

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 707 737 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**04.11.1998 Patentblatt 1998/45**

(21) Anmeldenummer: **94918733.0**

(22) Anmeldetag: **23.06.1994**

(51) Int Cl.6: **G10K 11/178**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE94/00723**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 95/02238 (19.01.1995 Gazette 1995/04)**

(54) **AKTIVER SCHALLDÄMPFER**

ACTIVE SOUND DAMPER

ATTENUATEUR DE BRUIT ACTIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**BE DE ES FR GB IT NL PT SE**

(30) Priorität: **07.07.1993 DE 4322627**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**24.04.1996 Patentblatt 1996/17**

(73) Patentinhaber: **LEISTRITZ AG & CO.**  
**Abgastechnik**  
**D-90765 Fürth (DE)**

(72) Erfinder: **LEHRINGER, Frank, Jürgen**  
**D-96129 Wernsdorf (DE)**

(74) Vertreter: **Tergau, Enno, Dipl.-Ing. et al**  
**Mögeldorf Hauptstrasse 51**  
**90482 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 592 693**

**WO-A-89/07701**

**WO-A-91/15666**

**AU-B- 542 761**

**US-A- 3 936 606**

**US-A- 4 665 549**

**EP 0 707 737 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

Die Erfindung betrifft einen aktiven Schalldämpfer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Derartige Schalldämpfer werden in Schalldämpfungssystemen eingesetzt und reduzieren den Schallpegel eines als störend empfundenen Schallfeldes. Hierzu weist das gesamte Schalldämpfungssystem prinzipiell den Schalldämpfer sowie einen Sensor zur Abgabe von Informationen über den zu erwartenden Störschall und/oder einen Kontrollsensor zur Aufnahme des bereits gedämpften oder ausgelöschten Störschalls auf. Das dem Störschallpegel entsprechende Sensorsignal wird einer Kontrolleinheit zugeführt. Dort wird das Sensorsignal weiterverarbeitet. Das verarbeitete Sensorsignal gelangt als elektrisches Signal zu einem Lautsprecher. Der Lautsprecher ist Bestandteil des Schalldämpfers und strahlt Kompensationsschall (Antischall) ab. Das dem Lautsprecher zugeführte elektrische Signal ist dabei so berechnet, daß sich die beiden Schallfelder von Kompensationsschall und Störschall nach dem aus der Physik bekannten Prinzip der Interferenz gegenphasig überlagern. Dadurch wird der Störschall ausgelöscht oder zumindest erheblich reduziert.

Aus **WO 91/15666** und aus **US 5,097,923** sind aktive Schalldämpfer zur Reduzierung des Abgaslärms bei Kraftfahrzeugen bekannt. Die dort offenbarten Schalldämpfer weisen einen oder mehrere Lautsprecher auf. Jeder Lautsprecher befindet sich in einer Kompensationsschallkammer. Die Schallkammern mit den Lautsprechern sind seitlich am Rohrmantel des Abgasrohres angeordnet, so daß die Abstrahlungsrichtung des Lautsprechers radial zum Abgasrohr verläuft. Aufgrund der seitlichen Anordnung der Lautsprecher ist eine bestimmte Wegstrecke für die Kompensationsschallwellen notwendig, um an der die Abstrahlöffnung des Störschalls bildenden Rohrmündung ein homogenes Kompensationsschallfeld zu erzeugen. Zu diesem Zweck wird das in der Schallkammer erzeugte Kompensationsschallfeld über eine um das Abgasrohr konzentrisch angeordnete Rohrleitung zur Abgasmündung geführt. Dadurch ist der Schalldämpfer sehr raumaufwendig und konstruktiv kompliziert aufgebaut. Wegen ihrer komplizierten Außenkontur ist die Herstellung der vorbekannten Schalldämpfer fertigungstechnisch schwierig und somit sehr kostenintensiv.

Da die Einbauverhältnisse oft sehr beengt sind und der Schalldämpfer deshalb möglichst wenig Einbauraum beanspruchen soll, ist eine weitere Volumenvergrößerung des ohnehin bereits raumaufwendigen Schalldämpfers nur bedingt oder überhaupt nicht möglich. Jedoch ist gerade an der Rückseite des Lautsprechers ein möglichst großer Hohlraum wünschenswert, um eine tieffrequente Abstimmung des Lautsprechers zu erzielen. Bei den vorbekannten Schalldämpfern ist deshalb der Wirkungsgrad des Lautsprechers gering. Außerdem ist aufgrund der großen Übertragungstrecke zwischen dem Lautsprecher und der Abstrahlöffnung

des Abgasrohres die exakte Kopplung zwischen dem Kontrollsensor und dem Lautsprecher erschwert. Die Dämpfung des Störschalls ist deshalb ungenügend.

Aus **EP-A-0 227 372** ist ein aktives Schalldämpfungssystem bekannt, bei dem die Abstrahlungsrichtungen von Störschall und Kompensationsschall etwa parallel ausgerichtet sind. Die besondere Anordnung des den Kompensationsschall erzeugenden Lautsprechers erfordert jedoch einen konstruktiv sehr komplizierten und raumaufwendigen Schalldämpfer, um den Störschall dämpfen zu können.

In **US-A-3 936 606** ist ein aktives Schalldämpfungssystem beschrieben, bei dem die Abstrahlungsrichtungen von Störschall und Kompensationsschall ebenfalls etwa parallel ausgerichtet sind. Hierbei befindet sich der den Kompensationsschall erzeugende Lautsprecher innerhalb eines den Störschall transportierenden Führungsrohres. Dieses Führungsrohr umgibt den Lautsprecher mit erheblichem Radialabstand. Dieser große Radialabstand und die Wirkung des Lautsprechers als Hindernis bei der Ausbreitung des Störschalls verkomplizieren die erforderliche gegenphasige Überlagerung von Störschall und Kompensationsschall. Eine ausreichende Dämpfung des Störschalls ist nicht gewährleistet.

**AU-A-0 542 761** ist ein elektrodynamischer Lautsprecher mit einem konzentrisch angeordneten Baßreflexrohr entnehmbar. Die von der Lautsprechermembran und vom Baßreflexrohr abgestrahlten Schallwellen überlagern sich in bekannter Weise gleichphasig und verstärken dadurch das Schallfeld des Lautsprechers, um seinen Wirkungsgrad insbesondere im unteren Frequenzbereich zu verbessern. Dieses Prinzip der gleichphasigen Überlagerung zweier Schallfelder ist jedoch für ein aktives Schalldämpfungssystem, bei dem sich der Störschall und der Kompensationsschall durch gegenphasige Überlagerung auslöschen sollen, völlig ungeeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schalldämpfer der eingangs genannten Art raumsparend zu gestalten und auf geometrisch einfache Art eine gegenphasige Überlagerung von Störschall und Kompensationsschall zu erzielen.

Diese Aufgabe ist durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß umgibt die Lautsprechermembran die Abstrahlöffnung radial. Dadurch sind die Abstrahlungsrichtungen des Kompensationsschalls und des Störschalls von vornherein parallel zueinander ausgerichtet und die akustischen Mittelpunkte beider Schallfelder liegen auf einer gemeinsamen Achse. Übertragungstrecken zur Erzeugung eines homogenen, zur Überlagerung mit dem Störschallfeld geeigneten Kompensationsschallfeldes entfallen vollständig. Auf diese Weise ist eine vorteilhafte Überlagerung von Störschall und Kompensationsschall geometrisch einfach möglich. Der Schalldämpfer ist somit konstruktiv erheblich vereinfacht. Aufgrund der wegfallenden Übertragungstrecken und der konzentrischen

Anordnung des Lautsprechers ist der Schalldämpfer sehr raumsparend aufgebaut. Der eingesparte Raumbedarf kann als rückwärtiger Hohlraum des Lautsprechers zu seiner tieffrequenten Abstimmung genutzt werden. Dadurch ist der erfindungsgemäße Schalldämpfer auch bei beengten Raumverhältnissen einsetzbar.

Die wegfällende Übertragungsstrecke zwischen Lautsprecher und der Abstrahlöffnung ermöglicht eine vereinfachte Übertragungsfunktion und somit eine exaktere Kopplung zwischen einem den gedämpften Störschall aufnehmenden Kontrollsensor und dem Lautsprecher. Da Laufzeitverzögerungen bei dieser Kopplung erheblich reduziert sind, reagiert der Lautsprecher rasch und exakt auf sich verändernde Störschallpegel. Die Kopplung, z.B. durch eine Kontrolleinheit, kann dadurch mit technisch einfacheren Mitteln realisiert werden. Der Schalldämpfer ist insgesamt kostengünstig bei gleichzeitig erhöhtem Wirkungsgrad.

Aufgrund der geringen Streckendifferenz zwischen dem Lautsprecher und der Abstrahlöffnung entstehen störende Resonanzen erst bei hohen, für den Einsatz des Schalldämpfers nicht relevanter Frequenzen. Dadurch ist die Wirkungsweise des Schalldämpfers über den gesamten relevanten Frequenzbereich gleichmäßiger.

Die Lautsprechermembran ist bezüglich der Längsachse des Lautsprechers üblicherweise rotationssymmetrisch ausgestaltet. Sie weist demzufolge einen kreisförmigen Querschnitt auf. Abweichend davon kann die Lautsprechermembran z.B. auch eine elliptische Querschnittsform aufweisen. Da die für die Anwendung des Schalldämpfers relevanten Wellenlängen im Vergleich zur Querabmessung des Lautsprechers groß sind, entsteht weiterhin ein ebenes Kompensationsschallfeld. Mit unterschiedlichen Querschnittsformen der Lautsprechermembran ist der Schalldämpfer an unterschiedliche Raumverhältnisse noch besser anpaßbar.

