrücken.

[0009] Ansätze zur Erzeugung von Ruhezeiten, (acoustic contrast control) sind zum Beispiel aus dem Dokument von J.-W. Choi und Y.-H. Kim, "Generation of an acoustically bright zone with an illuminated region using multiple sources", Journal of the Acoustic Society of America, Bd. 111, Nr. 4, S. 1695-1700, April 2002 bekannt. Diese Verfahren basieren auf dem Ansatz einer Reihe von Kontrollpunkten im Zuhörerbereich und der Ruhezeiten. Durch Minimierung der Energie in den Ruhezeiten bei gleichzeitiger Optimierung der Synthese im Zuhörerbereich werden die Lautsprecher-Ansteuerungssignale berechnet.

[0010] Auch existieren auf Higher-Order Ambisonics basierende Verfahren. So wird in T.W. Abhayapala und Y.J. Wu, "Spatial Soundfield Reproduction with Zones of Quiet", Audio Engineering Society Convention 127, 2009 ein Verfahren vorgeschlagen zur Unterdrückung des Wellenfeldes in einem zirkulären Gebiet bei einer Ambisonics-basierten Schallwiedergabe mithilfe eines zirkulären Arrays. Dies ist beispielhaft in Fig. 5 illustriert. Es entstehen im Wiedergaberaum neben dem gewünschten Wellenfeld Nullstellen. Dieses Verfahren ist numerisch motiviert und lässt sich auf lineare Arrays nicht übertragen. Des Weiteren gibt dieses Verfahren implizite Vorgaben für die Lage des Ruhegebiets vor. Die Ruhezeiten dürfen sich mit dem Wiedergabebereich nicht überschneiden, eine Ruhezone darf also nicht innerhalb des Ausbreitungspfad des gewünschten Wiedergabebereichs sein, wie in Fig. 5 dargestellt. Hier deutet der dicke schwarze Ring die Anordnung der Lautsprecher an, die in dem gezeigten Beispiel also kreisförmig um die Zuhörerzone angeordnet sind. Das gewünschte Wellenfeld ist eine ebene Welle, die auf der linken Seite der Zuhörerzone wiedergegeben wird. Rechts ist ein kleiner Ring gezeigt, in dem das Schallfeld unterdrückt wird.

[0011] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Einschränkungen des Standes der Technik auszuräumen und ein verbessertes Verfahren und eine Vorrichtung zur Unterdrückung des Schallfeldes in bestimmten Bereichen der Zuhörerzone, die auch als Ruhezeiten bezeichnet werden, bei gleichzeitiger Synthesisierung eines wiederzugebenden Feldes in einem Zielbereich — also außerhalb der Ruhezeiten — bereitzustellen. Die Lage der Ruhezeiten in der Zuhörerzone bzw. die Anordnung der Lautsprecher soll hierbei möglichst wenigen Einschränkungen unterliegen.

[0012] Mit der Erfindung wird ein Verfahren zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mittels mehrerer Lautsprecher bereitgestellt. Durch Anwenden einer räumlichen Fensterfunktion, beispielsweise einer Rechteckfunktion, auf das wiederzugebende Wellenfeld wird ein wellenfreier Abschnitt in der Zuhörerzone definiert, in dem das Wellenfeld unterdrückt wird. Dies kann beispielsweise durch eine Multiplikation des Zielschallfeldes mit der Fensterfunktion geschehen, dies entspricht einer räumlichen Faltung im räumlichen Frequenzbereich.

[0013] Um das sich so ergebende gewünschte Wellenfeld mit den Lautsprechern wiedergeben zu können, werden entsprechende Lautsprecher- Ansteuerungssignale bestimmt und diese

[0014] Ansteuerungssignale den Lautsprechern zugeführt. Das Bestimmen der Ansteuerungssignale kann durch ein Higher-Order-Ambisonics-Verfahren oder ein Verfahren der spektralen Division durchgeführt werden.. Vorzugsweise wird das gewünschte Wellenfeld bandbegrenzt, um die Güte der Unterdrückung des Schallfeldes in dem entsprechenden Bereich der Zuhörerzone zu erhöhen.

