



(11) **EP 2 469 892 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.06.2012 Patentblatt 2012/26

(51) Int Cl.:
H04S 7100 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10176848.9**

(22) Anmeldetag: **15.09.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(72) Erfinder:
• **Ahrens, Jens**
10823 Berlin (DE)
• **Spors, Sascha**
10823 Berlin (DE)

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

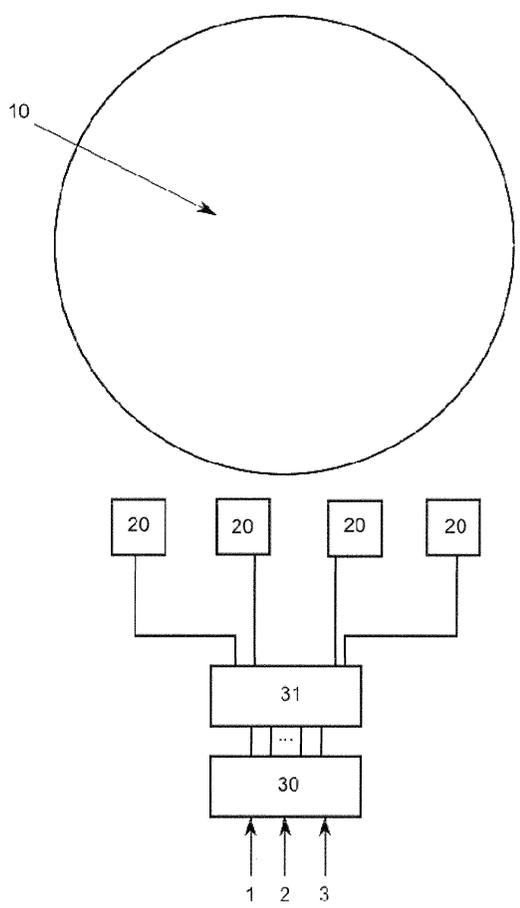
(74) Vertreter: **Vossius & Partner**
Siebertstrasse 4
81675 München (DE)

(54) **Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich**

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich bereitgestellt. Hierfür werden auf einer Kontur am Rande oder im Zielbeschallungsbereich elektroakustische Wandler, also Lautsprecher, angeordnet. Zunächst wird ein Ansteuersignal für die elektroakustischen Wandler analytisch bestimmt. Bei dieser analytischen Bestimmung ergibt sich ein resultierendes Schallfeld, das dem wiederzugebenden Schallfeld unterhalb einer bestimmten Frequenz genau entspricht. Oberhalb dieser Frequenz treten an allen Orten Abweichungen auf, was der analytischen Bestimmung inhärent ist. Das so ermittelte Ansteuerungssignal wird derart geändert, dass ein Bereich entsteht, in dem das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld genauer entspricht, als dies ohne diese Änderung der Fall wäre. Dies kann beispielsweise mittels einer räumlichen Bandbegrenzung der Ansteuerungssignale der elektroakustischen Wandler erfolgen. Das geänderte Ansteuerungssignal wird den elektroakustischen Wandlern zugeführt. Ferner wird eine Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich bereitge-

stellt.

Fig. 1



EP 2 469 892 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Wiedergabe beziehungsweise die Rekonstruktion eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich mit Hilfe mehrerer elektroakustischer Wandler.

[0002] Zur authentischen physikalischen Rekonstruktion eines Schallfeldes über einen ausgedehnten Bereich kann die Technik der Wellenfeldsynthese verwendet werden. Diese Technik verwendet eine große Anzahl von Lautsprechern und vermeidet dadurch das Problem, dass in einen Bereich innerhalb der Lautsprecheranordnung, dem sogenannten "Sweet Spot", die Rekonstruktion des gewünschten Schallfeldes signifikant genauer ist als im Rest des Hörbereichs, wie es beispielsweise bei der Stereo-Technik auftritt. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass bei Stereoverfahren nicht ein Schallfeld physikalisch rekonstruiert wird. Es wird vielmehr mit zwei Lautsprechern eine Illusion erzeugt, die sich dem natürlichen Vorbild sehr ähnlich anhört jedoch ganz andere physikalische Eigenschaften hat. Bei Stereoverfahren gibt es einen Sweet Spot insofern, als dass sich die Illusion an diesem Punkt am authentischsten anhört.