Durch die kompakte Anordnung des Lautsprechers um die Abstrahlöffnung wirkt auch eine große Lautsprechermembran raumsparend. In vielen Einsatzfällen des Schalldämpfers kann deshalb die Membranfläche groß gewählt werden. Auf diese Weise wird der für große Kompensationsschallpegel erforderliche große Volumenstrom durch kleinere Schwingungsamplituden der Lautsprechermembran erzielt. Dadurch ist bei gleichbleibender Kompensationswirkung des Lautsprechers die mechanische Belastung der Lautsprechermembran weiter reduziert. Die zuverlässige Betriebsweise des Lautsprechers ist dadurch über einen noch größeren Zeitraum gewährleistet.

Für den zu verwendenden Lautsprecher können unterschiedliche Antriebsprinzipien und Konstruktionen der Lautsprechermembran ausgewählt werden.

Gemäß Anspruch 2 arbeitet der Lautsprecher nach dem bekannten elektrodynamischen Antriebsprinzip. Bei elektrodynamischen Lautsprechern ist die Forderung nach schneller Einstellbarkeit und Anpassung an

sich verändernde Störschallpegel gut erfüllt.

Ein Lautsprecher gemäß Anspruch 3 ist z.B. aus **F. Hausdorf, Handbuch der Lautsprechertechnik, 3. Aufl. 1990, Copyright VISATON, S. 21 ff.** bekannt. Der konische Aufbau des Lautsprechers ermöglicht in einfacher Weise seine etwa konzentrische Anordnung zum Zentrum der den Störschall abstrahlenden Abstrahlöffnung.

Nach Anspruch 4 schließen die Lautsprechermembran und die Abstrahlöffnung in Axialrichtung des Lautsprechers etwa bündig ab. Dadurch ist gewährleistet, daß das gesamte von der Lautsprechermembran erzeugte Kompensationsschallfeld zur Auslöschung des Störschallfeldes genutzt wird. Die Lautsprechermembran ist z.B. trichterförmig oder als Flachmembran ausgestaltet.

Gemäß Anspruch 5 ist die Abstrahlöffnung die Rohrmündung eines Schallrohres. Der erfindungsgemäße Schalldämpfer ist deshalb z.B. auch bei Verbrennungsmotoren einsetzbar.

Das bei dem elektrodynamischen Lautsprecher ganz allgemein bekannte Magnetsystem enthält nach Anspruch 6 eine in Richtung der Längsachse des Lautsprechers verlaufende zentrische Bohrung, damit das Schallrohr diese Bohrung durchsetzen kann. Auf diese Weise dient das Schallrohr nicht nur zur Führung des Störschalls, sondern auch als mechanische Fixierhilfe für den Lautsprecher und somit auch für den gesamten Schalldämpfer. Die konzentrische Anordnung des Lautsprechers um das Schallrohr ermöglicht deshalb einen montagetechnisch einfachen Einbau des Schalldämpfers. Außerdem kann die Anzahl der erforderlichen Befestigungsmittel für einen mechanisch festen Sitz des Lautsprechers reduziert werden.

Es sei erwähnt, daß der Ringmagnet den durchbohrten Polkern in bekannter Weise zur Ausbildung des Magnetsystems radial umgibt. Der Ringmagnet braucht deshalb nicht zusätzlich mechanisch bearbeitet zu werden, um das Schallrohr radial zu umgeben. Es ist jedoch auch möglich, den Polkern und den Ringmagneten zu vertauschen. In diesem Fall umgibt ein ringförmiger Pol einen durchbohrten Magnetkern.

Die Ansprüche 7 und 8 schlagen zwischen dem Lautsprecher und dem Schallrohr einen als verschlossenen Zwischenraum wirksamen Radialabstand vor. Der Zwischenraum ist verschlossen, damit akustische Kurzschlüsse zwischen der Vorderseite und der Rückseite des Lautsprechers vermieden werden. Der Radialabstand hat den Vorteil, daß der Lautsprecher, insbesondere das Magnetsystem und die empfindliche Lautsprechermembran nicht unmittelbar den Einflüssen des Schallrohres ausgesetzt ist. Dies ist z.B. wichtig, wenn das Schallrohr als ein heiße Abgase führendes Abgasrohr ausgestaltet ist.

Anspruch 8 schlägt zur thermischen Isolierung zwischen dem Lautsprecher und dem Schallrohr eine wärmedämmende Isolierschicht vor. Die Isolierschicht kann bei entsprechender Schichtdicke zwischen dem Schall-

rohr und dem Magnetsystem eingeklemmt einliegen, so daß keine weiteren Fixiermittel zur Befestigung der Isolierschicht am Rohrmantel des Schallrohres notwendig sind. Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn die Isolierschicht abgesehen vom Rohrmantelabschnitt im Bereich des Magnetsystems auch die Rohrmantelabschnitte im Bereich der Lautsprechermembran und im Bereich der Lautsprecher-Rückseite abdeckt. Dadurch schafft die Isolierschicht zwischen dem Lautsprecher und dem gesamten Schallrohr eine thermische Isolierung. Die thermische Isolierung schafft eine von Temperaturschwankungen des Schallrohres unabhängige Wirkung des Magnetsystems, so daß die sichere Betriebsweise des Lautsprechers gewährleistet ist.

Anspruch 9 schlägt als alternatives Isolielement ein Zwischenrohr vor. Das Zwischenrohr umgibt das Schallrohr mit radialem Abstand. Das Zwischenrohr wirkt als Kühlkörper und kann einen Großteil der vom Schallrohr abgestrahlten Wärme aufnehmen.

Anspruch 10 schlägt eine weitere Maßnahme zur thermischen Isolierung des Lautsprechers gegenüber dem Schallrohr vor.

Anspruch 11 schlägt eine weitere Möglichkeit der thermischen Isolierung des Lautsprechers bzw. zu seiner Kühlung vor. Das den Rohrkanal zwischen Schallrohr und Zwischenrohr durchströmende Kühlmittel kann z.B. Luft oder ein Fluid sein.

Gemäß Anspruch 12 ist der Rohrkanal in Axialrichtung an der Membranvorderseite verschlossen. Dadurch ist gewährleistet, daß bei der Ausbildung des Kompensationsschallfeldes kein zusätzlicher Nebenweg entsteht, der die erforderliche Überlagerung des Kompensationsschallfeldes mit dem Störschallfeld beeinträchtigen könnte. Außerdem schafft der Verschluss eine Abdichtung des Rohrkanals gegenüber der Membranvorderseite. Ein versehentliches Austreten von Kühlmittel an der Membranvorderseite wird dadurch zuverlässig vermieden.

Gemäß Anspruch 13 hat die Isolierschicht eine Doppelfunktion als Isolielement zwischen dem Lautsprecher und dem Schallrohr und als Verschlusselement zur Abdichtung des Rohrkanals gegenüber der Membranvorderseite.

Gemäß Anspruch 14 hat auch das das Schallrohr konzentrisch umgebende Zwischenrohr eine weitere Funktion. Es ist konstruktiv als Baßreflexrohr ausgestaltet. Baßreflexrohre sind aus der HiFi-Technik bekannt. Ein derartiges Zwischenrohr verbessert neben seiner thermischen Isolierfunktion den Wirkungsgrad der Lautsprecheranordnung im unteren Frequenzbereich erheblich.

Gemäß Anspruch 15 und 16 ist eine Kühlung des Magnetsystems des Lautsprechers vorgesehen. Hierzu ist der das Schallrohr radial umgebende Polkern oder - im Falle des obenerwähnten Vertauschens von Polkern und Ringmagnet - der Magnetkern zusätzlich durchbohrt. Die Bohrung wird von einem Kühlmittel, z.B. von Luft oder einem Fluid, durchströmt. Um das Küh-

lungsmittel nach Art eines Kreislaufs dem Magnetsystem zuführen und von dort wieder abführen zu können, ist die Bohrung z.B. mit einer Schlauchleitung verbunden. Vorteilhaft sind die Bohrungen gemäß Anspruch 16 in Umfangsrichtung des Polkerns oder Magnetkerns gleichmäßig verteilt, um eine gleichmäßige Kühlung des gesamten Magnetsystems zu bewirken. Als Bestandteil eines Kühlungskreislaufes sind die Bohrungen miteinander fluidisch verbunden. Diese Verbindung kann z.B. ebenfalls durch eine Schlauchleitung hergestellt sein.

Die Schallwand gemäß Anspruch 17 erfüllt eine Doppelfunktion. Einerseits unterstützt sie den mechanisch festen Sitz des Lautsprechers innerhalb des Schalldämpfers. Hierzu wird der Lautsprecher mit dem Korbrand seines Lautsprecherkorbes an der Schallwand befestigt. Andererseits trennt die Schallwand in Axialrichtung des Lautsprechers die Membranvorderseite von der Membranrückseite und vermeidet in bekannter Weise akustische Kurzschlüsse.

Das geschlossene Lautsprechergehäuse gemäß Anspruch 18 vermeidet vollständig akustische Kurzschlüsse auch bei tiefsten Frequenzen. Die kompakte Anordnung des Lautsprechers ermöglicht die Auswahl auch eines großen Hohlraumes des Lautsprechergehäuses an der Membranrückseite, ohne den insgesamt raumsparenden Aufbau des Schalldämpfers zu beeinträchtigen.

In einer weiteren Funktion kann der Hohlraum des Lautsprechergehäuses auch die für die Kopplung zwischen Sensoren und dem Lautsprecher erforderliche Elektronik aufnehmen. In diesem Fall ist die Elektronik ohne weitere technische Mittel ausreichend elektrisch isoliert und vor mechanischen Beschädigungen geschützt. Außerhalb des Lautsprechergehäuses befinden sich als Bestandteile des Schalldämpfers lediglich ein oder mehrere Sensoren sowie deren Zuleitungen zur Elektronik. Der gesamte Schalldämpfer bildet dadurch eine kompakte Einheit.

