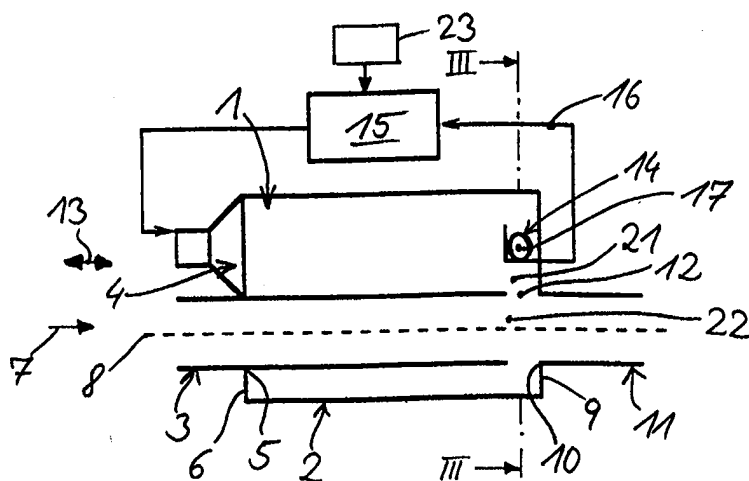


(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : F01N	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/22700 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 28. Mai 1998 (28.05.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/06441 (22) Internationales Anmeldedatum: 18. November 1997 (18.11.97) (30) Prioritätsdaten: 196 47 568.6 18. November 1996 (18.11.96) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LEISTRITZ AG & CO. ABGASTECHNIK [DE/DE]; Herbolshofer Strasse 35, D-90765 Fürth (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEHRINGER, Frank, Jürgen [DE/DE]; Zur Schleifmühle 1, D-96129 Wernsdorf (DE). (74) Anwälte: TERGAU, Enno usw.; Mögeldorfer Hauptstrasse 51, D-90482 Nürnberg (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: ACTIVE EXHAUST SILENCER

(54) Bezeichnung: AKTIVER SCHALLDÄMPFER



(57) Abstract

Disclosed is an active exhaust silencer in the form of a hollow body (1) comprising at least one moveable wall (4) and one opening (21). The inventive device is characterized by an acoustic coupling between said opening (21) and a noise channel (3, 11) designed to direct the noise. The active exhaust silencer is also fitted with a system (15) allowing for a set adjustable sound field impedance value to be compared with a real value recorded in the area close to the acoustic coupling point (12), thereby enabling the moveable wall to be shifted so as to align the real value with the set value.

(57) Zusammenfassung

Ein aktiver Schalldämpfer weist mindestens einen Hohlkörper (1) auf. Der Hohlkörper (1) weist mindestens eine bewegliche Wand (4) und eine Hohlkörperöffnung (21) auf. Die Hohlkörperöffnung (21) ist mit einem zur Führung von Störschall geeigneten Störschallkanal (3, 11) akustisch gekoppelt. Der aktive Schalldämpfer enthält außerdem eine Einrichtung (15), welche einen einstellbaren Sollwert mit einem im Bereich der akustischen Kopplungsstelle (12) anstehenden Istwert einer Schallfeldimpedanz vergleicht und zur Regelung des Istwertes auf den Sollwert die Bewegung der beweglichen Wand (4) bestimmt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

- 1 -

Beschreibung

Aktiver Schalldämpfer

Die Erfindung betrifft einen Schalldämpfer.

Aus DE-A-4 226 885 ist eine Anordnung zur aktiven Schallabsorption bei Kraftfahrzeugen bekannt. Diese Anordnung enthält einen Helmholtz-Resonator. In diesem Helmholtz-Resonator ist ein Lautsprecher integriert, um unterschiedliche Hohlraumvolumina des Helmholtz-Resonators zu realisieren. Dieser aktive Helmholtz-Resonator absorbiert den in seiner Umgebung, z. B. im Fahrgastraum des Kraftfahrzeuges vorhandenen Störschall. Hierzu wird dem Schallfeld in der Umgebung des Helmholtz-Resonators Energie entzogen, indem Schallenergie durch den flaschenhalsartigen Eingang des Helmholtz-Resonators in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Aus DE-A-4 317 403 und aus WO-A-93 05282 sind Anordnungen zur aktiven Schalldämpfung bekannt, bei denen eine einen Lautsprecher enthaltende Kammer von einem Störschallkanal abgezweigt ist. Der Lautsprecher soll derart Kompensationsschall abstrahlen, daß sich die beiden Schallfelder von Störschall und Kompensationsschall durch Überlagerung gegenseitig auslöschen bzw. abschwächen. In WO-A-93 05282 wird ein Kontrollmikrofon an einem nicht näher festgelegten Ort positioniert. Dieses Kontrollmikrofon soll in Verbindung mit einer Kontrolleinheit den Kompensationsschall des Lautsprechers so regeln, daß sich am Ort des Kontrollmikrofons die Abschwächung bzw. Auslöschung einstellt. Diese aufwendige Ausgestaltung des Übertragungsweges zwischen Lautsprecher und Kontrollmikrofon verteuert einerseits die Herstellung des Schalldämpfers und führt andererseits aufgrund der komplizierten Übertragungsfunktion zu Stabilitätsproblemen im Regelkreis und begrenzt ferner seine Regelgeschwindigkeit aufgrund der langen Laufzeit der Kompensationsschallwellen vom Lautsprecher bis zum Kontrollmikrofon. Daher ist die Schalldämpfung oftmals unzureichend. Dieser Nachteil wird dadurch noch verstärkt, daß die mit Hilfe des Kontrollmikro-

BESTÄTIGUNGSKOPIE

- 2 -

fons an irgendeinem Ort gemessene lokale Überlagerung von Schallwellen keine zuverlässige Aussage darüber zuläßt, ob sich hinter der zwischen der Kammer und dem Störschallkanal angeordneten Kopplungsstelle nicht doch noch Störschall bis zur Mündung des Störschallkanals ausbreitet.