[0003] Die Lautsprecheransteuerungssignale für die einzelnen Lautsprecher bei der Wellenfeldsynthese werden analytisch berechnet. In der praktischen Realisierung kommt es jedoch zu großen Abweichungen vom gewünschten Schallfeld über den gesamten potenziellen Hörbereich. Die Technik der Wellenfeldsynthese ist beispielsweise in der Veröffentlichung von S. Spors, R. Rabenstein und J. Ahrens, "The Theory of Wave Field Synthesis Revisited", in: Proceedings of the 124th Convention of the Audio Engineering Society, May 17-20, Amsterdam, The Netherlands, 2008 beschrieben.

[0004] Eine andere bekannte Technik zur Rekonstruktion eines Schallfeldes wird mit Ambisonics bezeichnet und ist beispielsweise in der WO 2005/0195954 A2 beschrieben. Diese Technik erfordert kreisförmige bzw. kugelförmige Anordnungen von Lautsprechern, wobei die Lautsprechersignale mithilfe von numerischen Algorithmen generiert werden. Die im Rechenweg notwendige Beschränkung der räumlichen Bandbreite der Ansteuerungssignale bewirkt, dass die Rekonstruktion des gewünschten Schallfeldes im Zentrum der Lautsprecheranordnung am genauesten ist. Im Zentrum der Lautsprecheranordnung befindet sich daher ein Sweet Spot. Mit zunehmendem Abstand vom Zentrum der Lautsprecheranordnung werden die Abweichungen im rekonstruierten Schallfeld größer. In der Veröffentlichung von J. Hannemann und K. D. Donohue, "Virtual Sound Source Rendering Using a Multipole-Expansion and Method-of-Moments Approach", J. Audio Eng. Soc., Bd. 56, Nr. 6, Juni 2008, wird ein dem Ambisonics-Verfahren verwandtes Verfahren beschrieben, das es ermöglicht, die Anordnung der Lautsprecher und den Ort des Sweet Spot relativ frei zu wählen. Auch hier werden die Lautsprechersignale mit numerischen und somit sehr rechen-

intensiven Algorithmen berechnet.

[0005] Mit Erweiterungen von Ambisonics, beispielsweise der als Higher Order Ambisonics bezeichneten Technik, kann in Verbindung mit einer analytischen Berechnung der Lautsprecheransteuerungssignale ein effizienteres Verfahren bereitgestellt werden. Ein solches Verfahren ist beispielsweise in der Veröffentlichung von J. Ahrens und S. Spors, "Analytical driving functions for higher order Ambisonics", in: IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Las Vegas, Nevada, 30. März bis 4. April 2008 beschrieben. Auch gemäß dem dort beschriebenen Verfahren stimmt jedoch das resultierende wiedergegebene Schallfeld umso schlechter mit dem gewünschten Schallfeld überein, je weiter man sich vom Zentrum der Anordnung entfernt. Es existiert also wiederum ein Sweet Spot im Zentrum der Lautsprecheranordnung. Im Patent EP08167919 wird ein dem Higher Order Ambisonics verwandtes Verfahren beschrieben, das es ermöglicht, einen Sweet Spot beliebig innerhalb der gegebenen Anordnung der elektroakustischen Wandler zu platzieren. Dieses Verfahren erfordert jedoch, dass die Anordnung der elektroakustischen Wandler den Zielbeschallungsbereich umgibt bzw. annähernd umgibt, wie es z.B. bei kugelförmigen oder kreisförmigen Anordnungen der Fall ist. In der Veröffentlichung von Ž. M. Kolundija, C. Faller und M. Vetterli, "Sound Field Reconstruction: An Improved Approach For Wave Field Synthesis", in: 126th Convention of the AES, München, Deutschland, 7. bis 10. Mai 2009 wird ein numerisches Verfahren beschrieben, welches lineare Lautsprecheranordnungen verwendet und die Wiedergabe auf einer Kontur parallel zur Lautsprecheranordnung optimiert. Dabei entsteht ein Vorzugsabstrahlsektor, der die Optimierungskontur beinhaltet, in dem die Genauigkeit der Wiedergabe erhöht ist. Auch in diesem Verfahren werden die Lautsprechersignale mit numerischen und somit sehr rechenintensiven Algorithmen berechnet.

