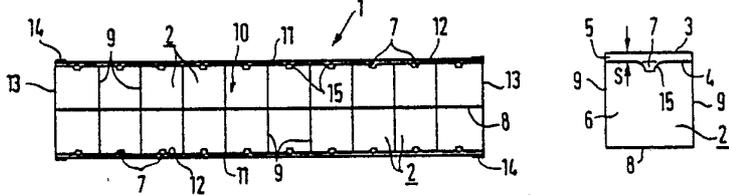


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : F24F 13/00, G10K 11/16 F16L 55/02</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 86/ 04668</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 14. August 1986 (14.08.86)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP86/00039</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 30. Januar 1986 (30.01.86)</p> <p>(31) Prioritätsaktenzeichen: P 35 04 208.7</p> <p>(32) Prioritätsdatum: 7. Februar 1985 (07.02.85)</p> <p>(33) Prioritätsland: DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-8000 München 19 (DE).</p> <p>(72) Erfinder;und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : FUCHS, Helmut, V. [DE/DE]; Mühlweg 39/1, D-7031 Weil (DE). Ackermann, Ulrich [DE/DE]; Hochfirst 1b, D-7000 Stuttgart 80 (DE). RAMBAUSEK, Norbert [DE/DE]; Bleichstrasse 5, D-7252 Weil der Stadt/Merklingen (DE).</p>		<p>(74) Anwalt: KRAUS, Walter; Kraus, Weisert & Partner, Thomas-Wimmer-Ring 15, D-8000 München 22 (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK, FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), NO, SE (europäisches Patent), US.</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Rechenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>
<p>(54) Title: SOUND ATTENUATION BOX</p>		
<p>(54) Bezeichnung: SCHALLDÄMPFER-BOX</p>		
		
<p>(57) Abstract</p>		
<p>A sound attenuation box (1) has in its preferred embodiment a plurality of cavities (2) each covered by one outer vibrating plate (3) and each containing an inner plate (4) pierced with one hole (7) and forming with the cavity (2) a Helmholtz resonator. The gap (S) between the inner plate (4) and the outer plate (3) is so reduced that the vibrations of the outer plate (3) of the Helmholtz resonator are forcibly coupled by air or gas streams induced by the vibrations in the space (5) between the outer plate (3) and the inner plate (4), as well as in the hole (7). The preferred embodiment comprises a plurality of adjacent cavities (2) of which the inner plates (4) are formed by a single common perforated plate (12) and of which the outer plates (3) are formed by a single common cover plate (11).</p>		
<p>(57) Zusammenfassung</p>		
<p>Schalldämpfer-Box (1), die in ihrer bevorzugten Ausführungsform eine Mehrzahl von Kammern (2) aufweist, von denen jede durch eine schwingungsfähige Aussenplatte (3) abgedeckt ist und in deren jeder eine Innenplatte (4) angeordnet ist, die ein Durchgangsloch (7) besitzt und zusammen mit der Kammer (2) einen Helmholtzresonator bildet. Der Abstand (S) zwischen der Innenplatte (4) und der Aussenplatte (3) ist derart gering gewählt, dass die Schwingungen der Aussenplatte (3) des Helmholtzresonators durch schwingungsinduzierte Luft- bzw. Gasströmungen im Zwischenraum (5) zwischen der Aussen- (3) und Innenplatte (4) sowie dem Durchgangsloch (7) zwangsgekoppelt sind. Bevorzugt sind mehrere benachbarte Kammern (2) vorgesehen, deren Innenplatten (4) von einer gemeinsamen Lochplatte (12) und deren Aussenplatten (3) von einer gemeinsamen Abdeckplatte (11) gebildet sind.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	FR	Frankreich	ML	Mali
AU	Australien	GA	Gabun	MR	Mauritanien
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BE	Belgien	HU	Ungarn	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	IT	Italien	NO	Norwegen
BR	Brasilien	JP	Japan	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
DE	Deutschland, Bundesrepublik	LU	Luxemburg	TD	Tschad
DK	Dänemark	MC	Monaco	TG	Togo
FI	Finnland	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika

Schalldämpfer-Box

Die Erfindung betrifft eine Schalldämpfer-Box, insbesondere zur Dämpfung der sich in Strömungsmittelförderkanälen, wie beispielsweise Lüftungskanälen, im Strömungsmittel ausbreitenden Schallwellen, umfassend:

5

(a) wenigstens eine in sich abgeschlossene, einen Hohlraum bildende Kammer, die auf einer Seite durch eine zu Schwingungen im Hörfrequenzbereich anregbare Außenplatte begrenzt ist, und

10

(b) wenigstens eine Innenplatte, die im wesentlichen parallel zu der Außenplatte im Hohlraum der Kammer angeordnet ist und diesen in zwei Teilhohlräume unterteilt, die nur durch ein in der Innenplatte vorgesehenes Durchgangsloch miteinander verbunden sind, das zusammen mit dem durch die Innenplatte von der Außenplatte abgetrennten Teilhohlraum einen auf Schwingungen im Hörfrequenzbereich abgestimmten Helmholtzresonator bildet.

20

In industriellen und haustechnischen Anlagen werden Luft, Abgase etc. durch Strömungskanäle, Behälter und Öffnungen gefördert. Derartige Strömungskanäle stellen häufig einen sehr unerwünschten Übertragungsweg für Luftschall zwischen den durch diese Strömungskanäle verbundenen Räumen dar. Insbesondere übertragen diese Strömungskanäle das von dem Strömungserzeuger, beispielsweise einem Gebläse, erzeugte Geräusch in die angeschlossenen Räume.

25

Eine verhältnismäßig wirksame Lärmbekämpfung kann in solchen Fällen dadurch erzielt werden, daß die Strömungskanäle mit einer schallabsorbierenden Auskleidung versehen werden. Bei Verwendung einer homogenen Auskleidung ist die

30

dadurch erzielte Schalldämpfung dem Absorptionsgrad der Auskleidung und der Strömungskanallänge sowie dem Verhältnis zwischen dem Umfang und der Querschnittsfläche des freien Strömungskanalquerschnitts proportional. Wenn es

5 technisch realisierbar ist, wird das Verhältnis zwischen Umfang und Querschnittsfläche des freien Strömungskanalquerschnitts durch Einbauen bzw. -stellen von zusätzlichen schallabsorbierenden Zwischenwänden in den Strömungskanal so weit wie möglich erhöht. Außerdem wird durch diese Maß-

10 nahme die effektive Strömungskanalbreite, da diese stets wesentlich kleiner als die Schallwellenlänge sein sollte, in günstiger Weise verkleinert. Der durch derartige Schalldämpferkulissen bewirkte Druckabfall muß dabei aber so gering wie irgend möglich gehalten werden, da er sonst

15 durch eine höhere Gebläseleistung ausgeglichen werden muß, die ihrerseits eine höhere Schallemission zur Folge hat. Diese Schalldämpferkulissen dürfen also eine gewisse Dicke nicht überschreiten und sollen der Strömung möglichst wenig Widerstand bieten.

20

Um die Reibungsverluste, die an den Oberflächen der schallabsorbierenden Auskleidungen und der Schalldämpferkulissen auftreten, auf ein Minimum zu beschränken, wäre es wünschenswert, diese Oberflächen völlig eben, homogen und

25 glatt, d.h. insbesondere ohne Löcher, ohne Stöße, ohne Sprünge etc., ausführen zu können.

Wenn Ablagerungen aus den geförderten Strömungsmitteln, wie Luft, Gasen oder Dämpfen, zu befürchten sind, sollten

30 die Schallabsorberelemente diese Ablagerungen in keiner Weise aufnehmen. Denn äußerliche Ablagerungen würden nicht nur die Reibungsverluste erhöhen, sondern sie würden bei den üblichen Schallabsorbern auch deren akustische Wirksamkeit beträchtlich verschlechtern. Noch wichtiger ist

35 es aber, das Eindringen von Stoffen aus dem geförderten

Strömungsmittel in das Innere der Schallabsorber zu verhindern, da diese eindringenden Stoffe sich dann ansammeln, und damit die Wirkungsweise der Schallabsorber ungünstig verändern, chemisch reagieren oder in anderer

5 Weise zu ungünstigen Wechselwirkungen führen. Ein solches Eindringen von Stoffen sollte unter allen Umständen vermieden werden. Aus diesen Gründen sowie aus anderen wichtigen

10 sicherheitstechnischen Gründen, wie beispielsweise aus Brandschutzgründen, aus Gründen des hygienischen Schutzes etc., bezüglich der Strömungsmittelkanäle und bezüglich der daran angeschlossenen Räume ist ein rundum hermetischer, insbesondere gas- und wasserdichter, Abschluß der schallabsorbierenden Auskleidungen und Kulissen wünschenswert.

