



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 996 310 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.04.2004 Patentblatt 2004/16

(51) Int Cl.7: **H04R 3/00**

(21) Anmeldenummer: **99810839.3**

(22) Anmeldetag: **21.09.1999**

(54) **Verfahren zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung von Ersatzschallquellen**

Method for determining the position and the intensity of sound sources

Méthode pour la détermination de la position et de l'intensité de sources sonores

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **19.10.1998 EP 98811036**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.04.2000 Patentblatt 2000/17

(73) Patentinhaber: **Sulzer Markets and Technology
AG
8401 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder: **Graf, Hans Rudolf, Dr.
8400 Winterthur (CH)**

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG
KS/Patente/0007,
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 331 585 EP-A- 0 847 224
US-A- 4 980 870**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 17, no. 481 (P-1604), 31. August 1993 (1993-08-31) & JP 05 118906 A (YAMAHA), 14. Mai 1993 (1993-05-14)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 12, no. 368 (P-766), 4. Oktober 1988 (1988-10-04) & JP 63 120228 A (YOSHIDA KOGYO KK), 24. Mai 1988 (1988-05-24)

EP 0 996 310 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung von Ersatzschallquellen gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

[0002] Die Bestimmung der Schalleistung, die von vielen unterschiedlichen Orten her kommt, erfolgt heute typischerweise mit einer Anordnung von Mikrofonen (Arraymesstechnik). Hierzu kann beispielsweise eine Mikrofonzeile (aber auch eine flächenmässige Anordnung von Mikrofonen) zum Einsatz kommen. Eine derartige Anordnung zur Bestimmung der Schalleistung ist beispielsweise in der EP-A-0,847,224 beschrieben.

[0003] Will man die Schalleistung bestimmen, die von vielen unterschiedlichen Orten her kommt, so ist es durchaus üblich Mikrofone einzusetzen, die für alle interessierenden Richtungen eine etwa gleiche Empfindlichkeit aufweisen. Die Fokussierung einer solchen Mikrofonzeile in eine bestimmte Richtung (die im Unterschied hierzu bei einem Richtmikrofon durch die zugehörige sehr schmale Fokuskeule gegeben ist) kann bei Mikrofonen, welche für alle interessierenden Richtungen eine etwa gleiche Empfindlichkeit aufweisen, elektronisch bewirkt werden. Dazu werden die Unterschiede in der Laufzeit des Schalls bei der Auswertung der Signale der einzelnen Mikrofone berücksichtigt.

[0004] Sind beispielsweise alle Mikrofone auf einer Geraden angeordnet (Mikrofonzeile) und wird ein Ort untersucht, bei welchem die von diesem Ort ausgehende (vereinfacht angenommen: ebene) Schallwellenfront mit der Geraden, auf der die Mikrofone angeordnet sind, einen Winkel einschliesst (ebenes Problem), so kann aus dem Abstand der Mikrofone der Mikrofonzeile voneinander und aus dem besagten Winkel der Laufzeitunterschied ermittelt werden, der sich ergibt, wenn eine von dem in Rede stehenden Ort ausgehende Schallwellenfront auf die einzelnen Mikrofone der Mikrofonzeile auftrifft. Weil der Schall an einem etwas weiter von dem Ort der Schallquelle entfernt angeordneten Mikrofon der Mikrofonzeile später ankommt als an einem etwas näher an der Schallquelle angeordneten Mikrofon, wird bei der Auswertung der Mikrofonensignale bei dem etwas weiter entfernt angeordneten Mikrofon nur der um den ermittelten Laufzeitunterschied später ankommende Schall berücksichtigt. Dieses Verfahren wird für verschiedene Orte über den gesamten interessierenden Bereich durchgeführt. Derartige Vorgehensweisen sind als sogenannte "Delay&Sum"-Verfahren bekannt. Mit einem solchen Verfahren kann der tatsächlich vorhandene Schall erfasst werden. Allerdings entspricht die Auflösung infolge der beschränkten Anzahl der zur Verfügung stehenden Mikrofone in einigen Fällen nicht den Anforderungen oder Wünschen.

