



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 405 331 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90111750.7

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **G10K 11/16**

22 Anmeldetag: 21.06.90

30 Priorität: 29.06.89 DE 3921307

71 Anmelder: **BATTELLE-INSTITUT E.V.**  
**Am Römerhof 35 Postfach 90 01 60**  
**D-6000 Frankfurt am Main 90(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
02.01.91 Patentblatt 91/01

72 Erfinder: **Föller, Dieter, Dr.**  
**Taunusstrasse 13**  
**D-6108 Weiterstadt(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE DK FR GB IT LI NL SE

54 **Akustische Sensoreinrichtung mit Störschallunterdrückung.**

57 Akustische Sensoreinrichtung mit Störschallunterdrückung insbesondere für auf einem geräuscherzeugenden Aggregat angeordnete Sensoren unter Verwendung eines Doppelsensors (M1,M2), der zwischen einer Störquelle (S) und einem den aufzufassenden Objektschall aussendenden Objekt angeordnet ist und dessen einer Sensor (M1) auf die Störquelle (S) gerichtet ist und einer Regelschaltung (R) ein Störschallsignal zuführt, welche eine Antischallquelle (A) so einstellt, daß diese einen Antischall  $p_A$  zur Kompensation des Störschalls  $p_S$  erzeugt, wobei der andere Sensor (M2) auf das aufzufassende Objekt gerichtet ist und ein Meßsignal liefert, in dem der Störschallanteil stark und der Objektschallanteil sehr wenig geschwächt sind, so daß durch diese Minderung der Schallanteile in Anhängigkeit von der Einfallsrichtung die Auffaßreichweite des Sensors (M2) vergrößert ist.

EP 0 405 331 A2

## AKUSTISCHE SENSOREINRICHTUNG MIT STÖRSCHALLUNTERDRÜCKUNG

Die Erfindung betrifft akustische Sensoreinrichtungen mit Störschallunterdrückung zum Erfassen des von einem Objekt ausgesendeten Nutzschalls und insbesondere Sensoreinrichtungen, die auf einem geräuscherzeugenden Aggregat angeordnet sind. Infolge des vom Trägeraggregat der Sensoreinrichtung am Sensorort erzeugten Störpegels ist die Auffaßreichweite, d. h. die Reichweite zur akustischen Entdeckung und Ortung des oder der Sensoren der Einrichtung für den jeweils zu messenden Objektschall begrenzt.

Passive Unterdrückungsmaßnahmen für den Störschall haben naturgemäß den Nachteil, daß neben dem Störschall auch der von einem Objekt kommende, aufzufassende Nutzschall geschwächt wird. Auch die in der Literatur beschriebenen aktiven Antischallsysteme, die zur Geräuschminderung in der Umgebung eines Aufpunktes das dort vorliegende Schallfeld, gleich welcher Herkunft, insgesamt durch Überlagerung eines gegenphasigen Schallfeldes schwächen oder sogar kompensieren, vermindern in nachteiliger Weise sowohl Störals auch Nutzschall, da Objektschall und Störquellenschall antischallmäßig gleich behandelt werden. Selbst wenn man entweder von der Störquelle oder vom den Nutzschall aussendenden Objekt über soviel Information verfügt, daß man durch frequenzselektive Maßnahmen, z.B. den Einsatz adaptiver Digitalfilter, oder Synchronisationsmaßnahmen zwischen Nutz- und Störschallsignalen unterscheiden kann, kann zwar eine gezieltere Schwächung des Störschalls gelingen, eine entsprechende Schwächung des Nutzsignals durch den Antischall läßt sich jedoch auch dann nicht verhindern.

Bei der Erzeugung von Kompensationsschwingungen bzw. Antischallsignalen wurden bereits Regelschaltungen verwendet, denen das von einem Sensor aufgenommene Signal zugeführt wurde und die eine Antischallquelle aufgrund dieses Signals einstellten. Ein Beispiel hierfür findet sich in der DE-PS 30 25 391. In der dort beschriebenen Vorrichtung wird der Regelschaltung elektro-akustisch ein Sollwert zugeführt, der das zeitlich schwankende Nutzsignal darstellt und dem sich das über den Luftweg von außen kommende Störsignal überlagert. Die resultierende Schwingung, die mit einem Mikrofon aufgenommen wird, wird mittels eines linearen Filters gewichtet und fortlaufend mit dem Sollwert verglichen. Bei geeigneter Frequenzauslegung des Rückkopplungszweiges und der Nutzsignalübertragung gelingt eine Minderung der störenden Schwingung und eine mehr oder weniger befriedigende Erhaltung des Nutzsignals im resultierenden Signal. Diese Schaltung arbeitet aber nicht, wenn neben dem Störsignal auch das Nutzsi-

gnal auf dem Luftweg eingestrahlt wird.