15

Um eine hohe Standzeit und eine dauerhafte "Versiegelung" der Kulissen-Schalldämpfer zu erreichen, sollte mindestens ihre äußere Schale bzw. Haut chemisch und mechanisch möglichst resistent sein.

20

Damit die Kulissen-Schalldämpfer nicht als empfindliche Fremdkörper im Strom des geförderten Strömungsmittels in den Strömungskanälen stehen, sondern sich möglichst harmonisch in die Konstruktion der gesamten Strömungsmittelförderanlage einfügen lassen, sollten die Materialien für

25 die Schalldämpfer-Kulissen weitgehend an die Materialien der Strömungskanalwände angepaßt sein. Insbesondere würde ein Aufbau aus Metallblechen in vieler Hinsicht Vorteile bieten.

30

Schließlich sollten die Schalldämpfer-Kulissen in sich so stabil aufgebaut sein, daß sie auch einen längeren Transport vom Hersteller zum Anwender unter rauen Bedingungen unbeschädigt überstehen und im Einbauzustand auch eventuellen Belastungen durch die Strömung und durch Erschüt-

35

terungen der Strömungsmittelförderanlage dauerhaft standhalten. Dabei sollte ihr Gewicht aber im Hinblick auf Montage und Statik möglichst gering sein.

- 5 In vieler Hinsicht würden daher Schalldämpfer-Konstruktionen besonders vorteilhaft sein, bei denen schallabsorbierendes Material nicht in einem wie auch immer stabil aufgebauten Kulissen-Rahmen untergebracht ist und zusätzlich noch gehalten sowie gegen Beschädigungen und gegenüber dem geförderten Strömungsmittelstrom gestützt werden muß, sondern bei denen die schallabsorbierenden Bauteile einzeln oder im Verbund gleichzeitig tragende und versteifende Funktionen übernehmen können, d.h. es wäre vorteilhaft, wenn die tragenden Bauteile der Schalldämpfer-Kulisse gleichzeitig zur Schallabsorption herangezogen werden könnten.

Herkömmliche Schalldämpfer erfüllen alle diese Forderungen auch nicht annähernd.

- 20 Hinzu kommt ein besonders für Lüftungsanlagen typischer Umstand, der im Hinblick auf den Schallabsorptionsbereich besonders wichtig ist. Dieser Umstand besteht darin, daß zwar hohe und mittlere Frequenzen in längeren Strömungskanälen auch ohne oder mit sehr einfachen schallabsorbierenden Maßnahmen an den Strömungskanalwänden gedämpft werden können, daß jedoch tiefe Frequenzen unter 500 Hz oft Schwierigkeiten bereiten. Hinzu kommt noch, daß das Gebläselärm-Spektrum typischerweise eine bereits am Ort der Schallemission mit der Frequenz fallende Charakteristik aufweist. Ähnlich verhält es sich ganz generell mit den aerodynamisch im Strömungskanal erzeugten Geräuschen, die ebenfalls weitgehend tieffrequent sind. Auch wenn man die dem Ohr angepaßte A-Bewertung durchführt, bleiben sehr häufig Frequenzanteile um 250 Hz am Schallmissionsort dominant.

Man sollte eigentlich erwarten, daß unter diesen Umständen bevorzugt auf tiefe Frequenzen abgestimmte Schalldämpfer eingesetzt würden. Tatsächlich findet man aber ganz überwiegend Schalldämpfer im Einsatz, die ihre größte Wirksamkeit erst weit oberhalb des dominierenden Frequenzbereichs entfalten. Als Begründung wird häufig angegeben, daß diese aus porösen oder faserigen Materialien aufgebauten Schallabsorber konstruktiv einfach, vielfach bewährt und sicher auslegbar seien. Obgleich die Bedämpfung der tiefen Frequenzen mit porösen Schallabsorbern nur mit sehr dicken Schalldämpfer-Kulissen möglich ist, nimmt man in der Praxis die dadurch gegebenen Nachteile in Kauf, insbesondere den Nachteil eines wegen des großen Bauvolumens unnötig hohen Druckverlustes.

Nach dem Stande der Technik werden Schalldämpfer im allgemeinen für eine universelle Anwendung zur Lärmbekämpfung verschiedenster Geräuschquellen mit sehr unterschiedlicher Schallfrequenzzusammensetzung konzipiert. Für solche, nicht auf bestimmte Geräuschspektren zugeschnittene Anwendungen wird nach dem Stande der Technik eine Auskleidung angestrebt, die in einem möglichst breiten Frequenzbereich eine möglichst hohe und konstante Schalldämpfung gewährleistet. Es gibt aber, wie weiter oben bereits dargelegt, einen großen Anwendungsbereich, insbesondere auf dem Gebiet der Lüftungstechnik, in dem konventionelle Schallabsorber weit ab vom Frequenzbereich ihrer maximalen Wirksamkeit praktisch am äußersten Rand ihres Wirkungsbereichs eingesetzt werden. Das hat dazu geführt, daß Schalldämpfer für diese Anwendungen in geradezu widersinniger Weise nicht nach ihrem Dämpfungsmaximum, sondern stattdessen überhaupt nur nach ihrer Dämpfung bei der Frequenz von 250 Hz beurteilt und ausgelegt bzw. ausgesucht werden.

Ein schallabsorbierendes Bauelement, das ohne Einsatz von porösem Schallabsorptionsmaterial aufgebaut ist und die

//

eingangs unter (a) und (b) angegebenen Merkmale besitzt, ist in der nichtvorveröffentlichten Patentanmeldung P 34 12 432.2 der Anmelderin vom 3. April 1984 vorgeschlagen worden. Dieses schallabsorbierende Bauelement besteht aus einzelnen doppelbecherförmigen Schallabsorptionselementen, die zwei ineinander gefügte Becherelemente aufweisen, wobei die Becheröffnung des inneren Becherelements durch eine, vorzugsweise ebene, Folie abgedeckt, insbesondere im wesentlichen schalldicht abgeschlossen ist. Zwischen den Seitenwänden der beiden ineinandergefügten Becherelemente ist ein Spalt ausgebildet, der eine schallabsorbierende Luft- oder Gasschicht für die im Hörfrequenzbereich liegenden Biegeschwingungen der Seitenwände des äußeren und/oder inneren Becherelements bildet; und/oder das innere Becherelement besitzt eine kleinere Becherhöhe als das äußere Becherelement, und im Becherboden des inneren Becherelements ist eine halsförmige Durchgangsöffnung vorgesehen, deren Querschnittsfläche und Länge derart bemessen sind, daß die Resonanzfrequenz des von der halsförmigen Durchgangsöffnung, dem Volumen des inneren Becherelements sowie dem vom äußeren Becherelement und dem Boden des inneren Becherelements begrenzten Volumen gebildeten Helmholtzresonators im Hörfrequenzbereich liegt. Dieses schallabsorbierende Bauelement kombiniert zwar einen breitbandigen Schallabsorptionsbereich mit einem speziell auf tiefere Frequenzen, wie den Schaufelton eines Gebläses, besonders abstimmbaren Schallabsorptionsbereich, so daß es durchaus zur Dämpfung von sich in Strömungsmittelförderkanälen, wie beispielsweise Lüftungskanälen, im Strömungsmittel ausbreitenden Schallwellen geeignet erscheint, es besitzt jedoch einen verhältnismäßig komplizierten Aufbau, so daß es aus Kostengründen nicht an allen Stellen, wo es gebraucht werden könnte, eingesetzt werden kann, und es hat darüberhinaus nicht völlig glatte Begrenzungsflächen, so daß es auch im Hinblick