Handelt es sich bei der Abstrahlöffnung um die Rohrmündung eines Schallrohres, so enthält das Lautsprechergehäuse abgesehen von der Aussparung in der Schallwand zum Einsetzen des Lautsprechers noch eine Aussparung zur formschlüssigen Durchführung des Schallrohres.

Gemäß Anspruch 19 ist der Schalldämpfer zur Schalldämpfung bei Verbrennungsmotoren jeglicher Art geeignet. Der Schalldämpfer ist z.B. auch im Schiffsbau einsetzbar.

Gemäß Anspruch 20 handelt es sich bei dem Schallrohr um das Abgasrohr eines Kraftfahrzeuges. Das Lautsprechergehäuse nach Anspruch 20 ist vorzugsweise aus Halbschalen zusammengesetzt, wie dies bei Schalldämpfern im Kraftfahrzeugbau üblich ist. Hierbei ermöglichen an den Unterboden des Kraftfahrzeuges angepaßte Außenkonturen der Halbschalen einen zusätzlich vergrößerten Hohlraum des Lautsprechergehäuses. Die Halbschalenbauweise ermöglicht eine Fertigung des Lautsprechergehäuses mit allen aus

dem Schalldämpferbau bekannten Schweiß- und Falz-techniken. Da diese Schalldämpfer als Massenware hergestellt sind, ist auch der erfindungsgemäße Schalldämpfer kostengünstig erhältlich. Beim herkömmlichen Schalldämpferbau werden die Halbschalen durch zusätzliche Stützböden stabilisiert. Bei Verwendung des herkömmlichen Schalldämpfergehäuses als Lautsprechergehäuse kann auf diese Stützböden verzichtet werden. Vorteilhaft stabilisiert der Lautsprecherkorb selbst die Halbschalen. Der Schalldämpfer ist deshalb mit sehr geringem Bauteileaufwand mechanisch stabil aufgebaut. Gleichzeitig unterstützt die geringe Anzahl der Bauteile den montagefreundlichen Zusammenbau des Schalldämpfers. Der erfindungsgemäße Schalldämpfer ist dadurch kostengünstig als technisch erheblich verbesserter Schalldämpfer bei Kraftfahrzeugen einsetzbar.

Im Lautsprechergehäuse können sich störende Luftresonanzen oder stehende Wellen ausbilden. Zu deren Bedämpfung schlägt Anspruch 21 vor, den Hohlraum des Lautsprechergehäuses mit entsprechenden schallschluckenden Materialien teilweise oder vollständig auszufüllen.

Anspruch 22 schlägt ein akustisch transparent perforiertes Vorsatzrohr vor, um die Lautsprechermembran vor den an der Rohrmündung eines Abgasrohres austretenden Abgasen verbessert zu schützen. Hierzu wirkt das Vorsatzrohr wie ein in Gasströmungsrichtung verlängertes Abgasrohr. Bedingt durch die akustisch transparenten Perforationen des Vorsatzrohres wird der Störschall weiterhin unmittelbar vor der Abstrahlöffnung ausgelöscht. Die Abgase werden jedoch in Gasströmungsrichtung innerhalb des Vorsatzrohres von der Abstrahlöffnung weggeführt. Auf diese Weise ist die Lautsprechermembran weder sehr hohen Abgastemperaturen noch der schädlichen chemischen Zusammensetzung der Abgase ausgesetzt.

Nach Anspruch 23 ist der Lautsprecher an seiner Membranvorderseite auch vor mechanischen Beschädigungen z.B. durch äußere Druck- oder Schlagkräfte, gut geschützt. Die Gitteröffnung zum Durchlaß der Abstrahlöffnung kann dabei auch als Fixierhilfe bei der Montage des Schutzgitters am Schalldämpfer dienen.

Ein gemäß Anspruch 24 plattenartig ausgestaltetes Schutzgitter berücksichtigt weiterhin den raumsparenden Aufbau des Schalldämpfers.

Das Bündelungsrohr gemäß Anspruch 25 konzentriert die Zone für die Überlagerung von Störschall und Kompensationsschall vor der Abstrahlöffnung auf ein kleines Raumvolumen. Dies gewährleistet, daß ein möglichst großer Anteil des Störschallfeldes ausgelöscht wird.

Ist der Lautsprecher in ein Lautsprechergehäuse eingesetzt, so kann das Bündelungsrohr auch als einstückige Verlängerung der Gehäusewände in Axialrichtung des Lautsprechers ausgestaltet sein. Das Bündelungsrohr ist dann einfach durch die Schallwand und/oder den Lautsprecher in Axialrichtung vom übrigen Ge-

häuse getrennt.

Anspruch 26 berücksichtigt eine kompakte Außenkontur des Schalldämpfers. Das Vorsatzrohr schützt auch das Bündelungsrohr vor schädlichen Abgasen.

5 Anspruch 27 schlägt ein akustisch transparent perforiertes Schutzgitter vor, welches am Abschlußbund des Bündelungsrohres befestigt wird. Dieses Schutzgitter schützt den gesamten vom Bündelungsrohr eingeschlossenen Innenraum, d.h. auch die Lautsprechermembran und gegebenenfalls das Vorsatzrohr vor mechanischen Beschädigungen. Für dieses Schutzgitter ist eine Gitteröffnung nicht erforderlich, sofern der Schalldämpfer kein Vorsatzrohr aufweist. Das am Bündelungsrohr befestigte Schutzgitter in Kombination mit dem Schutzgitter gemäß Anspruch 23 schützt den Lautsprecher noch wirksamer vor Beschädigungen.

10 Gemäß den Ansprüchen 28 bis 30 ist der Sensor zur Aufnahme des kompensierten Störschalls ohne zusätzliche technische Maßnahmen vor mechanischen Beschädigungen oder anderen äußeren Einflüssen gut geschützt. Der Sensor kann in einfacher Weise an der Innenwand des Bündelungsrohres befestigt werden. Dadurch hat das Bündelungsrohr neben seiner Bündelungsfunktion auch eine mechanische Schutz- und Tragfunktion für den Sensor.

25 Für eine verbesserte Detektierung der Schallkompensation können nach Anspruch 28 mehrere am Bündelungsrohr fixierte Sensoren vorgesehen sein. Ein mit mehreren Sensoren ausgestatteter Schalldämpfer kann auch dann eingesetzt werden, wenn ein Sensor defekt ist. Dadurch ist die reparaturfreie Betriebsdauer des Schalldämpfers mit hohem Wirkungsgrad weiter verlängert. Mehrere Sensoren können in Umfangsrichtung des Bündelungsrohres z. B. mit gleichem Umfangsabstand angeordnet sein.

30 Nach Anspruch 30 beträgt der Radialabstand des Sensors von der Rohrachse des Bündelungsrohres etwa 6/10 des gesamten Abstandes zwischen der Rohrachse und der Innenwand des Bündelungsrohres. Durch diesen besonderen Abstand bezüglich der Rohrachse ist der Sensor unempfindlich gegenüber der ersten Radialresonanz der beiden überlagerten Schallfelder. Eine fehlerhafte Detektierung der Schallkompensation wird somit vermieden.

35 Gemäß den Ansprüchen 32 und 33 ist auf der Membranvorderseite eine als Druckkammer wirksame Vorsatzhaube montiert. Dadurch entsteht ein Druckkammerlautsprecher, wie er z.B. aus **F. Hausdorf, Handbuch der Lautsprechertechnik, 3. Aufl. 1990, Copyright VISATON, S. 28 ff.** bekannt ist. Die Vorsatzhaube und das Rohrstück verbessern die Anpassung der Lautsprechermembran an die Luft erheblich. Entsprechend ist der Wirkungsgrad des Schalldämpfers in einfacher Weise erhöht. In einer weiteren Funktion schützen die Vorsatzhaube und das Rohrstück den Lautsprecher und die Abstrahlöffnung sehr wirksam gegen äußere mechanische Einflüsse.

Der erfindungsgemäße Schalldämpfer ist sehr

kompakt, raumsparend und mechanisch stabil aufgebaut. Da die beschriebenen Bauteile des Schalldämpfers in vielen Fällen eine Mehrfachfunktion haben, ist der gesamte Schalldämpfer mit wenigen Bauteilen montagefreundlich und kostengünstig herstellbar. Auch ein notwendiger Austausch einzelner Bauteile, z.B. in Reparaturfällen, ist erheblich vereinfacht.

Der Erfindungsgegenstand wird anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Seitenansicht des erfindungsgemäßen Schalldämpfers mit einem Lautsprecher im Querschnitt,  
 Fig. 2 die Schnittdarstellung eines herkömmlichen Schalldämpfers für Abgasanlagen bei Kraftfahrzeugen entsprechend der Schnittlinie II-II in Fig. 3,  
 Fig. 3 die Schnittdarstellung des herkömmlichen Schalldämpfers entsprechend der Schnittlinie III-III in Fig. 2,  
 Fig. 4 eine Schnittdarstellung des erfindungsgemäßen Schalldämpfers für Abgasanlagen bei Kraftfahrzeugen entsprechend der Schnittlinie IV-IV in Fig. 5,  
 Fig. 5 die Schnittdarstellung des Schalldämpfers entsprechend der Schnittlinie V-V in Fig. 4,  
 Fig. 6 bis  
 Fig. 13 die Seitenansicht des erfindungsgemäßen Schalldämpfers in weiteren Ausführungsformen.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten aktiven Schalldämpfer 1 ist ein Lautsprecher 2 in ein geschlossenes Lautsprechergehäuse 3 eingesetzt. Der Lautsprecher 2 ist als Konuslautsprecher ausgebildet.

