



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

0 342 353
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 89106308.3

51 Int. Cl.4: G10K 11/16

22 Anmeldetag: 10.04.89

30 Priorität: 18.05.88 DE 3816921

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.11.89 Patentblatt 89/47

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

71 Anmelder: Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
Patentabteilung AJ-3 Postfach 40 02 40
Petuelring 130
D-8000 München 40(DE)

72 Erfinder: Freymann, R., Dr.
Bahnhofstrasse 27
D-8057 Eching(DE)
Erfinder: Beer, R.
Münchner Ring 2
D-8044 Unterschleissheim(DE)
Erfinder: Schmaderer, R.
Hippelstrasse 46
D-8000 München 82(DE)
Erfinder: Stricker, K.
Grünwalderstrasse 179
D-8000 München 90(DE)

54 Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeugs.

57 Eine Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeugs umfaßt mindestens einen Geräuschsensor, mindestens einen Lautsprecher und eine Regeleinrichtung, die als Istgröße das Ausgangssignal des Geräuschsensors erhält und ein den Lautsprecher beaufschlagendes Stellsignal abgibt. Um eine wirksame und gegenüber Veränderungen des akustischen Übertragungsverhaltens des Innenraumes stabile Geräuschminderung über einen großen Frequenzbereich zu erzielen, ist erfindungsgemäß als Geräuschsensor ein in einem Helmholtz-Resonator untergebrachtes Mikrofon verwendet, und der oder die Lautsprecher sind nahe den Orten maximalen Schalldruckes von zu dämpfendem Hohlraumeligenfrequenzen des Kraftfahrzeuges angeordnet.

EP 0 342 353 A2

Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeugs

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeuges mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Bei einer bekannten Anordnung dieser Art (DE-AI 31 06 029) werden mit Hilfe eines nahe dem Kopfbereich des Fahrers angeordneten Mikrofons als Geräuschsensor und eines Lautsprechers unter Verwendung eines Sinus-Generators sinusförmige Schallsignale mit einer Frequenz erzeugt, die eine störende Frequenz im Geräuschpegel gerade aufheben soll.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Geräuschpegel im Innenraum eines Fahrzeugs in einem oder mehreren Frequenzbereich(en), dessen bzw. deren Frequenzen in Zusammenhang mit den Hohlraumeigenfrequenzen des Innenraums stehen, durch aktive Dämpfung der Hohlraumeigenfrequenzen an allen Orten des Fahrzeuginnenraums zu senken.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die Merkmale des Anspruchs 1.

Die Ausbildung des Geräuschsensors als Helmholtz-Resonator mit einem darin untergebrachten Mikrophon gewährleistet eine stabile Regelung und geeignete Filterung des aufgenommenen Geräuschsignals ohne empfindliche Reaktion auf Veränderungen des akustischen Übertragungsverhaltens des Fahrzeuginnenraumes, die sich zum Beispiel in Folge Öffnens der Türen, der Fenster oder des Schiebedachs ergeben. Der Helmholtz-Resonator wirkt somit als akustisches Filter mit dem Vorteil gegenüber herkömmlichen elektronischen Filtern, daß er aufgrund der hier nur sehr geringen erforderlichen Filterdämpfungen ein sehr zeitstabiles Übertragungsverhalten aufweist.

Der Helmholtz-Resonator ist vorzugsweise auf die zu dämpfende Hohlraumeigenfrequenz abgestimmt. Die Dämpfung kann durch ein Dämpfungsmaterial, wie Watte, Wolle oder dergleichen erfolgen, die im Resonatorhals oder Resonatorvolumen des Helmholtz-Resonators untergebracht ist.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäß ausgebildeten Geräuschsensors besteht darin, daß er sehr nahe neben dem oder den Lautsprechern installiert werden kann, die als Stellglieder im Regelkreis wirken. Damit lassen sich auch bei hohen Regelkreisverstärkungen Instabilitäten in Folge von Rückkopplungseffekten vermeiden.

Zur Geräuschminderung in einem breiten Frequenzband ist bevorzugt, wenn mehrere Geräuschsensoren mit in Helmholtz-Resonatoren untergebrachten Mikrofonen vorgesehen werden, wobei die einzelnen Helmholtz-Resonatoren jeweils auf unterschiedliche Hohlraumeigenfrequenzen des Kraft-

fahrzeuges abgestimmt sind.

Die Regeleinrichtung läßt sich bei der Anordnung nach der Erfindung sehr einfach gestalten. Vorzugsweise liegen bei der zuletzt beschriebenen Anordnung mit mehreren Geräuschsensoren die Ausgangssignale der Geräuschsensoren in Parallelschaltung, wobei das Ausgangssignal jedes Geräuschsensors individuell verstärkt bzw. abgeschwächt wird und eine Phasendrehung erfährt. Darauf werden die Ausgangssignale der Geräuschsensoren in mindestens einem Summiervverstärker addiert und auf die als Stellglieder wirkenden Lautsprecher geschaltet.