auf eventuelle Ablagerungen von Stoffen aus dem Strömungsmittel nur in beschränktem Ausmaß einsetzbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ausgehend von
5 einem schallabsorbierenden Bauelement der Art, wie es in
der vorerwähnten deutschen Patentanmeldung P 34 12 432.2
der Anmelderin beschrieben und dargestellt ist, dieses so auszu-
bilden, daß es möglichst sehr einfach aufgebaut ist, prak-
tisch keine Ablagerungen aus Strömungsmitteln zuläßt, nur
10 geringe Druckverluste in den Strömungsmittelkanälen, in
denen es eingebaut wird, verursacht, in hohem Maße gegen
Brandgefahr sicher ist, alle hygienischen Gefahren aus-
schaltet, gute Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und
chemische Belastungen und Angriffe besitzt, eine hohe me-
15 chanische Stabilität aufweist, sowie ein geringes Gewicht
und einen verhältnismäßig kleinen Raumbedarf hat. Im übr-
igen soll der durch die Erfindung zur Verfügung zu stellen-
de Kulissen-Schalldämpfer, der nachstehend als Schall-
dämpfer-Box bezeichnet wird, alle oder zumindest möglichst
20 viele der vorstehend in der Einleitung sowie bezüglich des Standes der
Technik und im Zusammenhang mit dem schallabsorbierenden Bau-
element nach der nichtvorveröffentlichten Anmeldung
P 34 12 432.2 der Anmelderin erörterten Anforderungen er-
füllen bzw. deren Nachteile ausschalten, insbesondere soll
25 er diese Forderungen besser als die vorherrschenden porö-
sen Schallabsorber erfüllen und die Nachteile anderer be-
kannter Schallabsorberbauarten vermeiden.

Diese Aufgabe wird bei einer Schalldämpfer-Box der ein-
30 gangs genannten Art erfindungsgemäß gelöst durch einen
derart geringen Abstand zwischen Innenplatte und Außen-
platte, daß die Schwingungen der Außenplatte und des Helm-
holtzresonators durch schwingungsinduzierte Luft- oder Gas-
strömungen in dem Zwischenraum zwischen der Außenplatte
35 und der Innenplatte sowie im Durchgangsloch zwangsgekop-
pelt sind.

Durch diese Zwangskopplung, die weiter unten im Figuren-
beschreibungsteil näher erläutert ist und die einen ent-
scheidenden Schritt über die nichtvorveröffentlichte
deutschen Patentanmeldung P 34 12 432.2 der Anmelderin hinaus
5 darstellt, wird nicht nur eine wesentliche Verbreiterung
des besonders wirksamen Schallabsorptionsfrequenzbereichs
der erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box erzielt, sondern
sie ermöglicht es gegenüber der Patentanmeldung P 34 12 432.2,
die einzelnen diskreten doppelbecherförmigen schallabsor-
10 bierenden Bauelementen, bei denen die Becherböden der
äußeren Becherelemente in ihren Eigenschwingungen auf den
in Frage kommenden Schallabsorptionsbereich abgestimmt
sind, bei verbesserter Schallabsorptionsfähigkeit sowohl
im tiefen Frequenzbereich als auch im gesamten Frequenz-
15 bereich, durch eine integrierte Gesamtstruktur zu ersetzen,
die völlig ebene, homogene und glatte Außenflächen be-
sitzt.

Das wird durch eine Schalldämpfer-Box mit einer Mehrzahl
20 von nebeneinander angeordneten Kammern des vorstehenden
grundsätzlichen erfindungsgemäßen Aufbaus erreicht, die
sich in Weiterbildung der Erfindung dadurch auszeichnet,
daß die Außenplatten mehrerer seitlich benachbarter Kam-
mern, vorzugsweise aller seitlich benachbarten Kammern,
25 von einer gemeinsamen, einstückigen Abdeckplatte gebil-
det sind.

Die vorerwähnte Zwangskopplung bewirkt nämlich, daß die
einzelnen Bereiche der gemeinsamen, einstückigen Abdeck-
30 platte, die über den Durchgangslöchern der Innenplatten
und deren Umgebung liegen, ähnlich wie gesonderte Abdeck-
platten in einer Vielzahl von Frequenzen schwingen, so
daß bei diesen Frequenzen eine entsprechende Schallab-
sorption stattfindet, wobei durch die Wirkung des Helm-
35 holtzresonators in Verbindung mit dieser Zwangskopplung

eine besonders gute Schallabsorption im tieffrequenten Bereich, d.h. zwischen 100 und 500 Hz, stattfindet.

Hierbei ist es nicht erforderlich, die gemeinsame, ein-
5 stückige Abdeckplatte an den seitlichen Kammerwänden je-
der einzelnen Kammer zu befestigen, vielmehr brauchen
diese seitlichen Kammerwände in äußerst vorteilhafter
Weise nur bis zu der Innenplatte zu reichen. Das ermög-
licht es, die erfindungsgemäße Schalldämpfer-Box in ei-
10 ner besonders bevorzugten Ausführungsform, die eine Mehr-
zahl von nebeneinander angeordneten Kammern aufweist, in
Weiterbildung der Erfindung so auszubilden, daß die In-
nenplatten mehrerer seitlich benachbarter Kammern, vor-
zugsweise aller seitlich benachbarten Kammern, von einer
15 gemeinsamen, einstückigen Lochplatte gebildet sind.

Eine besonders hohe Effektivität und Raumausnutzung kann
bei der Schalldämpfer-Box nach der Erfindung dadurch er-
zielt werden, daß zwei Anordnungen aus je einer Mehrzahl
20 von nebeneinanderliegenden Kammern zu einer Doppelschicht-
anordnung zusammengefaßt sind, in der die Kammern der bei-
den Anordnungen von nebeneinanderliegenden Kammern an
ihren Rückseiten miteinander verbunden sind.

25 Die seitlich benachbarten Kammern können gemeinsame Sei-
tenwände aufweisen, so daß also die eine Fläche einer sol-
chen Seitenwand die eine benachbarte Kammer und die andere
Fläche dieser Seitenwand die andere benachbarte Kammer
teilweise begrenzt.

30 In entsprechender Weise können die Kammern, deren Rücksei-
ten einander benachbart sind, jeweils einen gemeinsamen
Kammerboden haben, so daß also die Kammerböden bei der
vorstehend erwähnten Doppelschichtanordnung von einer ge-
35 meinsamen Platte gebildet werden können, auf der die bei-

den Schichten von seitlich benachbarten Kammern Rücken-an-Rücken angeordnet sind.

5 Eine noch weitergehende bauliche Vereinfachung wird dadurch erreicht, daß die gemeinsamen Seitenwände von einer wabenförmigen Skelettstruktur gebildet sind. Die wabenförmige Skelettstruktur kann darüberhinaus außerdem so ausgebildet sein, daß auch die gemeinsamen Kammerböden von der wabenförmigen Skelettstruktur gebildet sind.

10

Eine besonders strömungsmäßig glatte und vorteilhafte Ausführungsform ergibt sich, wenn gemäß einer Weiterbildung der vorgenannten erfindungsgemäßen Bauweisen der Schalldämpfer-Box die Mehrzahl von Kammern von einem gemeinsamen Kulissen-Rahmen eingefast und durch diesen sowie die Abdeckplatte oder -platten strömungsmitteldicht gegenüber der Umgebung abgeschlossen ist.

20 Im Hinblick auf die vorstehend angegebenen Forderungen nach strömungsgünstiger Ausführung der Außenhaut der Schalldämpfer-Box ist es zu bevorzugen, daß die Abdeckplatte eine völlig ebene und glatte, sowie vorzugsweise metallische, Außenoberfläche hat.

25 Besonders gut herstellbare und stabile Strukturen lassen sich in Verbindung mit anderen Vorteilen, auf die weiter unten näher eingegangen wird, dadurch erzielen, daß bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box alle genannten Teile der Schalldämpfer-Box aus dem gleichen Material, insbesondere einem Kunststoff oder 30 Metall, vorzugsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, bestehen.

Weiter ist es zu bevorzugen, daß die Dicke der Außenplatten und der Innenplatten größenordnungsmäßig gleich und 35 vorzugsweise kleiner als der Abstand zwischen den Außen-

platten und den Innenplatten ist, um eine gute Schallabsorptionsfähigkeit zu erzielen.

Schließlich läßt sich der Verlauf der Schallabsorptionsfähigkeit der erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box in Abhängigkeit von der Frequenz dadurch in gewissen gewünschten Grenzen verändern, daß das Durchgangsloch einen von der Außenplatte weggerichteten Hals aufweist, der einen Strömungskanal bildet.

10

Die vorstehenden sowie weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung seien nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand einiger besonders bevorzugter Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box sowie anhand von Vergleichsversuchen näher erläutert; es zeigen:

..