[0015] Weiterhin stellt die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in der Zuhörerzone bereit, wobei das Wellenfeld in einem oder mehreren vorbestimmten Abschnitten der Zuhörerzone unterdrückt wird. Hierbei können die Lautsprecher auf einer offenen Kontur, insbesondere einer Linie, oder auch auf einer die Zuhörerzone umgebenden Kontur, also beispielsweise auf einem Kreis oder einem Rechteck, angeordnet sein.

[0016] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Simulation der Wiedergabe einer ebenen Welle umgeben von einer ruhigen Zone;

Fig. 2 die Energieverteilung des in Fig. 1. gezeigten Schallfeldes (in dB);

Fig. 3 die Energieverteilung des in Fig. 1 gezeigten Schallfeldes, wenn das Wellenfeld nur in einem bestimmten Gebiet unterdrückt werden soll (in dB);

Fig. 4 eine Simulation der Wiedergabe einer ebenen Welle umgeben von einer ruhigen Zone bei rechteckiger Arraygeometrie; und

Fig. 5 ein mit dem im Stand der Technik bekannten Ambisonics- Verfahren wieder gegebenes Schallfeld.

[0017] Alle Verfahren der mehrkanaligen akustischen Wiedergabesysteme verwenden eine vordefinierte Mischmatrix,

die die Quellensignale auf bestimmte Lautsprecher-Signale abbildet, um einen gewünschten Höreindruck hervorzurufen. Die Herleitung der Ansteuerungsfunktionen bei Higher-Order Ambisonics und SDM erfolgt durch die explizite Lösung des zugrundeliegenden physikalischen Problems.

[0018] Die Unterdrückung des Wellenfeldes in bestimmten Zonen kann interpretiert werden als eine Multiplikation des ursprünglichen Wunschfeldes mit bestimmten räumlichen Fensterfunktionen, die das Schallfeld in bestimmten Gebieten unterdrücken. Im räumlichen Spektralbereich betrachtet, ist diese räumliche Multiplikation eine spektrale Faltung und die räumliche Unterdrückung geschieht daher durch eine geeignete spektrale Spreizung des räumlichen Spektrums des wiederzugebenden räumlichen Signals.

[0019] Zur Verdeutlichung des Wirkprinzips der Erfindung werden im Folgenden beispielhaft die der Synthese akustischer Wellenfelder mithilfe linearer Arrays zugrundeliegenden Gleichungen angegeben. Bei der Diskussion wird die Wiedergabe des Wellenfeldes in einer Ebene beschrieben, es gilt also $z=0$. Die Ausdehnung des Arrays verläuft in Richtung der x-Achse.

[0020] Das synthetisierte Schallfeld kann als das Ergebnis eines räumlichen Faltungsintegrals verstanden werden.

$$P(\mathbf{x}, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} D(\mathbf{x}_0, \omega) G(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0, \omega) d\mathbf{x}_0, \quad (\text{Gl. 1})$$

dabei stellt D die Ansteuerungsfunktion der Sekundärquellen dar und G die Green'sche Funktion, die den Ausbreitungspfad eines akustischen Monopols an der Position $(\mathbf{x}_0 = (x_0, y_0, z_0))$ zum Punkt $(\mathbf{x} = (x, y, z))$ charakterisiert. Im Idealfall entspricht das synthetisierte Schallfeld dem gewünschten Schallfeld.