[0006] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein effizientes Verfahren und eine Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes bereitzustellen, wobei ein Sweet Spot bzw. ein Bereich mit signifikant erhöhter physikalischer Genauigkeit entsteht. Die Anordnung der Lautsprecher soll hierbei möglichst wenig Einschränkungen unterliegen. Insbesondere ist erwünscht, dass die Anordnung der verwendeten elektroakustischen Wandler den Zielbeschallungsbereich nicht umschließen muss.

[0007] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

[0008] Mit der vorliegenden Erfindung werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich bereitgestellt. Hierfür werden auf einer Kontur elektroakustische Wandler, also Lautsprecher, angeordnet. Zunächst wird ein Ansteuersignal für die elektroakustischen Wandler analytisch bestimmt. Bei dieser analytischen Bestimmung ergibt sich ein resultierendes

Schallfeld, das dem wiederzugebenden Schallfeld unterhalb einer bestimmten Frequenz, auch Aliasing-Frequenz genannt, genau entspricht. Oberhalb dieser Aliasing-Frequenz treten ortsabhängig Abweichungen zum Zielschallfeld auf, wobei es keinen Bereich gibt, in dem signifikant weniger Abweichungen auftreten als anderswo. Dies ist der analytischen Bestimmung inhärent. Die analytische Bestimmung kann gemäß einem bekannten Verfahren durch analytisches Lösen einer Integralgleichung erreicht werden, die das wiederzugebende Schallfeld beschreibt. Ein solches Verfahren ist beispielsweise in der Veröffentlichung J. Ahrens und S. Spors, "Reproduction of a plane-wave sound field using planar and linear arrays of loudspeakers", IEEE Int. Symposium on Communications Control and Signal Processing, St. Julians, Malta, 12.-14. März 2008 beschrieben. Zur Lösung dieser Integralgleichung, die ein Oberflächen- oder Linienintegral über das Ansteuerungssignal der elektroakustischen Wandler und die Übertragungsfunktion der elektroakustischen Wandler ist, können die Komponenten der Integralgleichung in einen transformierten Bereich überführt werden, beispielsweise mittels einer Fouriertransformation.

[0009] Ausgehend von einer Integralgleichung wird das gewünschte Schallfeld also in einem räumlichen Frequenzbereich beschrieben. Dabei ist es erfindungsgemäß möglich, die Lautsprecheransteuerungssignale dann über die explizite Lösung der Integralgleichung zu gewinnen, was wie im Folgenden näher beschrieben wird. Alternativ können die Lautsprecheransteuerungssignale über die Zusammenhänge des Kirchhoff-Helmholtz-Integrals (wie bei Wellenfeldsynthese) gewonnen werden.

[0010] Das ermittelte Ansteuerungssignal wird derart geändert, dass ein Optimierungsbereich entsteht, in dem das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld signifikant genauer entspricht, als dies ohne die Änderung des Ansteuerungssignals der Fall wäre. Diese Änderung erfolgt durch räumliche Bandbegrenzung. Dabei muss die Bandbegrenzung nicht symmetrisch um die Frequenz 0 ausgeführt werden, sondern kann beliebig gestaltet sein. Der Zielbeschallungsbereich mit erhöhter Genauigkeit kann fest sein, er kann aber auch je nach Position eines Empfängers verändert werden. Im letzteren Fall erfolgt die Änderung des Ansteuerungssignals dann vorzugsweise in Echtzeit. Beispielsweise kann mit diesem Verfahren dann eine Position eines Empfängers innerhalb des Zielbeschallungsbereichs bestimmt werden und das Ansteuerungssignal dann derart geändert werden, dass die gewünschte Position entsprechend nachgeführt wird.

[0011] Das geänderte Ansteuerungssignal wird den elektroakustischen Wandlern zugeführt. Die Wandler wandeln die eingespeisten elektrischen Signale in Schallsignale um, und strahlen diese in den Zielbeschallungsbereich ab.

[0012] Ferner wird mit der vorliegenden Erfindung auch eine Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes

in einem Zielbeschallungsbereich bereitgestellt. Die Vorrichtung weist mehrere auf einer Kontur angeordnete elektroakustische Wandler und ein Verarbeitungsmodul auf. Das Verarbeitungsmodul ist in der Lage, aus Signalen über die gewünschte Position und Audioeingangssignalen ein Ansteuerungssignal für die elektroakustischen Wandler analytisch zu bestimmen und das Ansteuerungssignal derart zu ändern, dass ein Optimierungsbereich entsteht, in dem das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld genauer entspricht, als dies ohne die Änderung der Fall wäre. Der Bereich, in dem das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld am genauesten entsprechen soll, kann an eine vorbestimmte Position verschoben werden. Die Ansteuerungssignale können weiterhin mittels einer Verstärkereinheit verstärkt werden und den elektroakustischen Wandlern zugeführt werden.