Figur 1 einen Längsschnitt durch eine besonders bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box;

20

Figur 1A einen Schnitt durch eine Funktions- bzw. Teileinheit einer Schalldämpfer-Box;

Figuren 1B bis 1D perspektivische Darstellungen einer Schalldämpfer-Box der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Art, wobei aus Darstellungsgründen Teile weggebrochen und/oder weggeschnitten sind;

Figur 2 eine Aufsicht auf die in Figur 1 dargestellte Schalldämpfer-Box von oben oder unten, da beide Aufsichten gleich aussehen, wobei in gestrichelten Linien einige Durchgangslöcher in der in Figur 2 verdeckten Lochplatte sowie die Seitenwände der einzelnen Kammern der Schalldämpfer-Box angedeutet sind;

35

- Figur 3 einen Querschnitt durch die Schalldämpfer-Box nach den Figuren 1 und 2;
- 5
Figur 4A eine Kurvendarstellung, in welcher die mit einem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box-Anordnung erzielte Dämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz wiedergegeben ist;
- 10
Figur 4B die Schalldämpfer-Box-Anordnung, aufgrund welcher die Dämpfungskurve der Figur 4A gemessen worden ist, und zwar im Querschnitt einschließlich des Strömungskanals, in dem diese Schalldämpfer-Box-Anordnung vorgesehen war;
- 15
Figur 5A eine der Figur 4A entsprechende Dämpfungskurve, wobei jedoch die Lochplatten der dieser Dämpfungskurve zugrundeliegenden Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Boxen mit Hälsen
20
versehen waren, welche die Löcher der Lochplatte strömungskanalartig verlängerten und von der Abdeckplatte weggerichtet waren;
- 25
Figur 5B Schalldämpfer-Box-Anordnungen und Ausbildungen, aufgrund deren die Meßergebnisse der Figur 5A erhalten wurden;
- 30
Figur 6A eine Kurvendarstellung, welche die Dämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz von porösen Schallabsorbieren angeben, die in gleicher Weise und in den gleichen Abmessungen wie die erfindungsgemäßen Schallabsorber gemäß den Figuren 4B und 5B angeordnet waren, wobei Kurve a einen porösen Schallabsorber in Normalausführung und Kurve b einen porösen
35
Schallabsorber betrifft, der zur Hälfte mit 0,5 mm dickem Blech auf gegenüberliegenden Seiten abgedeckt ist;

- Figur 6B eine den Figuren 4B und 5B entsprechende Darstellung der Anordnung der porösen Schallabsorber, aufgrund derer die Dämpfungskurven gemäß Figur 6A gemessen worden sind;
- 5
- Figur 7A eine Kurvendarstellung, welche die Dämpfung von Plattenabsorbern in Abhängigkeit von der Frequenz wiedergibt;
- 10
- Figur 7B eine Darstellung der Anordnung und Ausbildung dieser Plattenabsorber in einer den Figuren 4B, 5B und 6B entsprechenden Darstellungsweise;
- Figur 8A zwei Kurvendarstellungen, welche die Dämpfung von Helmholtzresonatoren mit freien Löchern und mit zugeklebten Löchern in Abhängigkeit von der Frequenz wiedergeben;
- 15
- Figur 8B eine Darstellung der Anordnung und Ausbildung der Helmholtzresonatoren, aufgrund derer die Dämpfungskurven nach Figur 8A aufgenommen worden sind in einer Darstellungsweise, die den Figuren 4B, 5B, 6B und 7B entspricht; und
- 20
- Figur 9 einen schematischen Schnitt durch eine Lochplatte und eine Abdeckplatte im Bereich eines Durchgangslochs einer erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box zur Erläuterung der Wirkungsweise dieser Schalldämpfer-Box.
- 25
- 30
- Es sei nun zunächst unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 der Aufbau einer besonders bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box erläutert, wobei zunächst unter Bezugnahme auf die Figur 1A eines der Funktions- bzw. Teilelemente erläutert sei, aus denen die in
- 35

den Figuren 1, 2 und 3 dargestellte Schalldämpfer-Box in Vielfachanordnung im wesentlichen besteht, wobei Abwandlungen dieser Schalldämpfer-Box gemäß den Figuren 1, 2 und 3 in Verbindung mit ihrer ins einzelne gehenden Beschreibung weiter unten näher erläutert sind.

Das in der Figur 1A dargestellte Funktions- bzw. Teilelement einer Schalldämpfer-Box umfaßt eine in sich abgeschlossene Kammer 2, die einen Hohlraum bildet. Diese Kammer 2 ist auf einer Seite durch eine zu Schwingungen im Hörfrequenzbereich anregbare Außenplatte 3 begrenzt.

Außerdem umfaßt das Funktions- bzw. Teilelement eine Innenplatte 4, die im wesentlichen parallel zu der Außenplatte 3 im Hohlraum der Kammer 2 angeordnet ist und diesen in zwei Teilhöhlräume 5 und 6 unterteilt. Diese Teilhöhlräume 5 und 6 sind nur durch ein in der Innenplatte 4 vorgesehene Durchgangsloch 7 miteinander verbunden. Dieses Durchgangsloch 7 bildet zusammen mit dem Teilhohlraum 6, also dem von der Außenplatte 3 entfernten Teilhohlraum, einen auf Schwingungen im Hörfrequenzbereich abgestimmten Helmholtzresonator.

Zwischen der Außenplatte 3 und der Innenplatte 4 ist nun ein derart geringer Abstand S vorgesehen, daß die Schwingungen der Außenplatte und des Helmholtzresonators durch Luft- oder Gasströmungen, welche von Schwingungen der Außenplatte 3, der Innenplatte 4 sowie des Helmholtzresonators in dem Zwischenraum zwischen der Außenplatte 3 und der Innenplatte 4 sowie in dem Durchgangsloch 7 induziert werden, miteinander zwangsgekoppelt sind.

Diese Luft- oder Gasströmungen sind in Figur 9 angedeutet, und ihre zwangskoppelnde Wirkung bei dem geringen Abstand S ist weiter unten im Zusammenhang mit der Figur 9 näher erläutert.

Es sei nun näher auf die Figuren 1, 2 und 3 eingegangen, die, wie bereits erwähnt, eine Schalldämpfer-Box 1 zeigen, welche aus einer Vielzahl von Funktions- bzw. Teilelementen der im Prinzip in Figur 1A dargestellten Art
5 zusammengesetzt ist:

Die in der Schalldämpfer-Box vorgesehenen Kammern 2 bilden zwei Anordnungen aus je einer Mehrzahl von nebeneinanderliegenden Kammern 2, die zu einer Doppelschichtanordnung
10 zusammengefaßt sind. Die eine Schicht dieser Doppelschichtanordnung ist in Figur 1 die obere Schicht von nebeneinanderliegenden Kammern 2, während die andere Schicht dieser Doppelschichtanordnung in Figur 1 die untere Schicht von nebeneinander angeordneten Kammern 2 ist.
15 Die Kammern der beiden Anordnungen bzw. Schichten von nebeneinanderliegenden Kammern 2 sind an ihren Rückseiten miteinander verbunden, und zwar in der vorliegenden Ausführungsform derart, daß die Kammern 2, deren Rückseiten einander benachbart sind, jeweils einen gemeinsamen Kammerboden haben, der von einer durchgehenden, ebenen Bodenplatte 8 gebildet wird.

Außerdem haben die nebeneinander angeordneten Kammern 2 gemeinsame Seitenwände 9.

25

Die Bodenplatte 8 und die Seitenwände 9 sind in der besonders bevorzugten Ausführungsform nach den Figuren 1, 2 und 3 von einer wabenförmigen, in sich starren Skelettstruktur 10 gebildet, die beispielsweise aus Blechteilen zusammenge-
30 steckt, -geklebt oder -geschweißt werden, also integral sein kann.

Besonders wichtig ist es nun, daß die Außenplatten 3 aller einander seitlich benachbarten Kammern 2 von einer gemeinsamen, einstückigen Abdeckplatte 11 gebildet sind, und daß
35 weiterhin die Innenplatten 4 aller einander seitlich be-

nachbarten Kammern von einer gemeinsamen, einstückigen Lochplatte 12 gebildet sind.