[0021] Es sei das Wunschfeld zum Beispiel eine monochromatische ebene Welle, diese ist gegeben durch die Gleichung:

$$p(x, y, t) = e^{-i(k_{pw,x}x + k_{pw,y}y - \omega_{pw}t)}, \quad (\text{Gl. 2})$$

eine zeitliche Fouriertransformation obiger Gleichung gefolgt von zwei räumlichen Fouriertransformationen entlang der x- und y-Achse liefern

$$\bar{P}(k_x, k_y, z, \omega) = 8\pi^3 \delta(k_x - k_{pw,x}) \delta(k_y - k_{pw,y}) \delta(\omega - \omega_{pw}). \quad (\text{Gl. 3})$$

[0022] Gewünscht sei nun eine Begrenzung des Wellenfeldes auf einen Streifen, der zu dem Array senkrecht ist. Dieses kann als eine räumliche Fensterung verstanden werden. Eine mögliche Fensterfunktion ist die Rechteckfunktion. Die räumliche Fouriertransformation der Rechteckfunktion der Breite $(1/a)$ lautet.

$$\Pi_x(a\mathbf{x}) \circ - \bullet \frac{1}{\sqrt{2\pi a^2}} \text{sinc}\left(\frac{k_x}{2\pi a}\right). \quad (\text{Gl. 4})$$

[0023] Insgesamt ist das gewünschte räumlich begrenzte Wellenfeld durch die folgende Faltung gegeben:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{\Pi}(k_x, k_y, \omega) &= \Pi_x(a\mathbf{x}) * \bar{P}(k_x, k_y, \omega), \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi a^2}} \text{sinc}\left(\frac{k_x - k_{pw,x}}{2\pi a}\right) \delta(k_y - k_{pw,y}) \delta(\omega - \omega_{pw}). \end{aligned} \quad (\text{Gl. 5})$$

[0024] Um die Ansteuerungsfunktionen für die Lautsprecher zu berechnen kann das Verfahren der spektralen Division verwendet werden. Diese beruht darauf, dass sich das Faltungsintegral in (G1. 1) zu einer Multiplikation im räumlichen Fourierbereich transformieren lässt. Damit kann (G1. 1) wie folgt umgeformt werden

$$\bar{D}(k_x, k_y, \omega) = \frac{\bar{P}_\Pi(k_x, k_y, \omega)}{G(k_x, k_y, \omega)} \quad (\text{Gl. 6})$$

[0025] Die Güte der Unterdrückung des Schallfeldes in einem bestimmten Gebiet hängt von der räumlichen Aliasingfrequenz des Wiedergabesystems und der Grenzfrequenz des wiedergegebenen Materials ab, weil nur die Spektralanteile des wiedergegebenen Materials, die unterhalb der Aliasingfrequenz des Systems gezielt unterdrückt werden können. Zusätzlich kann eine Bandbegrenzung des wiederzugebenden Materials eingesetzt werden um räumliches Aliasing zu vermeiden.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Mischmatrix auf der Wiedergabeseite frequenzselektiv ausgehend von dem gewünschten Wellenfelds, der Lage des Aufnahmesystems und der Geometrie des Wiedergabesystems bestimmt. Als Anwendungsbeispiel wird ein lineares Lautsprecherarray diskutiert, wobei die Abhörzone mit zwei virtuellen Linien, die senkrecht zum Array stehen, in drei Gebiete unterteilt sein soll. In einem Gebiet soll eine konventionelle Wiedergabe ebener Wellen basierend auf dem Verfahren der spektralen Division erfolgen. In den beiden anderen Gebieten, in denen sich das Aufnahmesystem befinden kann, soll das Wellenfeld unterdrückt werden.