[0013] Mit der vorliegenden Erfindung kann ein Optimierungsbereich erzeugt werden, ab dem das wiederzugebende Schallfeld dem gewünschten Schallfeld möglichst genau entspricht. Der Optimierungsbereich, in dem die Rekonstruktion des gewünschten Schallfeldes am genauesten ist, kann dann zu einer gewünschten Position hin verschoben werden. Somit kann die Wiedergabe auf einen beliebigen Ort innerhalb des Zielbeschallungsbereichs optimiert werden. Diese Veränderung der Vorzugsabstrahlrichtung kann in Echtzeit ausgeführt werden, so dass die Wiedergabe zum Beispiel einem sich bewegenden Empfänger nachgeführt werden kann. Die Bestimmung des Ortes des Empfängers kann hierbei mittels Sensoren, beispielsweise einer Kamera, durchgeführt werden.

[0014] Die Erfindung kann zur Wiedergabe von Audiosignalen, insbesondere Mehrkanalton-Audiosignalen verwendet werden. Die Audiosignale können durch verschiedenste Geräte bereitgestellt werden, wie beispielsweise CD-, DVD- oder Blu-ray Disc-Geräte, MP3-Geräte, Computer oder ähnliches. Die wiedergegebenen Audiosignale können dabei beispielsweise MPEG2- oder MPEG4-Signale sein oder in einem Dolby-Format vorliegen.

[0015] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben, wobei

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt und

Fig. 2 ein erzeugtes Schallfeld zeigt, wobei in Fig. (a) das gewünschte Schallfeld gezeigt wird, in Fig. (b) das Resultat herkömmlicher Methoden wie der Wellenfeldsynthese und Fig. (c) das Ergebnis der vorgeschlagenen Erfindung.

[0016] In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Auf einer Kontur 11 am Rande des Zielbeschallungsbereichs 10 oder darin sind mehrere Lautsprecher 20 angeordnet. Die Ansteuerungssignale für die Laut-

sprecher 20 werden in einem Verarbeitungsmodul 30 bestimmt und über eine Verstärkereinheit 31 den Lautsprechern 20 zugeführt. Dem Verarbeitungsmodul 30 werden hierfür Informationen 1 über den momentanen Ort, für den die Schallrekonstruktion optimiert werden soll und Audioeingangssignale 2 eingespeist. Außerdem erhält das Verarbeitungsmodul 30 ein drittes Eingangssignal 3, das Information über das gewünschte Schallfeld trägt (z.B. Position der virtuellen Schallquelle).

[0017] Zur Berechnung der Ansteuerungssignale für die Lautsprecher 20 wird zunächst das Ansteuerungssignal analytisch, beispielsweise gemäß dem in der oben bereits angesprochenen Veröffentlichung Ahrens und S. Spors, "Reproduction of a plane-wave sound field using planar and linear arrays of loudspeakers", IEEE Int. Symposium on Communications Control and Signal Processing, St. Julians, Malta, 12.-14. März 2008 durchgeführten Verfahren, berechnet.

[0018] In dem dort beschriebenen Verfahren, das hier lediglich als Beispiel beschrieben ist, wird von einer Beschreibung des wiederzugebenden Schallfeldes P durch ein Integral über das Ansteuerungssignal D der Lautsprecher, die auf einer Kontur außerhalb des Zielbeschallungsbereichs angeordnet sind, und die räumliche Übertragungsfunktion G der Lautsprecher, dargestellt:

$$P = \int D \cdot G d\Omega$$

[0019] Das Integral ist hierbei ein Oberflächen- oder Linienintegral, je nachdem ob die Berechnung in drei Dimensionen oder lediglich in einer Ebene erfolgen soll.