Die Vielzahl von Kammern 2 der Schalldämpfer-Box 1 ist
5 von einem gemeinsamen Kulissen-Rahmen 13 eingefasst, der
mittels Umkantungen 14 die Ränder der Abdeckplatten 11
und der Lochplatten 12 übergreift und an diesen Umkan-
tungen 14 dicht mit den Abdeckplatten 11 verbunden ist.
Auf diese Weise ist das Innere der Schalldämpfer-Box 1
10 durch die Abdeckplatten 11 und den Kulissen-Rahmen 13
strömungsmitteldicht gegenüber der Umgebung abgeschlos-
sen.

Die Abdeckplatte 11 hat vorzugsweise eine völlig ebene
15 und glatte, sowie besonders bevorzugt eine metallische,
Außenoberfläche.

Außerdem können die Durchgangslöcher 7 mit einem von der Außen-
platte 3 bzw. der Abdeckplatte 11 weggewandten Hals 15
20 versehen sein, der einen Strömungskanal bildet.

Alle genannten Teile, nämlich insbesondere die Außenplatte
3 und die Innenplatte 4 bzw. die Abdeckplatte 11 und die
Lochplatte 12 sowie die Skelettstruktur 10 und der Kulissen-Rahmen 13
25 können aus dem gleichen Material, insbesondere einem Kunststoff oder
Metall hergestellt sein, wodurch Schwierigkeiten durch unterschied-
liche Wärmeausdehnungen und unterschiedlich elektrische Potentziale
vermieden werden. Vorzugsweise können sie aus Aluminium oder einer
Aluminiumlegierung bestehen. Die Dicke der Außenplatten
30 3 bzw. der Abdeckplatte 11 und die Dicke der Innenplatten
4 bzw. der Lochplatte 12 ist bevorzugt größenordnungsmäßig
gleich. Außerdem ist diese Dicke vorzugsweise kleiner als
der Abstand S zwischen den Außenplatten bzw. der Abdeck-
platte und den Innenplatten bzw. der Lochplatte.

Die Innen- bzw. Lochplatten 4, 12 sind vorzugsweise derart bemessen, daß sie im Hörfrequenzbereich zu Schwingungen anregbar sind, so daß sie dadurch in Verbindung mit den angekoppelten Hohlraumresonatoren einen Beitrag zur Gesamtschallabsorption erbringen.

5

Wie die Figuren 1 und 3 zeigen, sind zwar die Teilhöhlräume der Kammern 2, welche sich zwischen der Lochplatte 12 und der Bodenplatte 8 befinden, durch die Seitenwände 9 voneinander abgetrennt, jedoch sind diejenigen Teilhöhlräume der Kammern 2, die sich zwischen der Abdeckplatte 11 und der Lochplatte 12 befinden, nicht notwendigerweise voneinander getrennt, so daß sich dadurch ein sehr einfacher Aufbau ergibt, wobei die Abdeckplatte 11 und die Lochplatte 12 gegebenenfalls durch einzelne Abstandsteile, -vorsprünge o.dgl., die sich vorzugsweise im Bereich der gedachten Verlängerungen der Seitenwänden 9 nach der Abdeckplatte 11 zu befinden, im Abstand voneinander gehalten werden können.

Die neuartige Schalldämpfer-Box, die für den Einsatz in Strömungskanälen besonders gut geeignet ist, erfüllt die weiter oben allgemein und im Rahmen der Aufgabe der Erfindung angegebenen Forderungen in geradezu idealer Weise:

Völlig glatte Abdeckplatten 11 auf beiden Seiten des Kulissen-Rahmens 13, der ebenfalls völlig glatt ausgeführt sein kann, garantieren einen kleinstmöglichen Wandreibungswiderstand und damit einen gegenüber herkömmlichen Schalldämpfer-Kulissen auf ein absolutes Minimum reduzierbaren Druckverlust. Sie machen Ablagerungen aus dem Strömungsmittel praktisch unmöglich. Unter extrem schmutzigen Einsatzbedingungen, wie sie zum Beispiel in Abgaskanälen vorkommen können, ist eine äußerst leichte Reinigung durch Abwaschen, Abspritzen oder Tauchen der ganzen Schalldämpfer-Boxen möglich.

35

Wenn man, was zu bevorzugen ist, den Kulissen-Rahmen 13 sowie alle unterteilenden und versteifenden Seitenwände 9 und Bodenplatten 8, die vorzugsweise einstückig miteinander hergestellt sind, sowie die Lochplatten 12 und die Abdeckplatten 11 aus Metall herstellt, lassen sich alle nur denkbaren Auflagen hinsichtlich des Brandschutzes erfüllen. Ebenso lassen sich auf diese Weise alle möglichen Hygieneanforderungen leicht erfüllen. Wenn die Abdeckplatten 11 unmittelbar, insbesondere nur wenige Millimeter oder zehntel Millimeter, vor den Lochplatten 12 angeordnet sind, genügt bereits eine relativ kleine Wandstärke, um eine außerordentlich große Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beschädigungen der im wesentlichen von den Abdeckplatten 11 gebildeten Außenhaut zu erreichen. Gegen chemische Beanspruchungen und Korrosion läßt sich die Außenhaut, also die äußere Oberfläche der Abdeckplatten 11 und des Kulissen-Rahmens 13 ganz ähnlich schützen wie die übrigen Wände eines Strömungskanals. Die hier vorgeschlagene Schalldämpfer-Box fügt sich also problemlos in eine Lüftungs- oder Strömungsmittelförderanlage ein, ohne daß damit irgendwelche unverträglichen oder empfindlichen Materialien in diese Anlage hineingetragen werden, die etwa bei Beschädigung des Schalldämpfers von dem Strömungsmittel mitgenommen werden könnten.

Der für herkömmliche Schallabsorber ganz undenkbare skelettartige Aufbau durch die Skelettstruktur 10 gibt der Schalldämpfer-Box 1 bei minimaler Materialstärke ein Höchstmaß an Stabilität hinsichtlich Druck-, Schiebe- und Verdrehbeanspruchungen. Der von herkömmlichen Schalldämpfer-Kulissen übernommene Kulissen-Rahmen 13 mit einem üblicherweise umlaufenden Falz, der hier als Umkantung 14 bezeichnet ist und beispielsweise eine Breite von 1 bis 5 cm, vorzugsweise 2 cm, haben kann, läßt alle Montageflächen unverändert. Die hier vorgeschlagenen Schall-

dämpfer-Boxen lassen sich ebenso wie alle konventionell aufgebauten Kulissen leicht transportieren, stapeln und montieren, sind also trotz ihrer erheblichen Vorteile gegenüber diesen herkömmlich aufgebauten Kulissen keineswegs schwieriger zu transportieren, zu stapeln und zu montieren. Wenn die vorgeschlagene Schalldämpfer-Box, was zu bevorzugen ist, homogen aus einem und demselben Material aufgebaut ist, verhält sie sich auch bei größeren Temperaturänderungen völlig unkritisch. Selbst Ver-
10 eisungen der glatten Außenhaut haben keine wesentlichen Beeinträchtigungen ihrer Schalldämpfungswirksamkeit zur Folge.

Da zwischen bzw. innerhalb der Skelettstruktur 10, also
15 dem, vorzugsweise einstückigen, Aufbau aus der Bodenplatte 8 und den Seitenwänden 9, nur Kammern 2 bildende Hohlräume verbleiben, die keinesfalls mit irgendwelchem porösem oder faserigem Material ausgefüllt werden müssen, kann das Gewicht der hier vorgeschlagenen Schalldämpfer-Box ganz be-
20 trächtlich unter dem Gewicht von konventionellen Schalldämpfer-Kulissen bleiben, die zum Beispiel mit Mineralwolle gefüllt sind.

Während für konventionelle Schallabsorber gilt, daß sie
25 nicht mehr wirken können, wenn ihre Breite bzw. Tiefe sehr klein gegenüber der Schallwellenlänge wird, gilt dagegen diese untere Frequenzgrenze für die hier vorgeschlagene Schalldämpfer-Box nicht, so daß man bei gleichem Raumbedarf Schalldämpfer-Boxen nach dem hier vorgeschlagenen
30 neuartigen Prinzip für viel niedrigere Frequenzen auslegen kann.