[0027] Das Wunschwellenfeld ist eine Multiplikation der ebenen Wellen mit der räumlichen Rechteckfunktion oder einer anderen geeigneten Fensterfunktion. Für die Bestimmung der Ansteuerungsfunktionen für die Lautsprecher wird gemäß der Ausführungsform die Methode der spektralen Division eingesetzt. Dieses Verfahren benötigt bei linearen Arraygeometrien einen Ausdruck für sowohl das gewünschte Wellenfeld als auch die Green'sche Funktion im räumlich transformierten Bereich. mittels der Fouriertransformation entlang einer Referenzlinie, auf der die Wiedergabe exakt sein soll. Die Ansteuerungsfunktionen im räumlichen Spektralbereich sind das Ergebnis der elementweisen Division des Spektrums des Wunschwelfeldes durch das Spektrum der Green'schen Funktion. Die so ermittelten Spektren der Ansteuerungsfunktionen können mit Hilfe einer inversen Fouriertransformation in den räumlichen Bereich zurücktransformiert werden.

[0028] In Fig. 1 ist das Ergebnis einer Simulation des vorgestellten Verfahrens abgebildet und in Fig. 2 ist die Energieverteilung des Wellenfeldes zu sehen. In Fig. 3 ist die Energieverteilung wiedergegeben, wenn die Ruhezone, also der wellenfreie Abschnitt, das Wiedergabebereich in zwei Gebiete trennt.

[0029] Arraygeometrien, die den Zuhörer Raum zweidimensional einschließen, wie z.B. rechteckige Arrays, erlauben eine zweidimensionale Unterdrückung des Feldes. Ein Beispiel hierfür ist in Fig. 4 gezeigt. Die Vorgehensweise zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dabei ähnlich wie oben beschrieben. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die Fensterfunktion hier zweidimensional ist. Das gleiche gilt für die dreidimensionale Wiedergabe.

[0030] Das räumlich begrenzte Wellenfeld ist im Spektralbereich eine zweidimensionale Faltung des Wunschwelfeldes mit der räumlich transformierten Fensterfunktion. So ist beispielsweise das in Fig. 4 gezeigte Wellenfeld eine Superposition von ebenen Wellen, wobei bei der Synthese der einzelnen ebenen Wellen das gewünschte Ruhegebiet explizit berücksichtigt wurde. Die Ansteuerungsfunktionen der Lautsprecher für die in Fig. 4 gezeigten ebenen Wellen wurden mithilfe des genannten Verfahrens der spektralen Division ermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mit Unterdrückung des Wellenfelds in einem oder mehreren vorbestimmten Abschnitten der Zuhörerzone mittels mehrerer Lautsprecher, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- Bestimmen eines gewünschten Wellenfelds in der Zuhörerzone durch Anwenden einer räumlichen Fensterfunktion zum Ausbilden der wellenfreien Abschnitte auf ein wiederzugebendes Wellenfeld,
- Bestimmen von Ansteuerungssignalen für die Lautsprecher zum Erzeugen des gewünschten Wellenfelds in der Zuhörerzone und
- Zuführen der Ansteuerungssignale an die Lautsprecher.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zum Bestimmen des gewünschten Wellenfelds das wiederzugebende Wellenfeld

mit der räumlichen Fensterfunktion multipliziert wird.

- 5 **3.** Verfahren nach Anspruch 1, wobei zum Bestimmen des gewünschten Wellenfelds eine räumliche Faltung des Spektrums des wiederzugebenden Wellenfeldes mit der Fensterfunktion im räumlichen Frequenzbereich durchgeführt wird.
- 10 **4.** Verfahren nach Anspruch 1, wobei zum Ausbilden des wellenfreien Abschnitts das wiederzugebende Wellenfeld spektral gespreizt wird.
- 15 **5.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Fensterfunktion eine Rechteckfunktion ist.
- 20 **6.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerungssignale durch ein Higher-Order-Ambisonics-Verfahren oder ein Verfahren der spektralen Division bestimmt werden.
- 25 **7.** Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das gewünschte Wellenfeld bandbegrenzt wird.
- 30 **8.** Vorrichtung zur Wiedergabe eines akustischen Wellenfelds in einer Zuhörerzone mit Unterdrückung des Wellenfelds in einem oder mehreren vorbestimmten Abschnitten der Zuhörerzone mittels mehrerer Lautsprecher, mit:
- mehreren Lautsprechern,
 - einer Einrichtung zum Zuführen von Ansteuerungssignalen an die Lautsprecher zum Erzeugen eines gewünschten Wellenfelds mit einem wellenfreien Abschnitt in der Zuhörerzone, wobei das gewünschten Wellenfeld durch Anwenden einer Fensterfunktion auf ein wiederzugebendes Wellenfeld gebildet wird.
- 35 **9.** Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Lautsprecher auf einer offenen Kontur, insbesondere einer Linie angeordnet sind.
- 40 **10.** Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Lautsprecher auf einer die Zuhörerzone umgebenden Kontur angeordnet sind.
- 45 **11.** Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Lautsprecher auf einem Kreis oder einem Rechteck angeordnet sind.
- 50
- 55