Die Anordnung mit mehreren Geräuschsensoren eröffnet die Möglichkeit ihrer Unterbringung an mehreren Orten des Fahrzeuginnenraumes, an denen hohe Schalldrücke der betreffenden Hohlraumeigenfrequenzen herrschen.

Die Erfindung ist im folgenden anhand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine herkömmliche Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeuges;

Fig. 2 die gemessene Schalldruckverteilung für die frequenzniedrigste Hohlraumresonanzschwingung im Innenraum eines Fahrzeuges;

Fig. 3 die Nyquist-Stabilitätsortskurve einer gemäß der Erfindung ausgebildeten Regeleinrichtung, welche eine aktive Dämpfung einer oder mehrerer Hohlraumresonanzschwingungen eines Kraftfahrzeuges bewirkt;

Fig. 4 ein Teilschema einer einfachen Anordnung gemäß der Erfindung;

Fig. 5 eine Gegenüberstellung von Diagrammen, wobei das Diagramm nach Figur 5a den mittels eines Mikrofones erfaßten Schalldruck über der Frequenz und Figur 5b den mittels eines Geräuschsensors nach der Erfindung erfaßten Schalldruck über der Frequenz darstellen;

Fig. 6 eine schematische Draufsicht auf ein Kraftfahrzeug, aus der die Orte der Unterbringung von Geräuschsensor und Lautsprechern bei einer Anordnung nach der Erfindung ersichtlich sind;

Fig. 7 ein Vergleichsdiagramm, welches den Verlauf des Schalldruckes über der Frequenz in einem Kraftfahrzeug ohne die Anordnung nach der Erfindung und mit einer Anordnung gemäß Figur 4 bzw. Figur 6 darstellt; und

Fig. 8, 9 Blockschaltbilder zweier Anordnungen gemäß der Erfindung mit jeweils vier Geräuschsensoren und mehreren Lautsprechern.

Bei der Anordnung nach Figur 1 ist im Innen-

raum 2 eines PKW 1 im Kopfbereich des Fahrers ein Mikrofon 3 angeordnet, dessen Ausgangssignal einem Regler 4 zugeführt wird. Der Regler 4 erzeugt ein Stellsignal, das zu einem ebenfalls im Innenraum angeordneten Lautsprecher 5, beispielsweise dem Lautsprecher eines Radiogerätes, zugeführt wird.

Das bei der konventionellen Anordnung sinusförmige Signal schwingt mit einer Phase, welche gegenüber der Phase des mittels des Mikrofons 3 erfaßten Istsignals gerade so verschoben ist, daß das vom Lautsprecher 5 abgestrahlte Schallsignal eine bestimmte Frequenz des im Kopfbereich des Fahrers erfaßten Geräuschsignals gerade aufhebt.

Figur 2 zeigt die gemessene Schalldruckverteilung der Hohlraumresonanzschwingung mit der tiefsten Frequenz eines bestimmten Kraftfahrzeuges. Die Eigenfrequenz dieser Schwingung liegt bei Fahrzeugen der Mittel- und Oberklasse in der Größenordnung von 75Hz. Die nächsthöhere Hohlraum-eigenfrequenz liegt im Bereich von ca. 150Hz. Die Zahlenwerte für den Schalldruck in Dezibel (db) zeigen, daß die Maxima der Schalldruckverteilung im Bereich des vorderen Fußraumes (117,5 db) und im Bereich des hinteren Fahrgastraumes (113 db) liegen.

Figur 3 zeigt in einem Diagramm mit realer Abszisse und imaginärer Ordinate die Nyquist-Stabilitätsortskurve eines offenen Regelkreises mit einem Verlauf, bei dessen Verwirklichung eine aktive Dämpfung zu einer Geräuschpegelverringerung an allen Orten des Fahrzeuginnenraumes führt. Mit E ist die zu dämpfende Hohlraum-eigenfrequenz bezeichnet.

Figur 4 zeigt schematisch den Aufbau einer einfachen Anordnung gemäß der Erfindung. Dabei umfaßt ein Geräuschsensor einen Helmholtz-Resonator, der als rechteckiger Hohlkörper 10 mit einer Öffnung 11 in einer Seitenfläche ausgebildet ist, und ein Mikrofon 12, das innerhalb des Hohlkörpers 10 aufgenommen ist und dessen Ausgangssignal zu einer Regeleinrichtung 13 geführt wird. Die Regeleinrichtung 13 erzeugt ein Stellsignal, welches zu einem am oder nahe dem Ort eines Schalldruckmaximums (gemäß Figur 2) angeordneten Lautsprecher 14 weitergeleitet wird. Der Helmholtz-Resonator 10 ist auf eine bestimmte zu dämpfende Hohlraum-eigenfrequenz des jeweiligen Kraftfahrzeugs abgestimmt, dessen Geräuschpegel im Innenraum abgesenkt werden soll. Zum Erzeugen einer geeigneten Charakteristik kann der Helmholtz-Resonator 10 durch Einbetten eines porösen Dämpfungsmaterials, wie Watte, Wolle oder dergleichen, individuell präpariert werden.