Auch die DE 31 33 107 A1 löst die obigen Probleme nicht. Im dort vorgeschlagenen Personenschallschutz sind zwei Mikrophone mit unterschiedlicher Richtcharakteristik zu einer Seite ausgerichtet. Wegen der unterschiedlichen Richtcharakteristik unterscheiden sich Stör- und Nutzsignalbeiträge in den von den Mikrophonen gelieferten elektrischen Signalen, wenn Stör- und Nutzschall aus unterschiedlichen Richtungen einfallen. Beide Signale werden auf einen Differenzverstärker gegeben, dessen Ausgangssignal einem Endverstärker zugeführt wird und das erfaßte und selektierte Nutzsignal darstellt, das in eine Ohrmuschel eingespeist wird. Eine wirksame Unterdrückung des Störschalls bei möglichst weitestgehender Erhaltung des Nutzsignalanteils ist letztlich nur mit Hilfe manueller unterschiedlicher Einstellung der beiden Mikrophonverstärker möglich.

Die vorgeschlagene Regelung des Differenzsignals nach Tiefpassfilterung liefert nur bei bestimmten Störfrequenzen einen wirkungsvollen Beitrag, indem die am Tiefpaßfilter entstehende Spannung mit Hilfe einer Regelschaltung zum Verstärker des Mikrophons zurückgeführt wird, das hauptsächlich Störschallanteile erfaßt, und die Verstärkung so lange nachgeregelt wird, bis die Tiefpaßfilterung unter einen vorbestimmten Wert abgesunken ist. Abgesehen davon, daß diese Maßnahme nur für ausschließlich tieffrequente Störschallanteile und ausschließlich höherfrequente Nutzschallanteile geeignet ist, kann nicht verhindert werden, daß bei Differenzbildung unvermeidlicherweise in beiden Signalen vorhandene Nutzsignalbeiträge herausfallen. Selbst wenn die Mikrofonverstärker manuell eingestellt werden, kann dies nicht völlig unterbunden werden.

Eine solche manuelle Einstellung eignet sich im übrigen nur für den persönlichen Schallschutz mittels Ohrmuscheln und nicht für eine Sensoreinrichtung zur Erfassung und Ortung von Objektschall.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine akustische Sensoreinrichtung zur Erfassung von Nutzsignalen eines aussendenden Objekts anzugeben, die, obwohl sie auf oder in der Nähe einer geräuscherzeugenden Störquelle angeordnet ist, eine weitgehende Schwächung des Störschalls der Störquelle gewährleistet, wobei der vom Objekt ausgesendete Nutzschall aber möglichst keine Schwächung erfährt und so mit verbesserter Reichweite aufgefaßt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung un-

terscheidet im Gegensatz zum Stand der Technik durch den vorgesehenen Doppelsensor, dessen zwischen Störquelle und aufzufassendem Objekt positionierte Einzelsensoren auf die Störquelle bzw. das Objekt gerichtet sind, bereits bei der Schallmessung zwischen Nutzschaall, der im wesentlichen von vorn einfällt, und Störschaall, der im wesentlichen von hinten einfällt. Benutzt man nur einen der beiden Sensoren zur Regelung, ist eine richtungsabhängige Störschaallunterdrückung möglich und aufwendige frequenzselektive Maßnahmen zur nachträglichen Differenzierung zwischen Objektschaall und Störschaall in der Signalverarbeitung können entfallen.

Da die Aufgaben der Antischallregelung und der Nutzschaallauffassung erfindungsgemäß auf einen Regelkreis- und einen Aufßsensor aufgeteilt sind, kann die Störschaallunterdrückung in der nur mit dem Regelkreissensor verbundenen Regelschaltung effektiv und schaltungstechnisch einfach erfolgen. Wegen der Richtwirkung der beiden Sensoren wird durch diese Regelung der Objektschaallanteil im vom Aufßsensor gelieferten Signal nur äußerst wenig, der Störschaallanteil dagegen durch die aktive Minderung mittels Antischall wirksam geschwächt, so daß die Aufßreichweite der gesamten Sensoreinrichtung vergrößert ist.