[0005] In der bereits weiter oben angesprochenen EP-A-0,847,224 ist ein Verfahren vorgeschlagen worden, was unter dem Namen "Sparse"-Technik bekannt ist. Dieses Verfahren berücksichtigt, dass bei einer An-

ordnung mit lauter gleich beabstandeten Mikrofonen einige Information redundant ist. Man kann dann Mikrofone, welche redundante Signale liefern, weglassen und dennoch zu gleich guten Ergebnissen gelangen. Die weggelassenen Mikrofone können dann zur Vergrösserung des Mikrofonarrays verwendet werden (wodurch die Auflösung bei gleicher Mikrofonanzahl verbessert werden kann).

[0006] Eine einmal gegebene Anordnung mit einer festen Anzahl von Mikrofonen weist für den oben genannten Typ von Mikrofonen (bei denen die Empfindlichkeit in allen interessierenden Richtungen in etwa gleich ist) als Ganzes eine wohldefinierte Fokuskeule auf, die für alle interessierenden Orte etwa gleich ist. Diese Fokuskeule weist eine bestimmte Breite auf. Durch diese gegebene Breite der Fokuskeule werden nahe beieinanderliegende Quellen "verschmiert" und können somit nicht als voneinander getrennte Quellen erkannt werden.

[0007] Patent Abstracts of Japan, vol. 17, no 481 (JP-A-05 118906) offenbart ein Deconvolutions-Verfahren zum Untersuchen eines Objekts, bei dem das Objekt mit einem speziellen elektrischen Signal angeregt wird. Zweck dieses Vorgehens ist, einen Einfluss des Rauschens bei tiefen Frequenzen zu reduzieren. Es wird eine Deconvolution mit einem einzelnen, zeitlich veränderlichen Signal durchgeführt. Bei der Auswertung wird die Übertragungsfunktion und die Impulsantwort bestimmt.

[0008] Patent Abstracts of Japan, vol. 12, no 368 (JP-A-63 120228) offenbart ein Verfahren zum orten von Schallquellen, welche die gleiche Frequenz haben. Eine Messung wird mit zwei Mikrofonen durchgeführt, mit einem ortsfesten Mikrofon und einem mobilen. Eine Auswertung erfolgt mit komplexen FFT-Spektren. Zweck dieses Verfahrens ist es, Quellen mit gleicher Frequenz zu orten.

[0009] EP-A-0 331 585 offenbart ein Deconvolutions-Verfahren, bei dem mit einer Anordnung ("array") von mehreren Schallempfängern die Signatur einer einzigen Schallquelle bestimmt wird.

[0010] US-A-4 980 870 offenbart ein "Beamforming"-System. Was eine "Beamforming"-Operation ist, wird in Spalte 2, Zeilen 45 bis 56 beschrieben. Das Beamforming entspricht in der Anmeldung dem Erzeugen der in Fig. 1 gezeigten Kurve S mittels den von den Mikrofonen empfangenen Signalen.

[0011] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, für eine gegebene Anordnung mit einer festen Anzahl und gegebenen Abständen von Mikrofonen die örtliche Auflösung zu erhöhen.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, wie es durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs charakterisiert ist. Insbesondere handelt es sich dabei um ein Verfahren zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung von Ersatzschallquellen, bei welchem Verfahren mit Hilfe einer Anordnung von mehreren Schallempfängern zunächst der tatsächlich vor-

handene Schall empfangen wird und die entsprechenden Signale der Schallempfänger ausgewertet werden, z.B. mit Hilfe der genannten "Delay & Sum" - Methode oder mit Hilfe von anderen Methoden. Sodann werden eine oder mehrere im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen bestimmt, wobei die Bestimmung des Ortes und der Schalleistung der einzelnen im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen derart erfolgt, dass die Überlagerung des von ihnen erzeugten Schalls möglichst genau den gesamten von den Schallempfängern tatsächlich empfangenen Schall ergibt. Dadurch, dass der tatsächlich empfangene Schall quasi "nachgebildet" wird durch den Schall von im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen ist eine Auflösung erreichbar, die mit herkömmlichen Methoden längst an ihre Grenzen stossen würde.

[0013] Bei einer vorteilhaften Ausführungsvariante wird zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung der im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen eine Dekonvolution derjenigen Signale der Schallempfänger durchgeführt, die dem tatsächlich empfangenen Schall entsprechen. Bei der Dekonvolution kann eine zu der jeweiligen Anordnung von Schallempfängern zugehörige Fokuskeule berücksichtigt werden.