Der Lautsprecher 14 ist an Orten im Innenraum angeordnet, an denen maximale Schalldrücke herrschen, bei dem Beispiel gemäß Figur 2 im Bereich der Hutablage 6 oder im Fußraum 7, wie für Radio-

lautsprecher üblich, so daß die ohnehin vorgesehenen Lautsprecher Verwendung finden können.

Figur 5 zeigt den Filterungseffekt des anhand der Figur 4 beschriebenen Geräuschsensors mit Mikrofon 12 im Helmholtz-Resonator 10: Während in Figur 5a) mehrere Schalldruckspitzen im Bereich verschiedener Eigenfrequenzen zu erkennen sind, die durch ein einfaches Mikrofon ohne Helmholtz-Resonator erfaßt werden, zeigt die Figur 5b) den Filtereffekt bei Messung am gleichen Ort mit einem Mikrofon, das gemäß Figur 4 in einem Helmholtz-Resonator angeordnet ist. Dies ermöglicht einen gezielten Ansatz zur Minderung des durch eine bestimmte Eigenfrequenz erzeugten Schalldruckes.

Die Anordnung nach Figur 4 ist beispielsweise gemäß Figur 6 in einem Fahrzeug untergebracht. In Figur 6 sind gleiche Bezugszeichen wie in Figur 4 verwendet. Der Geräuschsensor aus Mikrofon 12 und Helmholtz-Resonator 10 ist im Bereich der Hutablage 6 nahe den ebenfalls in diesem Bereich untergebrachten Heck-Lautsprechern 14 angeordnet. Die Regeleinrichtung 13 hat in diesem Fall zwei Ausgänge, die auf die beiden Lautsprecher 14, 14 wirken.

Figur 7 zeigt das Ergebnis der Maßnahme nach Figur 6, wobei die gestrichelte Kurve den Schalldruck über der Frequenz ohne die geschilderten Maßnahmen der Erfindung und die durchgezogene Kurve den Schalldruck im Innenraum über der Frequenz bei Anwendung der Maßnahmen nach der Erfindung darstellen.

Die Figuren 8 und 9 zeigen Anordnungen, mit denen eine Schalldruckminderung für mehrere Hohlraum-eigenfrequenzen eines Fahrzeuges möglich ist.

Dabei sind vier Geräuschsensoren 10a, 10b, 10c, 10d mit entsprechenden Mikrofonen 12a, 12b, 12c, 12d vorgesehen, die auf Frequenzen f_a , f_b , f_c , f_d abgestimmt sind, welche besonders ausgeprägten Hohlraum-eigenfrequenzen entsprechen.

Die Ausgangssignale der Mikrofone 12a bis 12d werden in die wie auch in den Figuren 8 und 9 mit 13 bezeichnete Regeleinrichtung eingegeben. Hier wird jedes Sensorsignal in eine Reihenschaltung mit jeweils einem Verstärker 15a bis 15d, einem Phasenschieber 16a bis 16d und einem Filter 17a bis 17d eingegeben, wobei die Reihenschaltungen für die einzelnen Sensorsignale parallel liegen, und bei der Ausführung nach Figur 8 einem gemeinsamen Summierverstärker 18 zugeführt, wo die Sensorsignale summiert und einem Leistungsverstärker 19 für drei Lautsprecher 20, 21, 22 eingegeben werden. Die Lautsprecher sind an verschiedenen, für die Geräuschminderung günstigen Orten im Fahrzeuginnenraum angeordnet, die sich, wie oben angegeben, mit den üblichen Unterbringungsorten für die Radiolautsprecher decken können.

Die Ausführung nach Figur 9, in der für gleiche Bauteile gleiche Bezugszeichen wie in Figur 8 verwendet sind, unterscheidet sich von der Ausführung nach Figur 8 dadurch, daß die verstärkten, phasenverschobenen und gefilterten Sensorsignale in zwei parallel geschaltete Summierverstärker 18A und 18B mit jeweils nachgeschalteten Leistungsverstärkern 19A und 19B eingegeben werden. Jeder Leistungsverstärker 19A, 19B versorgt eine eigene Gruppe von jeweils drei Lautsprechern 20, 21, 22 und 23, 24, 25.

Die Regeleinrichtung 13 kann bei allen beschriebenen Ausführungen in analoger oder digitaler Technik ausgeführt sein, wobei im letzteren Falle ein nicht gezeigter digitaler Rechner die Signalverarbeitung übernehmen kann.