Die in Figur 4A dargestellte Dämpfungskurve, die durch schmalbandige Messungen der Dämpfung von Schalldämpfer-
35 Boxen der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Art ermittelt

worden ist, zeigt eine nach herkömmlichen Vorstellungen ganz unerwartet hohe Schalldämpfung in einem überraschend breiten Frequenzbereich zwischen 150 und 500 Hz von im Mittel 15 dB für Schalldämpfer-Boxen von 1 m Länge bei
 5 einem Ausstellungsverhältnis D/H (siehe Figur 4B, in der diese Größen eingezeichnet sind) von nur 0,7. Hierbei ist zu beachten, daß die Dämpfungscharakteristik der Figur 4A ein willkürlich herausgegriffenes Beispiel darstellt und noch in keiner Weise optimiert ist. Sie läßt sich durch Wahl
 10 allein der geometrischen Parameter der Kammern 2 auf nahezu beliebige Geräuschkpektren im unteren und mittleren Frequenzbereich abstimmen. Im einzelnen liegen den Figuren 4A und 4B folgende Daten der Schalldämpfer-Boxen 1 und ihrer Anordnung in dem Strömungskanal 16 zugrunde:

15

Bodenplatte 8 und Seitenwände 9 der Skelettstruktur 11: Aluminiumblech von 0,2 mm Dicke

20

Lochplatte 12: Aluminiumblech von 0,1 mm Dicke

25

Abdeckplatte 11: Aluminiumblech von 0,1 mm Dicke, unmittelbar vor der Lochplatte 12 angebracht

30

Tiefe der Kammern 2 (Abstand zwischen Bodenplatte 8 und Abdeckplatte (11)): 10 cm

35

Volumen der Kammern 2: 1000 cm³

Durchmesser des Durchgangslochs 7 (Resonatorloch): 2 cm

	Breite D der Schalldämpfer-Box:	20 cm
5	Höhe H der Schalldämpfer-Box und gleichzeitig Querschnittshöhe des Strömungskanals 16:	50 cm
10	Querschnittslänge L des Strömungskanals 16:	100 cm
	Abstand A zwischen den Schalldämpfer-Boxen:	30 cm
15	Abstand $\frac{A}{2}$ zwischen einer Schalldämpfer-Box und der benachbarten Wand des Strömungskanals 16:	15 cm

20

Die Figur 5A zeigt, daß sich dann, wenn man vor jedes Resonator- bzw. Durchgangsloch 7 einen kleinen Hals 15 ansetzt und eine etwas dickere Abdeckplatte 11 einsetzt, zum Beispiel eine Verschiebung des Dämpfungsabfalls zu tieferen Frequenzen hin erreichen läßt, allerdings etwas auf Kosten der Dämpfung bei höheren Frequenzen. Die Daten der Schalldämpfer-Boxen und ihrer Anordnung in dem Strömungskanal 16 sind für die Figur 5B mit Ausnahme der Tatsache, daß die Abdeckplatte 11 hier aus 0,2 mm dickem Aluminiumblech bestand und ein Resonatorhals 15 mit einer Länge von 2 cm vorgesehen war, die gleichen wie für Figur 4B vorstehend angegeben.

35 Neben der Länge des Resonatorhalses 15 spielt auch der Abstand zwischen der Abdeckplatte 11 und der Lochplatte 12

eine wichtige Rolle bei der Abstimmung der Schalldämpfer-
Box 1. So wurde zum Beispiel ermittelt, daß bei einem Ab-
stand zwischen Abdeck- und Lochplatte von 12 mm ein sehr
starkes Dämpfungsmaximum etwas oberhalb von 200 Hz auftrat, das in
5 einem relativ engen Frequenzband weit oberhalb der Dämp-
fungswerte liegt, die der Figur 5A zu entnehmen sind.
Durch in die Kammern 2 hineinragende Resonatorhülse 15
läßt sich das Maximum zwar zu niedrigeren Frequenzen ver-
schieben, jedoch nimmt dann bei Beibehaltung aller übrigen
10 Parameter allerdings auch die Höhe des Maximums ab. Diese
Höhe reicht aber immer noch aus, um bei den tiefen Ere-
quenzen die Wirksamkeit eines herkömmlichen porösen Ab-
sorbers weit zu übertreffen. Will man zum Beispiel einen
bei 200 Hz im Gebläsespektrum dominierenden "Schaufelton"
15 dämpfen, der sich aus der Drehzahl und der Schaufelzahl
des verwendeten Gebläses ergibt, so würde sich eine sol-
che Schalldämpfer-Box als unmittelbar hinter dem Gebläse zu
installierender Schalldämpfer anbieten. Aber auch ohne
eine derart auf die Geräuschquelle abgestimmte Auslegung
20 lassen sich Schalldämpfer nach der hier vorgeschlagenen
neuartigen Bauart entwerfen, die zumindest im außerordent-
lich wichtigen Frequenzbereich bis 500 Hz bei gleicher
Bautiefe allen marktgängigen Schalldämpfer-Bauarten ein-
deutig überlegen sind.

25

Zum Vergleich wurden Messungen an herkömmlichen porösen
Schalldämpfern ausgeführt, deren Ergebnisse in Figur 6A
wiedergegeben sind und die aufgrund einer Schalldämpfer-
Anordnung ausgeführt wurden, welche in Figur 6B wieder-
30 gegeben ist. Die Abmessungen des Strömungskanals 16 sowie
die Außenabmessungen der beiden in Figur 6B eingezeichne-
ten herkömmlichen porösen Schallabsorber 17 und deren Ab-
stände sind die gleichen, wie sie weiter oben in Verbin-
dung mit der Figur 4B angegeben sind, so daß auf diese
35 Weise ein direkter und genauer Vergleich zwischen der Wirk-

samkeit der hier vorgeschlagenen Schalldämpfer-Boxen und der herkömmlichen porösen Schallabsorber aufgrund der Kurven der Figuren 4A und 5A einerseits und der Figur 6A andererseits möglich ist:

- 5 Die punktierte Kurve a in Figur 6A ist die Schallabsorptionskurve eines handelsüblichen Kulissen-Schalldämpfers, der mit Mineralwolle mit einem Raumgewicht von etwa 40 kg/m³ vollgestopft war. Die Absorptionsfähigkeit ist in dem wichtigen Bereich zwischen 100 und 500 Hz bei dem
- 10 herkömmlichen porösen Schallabsorber deutlich schlechter als bei den vorgeschlagenen Schalldämpfer-Boxen gemäß Ausbildung und Anordnung entsprechend Figur 4B und 5B, wie ein Vergleich der Kurve a der Figur 6A mit den Kurven der Figur 4A und 5A zeigt.

15

- Es ist jedoch zu beachten, daß nach den Ausführungen weiter oben, in der Beschreibungseinleitung Schalldämpfer dieser Bauart oft nicht ohne weiteres einsetzbar sind. Um zum Beispiel das Eindringen von Feuchtigkeit in die
- 20 Mineralwolle zu verhindern, ist es unbedingt notwendig, die Mineralwollefüllung in einem Sack aus Kunststoffolie von 50 bis 500 µm Dicke einzuschweißen. Dadurch wird aber die Absorptionsfähigkeit merklich verschlechtert; so kann zum Beispiel in der Oktave zwischen 500 und 1000 Hz die
- 25 Absorptionsfähigkeit (Dämpfung) auf die Hälfte sinken. Will man die Folie gegen Verletzungen schützen, damit der Inhalt des Foliensacks u.a. nicht zu einer Brutstätte für Bakterien wird, dann muß man für eine Abdeckung der Gesamtkulissenfläche zum Beispiel durch
- 30 ein Lochblech sorgen. Wenn hierbei der Lochflächenanteil mindestens 30% beträgt, dann weiß man zwar, daß eine solche Abdeckung akustisch praktisch ohne Einfluß ist, es besteht dann jedoch die Gefahr, daß die Folie nicht schlaff bleibt, sondern je nach Art der Füllung mehr oder weniger

35

stark gegen die Abdeckung gedrückt und dadurch gespannt wird. Dies wirkt sich, wie durch Messungen ermittelt wurde, für mittlere und tiefe Frequenzen sehr negativ aus. Selbst wenn man die Folie ganz schlaff zwischen zwei Loch-
5 blechen halten würde, könnte man die ursprünglichen Dämpfungswerte eines herkömmlichen porösen Absorbers bei mittleren Frequenzen nicht halten. Abgesehen hiervon verbietet sich bei chemischer Beanspruchung der Einsatz von Kunststofffolien überhaupt.