Bei der passiven Schalldämpfung werden häufig Anordnungen eingesetzt, bei denen es genau dann zu guter Schalldämpfung kommt, wenn an einer Stelle eines Störschallkanales eine vom Wellenwiderstand dieses Kanals stark abweichende Schallfeldimpedanz erzeugt wird. Durch diese Fehlanpassung entsteht an dieser Stelle eine Reflexion des Störschalles. Deshalb werden derartige Anordnungen als Reflexionsschalldämpfer bezeichnet. Eine vom Wellenwiderstand des Störschallkanales stark abweichende Schallfeldimpedanz ergibt sich z. B. an einem offenen Ausgang eines Hohlkörpers, wenn dieser mit seiner Resonanzfrequenz erregt wird. In diesem Fall geht die Schallfeldimpedanz am Ausgang des Hohlkörpers gegen Null. Eine konstruktiv besonders einfache Ausgestaltung dieses Hohlkörpers ist ein sogenannter $\lambda/4$ -Resonator. Derartige Resonatoren sind z.B. aus „Abgasschalldämpfer für Kraftfahrzeuge“, *Die Bibliothek der Technik Bd. 83, S. 21, Abb. 13, verlag moderne industrie AG, 1993, ISBN 3-478-93076-6* bekannt. Hierbei ist es bekannt, daß von einem den Störschall führenden Kanal oder einer Rohrleitung ein abgeschlossenes Rohrstück nach Art eines Resonators abgezweigt wird. Die Abzweigungsstelle bildet eine akustische Kopplungsstelle des Resonators. In diesem Resonator ist ein Schallfeld dann in Resonanz, wenn $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge oder ein ungeradzahliges Vielfaches davon in den Hohlraum des Resonators paßt. Nachteilig an diesem Resonator ist es, daß eine gute Schalldämpfung immer nur dann erreicht wird, wenn exakt $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge oder ein ungeradzahliges Vielfaches davon gleich der akustisch wirksamen Länge des Resonators ist. Die Ursache hierfür liegt in den entsprechend der konstruktiven Ausgestaltung des Resonators fest vorgegebenen physikalischen Bedingungen an der ein offenes Resonatorenende bildenden akustischen Kopplungsstelle und an einem dem offenen Resonatorenende gegenüberliegenden geschlossenen Resonatorenende: Am geschlossenen Resonatorenende werden Schallwellen ohne Phasensprung, am offenen Resonatorenende hingegen mit 180° Phasensprung reflektiert. Daher sind nur bei bestimmten Wellenlängen Resonan-

- 3 -

zen und damit gute Schalldämpfung möglich. Ein weiterer Nachteil bei diesem Resonator besteht darin, daß zur Dämpfung tiefer Frequenzen besonders große und somit raumaufwendige Resonatorlängen erforderlich sind.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schalldämpfer zu schaffen, der mit einfachen Mitteln eine an die jeweiligen Erfordernisse angepaßte Schalldämpfung erzielt.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination des Anspruches 1 gelöst.

10 Der erfindungsgemäße aktive Schalldämpfer enthält mindestens einen Hohlkörper, dessen offenes Hohlkörperende (= Hohlkörperöffnung) die akustische Kopplung bzw. eine akustische Kopplungsstelle zu einem Störschall führenden Kanal bewirkt. Der aktive Schalldämpfer arbeitet nach dem Anpassungsprinzip, d. h. im Bereich der akustischen Kopplungsstelle wird künstlich eine im Betrieb veränderbare Schallfeldimpedanz
15 erzeugt, welche an den Wellenwiderstand des Störschallkanales je nach erforderlicher Dämpfungswirkung „angepaßt“ wird. Durch diese Anpassung der Schallfeldimpedanz - z. B. auch extreme Fehlanpassung - kann für unterschiedliche Frequenzen des Störschalls eine verschieden große oder bewußt keine Schalldämpfung erzielt werden, wenn dies erwünscht oder erforderlich ist. Hierdurch ist der erfindungsgemäße Schall-
20 dämpfer gegenüber vorbekannten Schalldämpfern vielseitiger einsetzbar bei gleichzeitig konstruktiv einfacher und kostengünstiger Ausgestaltung. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Störschall in einem Rohr geführt wird, wie dies z. B. bei Abgasanlagen oder Lüftungskanälen der Fall ist. Der Hohlkörper ist durch mehrere Wände begrenzt.
25 Von diesen Wänden ist mindestens eine Wand oder ein Wandsegment - nachfolgend „bewegliche Wand“ - beweglich.

Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, die Ausbreitung des Störschalles im Störschallkanal mittels des Anpassungsprinzips zu beeinflussen. Hierzu wird im Bereich
30 der akustischen Kopplungsstelle eine Schallfeldimpedanz künstlich erzwungen, welche an den Wellenwiderstand des Störschallkanales derart angepaßt ist, daß sich innerhalb

des Störschallkanales die gewünschte Beeinflussung des Störschalles einstellt. Bei dieser Beeinflussung handelt es sich z. B. um eine Totalreflexion des Störschalles an einer sogenannten Anpassungsstelle im Störschallkanal, so daß sich hinter der Anpassungsstelle kein Störschall mehr ausbreitet. In einem anderen Fall wird ein Sollwert der Schallfeldimpedanz derart eingestellt, daß der Störschall die Anpassungsstelle vollkommen ungedämpft passiert. Falls erforderlich, wird der Sollwert der Schallfeldimpedanz derart eingestellt, daß der Störschall an der Anpassungsstelle teilweise reflektiert und teilweise durchgelassen wird, so daß sich der Störschall hinter der Anpassungsstelle mit einer kleineren Schallamplitude ausbreitet. Die Einstellung des Sollwertes kann abhängig von bestimmten Frequenzen des Störschalles sein. Mit Hilfe der variablen Einstellung der Schallfeldimpedanz entsteht also eine künstliche Geräuschgestaltung (Sound-Design), indem die Schalldämpfung durch Auswahl einer gewünschten Schallfeldimpedanz bewußt beeinflußt werden kann. Somit können mit Hilfe des aktiven Schalldämpfers von ein- und derselben Störschallquelle wunschgemäß unterschiedliche Klangbilder erzeugt werden.