Charakteristisch für die Anordnung nach den Figuren 8 und 9 ist die parallele Anordnung der Reihenschaltung 15, 16, 17 für jedes Sensorausgangssignal. Hierdurch läßt sich eine individuelle Signalverarbeitung in Anpassung an die individuelle Abstimmung des zugehörigen Geräuschsensors 10, 12 vor der Zusammenfassung der Signale in den Summierverstärkern 18 erzielen.

Die Filter 17 können entsprechend dem Stand der Technik Tiefpaß-, Hochpaß-, Bandpaß- bzw. Sperrfilter umfassen.

Auch bei Anordnung mehrerer Geräuschsensoren ergibt sich ein einfacher Aufbau der Regeleinrichtung 13, wie die Figuren 8 und 9 zeigen.

Ansprüche

1. Anordnung zur Verminderung des Geräuschpegels im Innenraum eines Kraftfahrzeugs mit mindestens einem Geräuschsensor, mindestens einem Lautsprecher und einer Regeleinrichtung, die als Istgröße das Ausgangssignal des Geräuschsensors erhält und ein den Lautsprecher beaufschlagendes Stellsignal abgibt, dadurch gekennzeichnet, daß als Geräuschsensor ein in einem Helmholtz-Resonator (10) untergebrachtes Mikrofon (12) verwendet ist und daß der Lautsprecher (14; 20-22;20-25) an oder nahe dem Ort maximalen Schalldruckes von zu dämpfenden Hohlraumeigenfrequenzen des Kraftfahrzeuges angeordnet ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Nyquist-Stabilitätsortskurve des Frequenzgangs vom offenen Regelkreis die positive reelle Achse bei einer Frequenz schneidet, die mit der Eigenfrequenz (E) einer Hohlraumresonanz übereinstimmt.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Lautsprecher (20-22;20-25) im Bereich der Hutablage (6) und/oder im vorderen Fußbereich (7) angeordnet sind.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Helmholtz-Resonator (10) auf die zu dämpfende Hohlraumeigenfrequenz abgestimmt ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Dämpfungsmaterial, wie Watte, Wolle oder dergleichen, im Resonatorhals oder Resonatorvolumen des Helmholtz-Resonators (10) untergebracht ist.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Helmholtz-Resonator (10) mit Mikrofon (12) nahe dem oder den Lautsprechern (14;20-22;20-25) angeordnet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Geräuschsensoren mit in Helmholtz-Resonatoren (10a-10d) untergebrachten Mikrofonen (12a-12d) vorgesehen sind, wobei die einzelnen Helmholtz-Resonatoren jeweils auf unterschiedliche Hohlraum-Eigenfrequenzen des Kraftfahrzeuges abgestimmt sind.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der Geräuschsensoren in Parallelschaltung liegen, wobei das Ausgangssignal jedes Geräuschsensors in eine Reihenschaltung aus einem Verstärker (15a-15d), einem Phasenschieber (16a-16d) und gegebenenfalls einem Filter (17a-17d) oder einer Filtereinheit (Tiefpaß, Hochpaß, Bandpaß) eingegeben wird.

9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der Geräuschsensoren in mindestens einem Summierverstärker (18;18A,18B) addiert werden.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (13) analog arbeitet.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeleinrichtung (13) einen digitalen Rechner enthält, der die analog erfaßten und in digitale Signale gewandelten Geräuschsignale nach einem eingespeicherten Programm verarbeitet.