10

Um bei starker mechanischer Beanspruchung durch die anliegende Strömung oder Erschütterungen Lageveränderungen des porösen Materials in einem solchen herkömmlichen porösen Schallabsorber 17 zu vermeiden, muß die Kulissee
15 unter Umständen durch Kassettierungen unterteilt werden. Diese Kassettierungen bewirken aber eine weitere Verschlechterung der bei tiefen Frequenzen ohnehin nicht sehr großen Dämpfung.

20 Selbst wenn man keine weiteren Anforderungen, wie sie oben im Rahmen der Aufgabenstellung genannt worden sind, stellen würde, zeigt es sich, daß die herkömmlichen porösen Schallabsorber offenbar wenig für eine risikofreie Auslegung von Schalldämpfern bei 250 Hz und/oder geringeren
25 Frequenzen geeignet sind.

Vergleichsversuche mit Plattenresonatoren, deren Ergebnis in Figur 7A wiedergegeben ist, und mit Helmholtzresonatoren, die zu Ergebnissen geführt haben, wie sie in Figur
30 8A dargestellt sind, zeigen, daß die Wirkungsweise der hier vorgeschlagenen Schalldämpfer-Box in keiner Weise lediglich additiv aus der Wirkungsweise des Plattenresonators und der Wirkungsweise des Helmholtzresonators resultiert, sondern vielmehr in synergetischer Weise weit
35 über die addierten Wirkungen von Platten- und Helmholtzresonatoren hinausgeht:

- Bevor auf die Figuren 7A und 7B sowie 8A und 8B im einzelnen eingegangen wird, sei darauf hingewiesen, daß die Abmessungen des Strömungskanals 16 und die äußeren Abmessungen der Plattenresonatoren bzw. Helmholtzresonatoren gemäß den Figuren 7B und 8B sowie die Abstände zwischen diesen Resonatoren untereinander und zur benachbarten Wand des Strömungskanals 16 hin die gleichen sind, wie im Zusammenhang mit Figur 4B weiter oben angegeben, wobei die Symbole für diese Abmessungen bzw. Abstände A , $\frac{A}{2}$, D , H und L aus Gründen einer vereinfachten Darstellung in den Figuren 7B und 8B nicht eingetragen worden sind, da sie sich aus einem Vergleich mit der Figur 4B ohne weiteres ansehen lassen.
- 15 Die Plattenabsorber 18 gemäß Figur 7B bestanden, abgesehen von dem nicht dargestellten Kulissen-Rahmen aus einer Mittelplatte 19, die eine 13 mm dicke Holzspanplatte war, und aus beidseitig 10 cm davor angeordneten Resonanzplatten 20, die vorliegend aus 0,6 mm dickem Aluminiumblech bestanden. Wie die Figur 7A zeigt, ist ein derart aufgebauter Plattenresonator nur in einem sehr engen Frequenzband wirksam, das etwa beiderseits von einer Resonanzfrequenz von 147 Hz liegt.
- 25 Die Helmholtzresonatoren 21, die gemäß Figur 8B zur Messung der Kurven gemäß Figur 8A verwendet wurden, besaßen als Mittelplatte 19 ebenfalls eine 13 mm dicke Preßspanplatte sowie eine Lochplatte 22, die aus 0,6 mm dickem Aluminiumblech bestand und Resonatorlöcher 23 mit einem Durchmesser von 1 cm aufwies; die Tiefe der einzelnen Kammern, also der Abstand zwischen der Lochplatte 22 und der Mittelplatte 19 betrug 10 cm und das Volumen der einzelnen Kammern betrug 1000 cm³, und schließlich betrug die korrigierte Dicke der Lochplatte 22 im Bereich der Resonatorlöcher 23 0,8 cm. Diese korrigierte Dicke, die auch mit

l* bezeichnet und in Verbindung mit Figur 9 erläutert wird, berücksichtigt den Strömungseinfluß in der unmittelbaren Nachbarschaft des Resonatorlochs, d.h. die außerhalb des Resonatorlochs je nach Resonatorlochgeometrie etwas unterschiedlich mitschwingende Luft- bzw. Gasmasse.

Wie die Kurve a der Figur 8A zeigt, die aufgrund der Anordnung nach Figur 8B mit offenen Resonatorlöchern 23 gemessen würde, ergibt sich ein typischer schmalbandiger Dämpfungscharakter. Das Maximum der Dämpfung liegt bei 170 Hz. Wenn man die Resonatorlöcher 23 überklebt, dann erhält man die Kurve b der Figur 8A, so daß sich nur eine sehr geringe Dämpfung ergibt und das gesamte Maximum der Kurve a verschwindet.

Es sei hier der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen, daß derartige Helmholtzresonatoren, wie sie in Figur 8B dargestellt sind, vor allem den Nachteil haben, daß sie offene Hohlräume besitzen, was zur Folge hat, daß sie verschmutzen und durch die Strömung zu Eigengeräuschen angeregt werden.

Wenn auch zu berücksichtigen ist, daß die Resonanzplatten 20 der Anordnung nach Figur 7B und die Lochplatten 22 der Anordnung nach Figur 8B eine größere Dicke als die Abdeckplatten 11 und die Lochplatten 12 der Anordnungen nach den Figuren 4B und 5B hatten, läßt sich doch grundsätzlich durch einen Vergleich der Kurven gemäß den Figuren 4A und 5A einerseits mit den Kurven der Figuren 7A und 8A andererseits deutlich erkennen, daß sich durch die hier vorgeschlagene neuartige Schalldämpfer-Box ein völlig unerwarteter sehr breitbandiger und sowohl bei ganz tiefen als auch bei höheren Frequenzen sehr gut dämpfender Schallabsorber ergibt, wie er aus einer bloßen Addition der Kurven der Figuren 7A und 8A überhaupt nicht zu erklären und daher auch in keiner Weise zu erwarten war:

Im Hinblick auf die Kurve b der Figur 8A und im Hinblick auf strömungsmechanische Überlegungen, die man hier anstellen würde, wäre zu erwarten gewesen, daß eine Abdeckung der Resonator- bzw. Durchgangslöcher 7 der Lochfolie 12 durch eine
5 Abdeckfolie 11, wie sie in der hier vorgeschlagenen neuartigen Schalldämpfer-Box erfolgt, dazu führen würde, daß die Luftschwingungen im Resonator- bzw. Durchgangsloch 7 völlig unterbunden werden; würde man dagegen eine in größerem Abstand angebrachte Folie zu Abdeckung verwenden,
10 so wäre zu erwarten, daß diese, damit sie den Schall ungehindert an den Helmholtzresonator heranläßt, sehr dünn sein müßte, nämlich eine Dicke von ca. 6 bis 10 μm haben müßte, was sich in der Praxis wegen viel zu großer Empfindlichkeit einer solchen Folie gegen Beschädigung ver-
15 bieten würde.

Die vorliegende Erfindung beruht auf der überraschenden Feststellung, daß eine unmittelbar über die Lochplatte 12 eines Helmholtzresonators (siehe Figur 9) gespannte Ab-
20 deckplatte 11 nicht die Schwingungen und die damit verbundenen Hin- und Herströmungen 24 in dem Durchgangs- bzw. Resonatorloch 7 der Lochplatte 12 unterbindet, sondern vielmehr zu einer Zwangskopplung zwischen Schwingungen des Helmholtzresonators und der Abdeckplatte 11 führt,
25 wobei es zu Luftströmungen 25 kommt, die im wesentlichen parallel zur Adeck- und Lochplatte 11 bzw. 12 verlaufen. Diese Kopplung bewirkt, daß die Abdeckplatte 11 und gegebenenfalls die Lochplatte 12, sofern diese zu Schwingungen im Hörfrequenzbereich anregbar ist, in der Nähe des Durch-
30 gangs- bzw. Resonanzlochs 7 zu einer Vielzahl von Schwingungen im Hörfrequenzbereich zwangsweise angeregt werden, aufgrund deren sich das breite Frequenzspektrum der wirksamen Dämpfung gemäß den Figuren 4A und 5A ergibt.