Wesentliche Bestandteile des Lautsprechers 2 sind eine trichterartig aufgeweitete Lautsprechermembran 4, ein die Lautsprechermembran trichterartig umgebender Lautsprecherkorb 5 sowie ein ringförmiges Magnetsystem. Das Magnetsystem weist Polplatten 6,7, einen zwischen den Polplatten 6,7 einliegenden Ringmagneten 8 sowie einen vom Ringmagneten 8 radial umgebenen Polkern 9 auf. Die Konstruktion und die Wirkungsweise des Lautsprechers 2 sind allgemein bekannt und z.B. in **F. Hausdorf, Handbuch der Lautsprechertechnik, 3. Aufl. 1990, Copyright VISATON, S. 22 ff.** beschrieben.

Die Polplatte 6 und der Polkern 9 sind in Axialrichtung 10 des Lautsprechers 2 zentrisch durchbohrt. Eine üblicherweise quer zur Axialrichtung 10 ausgerichtete Staubschutzkalotte im Bereich der Lautsprechermembran 2 ist nicht vorhanden. Auf diese Weise kann der Lautsprecher 2 ein Schallrohr 11 konzentrisch umgeben. Dabei liegt der Polkern 9 unmittelbar am Rohrman-

Schallführungsrichtung 12. Der Störschall wird dann an der als Abstrahlöffnung 13 wirksamen Rohrmündung des Schallrohres 11 nach außen abgestrahlt. Der Lautsprecher 2 ist relativ zum Schallrohr 11 so ausgerichtet, daß die Abstrahlöffnung 13 und ein die Trichteröffnung des Lautsprecherkorbes 5 begrenzender Korbrand 14 etwa in der gleichen Ebene einliegen. Dadurch werden herkömmlich übliche Übertragungstrecken zwischen der Abstrahlöffnung 13 und einem Lautsprecher weitgehend vermieden.

Der Korbrand 14 ist durch nicht näher dargestellte Befestigungsmittel an einer einen Bestandteil des Lautsprechergehäuses 3 bildenden Schallwand 25 befestigt.

Werden im Schallrohr 11 Abgase mit entsprechend hohen Abgastemperaturen geführt, so kann der Polkern 9 - wie in Fig. 1 dargestellt - mehrere Bohrungen 15 enthalten. Die Bohrungen 15 sind lediglich schematisch angedeutet. Die Bohrungen 15 sind miteinander fluidisch verbunden und an ebenfalls lediglich schematisch dargestellte Kühlungsleitungen 16 angeschlossen. Dadurch entsteht ein geschlossener Kühlungskreislauf, der von einem geeigneten Kühlungsmedium zur Kühlung des Magnetsystems durchflossen ist. Der Kühlungskreislauf befindet sich entweder vollständig im Hohlraum 17 des Lautsprechergehäuses 3 oder die Kühlungsleitungen 16 werden an einer geeigneten Stelle aus dem Lautsprechergehäuse 3 hinausgeführt.

In Fig. 2 und in Fig. 3 ist in Halbschalenbauweise ein herkömmlicher Schalldämpfer 18 für Abgasrohre 19 bei Kraftfahrzeugen dargestellt. Die Außenkontur des Schalldämpfers 18 ist an den Unterboden des Kraftfahrzeuges angepaßt. Der Schalldämpfer 18 besteht aus zwei Halbschalen 20,21, die durch geeignete Verbindungstechniken, z.B. Verschweißung, in bekannter Weise miteinander dicht verbunden sind. Zur mechanischen Stabilisierung des Schalldämpfers 18 befinden sich in dessen Hohlraum etwa senkrecht zur Längsachse des Abgasrohres 19 ausgerichtete Stützplatten 22,23. Zur Schalldämpfung ist im Hohlraum des Schalldämpfers 18 schallschluckendes Dämpfungsmaterial 24 eingelegt.

Der Prinzipaufbau des erfindungsgemäßen Schalldämpfers 1 kann nun vorteilhaft auf einen derart herkömmlichen Schalldämpfer 18 übertragen werden. Hierzu werden das Dämpfungsmaterial 24 und die Stützplatte 23 durch den das Abgasrohr konzentrisch umgebenden Lautsprecher 2 ersetzt, sowie eine Öffnung in die Halbschalen 20,21 für den Lautsprecher 2 zur Abstrahlung des Kompensationsschalls geschaffen, wie dies in Fig. 4 und in Fig. 5 erkennbar ist. Dabei bewirkt der Lautsprecher 2 in einer Doppelfunktion einerseits mit seinem sehr stabilen Lautsprecherkorb 5 die erforderliche gegenseitige Abstützung der Halbschalen 20,21 zur mechanischen Stabilisierung des Schalldämpfers 18 und andererseits die Abstrahlung des Kompensationsschalls zur Bedämpfung oder Auslöschung des Abgaslärms. Auf diese Weise ist der her-

kömmliche, passive Schalldämpfer 18 kostengünstig und technisch einfach zu dem erfindungsgemäßen, aktiven Schalldämpfer 1 umgerüstet. Ein in Fig. 4 und in Fig. 5 nicht dargestellter Kühlkreislauf zur Kühlung des Magnetsystems des Lautsprechers 2 kann ebenfalls vorgesehen sein.

In Fig. 6 ist der Korbrand 14 an einer Schallwand 25 befestigt. Sie enthält eine etwa dem Querschnitt des Korbrandes 14 entsprechende Aussparung zum Einsetzen des Lautsprechers 2 in Axialrichtung 10. Die Schallwand 25, der Korbrand 14 und die Abstrahlöffnung 13 liegen etwa in der gleichen Ebene ein. An die Schallwand 25 schließt sich zu beiden Seiten des Lautsprechers 2 jeweils eine Raumwand 26 an. Die Raumwände 26 sind lediglich schematisch angedeutet und können in sich geschlossen sein. Die Schallwand 25 und die Raumwände 26 schließen einen Raum mit darin befindlichem Störschall ein. Dies kann z.B. ein Maschinenraum sein. Über Lüftungsleitungen o.dgl. entsteht eine störschalldurchlässige Verbindung nach außen. In diesem Fall ist das Schallrohr 11 die Lüftungsleitung mit der Abstrahlöffnung 13 als Lüftungsöffnung nach außen. Mit der vorbeschriebenen Anordnung des Lautsprechers 2 wird der aus einem Arbeits- oder Maschinenraum austretende Störschall ausgelöscht. Um akustische Kurzschlüsse zu vermeiden, ist die Rückseite des Lautsprechers 2 zu kapseln. Hierzu ist eine gehäuseartige Kapselung 42 vorgesehen.

In Fig. 7 ist das Schallrohr 11 im Bereich des Lautsprechers 2 mit Radialabstand von einem Zwischenrohr 27 umgeben. Das Zwischenrohr 27 erstreckt sich in Axialrichtung 10 mit seinem einen Rohrende über die Polplatte 6 hinaus und endet mit seinem anderen Rohrende an der Abstrahlöffnung 13. Der Polkern 9 liegt am Rohrmantel des Zwischenrohres 27 unmittelbar an. Das Zwischenrohr 27 besteht aus einem für die thermische Isolierung des Lautsprechers 2 gegenüber dem Schallrohr 11 geeigneten Werkstoff. Bei entsprechender Dimensionierung seiner Abmessungen wirkt das Zwischenrohr 27 außerdem nach Art eines Baßreflexrohres und erhöht dadurch den Wirkungsgrad des Schalldämpfers 1 bei der Auslöschung des Störschalls.

In Fig. 8 ist das Zwischenrohr 27 mit seinem der Abstrahlöffnung 13 in Axialrichtung 10 gegenüberliegenden Rohrende außerhalb des Lautsprechergehäuses 3 geführt. Der durch den Radialabstand zwischen dem Schallrohr 11 und dem Zwischenrohr 27 gebildete Rohrkanal 28 ist in diesem Fall außerhalb des Lautsprechergehäuses 3 zugänglich. In den Rohrkanal 28 kann ein geeignetes Kühlmittel, wie z.B. Luft oder ein Fluid, zur Kühlung des Lautsprechers 2 eingeschleust werden. Außerdem kann der Rohrkanal 28 einer zusätzlichen Wärmedämmung zwischen Schallrohr 11 und Lautsprecher 2 dienen. Hierzu ist in Fig. 8 der Rohrkanal 28 im Bereich des Magnetsystems des Lautsprechers 2 von einer Isolierschicht 29 ausgefüllt. Im Bereich der Abstrahlöffnung 13 ist der Rohrkanal 28 in Axialrichtung 10 von einer weiteren Isolierschicht 29 verschlossen. In

einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist der gesamte Rohrkanal 28 innerhalb des Lautsprechergehäuses 3 von der Isolierschicht 29 ausgefüllt.

5 Zur Vermeidung von störenden Resonanzen ist das Lautsprechergehäuse 3 in Fig. 9 mit schallschluckendem Dämpfungsmaterial 30 gefüllt. Das Dämpfungsmaterial 30 deckt dabei die der Lautsprechermembran 4 in Axialrichtung 10 gegenüberliegende Rückwand des Lautsprechergehäuses 3 ab.

10 In Fig. 10 ist das Schallrohr 11 an seiner Abstrahlöffnung 13 durch ein Vorsatzrohr 31 in Schallführungsrichtung 12 verlängert. Es ist entweder als separates Bauteil an die Abstrahlöffnung 13 angesetzt oder mit dem Schallrohr 11 einstückig hergestellt. Die Innendurchmesser des Schallrohres 11 und des Vorsatzrohres 31 sind etwa gleich groß. Der Rohrmantel des Vorsatzrohres 31 enthält eine Vielzahl von akustisch transparenten Perforationen 32. Mit Hilfe des Vorsatzrohres 31 werden das Schallrohr 11 in Schallführungsrichtung 12 durchströmende Abgase in einen vom Lautsprecher 2 entfernteren Bereich geführt und können erst an der als Abgasöffnung 33 wirksamen Rohrmündung des Vorsatzrohres 31 entweichen. Dadurch ist der Lautsprecher 2 und insbesondere die empfindliche Lautsprechermembran 4 vor schädlichen Abgasen verbessert geschützt. Die akustisch transparenten Perforationen 32 gewährleisten dabei gleichzeitig die erforderliche Überlagerung von Störschallfeld und Kompensationsschallfeld gemäß den Ausführungsbeispielen des Schalldämpfers 1 ohne das Vorsatzrohr 31.