[0020] Diese Integralgleichung wird durch eine geeignete Transformation in einen räumlichen Frequenzbereich überführt, so dass die räumlichen Spektren von P, D und G (durch eine Tilde ~ gekennzeichnet) über ein Produkt miteinander in Beziehung stehen:

$$\tilde{P} = \tilde{D} \cdot \tilde{G}$$

[0021] Dies kann beispielsweise durch eine Fouriertransformation erfolgen. Das Lautsprecheransteuerungssignal \tilde{D} kann somit folgendermaßen im räumlichen Frequenzbereich berechnet werden:

$$\tilde{D} = \frac{\tilde{P}}{\tilde{G}}$$

[0022] Die Rücktransformation von \tilde{D} nach D typischerweise mittels eines Integrals dargestellt:

$$D = \int \tilde{D} \cdot e$$

e bezeichnet die Basis der Transformation. Für das Beispiel der Fouriertransformation ist e durch die komplexe Exponentialfunktion gegeben.

[0023] Um den Ort, wo die Rekonstruktion des gewünschten Schallfeldes am genauesten ist, zu einem gewünschten Ort zu verschieben, wird gemäß der Erfindung eine Funktion W eingeführt, die die Optimierung repräsentiert. Diese Gewichtungsfunktion ist im Allgemeinen von der räumlichen Frequenz abhängig und kann an unterschiedlichen Schritten in obiger Beschreibung angewendet werden. Beispielsweise kann sie bei der Rücktransformation von \tilde{D} multiplikativ verwendet werden:

$$D = \int W \cdot \tilde{D} \cdot e$$

[0024] Wird das Lautsprecheransteuerungssignal D nicht im räumlichen Frequenzbereich berechnet, so kann D nachträglich mit einer geeigneten Transformation in einen geeigneten räumlichen Frequenzbereich überführt werden, um die Funktion W wie oben beschrieben anzuwenden.

[0025] Somit kann die Wiedergabe auf einen beliebigen Ort optimiert werden.

[0026] Beispielsweise kann auf der Basis der oben beschriebenen analytischen Berechnung ein Sweet Spot durch Einschränken der räumlichen Bandbreite der Ansteuerungsfunktion D erzeugt werden.

[0027] Eine solche räumliche Bandbreitenbeschränkung kann in Echtzeit ausgeführt werden, so dass die Wiedergabe beispielsweise einem sich bewegendem Empfänger nachgeführt werden kann. In einem solchen System kann beispielsweise eine Kamera verwendet werden, um die Position des Empfängers zu bestimmen und die Wiedergabe dann auf diese Position zu optimieren. Die Bestimmung der Position des Empfängers kann auch durch einen Sensor erfolgen, den der Hörer beispielsweise in der Hosentasche mit sich führt.

[0028] In Fig. 2 (b), (c) ist das durch die Lautsprecher erzeugte Schallfeld gezeigt. Die Lautsprecher befinden sich hierbei auf der gestrichelt angedeuteten linearen Kontur am Rande des Zielbeschallungsbereichs. In Fig. 2 (a) ist das gewünschte Schallfeld gezeigt, in Fig. 2 (b) das Ergebnis wenn keine Optimierungsfunktion W angewendet wird. Die Abweichungen der Rekonstruktion vom gewünschten Schallfeld sind deutlich zu sehen.

[0029] Die Anwendung der Optimierungsfunktion W gemäß der vorliegenden Erfindung erlaubt jedoch die Genauigkeit der Rekonstruktion in einem beliebigen Bereich zu optimieren wie in Fig. 2 (c) dargestellt. Die Mitte

des Optimierungsbereichs ist durch ein Kreuz gekennzeichnet. Bewegt sich ein Hörer auf diesem Optimierungsbereich hinaus, kann das System die Optimierung so nachzuführen, dass die Schallfeldwiedergabe für den ausgewählten Empfänger optimal ist.

[0030] Obwohl die Erfindung mittels der Figuren und der zugehörigen Beschreibung dargestellt und detailliert beschrieben ist, sind diese Darstellung und diese detaillierte Beschreibung illustrativ und beispielhaft zu verstehen und nicht als die Erfindung einschränkend. Es versteht sich, dass Fachleute Änderungen und Abwandlungen machen können, ohne den Umfang der folgenden Ansprüche zu verlassen. Insbesondere umfasst die Erfindung ebenfalls Ausführungsformen mit jeglicher Kombination von Merkmalen, die vorstehend zu verschiedenen Aspekten und/oder Ausführungsformen genannt oder gezeigt sind.