[0014] Die Dekonvolution kann derart erfolgen, dass der gewichtete Beitrag von mehreren fiktiven, im wesentlichen punktförmigen Schallquellen an mehreren verschiedenen Orten berücksichtigt wird. Mit Hilfe des gewichteten Beitrags dieser fiktiven Schallquellen kann dann der Ort und die Schalleistung der Ersatzschallquellen ermittelt werden. Dabei kann die Gewichtung allgemein so erfolgen, dass die Koeffizienten, mit denen die einzelnen fiktiven Schallquellen gewichtet werden, vom Prinzip her negativ, positiv oder null sein können.

[0015] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung dieses Verfahrens darf jedoch die Gewichtung der fiktiven Schallquellen nur positiv oder null sein. Diese Variante entspricht der physikalischen Realität, weil es nur Schallquellen mit positiver Schalleistung oder mit Schalleistung null (keine Schallquelle) gibt.

[0016] Die Ermittlung des Ortes und der Schalleistung der im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen kann dann speziell mit der Massgabe erfolgen, dass der mittlere quadratische Fehler zwischen dem tatsächlich von den Schallempfängern empfangenen Schall und dem durch die im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen erzeugten Schall minimal ist.

[0017] Eine andere Ausführungsvariante zeichnet sich dadurch aus, dass die Ermittlung des Ortes und der Schalleistung der im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen derart erfolgt, dass die tatsächlich empfangenen Schallsignale aus dem Ortsbereich in einen "örtlichen" (im Unterschied zu einem zeitlichen) Frequenzbereich transformiert werden. Dort werden sie durch ein Signal dividiert, welches dem aus dem Ortsbereich in den örtlichen Frequenzbereich transformierten Signal der Fokuskeule der Anordnung von Schallempfängern entspricht. Das aus dieser Division resul-

tierende Signal wird aus dem örtlichen Frequenzbereich in den Ortsbereich zurücktransformiert.

[0018] Diese Variante berücksichtigt, dass das Signal einer punktförmigen Schallquelle im Ortsbereich mit der Fokuskeule der Anordnung von Schallempfängern gefaltet werden muss, um zu dem tatsächlich vorhanden Schall zu gelangen. Eine Faltung im Ortsbereich entspricht einer Multiplikation im örtlichen Frequenzbereich. Da der tatsächlich vorhandene Schall und die Fokuskeule der Anordnung von Schallempfängern bekannt sind, nicht jedoch der Ort der punktförmigen Ersatzschallquelle, muss im örtlichen Frequenzbereich eine Division des tatsächlich vorhandenen Schalls durch das der Fokuskeule entsprechende Signal erfolgen. Das aus dieser Division resultierende Signal muss dann wieder in den Ortsbereich zurücktransformiert werden.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von vorteilhaften Ausführungsvarianten des erfindungsgemässen Verfahrens anhand der Zeichnung.

[0020] In der Zeichnung zeigen schematisch:

Fig. 1 Ein Beispiel für tatsächliche vorhandenen Schall (Schalleistung), der mit Hilfe einer Anordnung von Schallempfängern empfangen und ausgewertet worden ist (z.B. mittels der "Delay & Sum" - Methode), aufgetragen über dem Ort,

Fig. 2 ein Beispiel für das von einer Anordnung von Schallempfängern empfangene Signal, welches von einer punktförmigen Schallquelle an einer normierten Stärke an einem vorgegebenen Ort erzeugt worden ist,

Fig. 3 eine Nachbildung des tatsächlich vorhandenen Schalls aus Fig. 1 durch drei Signale, die an drei verschiedenen Orten jeweils von einer punktförmigen Ersatzschallquelle einer unterschiedlichen Stärke erzeugt worden sind

und

Fig. 4 die zugehörige örtliche Verteilung der punktförmigen Ersatzschallquellen.