Damit im Bereich der akustischen Kopplungsstelle durch vorherige Auswahl bzw. Einstellung des Sollwertes die gewünschte Schallfeldimpedanz entsteht, ist eine Einrichtung vorgesehen, welche die Bewegung der beweglichen Wand bestimmt. Dabei ist die Bewegungsfunktion der beweglichen Wand derart abgestimmt, daß sich im Bereich der akustischen Kopplungsstelle ein Istwert der Schallfeldimpedanz erzwungen wird, der mit dem eingestellten Sollwert dieser Schallfeldimpedanz möglichst genau übereinstimmt. Die Auswahl und Einstellung des Sollwertes kann z. B. automatisch über eine externe Stellgröße (z.B. Betriebsbedingung des Motors) oder manuell mittels eines Schalters oder mehrerer Schalter, eines Drehknopfes oder dergleichen erfolgen. Vorzugsweise ist das Einstellorgan zur Einstellung des Sollwertes Bestandteil einer Wähleinheit, welche mit der vorgenannten Einrichtung gekoppelt ist. Die einstellbaren Sollwerte sind auf die Schallfeldimpedanz im Bereich der akustischen Kopplungsstelle bezogen. Dementsprechend ist die Bewegungsfunktion der beweglichen Wand abgestimmt.

Der Schalldämpfer ermöglicht also mit Hilfe der beweglichen Wand bei einer Vielzahl von Frequenzen einen einstellbaren Reflexionsgrad der Störschallwellen im Bereich der akustischen Kopplungsstelle. Die zeitliche Bewegungsfunktion der beweglichen Wand wird dabei nach Betrag und Phase derart bestimmt oder geregelt, daß für eine Frequenz oder eine Vielzahl von Frequenzen des Störschalls die Schallfeldimpedanz im Bereich der akustischen Kopplungsstelle je nach Bedarf mehr oder weniger stark an den Wellenwiderstand des Störschallkanales angepaßt ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Hohlkörper mit Hilfe der beweglichen Wand für eine Vielzahl von Frequenzen des Störschalls gewissermaßen als $\lambda/4$ -Resonator wirksam. Hierbei wird an der Hohlkörperöffnung eine minimale Schallfeldimpedanz eingestellt und der Hohlkörper weist in Bewegungsrichtung der beweglichen Wand im wesentlichen keine Änderungen seines Querschnittes auf. Dieser Resonator ermöglicht eine besonders einfache Übertragungsfunktion bzw. einen einfachen Algorithmus zur Ansteuerung der beweglichen Wand. Hierdurch läßt sich auch die Regelschwindigkeit der Übertragungsfunktion bzw. des Algorithmus vorteilhaft erhöhen. Außerdem ermöglicht dieser Hohlkörper einen konstruktionstechnisch einfachen Aufbau des Hohlkörpers.

In einer bevorzugten Ausführungsform verläuft die Bewegungsrichtung der beweglichen Wand quer zur Ausbreitungsrichtung des Störschalls. Hierdurch läßt sich z. B. ein rohrförmiger Hohlkörper mit seiner Hohlkörperöffnung fertigungstechnisch einfach mit einem Störschallkanal akustisch koppeln.

Alternativ verläuft die Bewegungsrichtung der beweglichen Wand parallel zur Ausbreitungsrichtung des Störschalls, wodurch die bewegliche Wand innerhalb des Schalldämpfers raumsparend angeordnet werden kann und quer zur Ausbreitungsrichtung kein zusätzlicher Raum berücksichtigt werden muß. Dieser Vorteil kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn es sich bei der beweglichen Wand um die Membran eines Lautsprechers handelt, welcher auf der Rückseite der Membran und somit außerhalb des Hohlkörpers einen zusätzlichen Raumbedarf zu seiner Kapselung erfordert. Außer-

dem läßt sich eine in Ausbreitungsrichtung bewegliche Wand gut geschützt gegenüber der akustischen Kopplungsstelle positionieren, wenn dies z. B. aufgrund heißer Abgase im Störschallkanal erforderlich ist. Auf diese Weise ist der gegebenenfalls empfindliche Werkstoff der beweglichen Wand gegen einen vorzeitigen Verschleiß verbessert geschützt. Darüberhinaus besteht bei dieser Anordnung die Möglichkeit, einen Meßpunkt zur Messung eines im Bereich der akustischen Kopplungsstelle anstehenden Istwertes der Schallfeldimpedanz in der Ebene des Hohlkörper-Schallfeldes beliebig zu positionieren, ohne die Messung des Schalldrucks zu verfälschen. Dies ist zumindest bei tiefen Frequenzen, d. h. bei ebenen Schallwellen des Hohlkörper-Schallfeldes möglich.

Hierdurch kann der Meßpunkt verhältnismäßig weit entfernt von der akustischen Kopplungsstelle positioniert werden, wodurch z.B. eine im Meßpunkt angeordnete Meßvorrichtung (z. B. Druckwandler; Mikrofon) zur Aufnahme des Schalldrucks vor heißen Abgasen im Störschallkanal verbessert geschützt ist.

Vorzugsweise ist die Einrichtung zur Regelung des Istwertes der Schallfeldimpedanz im Bereich der akustischen Kopplungsstelle Bestandteil eines Regelkreises, der eine Meßvorrichtung zur Messung des Schalldruckes p und/oder der Schallschnelle v aufweist. Mit Hilfe dieser Meßvorrichtung ist der Schalldruck p und/oder die Schallschnelle v im Bereich der akustischen Kopplungsstelle ermittelbar. Durch Regelung des Schalldruckes p und/oder der Schallschnelle v wird der Istwert der Schallfeldimpedanz auf den Sollwert abgestimmt. Hierbei ist dem Fachmann bekannt, daß sich die Schallfeldimpedanz durch $Z = p/v$ ergibt. Auf diese Weise wird eine sehr kleine Schallfeldimpedanz an der akustischen Kopplungsstelle, beispielsweise durch ein Minimum des Schalldruckes p an der Hohlkörperöffnung, erzeugt. Eine sehr große Schallfeldimpedanz an der akustischen Kopplungsstelle wird beispielsweise durch eine minimale Schallschnelle v hervorgerufen. Das von der Meßvorrichtung an die Regeleinheit abgegebene Signal wird in der Regeleinheit mittels eines Algorithmus (z. B. LMS-Algorithmus) verarbeitet. Die Regeleinheit ist z.B. derart ausgelegt, daß im Bereich der akustischen Kopplungsstelle auf ein Minimum oder ein Maximum der Schallfeldimpedanz geregelt wird. Hierzu ist die bewegliche Wand an einen Ausgang der Regeleinheit angeschlossen. Mit Hilfe elektrischer Ausgangssignale der Regeleinheit wird die Wand

- 7 -

angesteuert. Hierbei werden die elektrischen Ausgangssignale je nach technischer Ausführungsform der beweglichen Wand, z. B. in mechanische Antriebskräfte, umgewandelt.