Im Gegensatz zu den Entgegenhaltungen ermöglicht die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung durch die völlige Trennung von Regelkreissensor und Nutz- bzw. Objektschallsensor für Störschaall aller möglichen Frequenzen und Nutzschaall auch gänzlich unbekannter Herkunft ohne aufwendige frequenzselektive Maßnahmen die Erfassung der Nutzsignale mit großer Reichweite durch eine effektive, richtungsabhängige Störschaallunterdrückung.

In der einfachsten Ausführung werden als Doppelsensor zwei antiparallele Richtmikrofone vorzugsweise mit nierenförmiger Richtcharakteristik benutzt. Es ist jedoch auch möglich, z.B. den Aufßsensor nicht exakt nach vorn auszurichten und andere, speziell für das Schallfeld vom Objekt ausgelegte Richtcharakteristiken zu verwenden. Dies gilt auch für den die Störquelle erfassenden Regelkreissensor.

Die erfindungsgemäße Einrichtung eignet sich in besonderer Weise für auf Störgeräusche erzeugenden Trägeraggregaten angeordnete Sensoren, wobei diese erheblich unempfindlicher gegenüber dem Störpegel ihres eigenen Trägeraggregats werden. Jedoch erbringt die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung auch verbesserte Aufßreichweiten gegenüber anderen Störquellen, die Störschaall im wesentlichen aus einer rückwärtigen Richtung einstrahlen.

Weiterhin können sowohl bei Kenntnis der Stör- und/oder Nutzsignale als auch bei völlig un-

bekanntem Schallobjekten und/oder Störquellen die Sensoren auf gleiche oder entsprechend unterschiedliche Frequenzbereiche abstimmbare sein, wobei der letztlich im Nutzsignal vorhandene Dämpfungsabstand zwischen Stör- und Objektschaall noch verbessert werden kann.

Ferner ist es von Vorteil, wenn die aus Antischallquelle, Regelschaltung und dem im Einstrahlbereich der Antischallquelle liegenden Doppelsensor bestehende Antischalleinheit insgesamt schwenkbar ist, so daß die jeweils optimale Ausrichtung zwischen Störquelle und Objekt einstellbar ist.

Es können auch verschiedene richtungs- und in Bezug auf die Sensoren frequenzselektive derartige Einheiten kombiniert werden, die ein umfassendes Ergebnis verschiedenster aufzufassender Objekte und Störquellen liefern.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei diese ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen akustischen Sensoreinrichtung zeigt.

Der in der Figur schematisch dargestellte, aus zwei antiparallelen Richtmikrofonen M1 und M2 bestehende Doppelsensor ist auf einem nicht näher dargestellten geräuscherzeugenden Aggregat, z.B. irgendeinem Gerät oder Fahrzeug, so angeordnet, daß er den Störschaall  $p_S$  von dieser Störquelle S von hinten empfängt und den Objektschaall, d.h. den Nutzschaall  $p_N$  von vorn aufnimmt.

Das zur Störquelle S hin gerichtete Mikrofon M1 ist an eine Regelschaltung R angeschlossen, die wiederum eine Antischallquelle A einstellt. Die Antischallquelle A ist so zwischen der Störquelle S und dem Doppelsensor angeordnet, daß letzterer im Einstrahlbereich der Antischallquelle liegt.

Das in das Antischallsystem einbezogene Mikrofon M1 empfängt den Störschaall  $p_S$  ungeschwächt und den Objektschaall  $p_N$  infolge der Richtcharakteristik dem Vor-Rück-Verhältnis des Mikrofons entsprechend abgeschwächt. Der vom Mikrofon M1 festgestellte Schall, im wesentlichen der Störschaall  $p_S$ , wird der Regelschaltung R zugeführt, die mit Hilfe dieses Schallsignals die Antischallquelle A so einstellt, daß diese den zur Kompensation von  $p_S$  notwendigen Antischall  $p_A$  erzeugt.

Die Regelschaltung R, die das ihr zugeführte Störschallsignal unter Ansteuerung der Antischallquelle auf Null regelt, besteht aus Filternetzwerken und Verstärkern, die so bemessen sind, daß der Regelkreis im vorgesehenen Frequenzbereich stabil bleibt.