Fig. 1

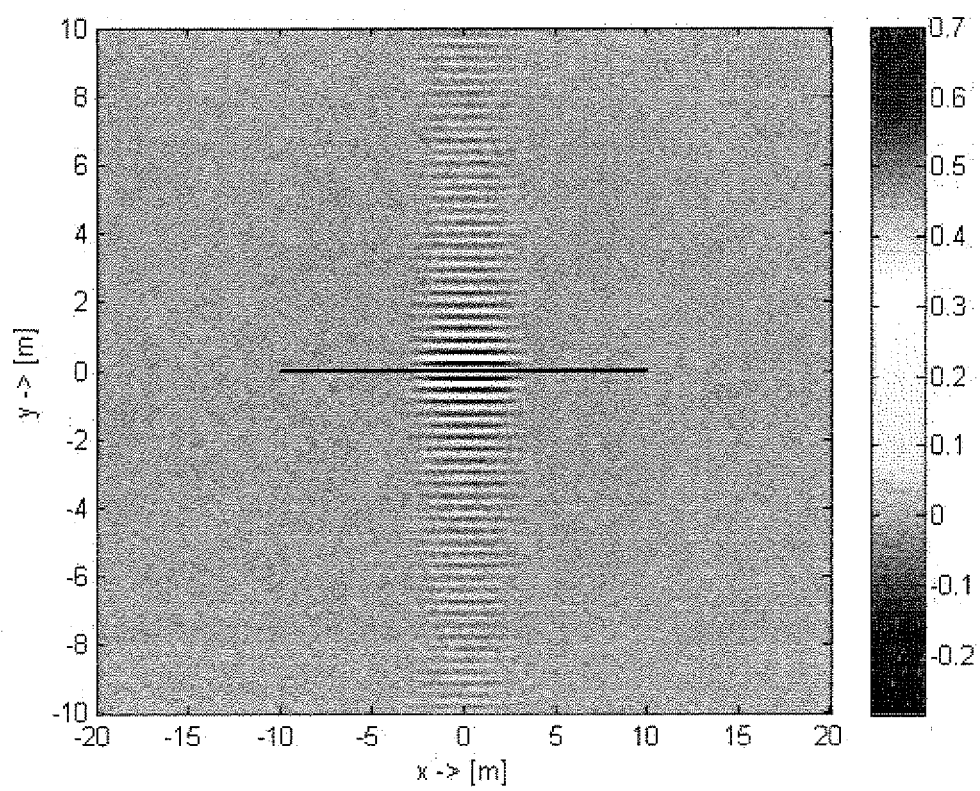


Fig. 2

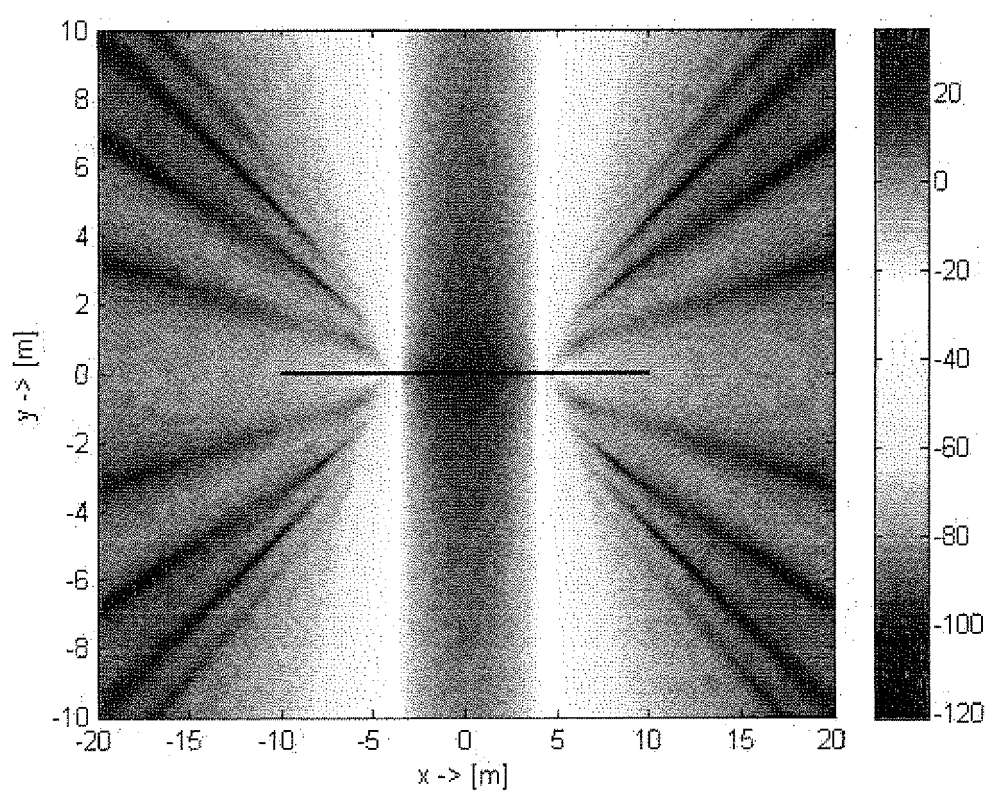