5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung handelt es sich bei der beweglichen Wand um einen elektromechanischen Wandler, insbesondere um die Membran eines Lautsprechers, z.B. eines elektrodynamischen Lautsprechers. Derartige Bauteile sind auf dem Markt vorkonfektioniert kostengünstig erhältlich und halten dadurch die Herstellungskosten des Schalldämpfers gering. Ebenso kostengünstig lassen sich derartige Bauteile
10 erforderlichenfalls austauschen. Die bewegliche Wand kann ebenso aus mehreren elektromechanischen Wandlern oder mehreren Membranen von Lautsprechern aufgebaut sein.

Vorteilhaft ist zur Messung des Istwertes der Schallfeldimpedanz mindestens ein
15 Schalldruckwandler oder ein Schalldrucksensor vorgesehen, welcher an einen Eingang der Regeleinheit angeschlossen ist. Der Ausgang dieser Regeleinheit ist an die bewegliche Wand angeschlossen und dient zu deren Bewegungsantrieb abhängig von den Signalen des Schalldruckwandlers und der in der Regeleinheit enthaltenen Übertragungsfunktion. Zur Messung des Istwertes der Schallfeldimpedanz kann die Meßvorrichtung auch mindestens einen Schallschnellewandler aufweisen. Der mindestens eine
20 Schallschnellewandler ist entweder in Kombination mit dem mindestens einen Schalldruckwandler oder alleine wirksam. Durch entsprechende Orientierung des Schallschnellewandlers kann eine räumliche Ausrichtung der Schallfeldimpedanz vorgenommen werden, wodurch die Dämpfungswirkung ebenfalls beeinflusst werden kann.

25 Vorteilhaft ist der Schalldruckwandler durch ein handelsübliches Bauteil, z. B. durch einen elektromechanischen Wandler, insbesondere durch ein Mikrofon, kostengünstig realisiert. Vorteilhaft wird der Schallschnellewandler durch zwei voneinander beabstandete Schalldruckwandler realisiert. Die Meßvorrichtung bzw. die verwendeten Wandler
30 müssen nicht notwendigerweise im Meßpunkt selbst positioniert sein. Vielmehr ist es auch denkbar, die Wandler vom Meßpunkt entfernt zu positionieren. So wird beispiels-

weise der Schalldruckwandler vom Meßpunkt entfernt positioniert und durch eine Sonde, z.B. eine Rohrsonde, mit dem Meßpunkt verbunden. Diese Sonde ist vorzugsweise durch eine bewegliche Wand des Hohlkörpers hindurchgeführt. Durch diese vom Meßpunkt entfernte Positionierung ist die Meßvorrichtung vor heißen Abgasen oder anderen schädlichen Einflüssen zusätzlich geschützt.

In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Meßpunkt der Meßvorrichtung auf einer Knotenlinie einer höheren Mode des Hohlkörper-Schallfeldes im Bereich der akustischen Kopplungsstelle. Dies sei anhand der Druckknotenlinie des Schalldruckes erläutert: Auf der Druckknotenlinie ist der Schalldruck des unebenen Wellenfeldes dieser höheren Mode, die sich im Hohlkörper des Hohlkörpers ausbildet, Null. Analog ist die Schallschnelle auf der entsprechenden Schallschnelle-Knotenlinie Null. Die vorgenannte Positionierung des Meßpunktes ist deshalb eine einfache Maßnahme, um auch bei höheren Frequenzen nur die entsprechende Feldgröße des interessierenden ebenen Schallfeldes (= Grundmode) zu messen. Auf diese Weise werden fehlerhaft vorge-
täuschte Meßsignale und hierdurch verursachte fehlerhafte Bewegungsabläufe der beweglichen Wand vermieden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung enthält der Schalldämpfer zwei Hohlkörper mit einem gemeinsamen Bereich einer akustischen Kopplungsstelle, wobei die beweglichen Wände der beiden Resonsatoren vorzugsweise einander gegenüberliegend angeordnet sind. Hierdurch läßt sich der erforderliche Verschiebeweg einer einzigen beweglichen Wand auf zwei bewegliche Wände aufteilen. Dadurch entsteht vorteilhaft eine Reduzierung der mechanischen und/oder elektrischen Leistung zur Ansteuerung der einzelnen beweglichen Wand.

In einer bevorzugten Ausführungsform schwingen die beiden beweglichen Wände der Hohlkörper gegenphasig zueinander. Diese gegenphasigen Bewegungen der beiden beweglichen Wände werden vorteilhaft weiterhin durch eine einzige Regeleinheit erzeugt, welche zu diesem Zweck eine oder mehrere entsprechende Übertragungsfunktionen bzw. Algorithmen enthält. Im Falle einer Ausgestaltung der beweglichen Wände

als Lautsprecher werden letztere z. B. durch Verpolen zueinander gegenphasig betrieben.

Um den Schalldämpfer materialsparend und kompakt herstellen zu können, enthält er in einer vorteilhaften Ausgestaltung eine Kammer, welche von dem Störschallkanal durchquert wird. Durch diese geometrische Anordnung entsteht außerhalb des Störschallkanals und innerhalb der Kammer ein Hohlraum, der als ein Hohlkörper oder mehrere Hohlkörper wirksam ist, wenn der Störschallkanal innerhalb der Kammer mit diesem Hohlraum akustisch gekoppelt ist.