30 In Fig. 10 ist weiterhin ein Bündelungsrohr 34 dargestellt. Es schließt sich an der Vorderseite der Lautsprechermembran 4 am Korbrand 14 an und erstreckt sich in Axialrichtung 10. In Axialrichtung 10 betrachtet fluchtet das Bündelungsrohr 34 mit dem Lautsprechergehäuse 3. Das Bündelungsrohr 34 ist entweder einstückig mit dem Lautsprechergehäuse 3 hergestellt oder als separates Bauteil z.B. am Korbrand 14 befestigt. Das Bündelungsrohr 34 bündelt die von der Lautsprechermembran 4 abgestrahlten Kompensationsschallwellen. Dadurch entsteht im Bereich vor der Abstrahlöffnung 13 eine konzentrierte Überlagerungszone zwischen Störschallfeld und Kompensationsschallfeld. Es steht deshalb ein größerer Anteil des vom Lautsprecher 2 erzeugten Kompensationsschallfeldes für die Auslöschung des Störschalls zur Verfügung. Der Wirkungsgrad des Schalldämpfers 1 ist dadurch weiter verbessert.

50 In Fig. 11 ist die Vorderseite der Lautsprechermembran 4 in Axialrichtung 10 von einem plattenartigen, akustisch transparent perforierten Schutzgitter 35 abgedeckt. Es ist mit gestrichelter Linie schematisch dargestellt. Das Schutzgitter 35 liegt etwa in der Ebene des Korbrandes 14 ein. Es enthält eine zentrische Gitteröffnung 36 für die Abstrahlöffnung 13. Das dem Korbrand 14 in Axialrichtung 10 gegenüberliegende Rohrende des Bündelungsrohres 34 ist mit einem weiteren

Schutzgitter 35 verbunden. Dessen Gitteröffnung 36 umgibt radial die Abgasöffnung 33 des Vorsatzrohres 31. Das mit dem genannten Rohr des Bündelungsrohres 34 verbundene Schutzgitter 35 dient nicht nur dem mechanischen Beschädigungsschutz des Lautsprechers 2, sondern auch dem Schutz zweier an der Innenwand des Bündelungsrohres 34 befestigter Kontrollsensoren. Die beiden Kontrollsensoren sind jeweils ein Mikrofon 37. Sie nehmen den ausgelöschten oder bedämpften Störschall auf und geben ein entsprechendes Sensorsignal an die Kontrolleinheit ab, damit der Lautsprecher 2 in Abhängigkeit des Sensorsignals angesteuert wird. In weiteren Ausführungsbeispielen können an der Innenwand des Bündelungsrohres 34 auch weitere Sensoren oder auch nur ein einziger Sensor befestigt sein.

In einem weiteren, hier nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Mikrofon bzw. sind die Mikrophone 37 bezüglich einer strichpunktiert angedeuteten Rohrachse 43 des Bündelungsrohres 34 in einem Radialabstand angeordnet, der das 0,6-fache des Rohrradius 44 des Bündelungsrohres 34 beträgt.

In Fig. 12 ist der Lautsprecher 2 auf seiner Vorderseite in Axialrichtung 10 von einer Vorsatzkammer 38 haubenartig abgedeckt. Die Vorsatzkammer 38 ist ein rotationssymmetrisches Bauteil mit der Rohrachse des Schallrohres 11 als gedachte Rotationsachse. Sie ist mit ihren Randbereichen durch nicht näher dargestellte Befestigungsmittel am Korbrand 14 fixiert. Ausgehend vom Korbrand 14 weist die Vorsatzkammer 38 einen sich in Axialrichtung 10 konisch verjüngenden Querschnitt auf. Die konische Verjüngung mündet in ein Rohrstück 39. Das Schallrohr 11 ist in Schallführungsrichtung 12 über die Ebene des Korbrandes 14 hinaus etwa bis zum Rohrstück 39 verlängert. Letzteres begrenzt eine Kammeröffnung 40 und umgibt das Schallrohr 11 mit Radialabstand.

In Fig. 13 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorsatzkammer 38 dargestellt. Sie ist plattenartig ausgestaltet und liegt planparallel an der Ebene des Korbrandes 14 an. Die plattenartige Vorsatzkammer 38 ist zentrisch durchbohrt. Die Bohrung ist als Kammeröffnung 40 wirksam. Ein Rohrstück 39 übersteht die Vorsatzkammer 38 in Axialrichtung 10. Ebenso wie im Ausführungsbeispiel des Schalldämpfers 1 gemäß Fig. 12 umgibt das Rohrstück 39 das Schallrohr 11 und begrenzt die Kammeröffnung 40.

Die Vorsatzkammer 38 und das Rohrstück 39 wirken nach Art einer Druckkammer und transformieren dadurch den vom Lautsprecher 2 abgestrahlten Kompensationsschall, bevor er im Bereich der Abstrahlöffnung 13 mit dem Störschall überlagert wird. Durch diese Transformation ist die Lautsprechermembran 4 verbessert an die Luft angepaßt. Der Wirkungsgrad des Schalldämpfers 1 ist weiter verbessert.

Die in verschiedenen Ausführungsformen des Schalldämpfers 1 dargestellten und beschriebenen Komponenten können natürlich auch in Ausführungs-

beispiele integriert werden, in denen diese Komponenten nicht dargestellt oder beschrieben sind. So ist z.B. der anhand von Fig. 1 erläuterte Kühlungskreislauf mit den Kühlungsleitungen 16 und den Bohrungen 15 auch für den Schalldämpfer 1 gemäß den Ausführungsbeispielen Fig. 4 - Fig. 13 geeignet. In diesem Sinne kann z.B. das Bündelungsrohr 34 gemäß Fig. 10 und Fig. 11 selbstverständlich auch mit dem Schalldämpfer 1 gemäß den Ausführungsbeispielen Fig. 1 - Fig. 9 kombiniert werden.

- |    |                        |
|----|------------------------|
| 1  | Schalldämpfer          |
| 2  | Lautsprecher           |
| 3  | Lautsprechergehäuse    |
| 4  | Lautsprechermembran    |
| 5  | Lautsprecherkorb       |
| 6  | Polplatte              |
| 7  | Polplatte              |
| 8  | Ringmagnet             |
| 9  | Polkern                |
| 10 | Axialrichtung          |
| 11 | Schallrohr             |
| 12 | Schallführungsrichtung |
| 13 | Abstrahlöffnung        |
| 14 | Korbrand               |
| 15 | Bohrung                |
| 16 | Kühlungsleitung        |
| 17 | Hohlraum               |
| 18 | Schalldämpfer          |
| 19 | Abgasrohr              |
| 20 | Halbschale             |
| 21 | Halbschale             |
| 22 | Stützplatte            |
| 23 | Stützplatte            |
| 24 | Dämpfungsmaterial      |
| 25 | Schallwand             |
| 26 | Raumwand               |
| 27 | Zwischenrohr           |
| 28 | Rohrkanal              |
| 29 | Isolierschicht         |
| 30 | Dämpfungsmaterial      |
| 31 | Vorsatzrohr            |
| 32 | Perforation            |
| 33 | Abgasöffnung           |
| 34 | Bündelungsrohr         |
| 35 | Schutzgitter           |
| 36 | Gitteröffnung          |
| 37 | Mikrofon               |
| 38 | Vorsatzkammer          |
| 39 | Rohrstück              |
| 40 | Kammeröffnung          |
| 41 | Aussparung             |
| 42 | Kapselung              |
| 43 | Rohrachse              |
| 44 | Rohrradius             |

**Patentansprüche**

1. Aktiver Schalldämpfer (1) für die Kompensation des von einer Störschallquelle durch eine Abstrahlöffnung (13) hindurch abgestrahlten Störschalls, mit einem Lautsprecher (2) zur Abstrahlung von Kompensationsschall derart, daß sich die beiden Schallfelder von Störschall und Kompensationsschall durch Interferenz gegenseitig abschwächen oder auslöschen,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Lautsprecher (2)
- mit seiner Längsachse zum Zentrum der Abstrahlöffnung (13) etwa konzentrisch angeordnet ist, und
  - mit seiner den Kompensationsschall erzeugenden Lautsprechermembran (4) die Abstrahlöffnung (13) radial umgibt.
2. Schalldämpfer nach Anspruch 1,  
gekennzeichnet durch  
einen elektrodynamisch angetriebenen Lautsprecher (2).
3. Schalldämpfer nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Lautsprecher (2) ein Konuslautsprecher ist.
4. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Lautsprechermembran (4) etwa in der Ebene der Abstrahlöffnung (13) einliegt.
5. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Abstrahlöffnung (13) die Rohrmündung eines Störschall führenden Schallrohres (11), z. B. eines Abgasrohres, ist.
6. Schalldämpfer nach Anspruch 5, mit einer Polplatte (6), einem Ringmagnet (8) und einem Polkern (9) als Bestandteile des Magnetsystems eines elektrodynamischen Lautsprechers (2),  
dadurch gekennzeichnet,
- daß das Magnetsystem das Schallrohr (11) radial umgibt, und
  - daß hierzu die Polplatte (6) und der Polkern (9) entlang der Längsachse des Lautsprechers (2) zentrisch durchbohrt sind.
7. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Lautsprecher (2) das Schallrohr (11) mit Radialabstand umgibt, wobei der durch den Radialabstand gebildete Zwischenraum verschlossen
- ist.
8. Schalldämpfer nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Zwischenraum durch eine wärmedämmende Isolierschicht (29) verschlossen ist.
9. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Lautsprecher (2) das Schallrohr (11) unter Zwischenlage eines das Schallrohr (11) mit Radialabstand umfassenden Zwischenrohres (27) umgibt.
10. Schalldämpfer nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der durch den Radialabstand von Schallrohr (11) und Zwischenrohr (27) gebildete Rohrkanal (28) in Axialrichtung (10) mindestens im Bereich des Magnetsystems von der Isolierschicht (29) durchsetzt ist.
11. Schalldämpfer nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Rohrkanal (28) von einem Kühlmittel zur Kühlung des Lautsprechers (2) durchströmt ist.
12. Schalldämpfungssystem nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Rohrkanal (28) in Axialrichtung (10) an der Abstrahlöffnung (13) verschlossen ist.
13. Schalldämpfer nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Rohrkanal (28) mittels der darin einliegenden Isolierschicht (29) verschlossen ist.
14. Schalldämpfer nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Zwischenrohr (27) ein Baßreflexrohr ist, dessen Baßreflexöffnung die Abstrahlöffnung (13) umgibt.
15. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Polkern (9) des Magnetsystems mindestens eine als Kühlkanal wirksame Bohrung (15) zum Durchfluß von Kühlmittel enthält.
16. Schalldämpfer nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Polkern (9) mehrere, entlang seiner Umfangsrichtung angeordnete Bohrungen (15) enthält, die fluidisch miteinander verbunden sind.
17. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden

- Ansprüche, mit einem Lautsprecherkorb (5) zur Befestigung und Zentrierung der Lautsprechermembran (4),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Korbrand (14) des Lautsprecherkorbes (5) von einer Schallwand (25) umgeben und daran befestigt ist. 5
- 18.** Schalldämpfer nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, 10  
daß die Schallwand (25) Bestandteil eines geschlossenen Lautsprechergehäuses (3) ist, welches gegebenenfalls eine Aussparung (41) zur Durchführung des Schallrohres (11) enthält. 15
- 19.** Schalldämpfer nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
  
- daß das Schallrohr (11) das Abgasrohr eines Verbrennungsmotors ist, und  
- daß das Lautsprechergehäuse (3) das Gehäuse eines Schalldämpfers (1) ist. 20
- 20.** Schalldämpfer nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet, 25  
  
- daß das Schallrohr (11) das Abgasrohr (19) eines Kraftfahrzeugs ist, und  
- daß das Lautsprechergehäuse (3) das Gehäuse eines an Kraftfahrzeugen montierbaren Schalldämpfers (1,18) ist. 30
- 21.** Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 18 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, 35  
daß der Hohlraum des Lautsprechergehäuses (3) zumindest teilweise mit schallschluckendem Dämpfungsmaterial (30) ausgefüllt ist.
- 22.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 40  
dadurch gekennzeichnet,  
  
- daß die Abstrahlöffnung (13) die Rohrmündung eines Abgasrohres ist, und  
- daß an die Rohrmündung ein an seinem Rohrmantel akustisch transparent perforiertes Vorsatzrohr (31) angeschlossen ist, welches das Abgasrohr in Schallführungsrichtung (12) verlängert. 45
- 23.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, 50  
daß am Korbrand (14) des Lautsprechers (2) ein akustisch transparent perforiertes Schutzgitter (35) befestigt ist, welches
- die Vorderseite der Lautsprechermembran (4) abdeckt und  
- eine zentrale, die Abstrahlöffnung (13) radial umgebende Gitteröffnung (36) aufweist.
- 24.** Schalldämpfer nach Anspruch 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Schutzgitter (35) plattenartig in einer einzigen Ebene einliegt.
- 25.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sich an der Vorderseite der Lautsprechermembran (4) am Korbrand (14) ein koaxial zur Abstrahlöffnung (13) angeordnetes Bündelungsrohr (34) für die Bündelung des Störschalls und des Kompensationsschalls anschließt.
- 26.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das perforierte Vorsatzrohr (31) und das Bündelungsrohr (34) in Schallführungsrichtung (12) etwa bündig abschließen.
- 27.** Schalldämpfer nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß am Abschlußbund des Bündelungsrohres (34) ein akustisch transparent perforiertes Schutzgitter (35) befestigt ist, welches den vom Bündelungsrohr (34) eingeschlossenen Innenraum in Axialrichtung (10) abdeckt.
- 28.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein Sensor zur Aufnahme des kompensierten Störschalls innerhalb des Bündelungsrohres (34) angeordnet ist.
- 29.** Schalldämpfer nach Anspruch 28,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Sensor innerhalb des Bündelungsrohres (34) mit Radialabstand bezüglich der in Axialrichtung (10) verlaufenden Rohrachse (43) des Bündelungsrohres (34) angeordnet ist.
- 30.** Schalldämpfer nach Anspruch 29,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Radialabstand bezüglich der Rohrachse (43) des Bündelungsrohres (34) etwa der 0,6-fache Abstand zwischen der Rohrachse (43) und der Innenwand des Bündelungsrohres (34) ist.
- 31.** Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 28 bis 30,  
dadurch gekennzeichnet,

daß der Sensor ein Mikrophon (37) ist.

**32.** Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,  
daß am Korbrand (14) eine rotationssymmetrisch ausgebildete und schallundurchlässige Vorsatzkammer (38) befestigt ist,

- die die Vorderseite der Lautsprechermembran (4) haubenartig abdeckt und
- die eine zentrale, die Abstrahlöffnung (13) mit Radialabstand umgebende Kammeröffnung (40) aufweist.

**33.** Schalldämpfer nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohrstück (39)

- zentral an der dem Lautsprecher (2) in Axialrichtung (10) abgewandten Seite der Vorsatzkammer (38) befestigt ist, und
- mit seiner Rohrwand die Kammeröffnung (40) in Radialrichtung begrenzt.

**Claims**

**1.** An active sound damper (1) for compensating the interference noise radiated by an interference noise source through a radiation opening (13), with a loudspeaker (2) for radiating compensating sound in such a way that the two sound fields of the interference noise and compensating sound reciprocally attenuate or cancel one another out by interference, characterized in that the loudspeaker (2)

- is arranged with its longitudinal axis approximately concentrically with the centre of the radiation opening (13), and
- radially surrounds the radiation opening (13) with its loudspeaker cone (4) generating the compensating sound.

**2.** A sound damper according to claim 1, characterized by an electrodynamically driven loudspeaker (2).

**3.** A sound damper according to claim 2, characterized in that the loudspeaker (2) is a conical loudspeaker.

**4.** A sound damper according to one of claims 1 to 3, characterized in that the loudspeaker cone (4) lies approximately in the plane of the of the radiation opening (13).

**5.** A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that the radiation opening (13) is the pipe opening of a sound pipe (11), for example of an exhaust pipe (19), carrying the interference noise.

**6.** A sound damper according to claim 5, with a pole plate (6), a ring magnet (8) and a pole core (9) as components of the magnetic system of an electrodynamic loudspeaker (2), characterized in that

- the magnetic system radially surrounds the sound pipe (11), and
- that, for this purpose, the pole plate (6) and the pole core (9) are centrally drilled through along the longitudinal axis of the loudspeaker (2).

**7.** A sound damper according to one of claims 1 to 6, characterized in that the loudspeaker (2) surrounds the sound pipe (11) with a radial interspacing, in which arrangement the intermediate space formed by the radial interspacing is closed.

**8.** A sound damper according to claim 7, characterized in that the intermediate space is closed by a heat insulating layer (29).

**9.** A sound damper according to one of claims 6 to 8, characterized in that the loudspeaker (2), surrounds the sound pipe (11) with the interposition of an intermediate pipe (27) surrounding the sound pipe (11) with a radial interspacing.

**10.** A sound damper according to claim 9, characterized in that the pipe duct (28) formed by the radial interspacing of the sound pipe (11) and the intermediate pipe (27) is filled in the axial direction (10) by the insulating layer (29), at least in the zone of the magnetic system.

**11.** A sound damper according to claim 9 or 10, characterized in that the pipe duct (28) is traversed by a coolant for cooling the loudspeaker (2).

**12.** A sound damper according to claim 10 or 11, characterized in that the pipe duct (28) is closed in the axial direction (10) at the radiation opening (13).

**13.** A sound damper according to claim 12, characterized in that

the pipe duct (28) is closed by means of the insulating layer (29) disposed therein.

14. A sound damper according to claim 9, characterized in that the intermediate pipe (27) is a bass reflex tube whose bass reflex opening surrounds the radiation opening (13). 5
15. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that the pole core (9) of the magnetic system has at least one bore (15) acting as a cooling duct for the flow of the coolant therethrough. 10 15
16. A sound damper according to claim 15, characterized in that the pole core (9) has several bores (15) arranged along its circumferential direction which fluidically communicate with one another. 20
17. A sound damper according to one of the preceding claims, with a loudspeaker frame (5) for fastening and centring the loudspeaker cone (4), characterized in that the frame edge (14) of the loudspeaker frame (5) is surrounded by an acoustic baffle (25) and is fastened thereon. 25 30
18. A sound damper according to claim 17, characterized in that the acoustic baffle (25) is a component of a closed loudspeaker housing (3) which, if required, comprises an opening (41) for passing the sound pipe (11) therethrough. 35
19. A sound damper according to claim 18, characterized in that 40
- the sound pipe (11) is the exhaust pipe of a combustion engine, and
  - that the loudspeaker housing (3) is the housing of a sound damper (1),
20. A sound damper according to claim 19, characterized in that 45
- the sound pipe (11) is the exhaust pipe (19) of a motor vehicle, and 50
  - that the loudspeaker housing (3) is the housing of a sound damper (1, 18) mounted on motor vehicles.
21. A sound damper according to one of claims 18 to 20, characterized in that the hollow space of the loudspeaker housing (3) is

filled, at least partially, by a sound absorbing damping material (30).

22. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that
- the radiation opening (13) is the pipe opening of an exhaust pipe, and
  - that an acoustically transparent perforated front attachment pipe (31) is joined to the pipe opening at its pipe jacket, which front attachment pipe extends the exhaust pipe in the sound carrying direction (12).
23. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that an acoustically transparent perforated protective screen (35) is fastened on the frame edge (14) of the loudspeaker (2), which screen
- covers the front side of the loudspeaker cone (4) and
  - has a central screen opening (36) radially surrounding the radiation opening (13).
24. A sound damper according to claim 23, characterized in that the screen opening (36) lies in the manner of a plate in a single plane.
25. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that at the front side of the loudspeaker cone (4) there is joined at the frame edge (14) a concentrating pipe (34) arranged coaxially with the radiation opening (13), for concentrating the interference noise and the compensating sound.
26. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that the perforated front attachment pipe (31) and the concentrating pipe (34) end approximately flush in the sound carrying direction (12).
27. A sound damper according to claim 26, characterized in that on the end collar of the concentrating pipe (34), there is fastened an acoustically transparent perforated protective screen (35) which covers the internal space enclosed by the concentrating pipe (34) in the axial direction.
28. A sound damper according to one of the preceding claims,

characterized in that at least one sensor is arranged inside the concentrating pipe (34) for receiving the compensated interference noise.

29. A sound damper according to claim 28, characterized in that the sensor is arranged inside the concentrating pipe (34) with a radial interspacing with respect to the pipe axis (43) of the concentrating pipe (34), extending in the axial direction (10).

30. A sound damper according to claim 29, characterized in that the radial interspacing with respect to the pipe axis (43) of the concentrating pipe (34) is approximately 0.6 times the interspacing between the pipe axis (43) and the internal side of the concentrating pipe (34).

31. A sound damper according to one of claims 28 to 30, characterized in that the sensor is a microphone (37).

32. A sound damper according to one of the preceding claims, characterized in that on the frame edge (14) there is fastened an attachment chamber (38) designed in rotational symmetry and being impermeable to sound,

- which covers the front side of the loudspeaker cone (4) in the manner of a hood, and
- which has a central chamber opening (40) surrounding the radiation opening (13) with a radial interspacing.

33. A sound damper according to claim 32 characterized in that a pipe section (39)

- is fastened to the side of the attachment chamber (38) remote from the loudspeaker (2) in the axial direction (10), and
- delimits with its pipe wall the chamber opening (40) in the radial direction.

## Revendications

1. Amortisseur de bruit actif (1) destiné à la compensation du bruit parasite rayonné depuis une source de bruits parasites, à travers une ouverture d'émission de rayonnement (13), avec un haut-parleur (2) destiné à émettre un bruit de compensation, de manière que les deux champs sonores, du bruit parasite et du bruit de compensation, s'affaiblissent ou

s'annulent mutuellement par interférence, caractérisé en ce que le haut-parleur (2)

- est disposé avec son axe longitudinal à peu près concentriquement par rapport au centre de l'ouverture d'émission de rayonnement (13), et
- entoure radialement l'ouverture d'émission de rayonnement (13) par sa membrane de haut-parleur (4), générant le bruit de compensation.

2. Amortisseur de bruit selon la revendication 1, caractérisé par un haut-parleur (2) entraîné de façon électrodynamique.

3. Amortisseur de bruit selon la revendication 2, caractérisé en ce que le haut-parleur (2) est un haut-parleur conique.

4. Amortisseur de bruit selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la membrane de haut-parleur (4) est placée à peu près dans le plan de l'ouverture d'émission de rayonnement (13).

5. Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ouverture d'émission de rayonnement (13) est l'embouchure tubulaire d'un tube acoustique (11) guidant un bruit parasite, par exemple un tuyau de gaz d'échappement.

6. Amortisseur de bruit selon la revendication 5, avec une plaque de pôle (6), un aimant annulaire (8) et un noyau de pôle (9), à titre de constituants du système magnétique d'un haut-parleur électrodynamique (2), caractérisé

- en ce que le système magnétique entoure radialement le tube acoustique (11), et
- en ce qu'à cette fin la plaque polaire (6) et le noyau de pôle (9) sont traversés par un perçage de façon centrée le long de l'axe longitudinal du haut-parleur (2).

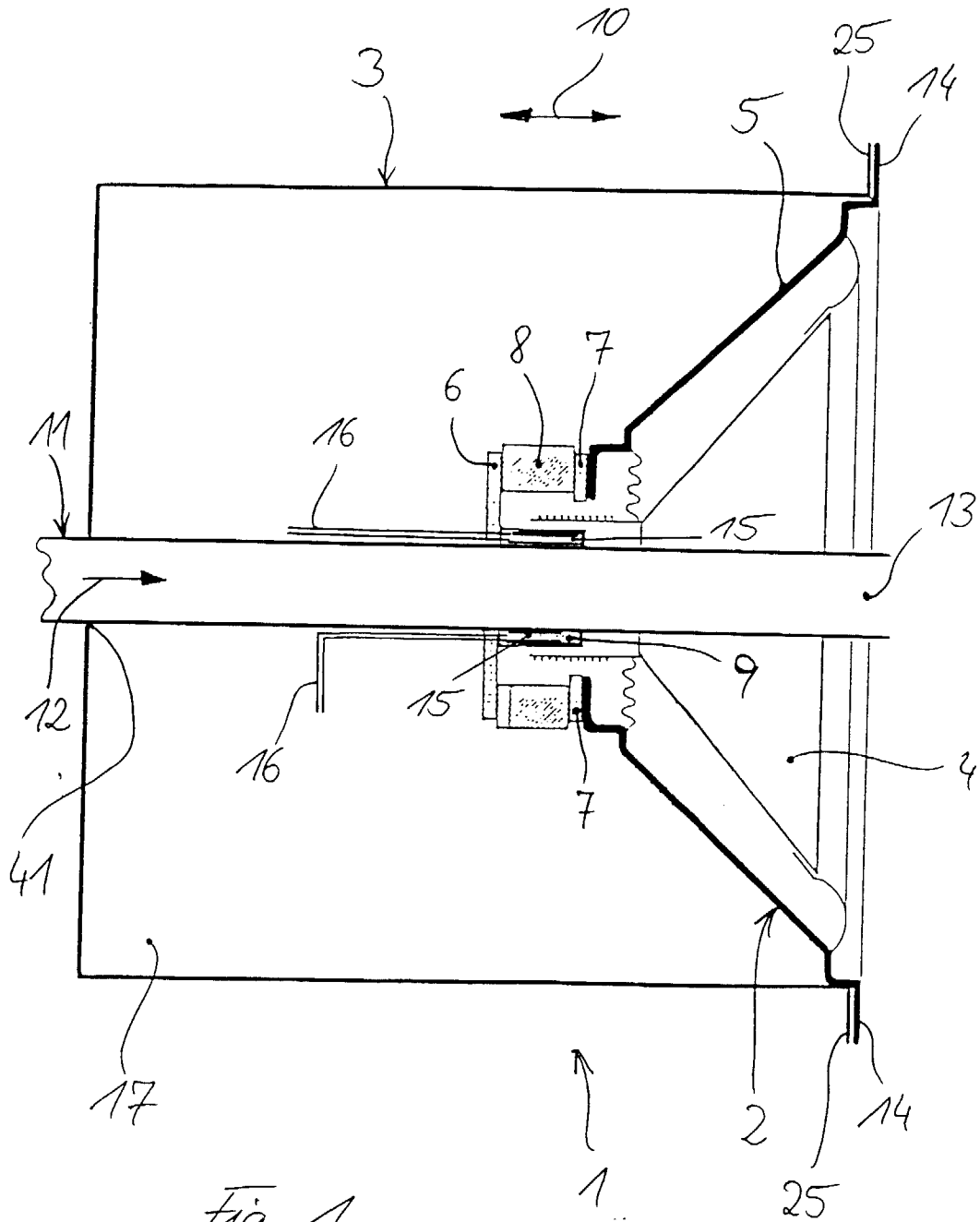
7. Amortisseur de sons selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le haut-parleur (2) entoure le tube acoustique (11) avec un espacement radial, l'espace intermédiaire constitué par l'espacement radial étant fermé.

8. Amortisseur de bruit selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'espace intermédiaire est fermé par une couche isolante (29) isolant de la chaleur.

9. Amortisseur de bruit selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que le haut-parleur (2) entoure le tube acoustique (11) avec interposition d'un tube intermédiaire (27) entourant le tube acousti-