FIG. 3

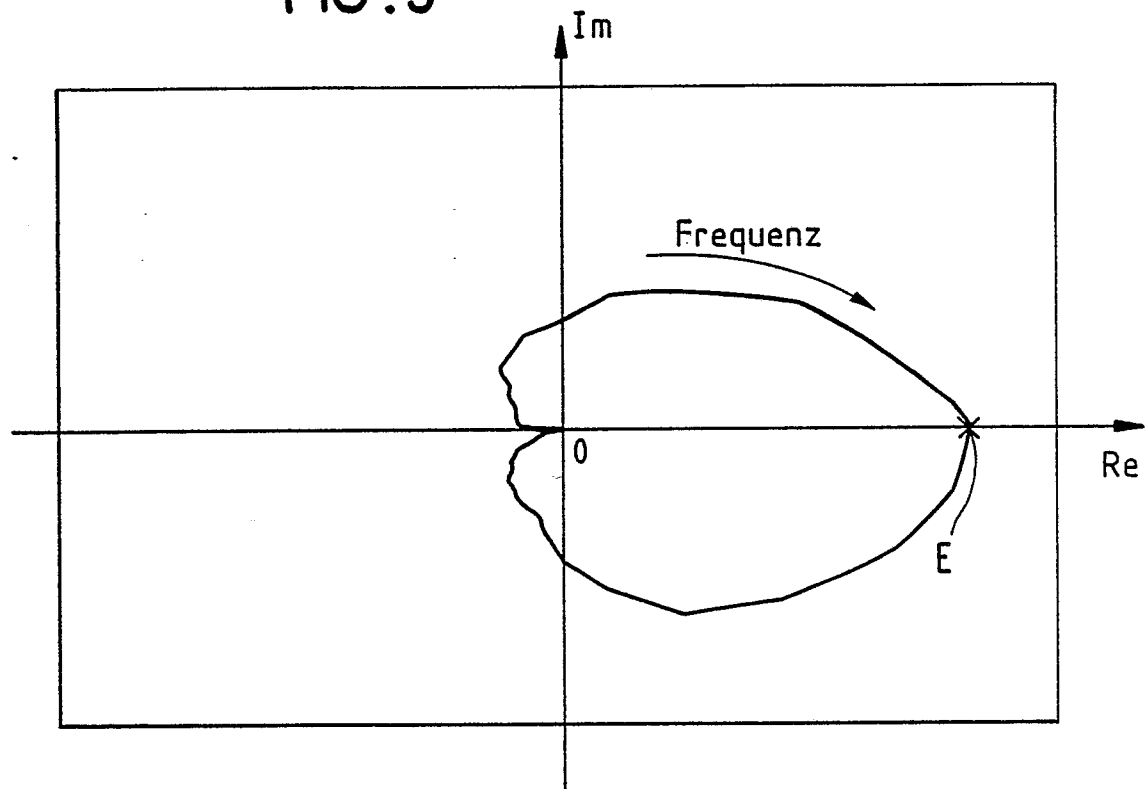


FIG. 4

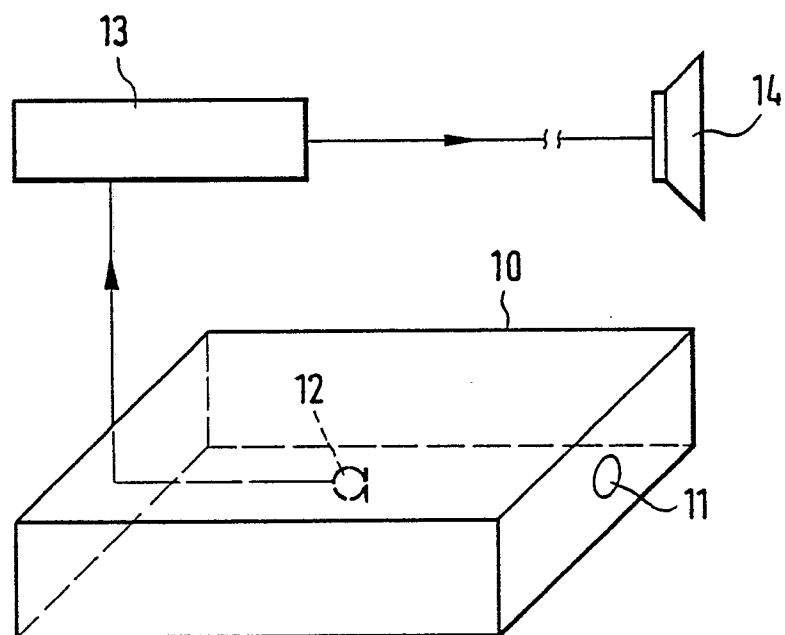