Der raumsparende Aufbau eines eine Kammer enthaltenden Schalldämpfers wird vorteilhaft unterstützt, wenn beide Stirnseiten der Kammer in Ausbreitungsrichtung des Störschalles einander gegenüberliegen und mindestens eine der beiden Stirnseiten eine bewegliche Wand enthält.

Führt der Störschallkanal heiße Abgase, so wird in einer bevorzugten Ausführungsform des Schalldämpfers ein zusätzlicher Schutz des Hohlkörpers bzw. der Hohlkörper vor diesen heißen Abgasen dadurch erzielt, daß der Störschallkanal an der akustischen Kopplungsstelle perforiert ist bzw. durch Perforationen die akustische Kopplungsstelle bildet. Durch diese Maßnahme ist der Störschallkanal akustisch transparent und sorgt gleichzeitig dafür, daß die heißen Abgase im wesentlichen innerhalb des Störschallkanals verbleiben.

Um den Schalldämpfer montagefreundlich herstellen zu können, enthält die Kammer in einer bevorzugten Ausführungsform einen Eingang zum Anschluß eines Eingangsrohres und einen Kammerausgang zum Anschluß eines Ausgangsrohres. Hierbei sind der Kammereingang und der Kammerausgang des Störschalls gegenüberliegend angeordnet. Mindestens eines der beiden Rohre ragt in die Kammer hinein, wobei die beiden Rohre als Bestandteile des Störschallkanals mit Abstand zueinander angeordnet sind. Dieser Abstand ist derart gewählt, daß er für eine akustische Kopplung mit dem Hohl-

körper oder mit den Hohlkörpern geeignet ist und die im Bereich der akustischen Kopplungsstelle ankommenden Störschallwellen beeinflußt werden können.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ragen das Eingangsrohr und das Ausgangsrohr des Störschalls etwa gleich weit in die Kammer hinein. Diese symmetrische Anordnung der beiden Rohre hat den Vorteil, daß auf montageaufwendige Abstützmaßnahmen eines besonders weit in die Kammer hineinragenden Abschnittes des Störschallkanales verzichtet werden kann. Vielmehr ist bei vielen Anwendungen dieses Schalldämpfers eine einfache Abstützung der beiden Rohre im Bereich des Kammereingangs bzw. des Kammerausgangs selbst ausreichend.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Störschallkanals weist das Ausgangsrohr im Bereich der akustischen Kopplungsstelle einen größeren Rohrquerschnitt auf als das Eingangsrohr. Mit Hilfe dieses größeren Querschnittes des Ausgangsrohres läßt sich die an der Übergangsstelle zwischen dem Eingangsrohr und dem Ausgangsrohr üblicherweise expandierende bzw. sich aufweitende Abgasströmung gegenüber den Hohlkörpern gut isolieren und in Richtung einer Abgasmündung weiterleiten. Auf diese Weise werden an der Übergangsstelle zwischen Eingangsrohr und Ausgangsrohr störende Gas- und Luftturbulenzen vermieden, so daß der Hohlkörper und darin enthaltene empfindliche Bauteile, wie z.B. der Schalldruckwandler, zusätzlich vor heißen Abgasen geschützt sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Schalldämpfers ist die bewegliche Wand, insbesondere die Membran eines elektromechanischen Wandlers, etwa konzentrisch zum Störschallkanal angeordnet. Für den Fall, daß der Störschallkanal ein Eingangsrohr und ein Ausgangsrohr enthält, ist die vorgenannte konzentrische Anordnung der beweglichen Wand und zumindest eines der beiden Rohre vorgesehen. Dabei durchsetzt der Störschallkanal bzw. das Rohr gewissermaßen die bewegliche Wand. Diese konzentrische Anordnung unterstützt eine kompakte und raumsparende Bauweise des Schalldämpfers.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Schalldämpfers werden die Knotenlinien der höheren Moden des Hohlkörper-Schallfeldes zur Positionierung des die Kammer durchquerenden Abschnittes des Störschallkanals oder zur Positionierung des Kammereingangs und/oder des Kammerausgangs bzw. des Eingangsrohres und/oder des Ausgangsrohres herangezogen. Dabei liegt der Kanalquerschnitt oder der Rohrquerschnitt, insbesondere der zentrale Bereich oder das Zentrum dieses Querschnittes, auf einer Knotenlinie einer höheren Mode als der Grundmode des Hohlkörper-Schallfeldes.

Es sei darauf hingewiesen, daß für die Kammer und für den Störschallkanal sowie für das Eingangsrohr und das Ausgangsrohr sämtliche Bauformen denkbar sind. Diese Bauteile müssen nicht notwendigerweise zylindrisch ausgebildet sein. Vielmehr sind beispielsweise auch rechteckige, elliptische oder halbkreisförmige Querschnitte dieser Bauteile denkbar.

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

Fig.1 Der erfindungsgemäße Schalldämpfer in einer ersten Ausführungsform mit einem einzigen Hohlkörper,

Fig.2 eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schalldämpfers mit zwei Hohlkörpern,

Fig.3 ein vergrößerter Querschnitt der Kammer gemäß Schnittlinie III-III in Fig.1 mit einer Darstellung von höheren Moden des Hohlkörper-Schallfeldes.

Der aktive Schalldämpfer gem. Fig. 1 enthält einen einzigen aktiv geregelten Hohlkörper 1. Der Hohlraum dieses Hohlkörpers 1 ist von dem Innenmantel einer im Querschnitt zylindrischen Kammer 2, dem Außenmantel eines Eingangsrohres 3 und durch die Membran eines Lautsprechers 4 begrenzt. Die Membran des Lautsprechers 4 bildet eine bewegliche Wand des Hohlkörpers 1 und ist ebenso wie ein Kammereingang 5 zum Anschluß des Eingangsrohres 3 an einer Eingangsstirnseite 6 der Kammer 2 angeordnet. Das Eingangsrohr 3 durchsetzt den Kammereingang 5 und ragt in Ausbrei-

- 12 -

tungsrichtung 7 des Störschalls in die Kammer 2 hinein. Die Mittellängsachse 8 des Eingangsrohres 3 verläuft parallel zur Ausbreitungsrichtung 7. Das Rohrende des Eingangsrohres 3 ist mit Axialabstand zu einer der Eingangsstirnseite 6 in Ausbreitungsrichtung 7 gegenüberliegenden Ausgangsstirnseite 9 der Kammer 2 angeordnet. Die Ausgangsstirnseite 9 ist von einem Kammerausgang 10 durchsetzt, der mit dem Kammereingang 5 fluchtet. An den Kammerausgang 10 ist ein Ausgangsrohr 11 angeschlossen, dessen Querschnitt mit dem Querschnitt des Eingangsrohres 3 identisch ist. Außerdem weisen die beiden Rohre 3,11 die gleiche Mittellängsachse 8 auf.