[0021] In Fig. 1 ist ein Beispiel für tatsächlich vorhandenen Schall S dargestellt (die Ordinate ist z.B. ein Mass für die Schalleistung), wie er beispielsweise von den Mikrofonen einer Mikrofonzeile (nicht dargestellt) empfangen worden ist. Hierfür geeignete Mikrofonanordnungen sind aus der eingangs bereits genannten EP-A-0,847,224 bekannt. Dabei muss es sich keinesfalls um eine "eindimensionale" Mikrofonzeile handeln, es ist sehr wohl auch möglich, eine zweidimensionale Mikrofonanordnung zu verwenden. Man erkennt, dass Schall über einen örtlichen Bereich verteilt auftritt, der von der negativen X-Koordinate -2 bis zur positiven

X-Koordinate 1.5 reicht. Es ist jedoch nicht möglich, weitere Angaben über die genaue Verteilung der Schallquellen zu machen.

[0022] In Fig. 2 ist ein Signal dargestellt, welches von der Mikrofonzeile empfangen worden ist. Dieses Signal ist von einer punktförmigen Schallquelle mit einer normierten Schalleistung bei der X-Koordinate 0 in einem vorgegebenen Abstand von der Mikrofonzeile erzeugt worden, d.h. die Fokuskeule der Mikrofonzeile ist berücksichtigt worden. Ziel ist es nun, die ansonsten nicht weiter auflösbare örtliche Verteilung des Schalls aus Fig. 1 weiter aufzulösen, indem der tatsächlich von der Mikrofonzeile empfangene Schall durch Ersatzschallquellen so genau wie möglich nachgebildet wird. Da exakt punktförmige Schallquellen in der Realität nicht existieren, spricht man oft von im wesentlichen punktförmigen Schallquellen. Bei dem Signal in Fig. 2 erkennt man, dass eine punktförmige Schallquelle bei der X-Koordinate 0 bei der Mikrofonzeile ein Signal hervorruft, welches sich von der X-Koordinate -1 bis zu positiven X-Koordinate 1 erstreckt.

[0023] In Fig. 3 erkennt man, dass der tatsächlich vorhandene Schall nachgebildet worden ist durch die Überlagerung der Signale S1, S2, S3 von drei an unterschiedlichen X-Koordinaten angeordneten punktförmigen Ersatzschallquellen mit unterschiedlicher Schalleistung. Die einzelnen durchgezogenen Linien S1, S2, S3 entsprechen jeweils dem Signal einer an einem bestimmten Ort mit einem vorgegebenen Abstand von der Mikrofonzeile angeordneten punktförmigen Schallquelle, wie leicht aus einem Vergleich mit Fig. 2 zu erkennen ist. Die gestrichelte Linie in Fig. 3 zeigt den Verlauf des tatsächlich vorhandenen Schalls S aus Fig. 1, welcher der Überlagerung der Signale S1, S2, S3 der drei punktförmigen Ersatzschallquellen unterschiedlicher Schalleistung entspricht. Es ist eine Dekonvolution des tatsächlich vorhandenen Schalls S aus Fig. 1 durchgeführt worden.

[0024] Wie man aus Fig. 4 erkennen kann, resultiert aus Fig. 3, dass in einem vorgegebenen Abstand von der Mikrofonzeile bei der X-Koordinate -1 eine Ersatzschallquelle Q1 angeordnet ist, ferner bei der X-Koordinate -0.5 eine Ersatzschallquelle Q2 und schliesslich bei der X-Koordinate 0.5 eine Ersatzschallquelle Q3. Die Ersatzschallquellen Q1, Q2, Q3 weisen jeweils eine unterschiedliche Schalleistung auf. Die Überlagerung der Signale der drei Ersatzschallquellen ergibt den tatsächlichen Schall S aus Fig. 1. Anzumerken ist noch, dass die dreieckförmige Verteilung der Ersatzschallquellen Dirac-Stösse bei den obengenannten X-Koordinaten sind, die aber aufgrund der gewählten Auflösung für die X-Koordinate beim Drucken eine dreieckförmige Gestalt aufweisen.

[0025] Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren ist, zu ermitteln, wie viele Ersatzschallquellen bei einem tatsächlich empfangenen Schall S in einem vorgegebenen Abstand von der Mikrofonzeile gewählt werden müssen, an welchem Ort sie jeweils angeordnet werden müssen

und welche Schalleistung sie aufweisen müssen, um den tatsächlich empfangenen Schall S möglichst genau nachzubilden. Hierzu bieten sich mehrere Alternativen an, von denen drei nachfolgend genauer beleuchtet werden.