Fig. 3

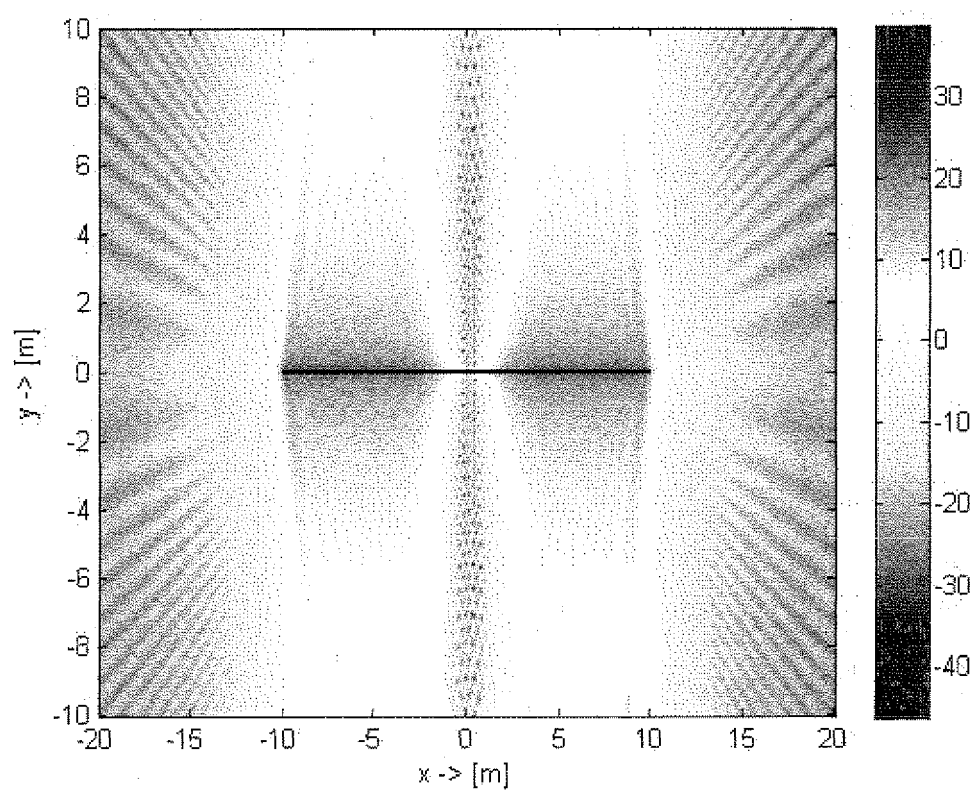


Fig. 4