FIG. 5a

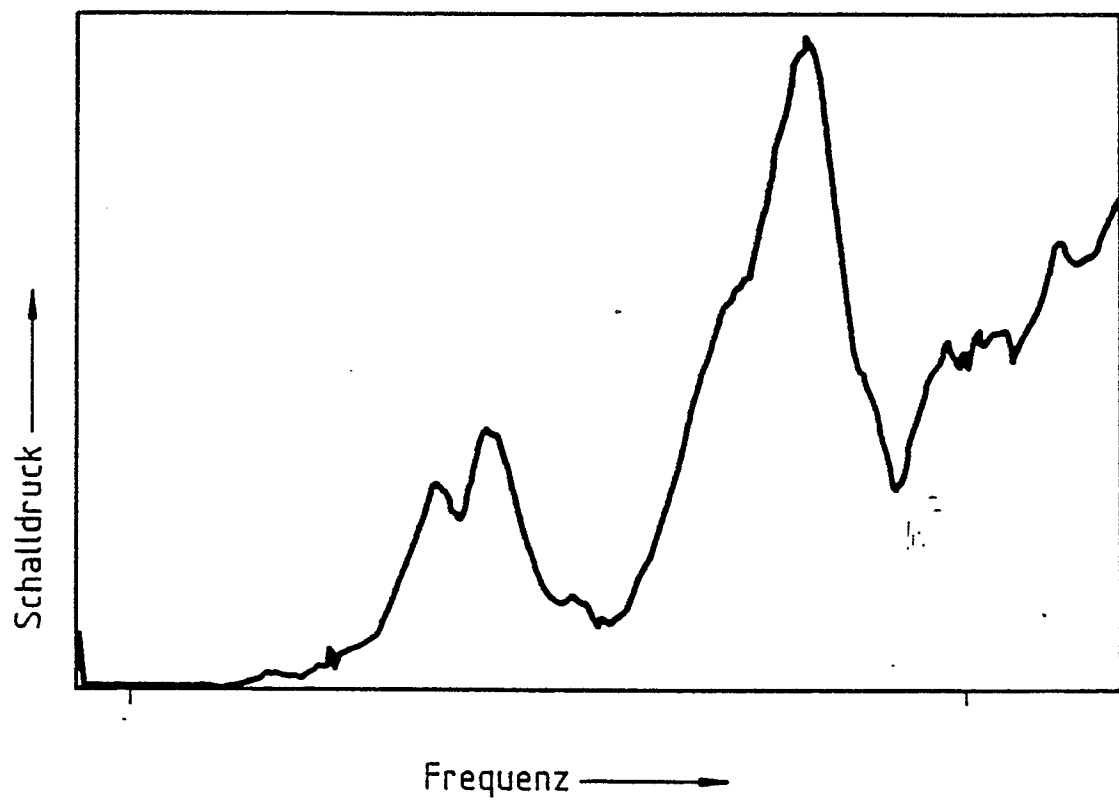


FIG. 5b

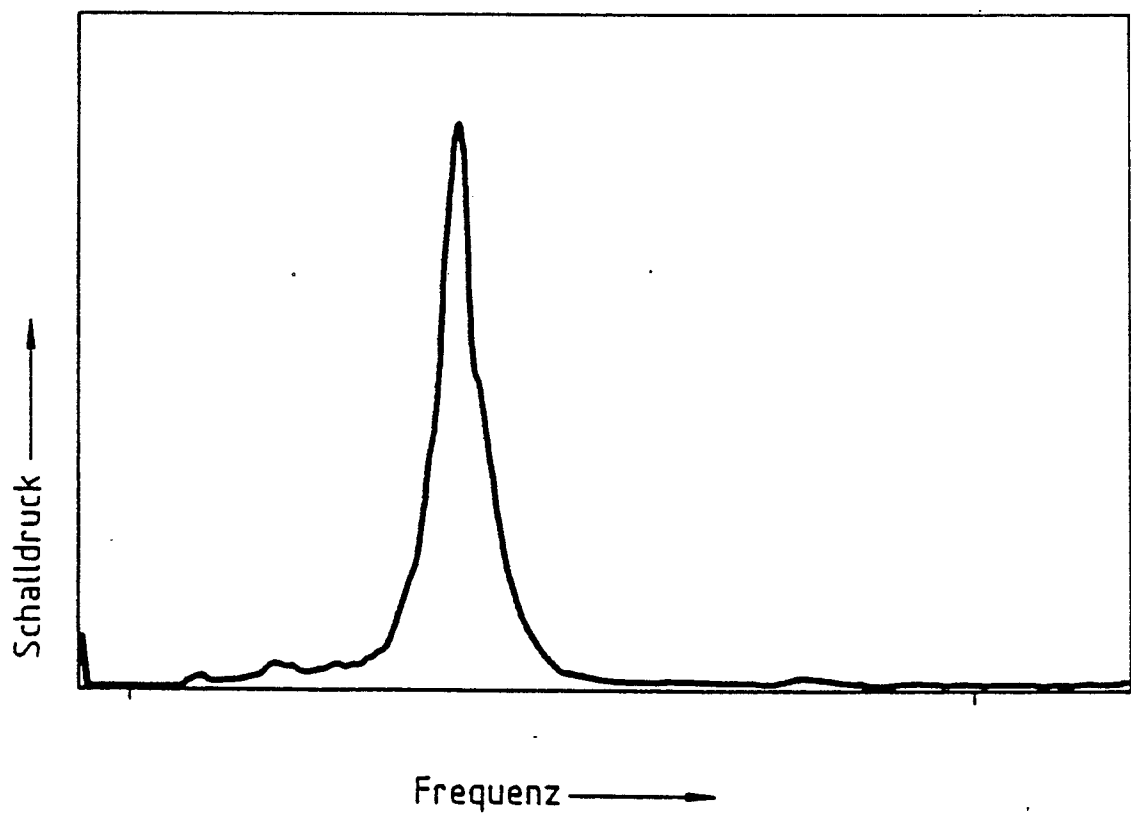