Das zum aufzufassenden Objekt hin und von der Störquelle S weg gerichtete Mikrofon 2 übernimmt die eigentliche Sensoraufgabe und empfängt den zu erfassenden Objektschaall  $p_N$  ungeschwächt und den Störschaall  $p_S$  entsprechend der

Richtwirkung abgeschwächt.

Die Analyse des Regelkreises aus dem Mikrofon M1, der Regelschaltung R und der Antischallquelle A liefert für das von M2 gemessene Sensorsignal U die folgende Beziehung:

$$U = p_N(1-H/r^2) + p_S(1-H)/r, \quad (1)$$

in der H die Open-Loop-Verstärkung des Regelkreises ist und r das wie in der Antennentechnik definierte Vor-Rück-Verhältnis beider Richtmikrofone angibt.

Die Beziehung (1) zeigt, daß aufgrund des Vor-Rück-Verhältnisses r der Mikrofone der Regelkreis durchgriff auf  $p_N$  und  $p_S$  unterschiedlich ausfällt, so daß in gewünschter Weise der Objektschall  $p_N$  nur wenig, der Störschall  $p_S$  dagegen stark gemindert wird.

Es erfolgt demnach die Minderung der Schallanteile am Aufpunkt in Abhängigkeit von deren Einfallsrichtung. Damit ist die Voraus-Auffaßreichweite der akustischen Sensoreinrichtung durch eine aktive Minderung des von hinten kommenden Störschalls mittels Antischall vergrößert. Die akustische Sensoreinrichtung wird somit unempfindlicher gegen den Störpegel ihres eigenen Trägeraggregats.

Das antiparallele Paar von Richtmikrofonen M1, M2 weist im Ausführungsbeispiel Mikrofone mit jeweils nierenförmiger Richtcharakteristik auf. Es sind jedoch auch keulenartige Richtcharakteristiken möglich, wobei auch unterschiedliche Charakteristiken für die beiden Sensoren gewählt werden können, um eine jeweils optimale Ausrichtung auf das Objektschallfeld und den Störschall zu erzielen. Das gleiche gilt auch für die Frequenzbereiche der einwärts und auswärts gerichteten Sensoren, die vorzugsweise unabhängig voneinander frequenzmäßig abstimmbar sind.

Die in der Figur schematisch dargestellte Einheit aus Doppelsensor, Regelschaltung und Antischallquelle ist vorzugsweise insgesamt schwenkbar installiert, um die Einstellung auf verschiedene Einfallsrichtungen zu ermöglichen.

Werden verschiedene richtungs- und/oder frequenzselektive Einrichtungen der beschriebenen Art miteinander kombiniert, so kann die universelle Verwendbarkeit der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung für die unterschiedlichsten Aufgaben und Schallbedingungen noch weiter verbessert werden.

## Ansprüche

1. Akustische Sensoreinrichtung zum Erfassen des von einem Objekt ausgesendeten Nutzschalls zur Auffassung des Objekts mit möglichst großer Reichweite, in der

- (a) ein Doppelsensor (M1, M2) zwischen einer Störquelle (S) und dem Objekt angeordnet ist,
- (b) einer (M2) der beiden Sensoren so ausge-

richtet ist, daß er den im wesentlichen von vorn einfallenden Nutzschall vom Objekt erfaßt, und der andere Sensor (M1) so ausgerichtet ist, daß er den im wesentlichen von hinten einfallenden Störschall von der Störquelle erfaßt,

(c) der den Störschall erfassende Sensor (M1) mit einer Regelschaltung (R) verbunden ist, die eine an sich bekannte Antischallquelle (A) einstellt, wobei diese zwischen dem Doppelsensor und der Störquelle (S) angeordnet ist und Antischall nach vorn abstrahlt,

(d) die Regelschaltung (R) so ausgelegt ist, daß sie das ihr vom Störschallsensor (M1) zugeführte Störschallsignal unter Ansteuerung der Antischallquelle (A) auf Null regelt, und in der

(e) am nicht an den Regelkreis angeschlossenen nach vorn gerichteten Sensor (M2) ein Nutzschallerfassungssignal (U) abgegriffen wird, in dem bedingt durch die Richtwirkung der Sensoren und einen damit verbundenen unterschiedlichen Durchgriff des aus dem Störschallsensor (M1), der Regelschaltung (R) und der Antischallquelle (A) bestehenden Regelkreises auf Stör- und Nutzschall eine starke Schwächung des Störschalls, jedoch nur eine geringe Schwächung des Nutzschalls durch den erzeugten Antischall vorliegen.