[0031] Die Erfindung umfasst ebenfalls einzelne Merkmale in den Figuren auch wenn sie dort im Zusammenhang mit anderen Merkmalen gezeigt sind und/oder vorstehend nicht genannt sind.

[0032] Im Weiteren schließt der Ausdruck "umfassen" und Ableitungen davon andere Elemente oder Schritte nicht aus. Ebenfalls schließt der unbestimmte Artikel "ein" bzw. "eine" und Ableitungen davon eine Vielzahl nicht aus. Die Funktionen mehrerer in den Ansprüchen aufgeführter Merkmale können durch eine Einheit erfüllt sein. Die Begriffe "im Wesentlichen", "etwa", "ungefähr" und dergleichen in Verbindung mit einer Eigenschaft beziehungsweise einem Wert definieren insbesondere auch genau die Eigenschaft beziehungsweise genau den Wert. Alle Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als den Umfang der Ansprüche einschränkend zu verstehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich mittels mehrerer, entlang einer Kontur angeordneter elektroakustischer Wandler, mit den Schritten:

- analytisches Bestimmen eines Ansteuerungssignals für die elektroakustischen Wandler, derart, dass das resultierende Schallfeld im Zielbeschallungsbereich unterhalb der räumlichen Aliasfrequenz dem wiederzugebenden Schallfeld entspricht;
- Ändern des Ansteuerungssignals durch räumliches Bandbegrenzen, so dass das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld innerhalb eines Optimierungsbereichs mit höherer Genauigkeit entspricht, als dies ohne die Änderung der Fall wäre; und
- Zuführen des geänderten Ansteuerungssignals an die elektroakustischer Wandler.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ansteuerungssignal durch analytisches Lösen einer das wiederzugebende Schallfeld beschreibenden Integralgleichung bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Integralgleichung ein Oberflächen- oder Linienintegral über das Ansteuerungssignal der elektroakustischen Wandler und die räumliche Übertragungsfunktion ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Lösung der Integralgleichung in einem transformierten Bereich erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ansteuerungssignal über die Zusammenhänge des Kirchhoff-Helmholtz-Integrals bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Ändern des Ansteuerungssignals mittels einer Gewichtungsfunktion erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner mit dem Schritt

- Verschieben des Optimierungsbereichs zu einer vorbestimmten Position innerhalb des Zielbeschallungsbereichs.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Verschiebung des Optimierungsbereichs in Echtzeit erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die vorbestimmte Position der Position eines sich bewegenden Empfängers entspricht, wobei die vorbestimmte Position der Position des Empfängers nachgeführt wird.

10. Vorrichtung zur Wiedergabe eines Schallfeldes in einem Zielbeschallungsbereich (10), insbesondere durch ein Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, mit

- mehreren elektroakustischen Wandlern (20) und
- einem Verarbeitungsmodul (30) zum Zuführen eines Ansteuerungssignals an die elektroakustischen Wandler (20), wobei das Verarbeitungsmodul (30) in der Lage ist, das Ansteuerungssignal analytisch derart zu bestimmen, so dass das resultierende Schallfeld im Zielbeschallungsbereich (10) unterhalb der räumlichen Aliasfrequenz dem wiederzugebenden Schallfeld entspricht, und das Ansteuerungssignal durch räumliches Bandbegrenzen derart zu ändern, dass ein Optimierungsbereich entsteht, in dem das resultierende Schallfeld dem wiederzugebenden Schallfeld

genauer entspricht, als dies ohne die Änderung der Fall wäre.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Optimierungsbereich zu einer vorbestimmten Position innerhalb des Zielbeschallungsbereichs (10) verschoben wird. 5
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, ferner mit einer Verstärkereinheit (31) zum Verstärken der vom Verarbeitungsmodul (30) bestimmten geänderten Ansteuerungssignals und zum Zuführen des verstärkten Signals den elektroakustischen Wandlern (20). 10
15
13. Vorrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, ferner mit einem Audiowiedergabegerät zum Bereitstellen eines das Schallfeld beschreibenden Audiosignals. 20
25
30
35
40
45
50
55