FIG. 6

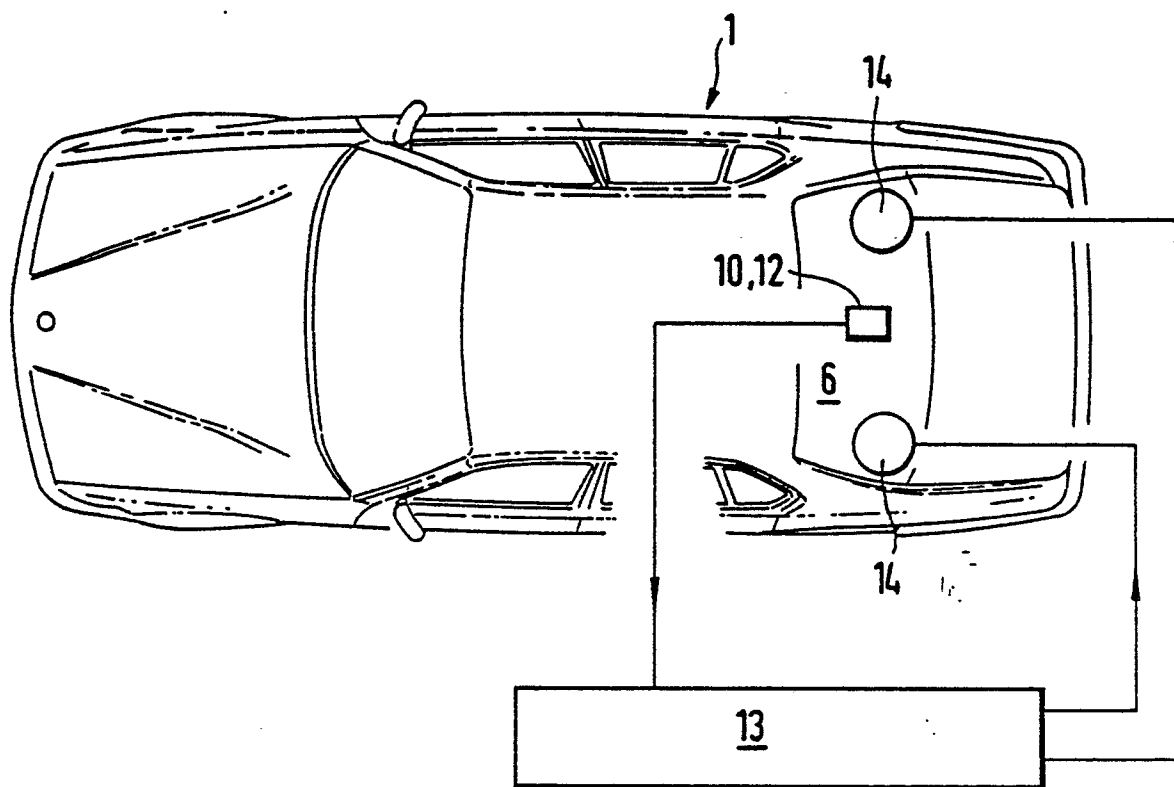


FIG. 7