2. Akustische Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß der Doppelsensor als antiparalleles Paar von Richtmikrofonen (M1, M2) ausgebildet ist, von denen das eine (M2) auswärts auf das Objekt hin gerichtet ist und das andere, an die Regelschaltung (R) angeschlossene Mikrophon (M1) einwärts auf die Störquelle (S) und die davor angeordnete Antischallquelle (A) gerichtet ist.

3. Akustische Sensoreinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

daß die Richtmikrofone eine nierenförmige Richtcharakteristik aufweisen.

4. Akustische Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 und 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die beiden Sensoren des Doppelsensors wahlweise gleiche oder verschiedene Richtcharakteristiken aufweisen.

5. Akustische Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß die beiden Sensoren des Doppelsensors wahlweise auf gleiche oder verschiedene Frequenzbereiche abstimmbar sind.

6. Akustische Sensoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß die aus dem Doppelsensor (M1, M2), der Regelschaltung (R) und der Antischallquelle (A) bestehende Einrichtung als schwenkbare Einheit ausge-

bildet ist.

7. Akustische Sensoreinrichtung, bestehend aus einer Kombination verschiedener richtungs- und/oder frequenzselektiver Einrichtungen aus Doppelsensor (M1, M2), Regelschaltung (R) und Antischallquelle (A) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

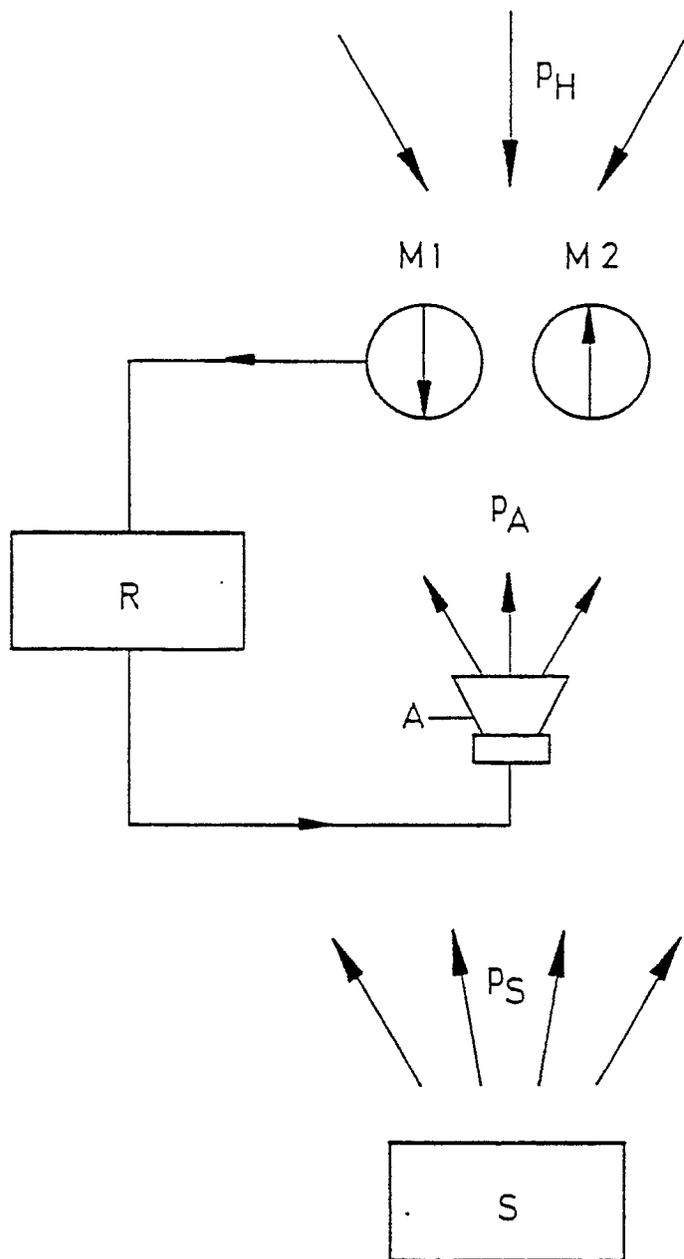


Fig.1