Fig. 1

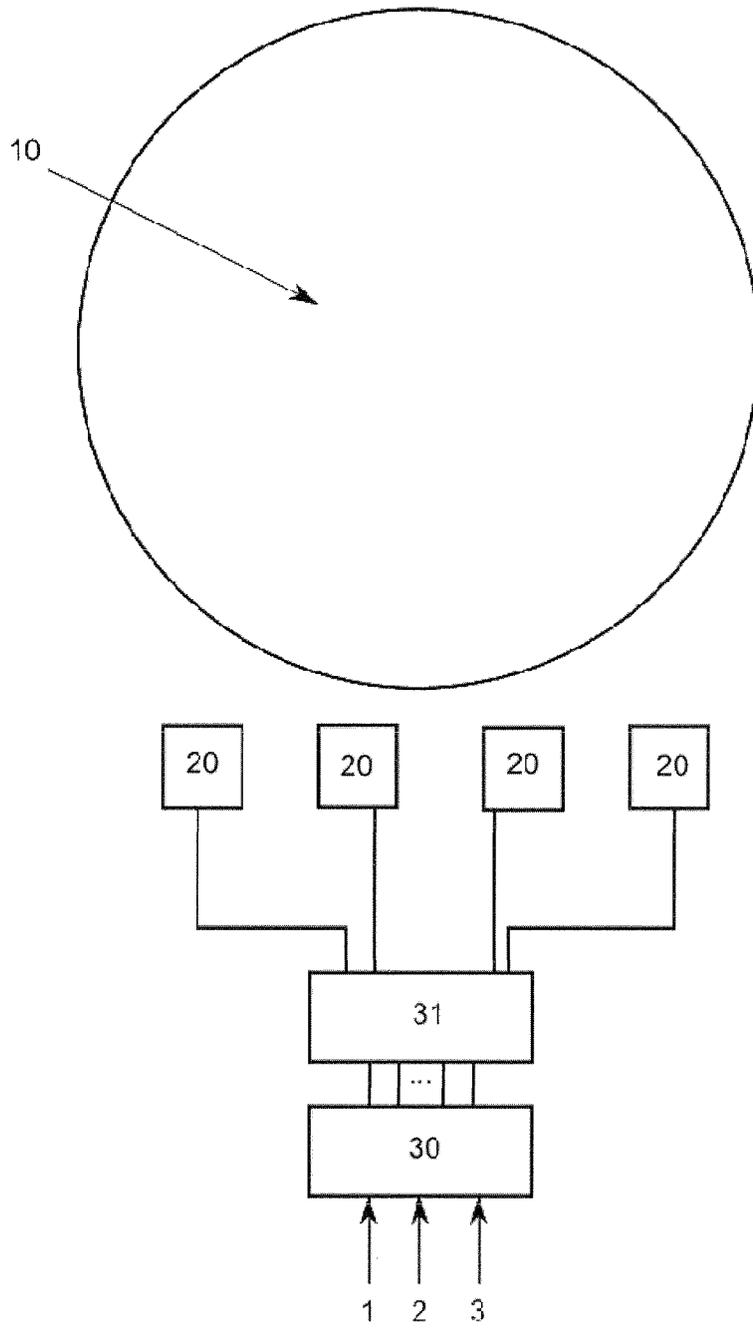
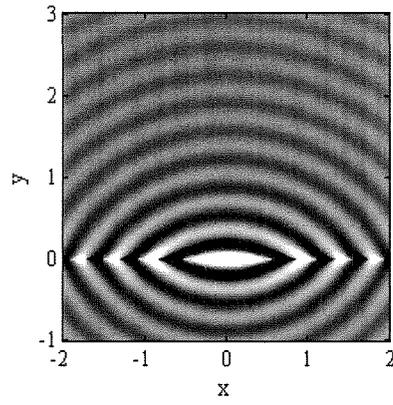
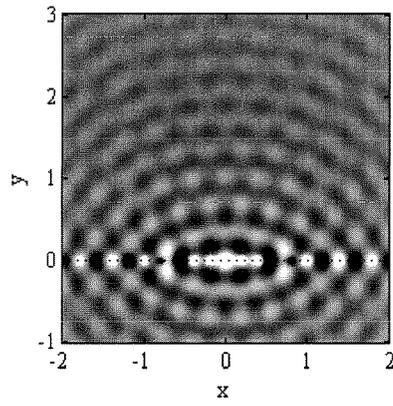