[0026] Bei der ersten Alternative geht man von mehreren fiktiven Schallquellen aus, die über den gesamten interessierenden örtlichen Bereich verteilt in einem vorgegebenen Abstand von der Mikrofonzeile angeordnet sind. Die Fokuskeule der Mikrofonzeile weist über den gesamten interessierenden Bereich die gleiche Gestalt auf, sie kann - wie eingangs erläutert - elektronisch über den interessierenden örtlichen Bereich Stück für Stück geschwenkt werden. Diese je nach Schwenkintervall der Fokuskeule angenommenen fiktiven Schallquellen werden nun mit Hilfe eines Rechenprogrammes derart gewichtet, dass jede fiktive Schallquelle mit einem Koeffizienten gewichtet wird, der entweder positiv, null oder negativ ist. Die Massgabe dabei ist, dass der tatsächlich empfangene Schall S so gut wie möglich nachgebildet wird durch Ersatzschallquellen, deren jeweiliger Ort und deren jeweilige Schalleistung noch zu finden sind. Ein für diese Vorgehensweise geeignetes Rechenprogramm ist beispielsweise das unter der Bezeichnung "deconv" bekannte Rechenprogramm von der Firma "The Math Works Inc., 24, Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, USA". Dieses Programm wird in einer "Toolbox" von mathematischen Rechenprogrammen angeboten unter dem Namen MATLAB®. Das Rechenprogramm "deconv" ermittelt dann die Orte und die Schalleistung der Ersatzschallquellen unter der oben genannten Massgabe.

[0027] Die zweite Alternative ähnelt in gewisser Weise der ersten Alternative, weicht aber insofern von dieser ab, als die Koeffizienten, mit denen die fiktiven Schallquellen zu gewichten sind, stets nur positiv oder null sein können. Diese Alternative ist deshalb besonders vorteilhaft, weil sie der physikalischen Realität von Anfang an Rechnung trägt - es gibt ja nur Schallquellen mit positiver Schalleistung bzw. mit keiner Schalleistung (Schalleistung null, keine Schallquelle). Die Massgabe bei der Ermittlung der Orte und der Schalleistung der Ersatzschallquellen ist hier so, dass der mittlere quadratische Fehler zwischen dem tatsächlichen Schall S und dem durch die Ersatzschallquellen erzeugten Schall letztlich minimal ist. Ein für diese Vorgehensweise geeignetes Rechenprogramm ist beispielsweise das unter der Bezeichnung "nnls" (non negative least squares) bekannte Rechenprogramm der Firma "The Math Works Inc., 24, Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, USA". Dieses Rechenprogramm wird in einer "Optimization Toolbox" von mathematischen Rechenprogrammen für den Gebrauch zusammen mit der bereits genannten "Toolbox" MATLAB® angeboten. Das Rechenprogramm "nnls" ermittelt die Orte und die Schalleistung der Ersatzschallquellen unter der oben genannten Massgabe.

[0028] Die dritte Alternative unterscheidet sich von

der Vorgehensweise grundsätzlich von den beiden vorstehend beschriebenen Alternativen. Bei dieser dritten Alternative wird nämlich der tatsächlich empfangene Schall S aus dem Ortsbereich (Fig. 1) über eine Fouriertransformation (beispielsweise über eine diskrete Fouriertransformation FFT) in einen örtlichen Frequenzbereich transformiert. Wenn man nämlich Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 betrachtet, so ergibt sich aus einer (zu bestimmenden) Anordnung von Ersatzschallquellen Q1,Q2,Q3 mit einer zu bestimmenden Schalleistung und dem Signal welches von der Mikrofonzeile von einer punktförmigen Schallquelle empfangen wird, die an einem bestimmten Ort angeordnet ist, der Schall S durch eine Faltung der jeweiligen (bereits gewichteten) Dirac-Stöße (Fig. 4) mit dem jeweiligen Signal, welches die Antwort der Mikrofonzeile auf eine punktförmige Schallquelle darstellt (Fig. 2). Die Ergebnisse dieser Faltung sind in Fig. 3 dargestellt und werden additiv überlagert.