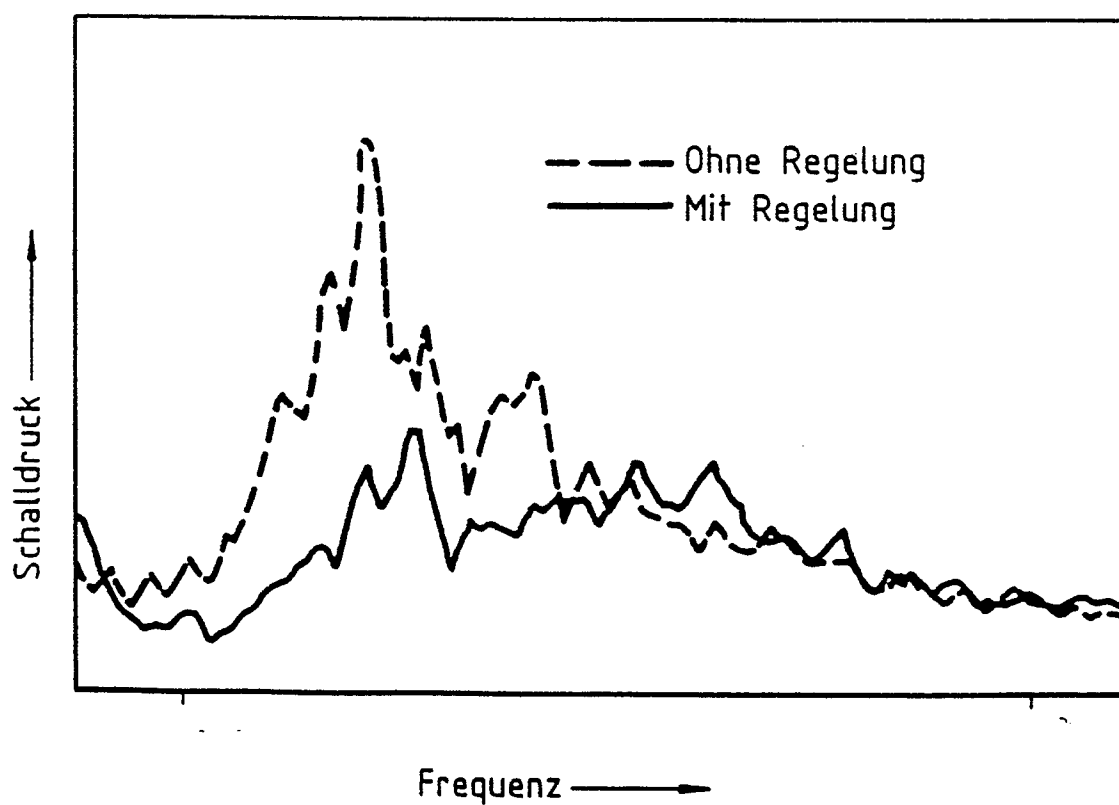


FIG. 8

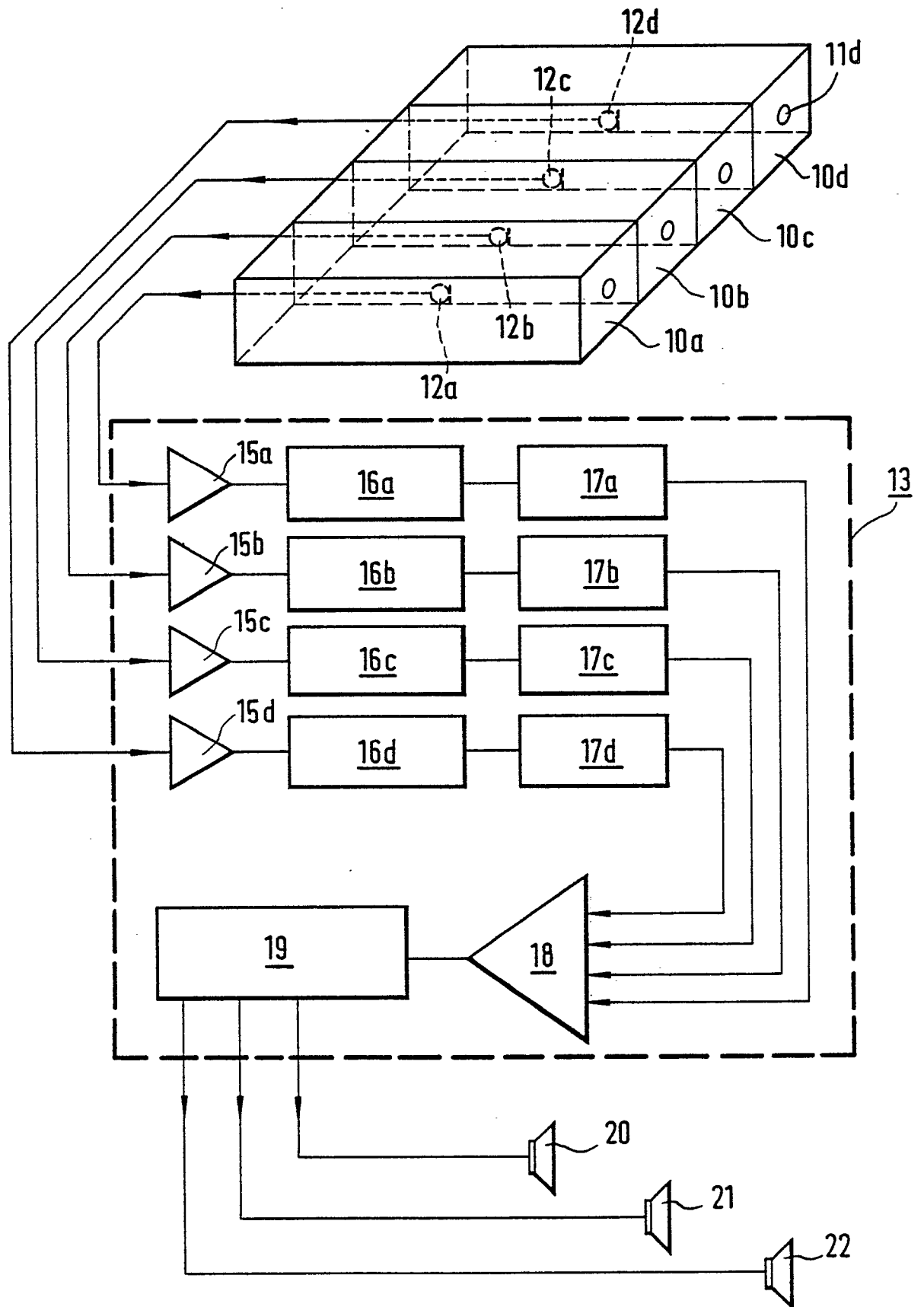


FIG. 9