Die beiden Rohre 3,11 bilden im Bereich des Schalldämpfers einen Abschnitt eines Störschallkanales, wobei das Eingangsrohr 3 über einen weiteren, hier nicht dargestellten Kanalabschnitt des Störschallkanals an eine Störschallquelle angeschlossen ist und das Ausgangsrohr 11 z. B. in dem Störschallkanal enthaltene heiße Abgase in Ausbreitungsrichtung 7 abführt. Der Axialabstand zwischen beiden Rohren 3,11 dient der akustischen Kopplung mit dem Hohlkörper 1 im Bereich einer akustischen Kopplungsstelle 12. Im Bereich dieser akustischen Kopplungsstelle 12 ist eine Hohlkörperöffnung 21 des Hohlkörpers 1 angeordnet. Der Querschnitt der Hohlkörperöffnung 21 ist in Fig. 1 durch den axialen Abstand zwischen dem Eingangsrohr 3 und dem Kammerausgang 10 begrenzt. Etwa im Bereich der akustischen Kopplungsstelle 12 und innerhalb des Störschallkanales ist die Anpassungsstelle 22 zur Beeinflussung (z. B. Totalreflexion, teilweise Bedämpfung der Störschallamplitude) des sich in Ausbreitungsrichtung 7 ausbreitenden Störschalls angeordnet. Diese Anpassungsstelle 22 befindet sich im Bereich des Rohrendes des Eingangsrohres 3, da dort der gesamte Störschall vorhanden ist.

Mit Hilfe einer an die Regeleinheit 15 angeschlossenen Wähleinheit 23 wird ein Sollwert der Schallfeldimpedanz derart ausgewählt und eingestellt, daß die erforderliche Dämpfungswirkung erzielt wird. Auf diesen Sollwert wird mit Hilfe eines Schalldruckwandlers 14 in Form eines Mikrofons und der Regeleinheit 15 an der akustischen Kopplungsstelle 12 geregelt. Sobald dieser Sollwert exakt oder näherungsweise an der akustischen Kopplungsstelle 12 als Istwert erreicht ist, wird der auf die Anpassungsstelle 22 auftreffende Störschall z.B. totalreflektiert. Da der Schalldruckwandler 14 den an

der Kopplungsstelle 12 anliegenden Schalldruck aufnimmt, entsteht die vorgenannte Totalreflexion bei gemessenem Schalldruckminimum (= minimale Schallfeldimpedanz). Ist im Laufe der Betriebszeit nicht mehr eine Totalreflexion des Störschalles, sondern nur eine teilweise Bedämpfung oder gar keine Bedämpfung des Störschalles erwünscht, so wird an der Wähleinheit 23 ein entsprechender neuer Sollwert eingestellt, wodurch an der akustischen Kopplungsstelle 12 auf einen entsprechenden Istwert der Schallfeldimpedanz geregelt wird, mit dem an der akustischen Kopplungsstelle 12 die gewünschte Beeinflussung des Störschalles erzielt wird.

Der Schalldruckwandler 14 ist in einem Meßpunkt 17 positioniert zur Aufnahme des Schalldruckes an der Kopplungsstelle 12. Der Schalldruckwandler 14, eine Regeleinheit 15 und der Lautsprecher 4 sind in Serie geschaltet und bilden eine Regelschleife 16 zur Regelung des Schalldrucks im Bereich der Kopplungsstelle 12 derart, daß sich an der Kopplungsstelle 12 z.B. ein Schalldruckminimum einstellt.

Zwar ist bei der Ausführungsform des Schalldämpfers gemäß Fig. 1 an den Eingang der Regeleinheit 15 nur eine einzige Meßvorrichtung, nämlich der Schalldruckwandler 14, angeschlossen. In einer weiteren, hier nicht dargestellten Ausführungsform sind an den Eingang der Regeleinheit 15 jedoch mehrere Meßvorrichtungen zur Messung von Signalen im Bereich der akustischen Kopplungsstelle 12 angeschlossen. Je nach eingestelltem Sollwert der Schallfeldimpedanz werden dann in der Regeleinheit 15 entweder nur ein einziges Meßsignal oder mehrere miteinander verknüpfte Meßsignale verarbeitet.

Solange die Querabmessung des Hohlkörpers 1 klein zur Wellenlänge ist, breiten sich im Hohlkörper 1 im wesentlichen ebene Schallwellen aus, so daß für die Positionierung des Meßpunktes 17 oder des Schalldruckwandlers 14 aus akustischer Sicht jeder Ort in einer parallel zur Schnittlinie III-III (vgl. Fig. 1) verlaufenden Austrittsebene des Hohlkörpers 1 im Bereich der Kopplungsstelle 12 geeignet ist. Im Falle eines Hindurchleitens von heißen Abgasen durch das Eingangsrohr 3, z. B. bei Abgasanlagen von Kraftfahrzeugen, kann der Schalldruckwandler 14 deshalb quer zur Ausbreitungsrichtung 7 vom

heißen Abgas entfernt positioniert werden, ohne daß hierbei der Regelkreis bzw. die Regelschleife 16 beeinträchtigt wird. Die Regelschleife 16 sorgt also weiterhin für den gewünschten Wert der Schallfeldimpedanz im Bereich der Kopplungsstelle 12.