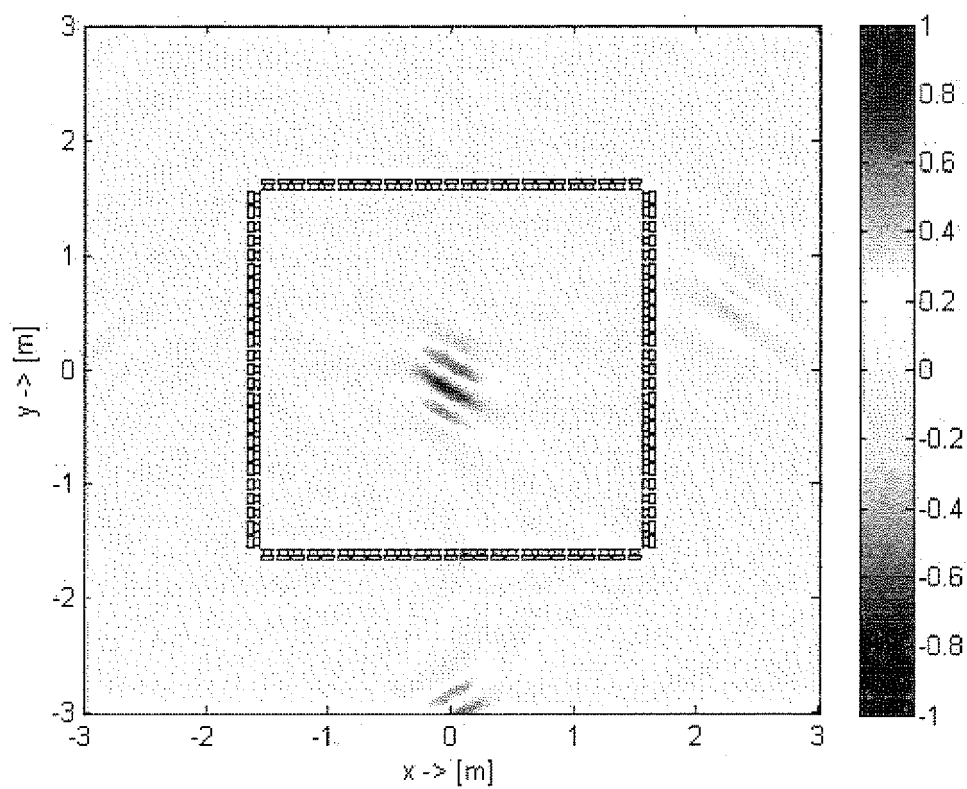
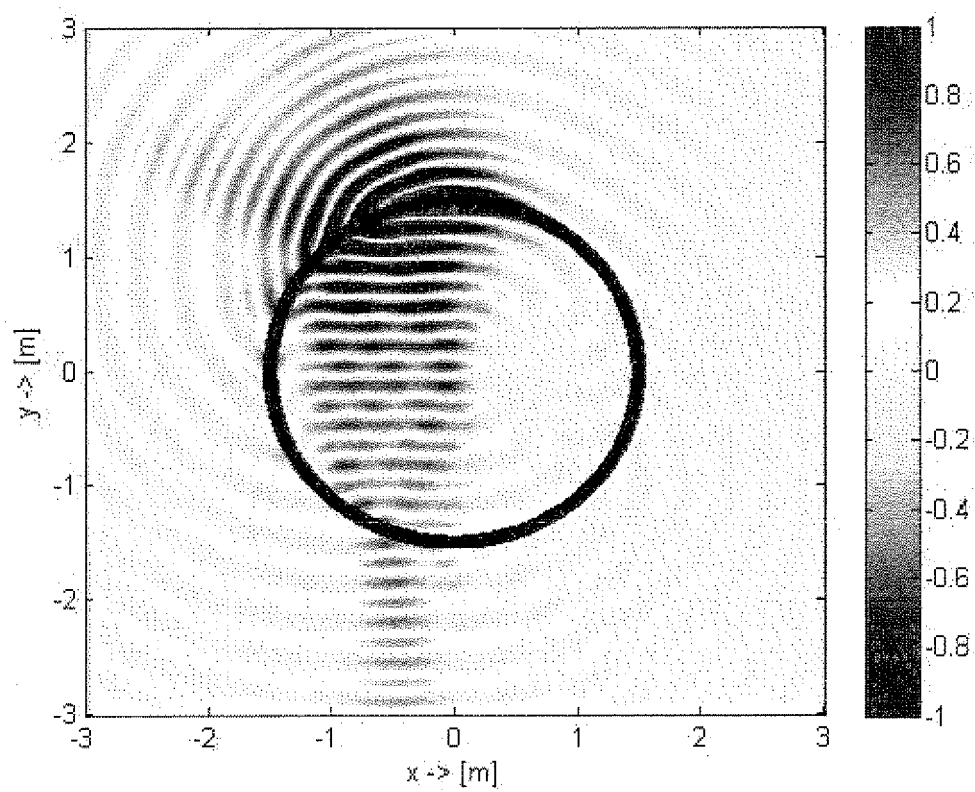