- que (11) avec un espacement radial.
- 10.** Amortisseur de bruit selon la revendication 9, caractérisé en ce que le canal tubulaire (28) constitué par l'espacement radial entre le tube acoustique (11) et le tube intermédiaire (27) est traversé dans la direction axiale (10), au moins dans la zone du système magnétique, par la couche isolante (29).
- 11.** Amortisseur de bruit selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le canal tubulaire (28) est traversé par un écoulement de fluide de refroidissement destiné à refroidir le haut-parleur (2).
- 12.** Système d'amortisseur du bruit selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que le canal tubulaire (28) est fermé dans la direction axiale (10) au niveau de l'ouverture d'émission de rayonnement (13).
- 13.** Amortisseur de bruit selon la revendication 12, caractérisé en ce que le canal tubulaire (28) est fermé au moyen de la couche isolante (29) y étant insérée.
- 14.** Amortisseur de bruit selon la revendication 9, caractérisé en ce que le tube intermédiaire (27) est un tube bass-reflex, dont l'ouverture bass-reflex entoure l'ouverture d'émission de rayonnement (13).
- 15.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le noyau de pôle (9) du système magnétique contient au moins un perçage (15) agissant à titre de canal de refroidissement, pour permettre le passage d'un écoulement de fluide de refroidissement.
- 16.** Amortisseur de bruit selon la revendication 15, caractérisé en ce que le noyau de pôle (9) contient plusieurs perçages (15) disposés le long de sa direction périphérique, reliés entre eux de façon fluide.
- 17.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, comportant un saladier de haut-parleur (5) destiné à la fixation et au centrage de la membrane de haut-parleur (4), caractérisé en ce que le bord de saladier (14), du saladier de haut-parleur (5) est entouré par une paroi acoustique (25) et y est fixé.
- 18.** Amortisseur de bruit selon la revendication 17, caractérisé en ce que la paroi acoustique (25) fait partie d'un carter de haut-parleur (3) fermé qui contient, le cas échéant, un évidement (14) destiné au passage du tube acoustique (11).
- 19.** Amortisseur de bruit selon la revendication 18, caractérisé
- en ce que le tube acoustique (11) est le tuyau de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne, et
  - en ce que le carter de haut-parleur (3) est le carter d'un amortisseur de bruit (1).
- 20.** Amortisseur de bruit selon la revendication 19, caractérisé
- en ce que le tube acoustique (11) et le tuyau de gaz d'échappement (19) d'un véhicule automobile, et
  - en ce que le carter de haut-parleur (3) est le carter d'un amortisseur de bruit (1, 18) susceptible d'être monté sur des véhicules automobiles.
- 21.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisé en ce que l'espace creux du carter de haut-parleur (3) est rempli au moins partiellement d'un matériau d'amortissement (30) absorbant les bruits.
- 22.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé
- en ce que l'ouverture d'émission de rayonnement (13) est l'embouchure tubulaire d'un tuyau de gaz d'échappement, et
  - en ce qu'à l'embouchure tubulaire est raccordé un tube adaptateur (31) perforé transparent acoustiquement sur son enveloppe tubulaire, qui prolonge le tuyau de gaz d'échappement dans la direction (12) de guidage de bruit.
- 23.** Amortisseur de bruit selon les revendications précédentes, caractérisé en ce que, sur le bord de saladier (14) du haut-parleur (2) est fixé une grille de protection (35) perforée, transparente acoustiquement, qui
- recouvre la face avant de la membrane de haut-parleur (4), et
  - présente une ouverture de grille (36) centrale, entourant radialement l'ouverture d'émission de rayonnement (13).
- 24.** Amortisseur de bruit selon la revendication 23, caractérisé en ce que la grille de protection (35) est placée, à la façon d'un plateau, dans un plan unique.
- 25.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à la face avant de la membrane de haut-parleur (4), sur le bord de saladier (14), est raccordé un tube de focalisation (34) disposé coaxialement par rapport à l'ouverture d'émission de rayonnement (13), pour assurer la fo-

- calisation du bruit parasite et du bruit de compensation.
- 26.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube adaptateur (31) perforé et le tube de focalisation (34) se raccordent de façon affleurée dans la direction de guidage du bruit (12). 5
- 27.** Amortisseur de bruit selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'à la collerette de délimitation du tube de focalisation (34) est fixée une grille de protection (35) perforée, transparente acoustiquement, qui recouvre, dans la direction axiale (10), l'espace intérieur enclos par le tube de focalisation (34). 10  
15
- 28.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins un capteur, destiné à capter le bruit parasite compensé, est disposé à l'intérieur du tube de focalisation (34). 20
- 29.** Amortisseur de bruit selon la revendication 28, caractérisé en ce que le capteur est disposé à l'intérieur du tube de focalisation (34) avec un espacement radial par rapport à l'axe de tube (43), s'étendant en direction axiale (10), du tube de focalisation (34). 25
- 30.** Amortisseur de bruit selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'espacement radial par rapport à l'axe de tube (43) du tube de focalisation (34) est à peu près de 0,6 fois l'espacement entre l'axe de tube (43) et la paroi intérieure du tube de focalisation (34). 30  
35
- 31.** Amortisseur de bruit selon l'une des revendications 28 à 30, caractérisé en ce que le capteur est un microphone (37). 40
- 32.** Amortisseur de bruit selon les revendications précédentes, caractérisé en ce que sur le bord de saladier (14) est fixé une chambre d'adaptateur (34), de configuration répondant à une symétrie de rotation et imperméable au bruit, 45
- qui recouvre, à la façon d'un capot, la face avant de la membrane de haut-parleur (4), et
  - qui présente une ouverture de chambre (40) centrale, entourant avec un espacement radial l'ouverture d'émission de rayonnement (13). 50
- 33.** Amortisseur de bruit selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'une pièce tubulaire (39) 55
- est fixée centralement sur la face, opposée en direction axiale (10) au haut-parleur (2), de la chambre d'adaptateur (38), et
- délimite en direction radiale l'ouverture de chambre (40) par sa paroi tubulaire.



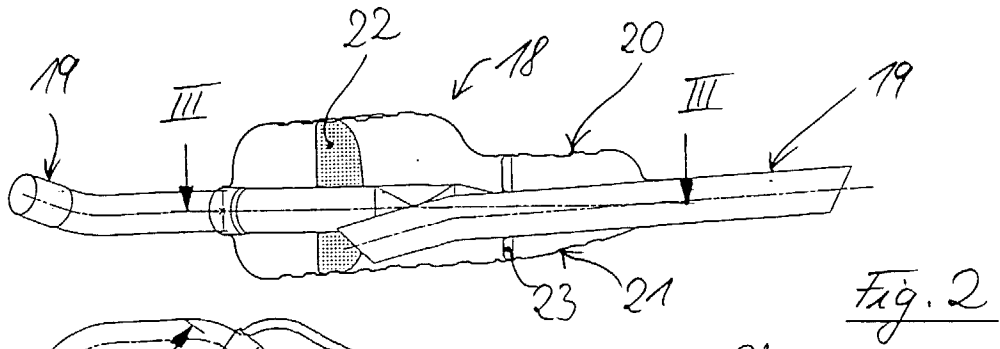


Fig. 2

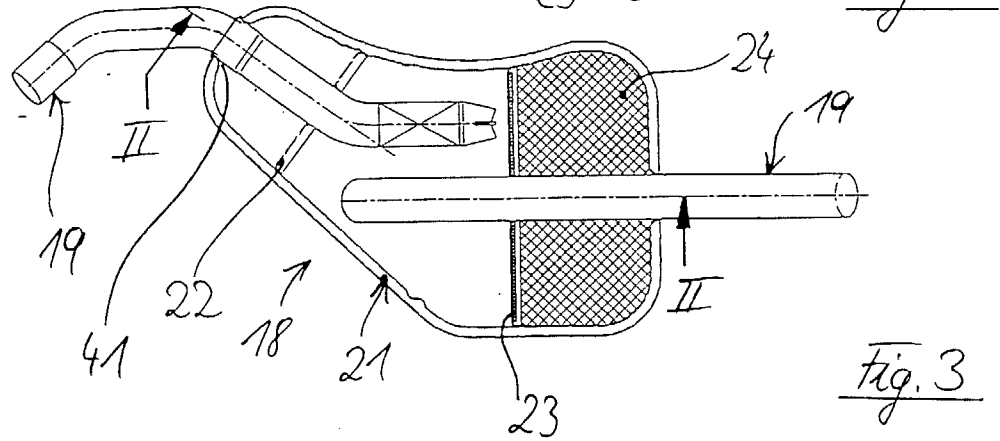


Fig. 3

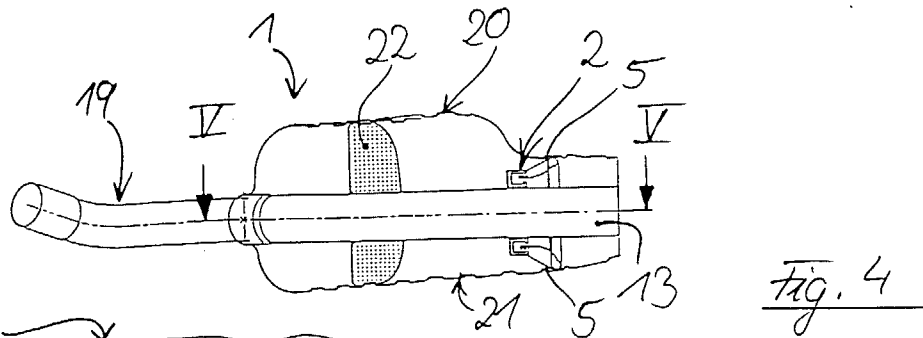


Fig. 4

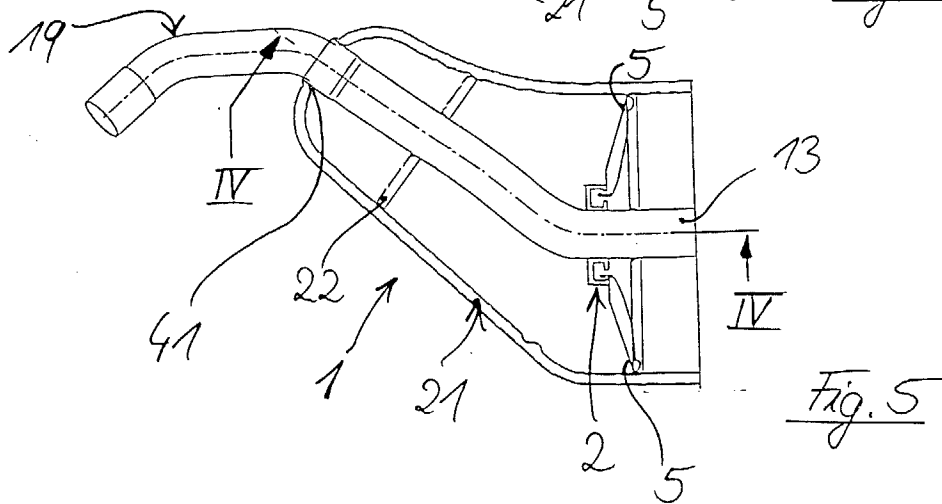


Fig. 5