5 Führen die Rohre 3,11 heiße Abgase, so kann ein zusätzlicher Schutz des Hohlkörpers 1 vor den heißen Abgasen dadurch erreicht werden, daß das Eingangsrohr 3 nicht - wie in Fig. 1 dargestellt - mit Axialabstand zum Kammerausgang 10 angeordnet ist, sondern sich bis zum Kammerausgang 10 erstreckt und im Bereich der Kopplungsstelle 12 perforiert ist, insbesondere mit hoher Porosität zur Verbesserung der akustischen
10 Durchlässigkeit. Mit dieser Perforierung ist das Eingangsrohr 3 akustisch transparent und schützt gleichzeitig den Hohlkörper 1 und den Schalldruckwandler 14 vor den heißen Abgasen, welche im wesentlichen innerhalb des Eingangsrohres 3 und des daran sich anschließenden, aus der Kammer 2 herausragenden Ausgangsrohres 11, verbleiben.

15 In einer weiteren, hier nicht dargestellten Ausführungsform erfolgt die Schalldruckmessung an der Kopplungsstelle 12 ohne Einschränkung der Funktion der Regelschleife 16 derart, daß zwar der Meßpunkt 17 weiterhin im Bereich der Kopplungsstelle 12 positioniert ist, der Schalldruckwandler 14 selbst aber vom Meßpunkt 17 beabstandet positioniert ist und mit dem Meßpunkt 17 über eine Sonde verbunden ist. Hierbei ist der
20 Schalldruckwandler z. B. als ein Sondenmikrofon ausgebildet.

Der aktive Schalldämpfer gemäß Fig. 2 enthält zwei Hohlkörper 1' mit jeweils einer Hohlkörperöffnung 21'. Hierbei läßt sich der erforderliche Verschiebeweg der Membran des Lautsprechers 4 gemäß Fig. 1 auf die beiden Membranen der Lautsprecher 4' gemäß Fig. 2 aufteilen. Dadurch entsteht vorteilhaft eine Leistungsreduzierung des einzelnen Lautsprechers 4'. Der Schalldämpfer enthält bezüglich einer quer zur Ausbreitungsrichtung 7 oder zur Bewegungsrichtung 13 verlaufenden Symmetrieebene gewissermaßen zwei symmetrisch angeordnete Hohlkörper 1'. Hierzu ragen die beiden Roh-
25 re 3,11 in Ausbreitungsrichtung 7 etwa gleich weit in die Kammer 2' hinein. Im Bereich einer gemeinsamen akustischen Kopplungsstelle 12' der beiden Hohlkörper 1' sind die
30

beiden Rohre 3, 11 zur akustischen Kopplung mit Axialabstand zueinander angeordnet. Die mit einer Wähleinheit 23' verbundene Regeleinheit 15' ist ausgangsseitig an beide Lautsprecher 4' angeschlossen, wobei die in der Regeleinheit 15' enthaltenen Übertragungsfunktionen bzw. Algorithmen an den erforderlichen Betrieb der Lautsprecher 4' angepaßt sind. Die Regeleinheit 15' regelt z.B. den Bereich der Hohlkörperöffnungen 21' bzw. die akustische Kopplungsstelle 12' auf Schalldruckminimum, wenn an der Wähleinheit 23' ein derartiger Sollwert eingestellt wird, daß sich an der akustischen Kopplungsstelle 12' die Schallfeldimpedanz $Z \approx 0$ einstellen soll.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die beiden Lautsprecher 4' z. B. durch Verpolen zueinander gegenphasig betrieben.

Treten im Hohlkörper 1,1' Frequenzen oberhalb des Bereichs ebener Schallwellen auf, so entstehen im Schallfeld des Hohlkörpers 1,1' - abhängig von der Querschnittsform der Kammer 2,2' - Druckknotenlinien höherer Moden als der Grundmode. Auf diesen Druckknotenlinien ist der Schalldruck der höheren Moden immer Null. In einer bevorzugten Ausführungsform des aktiven Schalldämpfers liegt deshalb zumindest der Meßpunkt 17 auf einer Druckknotenlinie einer höheren Mode. Auch das Querschnittszentrum des Störschallkanales oder des Kammereingangs 5 und/oder des Kammerausgangs 10 bzw. des Eingangsrohres 3,3' und/oder des Ausgangsrohres 11,11' können auf einer Druckknotenlinie einer höheren Mode liegen. Die vorgenannte Positionierung des Meßpunktes 17 und gegebenenfalls des Kammereingangs 5 oder des Kammerausgangs 10 oder der Rohre 3,3'; 11,11' ermöglicht es, daß bei der Schalldruckmessung an der akustischen Kopplungsstelle 12,12' ohne aufwendige Kompensationsmaßnahmen (z. B. zusätzliche Algorithmen in der Regeleinheit 15,15') eine unerwünschte Messung des Schalldruckes der höheren Mode vermieden wird.

So liegt z. B. in Fig. 3 der Meßpunkt 17 auf der Druckknotenlinie 18 der ersten Radialmode und gleichzeitig auf einer ersten Druckknotenlinie 19 der zweiten Umfangsmode. Die radialen Zentren des Eingangsrohres 3 und des Ausgangsrohres 11 liegen etwa im Schnittpunkt von Druckknotenlinie 18 und erster Druckknotenlinie 19 der zweiten Um-

- 16 -

fangsmode. Eine zweite Druckknotenlinie 20 der zweiten Umfangsmode ist in Fig. 3 ebenfalls dargestellt. Je nach Querschnittsform der Kammer 2,2' - z. B. kreisrund wie in Fig. 3 oder rechteckig - können der Meßpunkt 17 und/oder das Zentrum des Eingangsrohres 3 und/oder das Zentrum des Ausgangsrohres 11 bzw. das Zentrum des Kammereingangs 5 und/oder das Zentrum des Kammerausgangs 10 auf unterschiedlichen Druckknotenlinien einer höheren Mode liegen.