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 15 3510

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	SPORS ET AL: "Extension of an Analytic Secondary Source Selection Criterion for Wave Field Synthesis", AES CONVENTION 123; OCTOBER 2007, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, 1. Oktober 2007 (2007-10-01), XP040508442, * Chapter 5.1 *	1-4,8	INV. H04S7/00
A	----- AHRENS J ET AL: "Sound Field Reproduction Using Planar and Linear Arrays of Loudspeakers", IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO, SPEECH AND LANGUAGE PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, USA, Bd. 16, Nr. 8, 1. November 2010 (2010-11-01), Seiten 2038-2050, XP011301121, ISSN: 1558-7916 * Equation (4); Seite 2040 *	6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Juli 2011	Prüfer Heiner, Christoph
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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 Nicht-Patentliteratur

- **J. AHRENS ; S. SPORS.** Sound field reproduction using planar and linear arrays of loudspeakers. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, November 2010, vol. 18 (8), 2038-2050 [0005]
- **S. SPORS ; R. RABENSTEIN ; J. AHRENS.** The theory of wave field synthesis revisited. *Audio Eng. Soc. Conv. Paper*, vol. 124 [0006]
- **S. SPORS ; R. RABENSTEIN ; J. AHRENS.** The theory of wave field synthesis revisited. *Audio Eng. Soc. Conv. Paper*, vol. 124 [0006]
- **VON J.-W. CHOI ; Y.-H. KIM.** Generation of an acoustically bright zone with an illuminated region using multiple sources. *Journal of the Acoustic Society of America*, April 2002, vol. 111 (4), 1695-1700 [0009]
- **T.W. ABHAYAPALA ; Y.J. WU.** Spatial Soundfield Reproduction with Zones of Quiet. *Audio Engineering Society Convention*, 2009, 127 [0010]