[0029] Eine Faltung im Ortsbereich bedeutet aber nichts Anderes als eine Multiplikation in einem korrespondierenden örtlichen Frequenzbereich. Die in den örtlichen Frequenzbereich transformierten Dirac-Stöße sind mit dem in den örtlichen Frequenzbereich transformierten Signal, welches die Antwort der Mikrofonzeile auf eine punktförmige Schallquelle darstellt, zu multiplizieren, um zu dem in den örtlichen Frequenzbereich transformierten Signal des tatsächlich vorhandenen Schalls zu gelangen. Die örtliche Verteilung und die Gewichtung der Dirac-Stöße im Ortsbereich herauszufinden ist aber gerade das zu lösende Problem. Demzufolge muss also das in den örtlichen Frequenzbereich transformierte Signal des tatsächlich vorhandenen Schalls durch das Signal dividiert werden, welches der Antwort der Mikrofonzeile auf eine punktförmige Schallquelle im örtlichen Frequenzbereich entspricht. Aus dieser Division ergibt sich dann im örtlichen Frequenzbereich ein Signal, welches im örtlichen Frequenzbereich der Verteilung und Gewichtung der Dirac-Stöße entspricht. Durch eine Rücktransformation dieses Signals aus dem örtlichen Frequenzbereich in den Ortsbereich ergibt sich dann die Anordnung und die Schalleistung der Ersatzschallquellen.

[0030] Ein für diese Vorgehensweise geeignetes Rechenprogramm, mit welchem eine derartige Transformation aus dem Ortsbereich in den örtlichen Frequenzbereich durchgeführt werden kann und ebenso eine entsprechende Rücktransformation aus dem örtlichen Frequenzbereich in den Ortsbereich, ist das unter dem Namen "fft (fast Fourier transformation) bekannte Rechenprogramm der Firma "The Math Works Inc., 24, Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, USA". Dieses Programm wird in einer "Toolbox" von mathematischen Rechenprogrammen angeboten unter dem Namen MATLAB®. Das Rechenprogramm "fft" ermittelt dann die Orte und die Schalleistung der Ersatzschallquellen, mit der Massgabe, den tatsächlich empfangenen Schall S so gut wie möglich durch Ersatzschallquellen nachzubilden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung von Ersatzschallquellen, bei welchem Verfahren mit Hilfe einer Anordnung von mehreren Schallempfängern zunächst der tatsächlich vorhandene Schall (S) empfangen wird und die entsprechenden Signale der Schallempfänger ausgewertet werden, und bei welchem Verfahren dann eine oder mehrere im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen (Q1,Q2,Q3) bestimmt werden, wobei eine Dekonvolution zur Bestimmung des Ortes und der Schalleistung der einzelnen im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen (Q1,Q2,Q3) derart durchgeführt wird, dass die Überlagerung des von den Ersatzschallquellen erzeugten Schalls möglichst genau den gesamten von den Schallempfängern tatsächlich empfangenen Schall (S) ergibt, und die Dekonvolution derjenigen Signale der Schallempfänger durchgeführt wird, die dem tatsächlich empfangenen Schall (S) entsprechen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Dekonvolution eine zu der jeweiligen Anordnung von Schallempfängern zugehörige Fokuskeule berücksichtigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Dekonvolution der gewichtete Beitrag von mehreren fiktiven, im wesentlichen punktförmigen Schallquellen an mehreren verschiedenen Orten berücksichtigt wird, und dass mit Hilfe des gewichteten Beitrags dieser fiktiven Schallquellen dann der Ort und die Schalleistung der Ersatzschallquellen (Q1,Q2,Q3) ermittelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gewichtung der fiktiven Schallquellen nur positiv oder null sein darf.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung des Ortes und der Schalleistung der im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen (Q1,Q2,Q3) mit der Massgabe erfolgt, dass der mittlere quadratische Fehler zwischen dem tatsächlich von den Schallempfängern empfangenen Schall (S) und dem durch die im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen (Q1,Q2,Q3) erzeugten Schall minimal ist.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dass die Ermittlung des Ortes und der Schalleistung der im wesentlichen punktförmigen Ersatzschallquellen derart erfolgt, dass die tatsächlich empfangenen Schallsignale aus dem Ortsbereich in einen örtlichen Frequenzbereich transformiert werden, dort durch ein

Signal dividiert werden, welches dem aus dem Ortsbereich in den örtlichen Frequenzbereich transformierten Signal der Fokuskeule der Anordnung von Schallempfängern entspricht, und dass das aus dieser Division resultierende Signal aus dem örtlichen Frequenzbereich in den Orstbereich zurücktransformiert wird.