Bezugszeichenliste

1,1'	Hohlkörper
2,2'	Kammer
3,3'	Eingangsrohr
4,4'	Lautsprecher
5	Kammereingang
6	Eingangsstirnseite
7	Ausbreitungsrichtung
8	Mittellängsachse
9	Ausgangsstirnseite
10	Kammerausgang
11, 11'	Ausgangsrohr
12,12'	akustische Kopplungsstelle
13	Bewegungsrichtung
14	Schalldruckwandler
15,15'	Regeleinheit
16, 16'	Regelschleife
17	Meßpunkt
18	Druckknotenlinie der ersten Radialmode
19	erste Druckknotenlinie der zweiten Umfangsmode
20	zweite Druckknotenlinie der zweiten Umfangsmode
21,21'	Hohlkörperöffnung
22	Anpassungsstelle
23,23'	Wähleinheit

- 18 -

Ansprüche

1. Aktiver Schalldämpfer mit mindestens einem Hohlkörper (1,1'), der mindestens eine bewegliche Wand (4) aufweist und über eine Hohlkörperöffnung (21,21') mit einem zur Führung von Störschall geeigneten Störschallkanal (3,11;3',11') akustisch gekoppelt ist, wobei eine Einrichtung (15,15') vorgesehen ist, welche
 - einen einstellbaren Sollwert mit einem im Bereich der akustischen Kopplungsstelle (12,12') anstehenden Istwert einer Schallfeldimpedanz vergleicht und
 - zur Regelung des Istwertes auf den Sollwert die Bewegung der beweglichen Wand (4,4') bestimmt.
2. Schalldämpfer nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsrichtung (13) der beweglichen Wand (4,4') quer zur Ausbreitungsrichtung (7) des Störschalls verläuft.
3. Schalldämpfer nach Anspruch 1, wobei die Bewegungsrichtung (13) der beweglichen Wand (4,4') parallel zur Ausbreitungsrichtung (7) des Störschalls verläuft.
4. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die bewegliche Wand (4,4') als mindestens ein elektromechanischer Wandler ausgebildet ist.
5. Schalldämpfer nach Anspruch 4, bei dem der elektromechanische Wandler ein elektrodynamischer Lautsprecher (4,4') ist.
6. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zur Regelung des Istwertes der Schallfeldimpedanz eine Regeleinheit (15,15') mit mindestens einem Eingang aufweist, an dem eine Meßvorrichtung (14) angeschlossen ist zur Messung des Istwertes der Schallfeldimpedanz im Bereich der akustischen Kopplungsstelle (12,12').
7. Schalldämpfer nach Anspruch 6, wobei die Regeleinheit (15,15') mindestens einen Ausgang aufweist, an dem eine bewegliche Wand (4,4') angeschlossen ist.

8. Schalldämpfer nach Anspruch 6, wobei die Meßvorrichtung mindestens einen Schalldruckwandler (14) und/oder mindestens einen Schallschnellewandler aufweist.
- 5 9. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der Meßpunkt (17) der Meßvorrichtung (14) auf einer Knotenlinie (18,19,20) einer höheren Mode als der Grundmode des Hohlkörper-Schallfeldes liegt.
- 10 10. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sollwert mittels einer Wähleinheit (23,23') eingestellt wird, welche den eingestellten Sollwert an die Einrichtung zur Regelung des Istwertes, insbesondere an die Regeleinheit (15,15'), abgibt.
- 15 11. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit zwei Hohlkörpern (1') und einer gemeinsamen akustischen Kopplungsstelle (12'), wobei die beweglichen Wände (4') der beiden Hohlkörper (1') einander gegenüberliegend angeordnet sind.
- 20 12. Schalldämpfer nach Anspruch 11, wobei die beweglichen Wände (4) der beiden Hohlkörper (1') gegenphasig zueinander schwingen.
- 25 13. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer den Störschallkanal (3,11;3',11') aufnehmenden Kammer (2,2'), wobei ein außerhalb des Störschallkanals (3,11;3',11') und innerhalb der Kammer (2,2') einliegender Bereich den Hohlkörper (1) oder die Hohlkörper (1') bildet und wobei der Störschallkanal (3,11;3',11') innerhalb der Kammer (2,2') mit dem Hohlkörper (1) oder den Hohlkörpern (1') über eine akustische Kopplungsstelle (12,12') gekoppelt ist.

- 20 -

14. Schalldämpfer nach Anspruch 13, wobei der Störschallkanal (3,11;3',11') die Kammer (2,2') durchquert.

15. Schalldämpfer nach Anspruch 13 oder 14, bei dem mindestens eine der beiden in Ausbreitungsrichtung (7) gegenüberliegenden Stirnseiten (6, 9) der Kammer (2,2') wenigstens eine bewegliche Wand (4,4') enthält.

16. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Störschallkanal (3,11;3',11') an der akustischen Kopplungsstelle (12,12') perforiert ist.

17. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem

- die Kammer (2,2') von einem Kammereingang (5) zum Anschluß eines Eingangsrohres (3,3') und von einem Kammerausgang (10) zum Anschluß eines Ausgangsrohres (11,11') durchsetzt ist,
- mindestens eines der beiden Rohre (3,11;3',11') in die Kammer (2,2') hineinragt und
- die beiden Rohre (3,11;3',11') als Bestandteile des Störschallkanals zur akustischen Kopplung in Ausbreitungsrichtung (7) mit Abstand zueinander angeordnet sind.

18. Schalldämpfer nach Anspruch 17, bei dem die beiden Rohre (3',11') in Ausbreitungsrichtung (7) etwa gleich weit in die Kammer (2') hineinragen.

19. Schalldämpfer nach Anspruch 17 oder 18, bei dem im Bereich der akustischen Kopplungsstelle (12,12') das Ausgangsrohr (11,11') einen größeren Rohrquerschnitt aufweist als das Eingangsrohr (3,3').

20. Schalldämpfer nach einem der Ansprüche 13 bis 19, mit einer Kammer (2,2'), deren Querschnitt in Ausbreitungsrichtung (7) konstant ist.

- 21 -

21. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die bewegliche Wand (4,4') etwa konzentrisch zum Störschallkanal oder zum Eingangsrohr (3,3') und/oder zum Ausgangsrohr (11,11') angeordnet ist.
- 5 22. Schalldämpfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- das Zentrum (8) des Störschallkanals oder
 - das Zentrum (8) des Eingangsrohres (3,3') und/oder des Ausgangsrohres (11,11')
- auf einer Knotenlinie (18,19,20) einer höheren Mode als der Grundmode des Hohlkörper-Schallfeldes liegt.