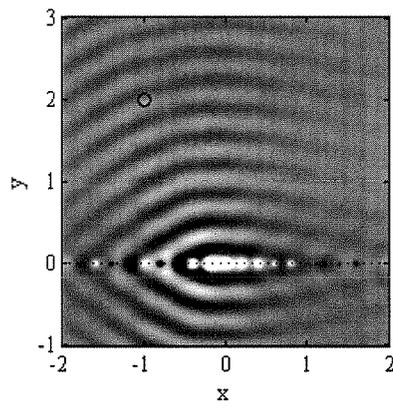
Fig. 2



(a)



(b)



(c)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 10 17 6848

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 2 182 744 A1 (DEUTSCHE TELEKOM AG [DE]; UNIV BERLIN TECH [DE] DEUTSCHE TELEKOM AG [D] 5. Mai 2010 (2010-05-05)	1-5,7-13	INV. H04S7/00
Y	* Absatz [0007] - Absatz [0008]; Anspruch 1 *	6	
	* Absatz [0012]; Ansprüche 10,11 *		
	* Absatz [0024] - Absatz [0028] *		
Y	VÄLJAMÄE ALEKSANDER: "A feasibility study regarding implementation of holographic audio rendering techniques over broadcast networks", INTERNET CITATION, 15. April 2003 (2003-04-15), Seiten 1-44, XP002529548, Gefunden im Internet: URL:http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.9.9156&rep=rep1&type=pdf [gefunden am 2009-05-26] * Seite 6 - Seite 7 *	6	
Y	US 2004/223620 A1 (HORBACH ULRICH [US] ET AL) 11. November 2004 (2004-11-11) * Absatz [0141]; Abbildung 21 *	6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H04S
A,D	AHRENS J ET AL: "Reproduction of a plane-wave sound field using planar and linear arrays of loudspeakers", COMMUNICATIONS, CONTROL AND SIGNAL PROCESSING, 2008. ISCCSP 2008. 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 12. März 2008 (2008-03-12), Seiten 1486-1491, XP031269306, ISBN: 978-1-4244-1687-5 * das ganze Dokument *	1-13	
-/--			
2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 15. Mai 2012	Prüfer Will, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 17 6848

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	KOLUNDZIJA MIHAILO ET AL: "Sound Field Reconstruction: An Improved Approach for Wave Field Synthesis", AES CONVENTION 126; MAY 2009, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, 1. Mai 2009 (2009-05-01), XP040509036, * das ganze Dokument *	1,10	
A	KOLUNDZIJA MIHAILO ET AL: "Designing Practical Filters for Sound Field Reconstruction", AES CONVENTION 127; OCTOBER 2009, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, 1. Oktober 2009 (2009-10-01), XP040509132, * Seite 6 *	1,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15. Mai 2012	Prüfer Will, Robert
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 : mündliche 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	

2
EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 17 6848

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-05-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2182744 A1	05-05-2010	AT 524029 T EP 2182744 A1	15-09-2011 05-05-2010

US 2004223620 A1	11-11-2004	AT 412330 T EP 1621046 A1 JP 2006508404 A US 2004223620 A1 US 2008101620 A1 WO 2004103025 A1	15-11-2008 01-02-2006 09-03-2006 11-11-2004 01-05-2008 25-11-2004

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 20050195954 A2 [0004]
- EP 08167919 A [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **VON S. SPORS ; R. RABENSTEIN ; J. AHRENS.** The Theory of Wave Field Synthesis Revisited. *Proceedings of the 124th Convention of the Audio Engineering Society*, 17. Mai 2008 [0003]
- **VON J. HANNEMANN ; K. D. DONOHUE.** Virtual Sound Source Rendering Using a Multipole-Expansion and Method-of-Moments Approach. *J. Audio Eng. Soc.*, Juni 2008, vol. 56 (6 [0004]
- **VON J. AHRENS ; S. SPORS.** Analytical driving functions for higher order Ambisonics. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 30. März 2008 [0005]
- **M. KOLUNDIJA ; C. FALLER ; M. VETTERLI.** Sound Field Reconstruction: An Improved Approach For Wave Field Synthesis. *126th Convention of the AES*, 07. Mai 2009 [0005]
- **J. AHRENS ; S. SPORS.** Reproduction of a plane-wave sound field using planar and linear arrays of loudspeakers. *IEEE Int. Symposium on Communications Control and Signal Processing*, 12. März 2008 [0008]
- **AHRENS ; S. SPORS.** Reproduction of a plane-wave sound field using planar and linear arrays of loudspeakers. *IEEE Int. Symposium on Communications Control and Signal Processing*, 12. März 2008 [0017]