Claims

1. A method for the determination of the location and of the acoustic power of substitute sound sources, in which the sound which is actually present (S) is first received with the help of an arrangement of a plurality of sound receivers and the corresponding signals of the sound receivers are evaluated, and in which one or more substantially punctiform substitute sound sources (Q1, Q2, Q3) are then determined, wherein a deconvolution is carried out to determine the location and the acoustic power of the individual, substantially punctiform substitute sound sources (Q1, Q2, Q3) in such a manner that the superposition of the sound produced by the substitute sound sources yields as precisely as possible the total sound (S) which is actually received by the sound receivers and the deconvolution is carried out of those signals of the sound receivers which correspond to the actually received sound (S).
2. A method in accordance with claim 1 **characterised in that** a focal lobe which is associated with the respective arrangement of the sound receivers is taken into account in the deconvolution.
3. A method in accordance with claim 2 **characterised in that** the weighted contribution of a plurality of imaginary, substantially punctiform sound sources at a plurality of different locations is taken into account in the deconvolution; and **in that** the location and the acoustic power of the substitute sound sources (Q1, Q2, Q3) is then determined with the help of the weighted contribution of these imaginary sound sources.
4. A method in accordance with claim 3 **characterised in that** the weighting of the imaginary sound sources may be only positive or zero.
5. A method in accordance with claim 4 **characterised in that** the determination of the location and of the acoustic power of the substantially punctiform substitute sound sources (Q1, Q2, Q3) takes place with the measure that the mean square deviation between the sound (S) which is actually received by the sound receivers and the sound which is produced by the substantially punctiform substitute

sound sources (Q1, Q2, Q3) is a minimum.

6. A method in accordance with claim 3 **characterised in that** the determination of the location and of the acoustic power of the substantially punctiform substitute sound sources takes place in such a manner that the sound signals which are actually received are transformed from the spatial domain into a spatial frequency domain, are divided there by a signal which corresponds to the signal of the focal lobe of the arrangement of sound receivers which is transformed from the spatial domain into the spatial frequency domain; and **in that** the signal which results from this division is transformed back from the spatial frequency domain into the spatial domain.

Revendications

1. Procédé de détermination de la position et de la puissance sonore de sources de bruit de substitution, procédé pour lequel, à l'aide d'un agencement de plusieurs récepteurs de bruit, d'abord on reçoit le bruit (S) existant effectivement et on évalue les signaux correspondants des récepteurs de bruit, et procédé pour lequel, ensuite, on détermine une ou plusieurs sources de bruit de substitution (Q1, Q2, Q3) à formes sensiblement ponctuelles, sachant que l'on procède à une déconvolution en vue de déterminer la position et la puissance sonore des différentes sources de bruit de substitution (Q1, Q2, Q3) sensiblement ponctuel, de manière que la superposition du bruit produit par les sources de bruit de substitution donne de façon aussi précise que possible le bruit (S) global capté effectivement par les récepteurs de bruit, et l'on effectue la déconvolution des signaux de récepteurs de bruit qui correspondent au bruit (S) effectivement reçu.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, lors de la déconvolution, on prend en compte un lobe focal afférent respectif des récepteurs de bruit.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, lors de la déconvolution la contribution pondérée de plusieurs sources de bruit fictives sensiblement ponctuelles à plusieurs positions différentes est prise en compte, et **en ce que**, à l'aide de la contribution pondérée de ces sources de bruit fictives, on détermine la position et la puissance sonore des sources de bruit de substitution (Q1, Q2, Q3).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la pondération des sources de bruit fictives ne peut être que positive ou nulle.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en**

ce que la détermination de la position et de la puissance sonore des sources de bruit de substitution (Q1, Q2, Q3) sensiblement ponctuelles se fait avec indication du fait que l'erreur quadratique moyenne, entre le bruit (S) effectivement capté par les récepteurs de bruit et le signal produit par les sources de bruit de substitution (Q1, Q2, Q3) sensiblement ponctuelles, est minimale.

6. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la détermination de la position et de la puissance sonore des sources de bruit de substitution sensiblement ponctuelles se fait de manière que les signaux de bruit effectivement captés depuis la plage de lieux sont transformés en une plage de fréquences de lieu, y sont divisés par un signal qui correspond au signal, transformé depuis la plage de lieux dans la plage de fréquences de lieu, des lobes focaux de l'agencement des récepteurs de bruit, et **en ce que** le signal résultant de cette division est retransformé de la plage de fréquences de lieu à la plage de lieux.

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

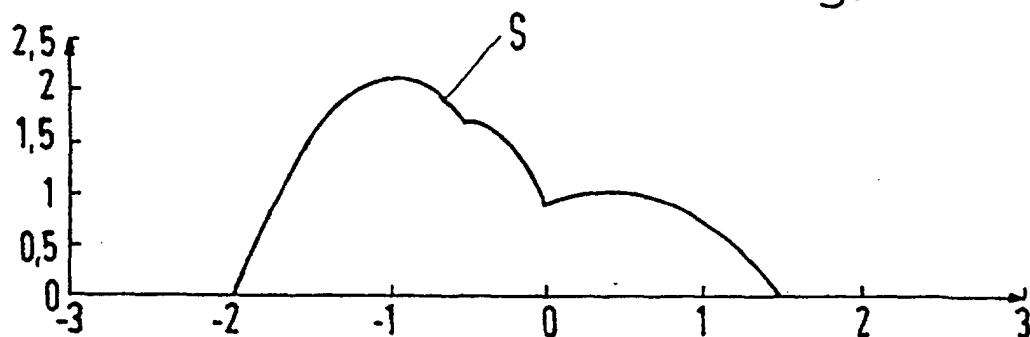


Fig.2

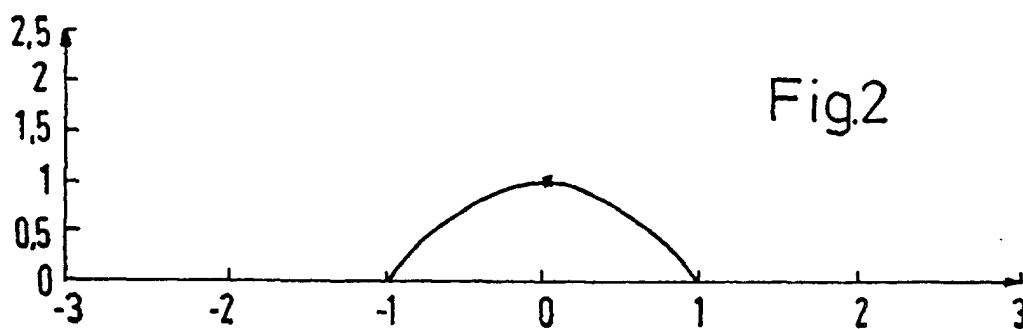


Fig.3

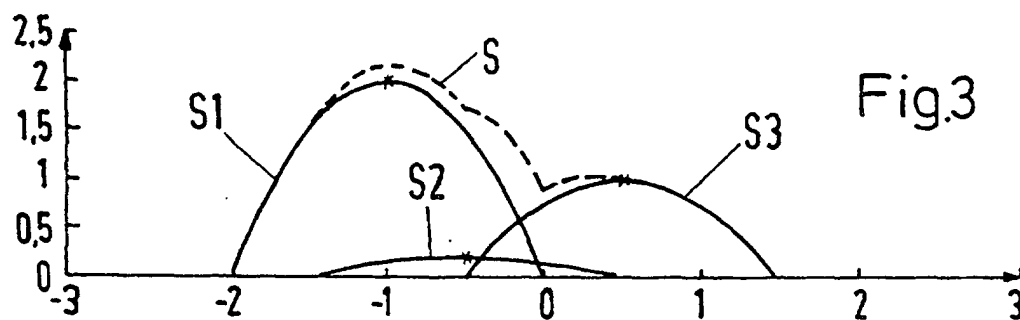


Fig.4