Da sich die effektive Länge l^* des Durchgangs- bzw. Resonatorlochs 7, aufgrund deren die Resonanz eines Helmholtzresonators errechnet wird, additiv aus der tatsächlichen Länge l und den Größen Δl_i und Δl_a zusammensetzt, wobei die letzteren beiden Werte Endkorrekturen sind, welche die außerhalb des Durchgangs- bzw. Resonatorlochs 7 je nach Lochgeometrie etwas unterschiedlich mitschwingende Luftmasse symbolisieren, sollte der Abstand S zwischen der Abdeckplatte 11 und der Lochplatte 12 bei der erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box vorzugsweise kleiner oder gleich dem Wert Δl_a sein, da dann eine besonders starke Ankopplung zwischen den Schwingungen der Abdeckplatte 11 und der Lochplatte 12 erzielt wird. Aus ähnlichen Überlegungen heraus sollte bevorzugt der Abstand S kleiner oder gleich der Größe des Durchmessers des Durchgangs- bzw. Resonatorlochs 7 sein, wobei dieser Durchmesser im Falle eines schlitzförmigen Durchgangs- bzw. Resonatorlochs 7 gleich der Schlitzbreite ist. Schließlich wird in einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schalldämpfer-Box der Abstand S so gewählt, daß er kleiner oder gleich einem Viertel der Tiefe der Kammer 2 also des Abstandes zwischen Abdeckplatte 11 und Bodenplatte 8 ist.

Es gehört also zu den wichtigsten und überraschenden Ergebnissen der Untersuchungen, die zur vorliegenden Erfindung geführt haben, daß eine unmittelbar vor dem Durchgangsloch der Lochplatte angebrachte, nicht zu dicke Abdeckplatte, die Luftpulsationen der in der Kammer enthaltenen Luft durch das Durchgangsloch nicht behindert, sondern vielmehr zu einer synergistischen wesentlichen Steigerung des Frequenzumfangs und des integralen Werts der Schalldämpfung führt.

Die mit der Erfindung zur Verfügung gestellte Schalldämpfer-Box hat in ihrer Grundausführung und/oder in bevorzugten Ausführungsformen insbesondere folgende Vorteile:

- (1) Jede Schalldämpfer-Box ist gegenüber einem äußeren Strömungsmittel rundum abgeschlossen, indem sie eine äußere Schale aufweist, die das Eindringen von gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffen aus dem Strömungsmittel völlig unmöglich macht.
- 5
- (2) Die parallel zum Strömungsmittelfluß und der hauptsächlichlichen Schallausbreitungsrichtung angeordneten Außenflächen setzen der Strömung durch eine ganz ebene und glatte, vorzugsweise metallische, Oberfläche den geringstmöglichen Reibungswiderstand entgegen.
- 10
- (3) Die Außenhaut der Schalldämpfer-Box ist gegen chemische und mechanische Verletzung geschützt.
- 15
- (4) Unmittelbar hinter der äußeren Abdeckplatte ist eine ebenfalls ebene Lochplatte so angeordnet, daß insbesondere in der Nähe der Löcher der Lochplatte ein enger Spalt bleibt, die beiden Platten also allenfalls stellenweise in Verbindung stehen.
- 20
- (5) Beide Platten, nämlich Lochplatte und die Abdeckplatte sind vorzugsweise von größenordnungsmäßig gleicher Dicke, bevorzugt kleiner als die Dicke des Luftspalts zwischen ihnen ist.
- 25
- (6) Die innenliegende Lochplatte ist so auf einer, beispielsweise wabenförmigen, Skelettstruktur befestigt, welche nichtschwingungsfähig, also akustisch starr ist, daß in sich abgeschlossene, nur durch ein Durchgangsloch zum Zwischenraum zwischen der Abdeckplatte und der Lochplatte hin geöffnete Kammern als Hohlräume entstehen.
- 30

- 5 (7) Die Abdeckplatte und die Lochplatte werden jede für sich oder auch beide zusammen mit dem durch die Hohlräume gebildeten Luftkissen durch Schallwellen in den zwischen den parallel angeordneten Schalldämpfer-Boxen gebildeten Kanälen zu Schwingungen angeregt.
- 10 (8) Die Luftpfropfen in den Durchgangslöchern führen zusammen mit der in der Nähe der Durchgangslöcher im Zwischenraum bzw. Spalt zwischen der Abdeckplatte und Lochplatte eng eingeschlossenen Luft unter Mitnahme bzw. Ankopplung auch eines Teils der Abdeckplatte mit dem Luftkissen in den Hohlräumen Schwingungen aus.
- 15 (9) Der Frequenzbereich der verschiedenen Schwingungsformen liegt vorzugsweise im Bereich unter 500 Hz, ganz vorzugsweise zwischen 100 und 500 Hz.
- 20 (10) Der Frequenzbereich der Dämpfung ist durch Wahl der geometrischen Parameter und der Materialparameter in beiden Bereichen auf verschiedenste Geräuschspektren einstellbar.
- 25 (11) Die Abdeckplatte kann längs der Skelett- bzw. Wabenstruktur befestigt, zum Beispiel geklebt, sein, insbesondere kann sie Noppen mit Klebestellen aufweisen.
- 30 (12) Die Schalldämpfer-Box eignet sich für praktisch alle Aufgaben der Schalldämpfung in Strömungskanälen. Sie gewährleistet eine optimale Dämpfung des Schalls der für das Erzeugen der Strömung in diesen Strömungskanälen verwendeten Fördereinrichtungen.

35 Die Schalldämpfer-Box macht sich unter anderem folgende bisher nicht genutzte Resonanz- und Dämpfungsmechanismen zunutze:

- (a) Schwingungen der ebenen Abdeckplatte zusammen mit einer unmittelbar hinter derselben angebrachten Lochplatte von in der Größenordnung vergleichbarer Wandstärke,
- 5
- (b) Schwingungen des Luftpfropfens in den Lochhälsen der Lochplatte zusammen mit der Abdeckplatte bzw. Teilen derselben,
- 10
- (c) Schwingungen der beiden Platten bzw. von Teilen derselben relativ zueinander,
- (d) Pulsationen der zwischen den beiden Platten, insbesondere der in der Nähe der Löcher, gebildeten Luftkissen.

15

Die erwünschte Breitbandigkeit läßt sich durch eine gewisse Variationsbreite der geometrischen Parameter im Inneren der Schalldämpfer-Box erzielen. Besonders sei hier die Formgebung der Löcher und eventuell angesetzten Hälse als

20 leicht handhabbares Mittel zur Optimierung und Anpassung der Wirksamkeit der Box hervorgehoben. Außerdem bietet die Anordnung der Lochplatten und Abdeckplatten zueinander und die Art, wie sie stellenweise miteinander in Kontakt stehen oder miteinander verbunden sind, Möglichkeiten, den

25 Schallabsorber breitbandig zu machen.

Will man eine extrem leichte Schalldämpfer-Box bauen, so kann man die Skelett-Wände sowie Loch- und Abdeckplatten auch mit erheblich geringerer Wandstärke bauen. Allerdings

30 verschiebt sich dann ein Teil ihrer Wirksamkeit zu höheren Frequenzen. Da die ebene Skelett-Bodenplatte 8 in der Symmetrieebene der Box unter den normalerweise in Kanälen vorherrschenden Anregungsbedingungen akustisch nicht wirksam wird, kann man diese unter Umständen einsparen.

35

Die Schalldämpfer-Box kommt im Gegensatz zu allen bekannt gewordenen Absorber-Kulissen, -Kassetten und -Balken sowie Unterdecken-Konstruktionen ganz ohne faserige oder poröse Materialien aus. Da die innere Dämpfung in den
5 dünnen Platten und den großen Luftkammern sehr gering ist, ist die Schalldämpfer-Box so ausgelegt, daß die Verluste durch künstlich erhöhte Wand- und Grenzschichttreibungs-Mechanismen zustande kommen. Das schließt natürlich aber nicht aus, daß man - wo dies akustisch sinnvoll und tech-
10 nisch realisierbar ist - die an sich bekannten Maßnahmen zur Bedämpfung der Hohlräume der Helmholtzresonatoren und zur Bedämpfung der Plattenschwingungen zusätzlich einsetzt.

15

//

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Schalldämpfer-Box, insbesondere zur Dämpfung der sich in Strömungsmittelförderkanälen, wie beispielsweise Lüftungskanälen, im Strömungsmittel ausbreitenden Schallwellen, umfassend:

5

(a) wenigstens eine in sich abgeschlossene, einen Hohlraum bildende Kammer, die auf einer Seite durch eine zu Schwingungen im Hörfrequenzbereich anregbare Außenplatte begrenzt ist, und

10

(b) wenigstens eine Innenplatte, die im wesentlichen parallel zu der Außenplatte im Hohlraum der Kammer

angeordnet ist und diesen in zwei Teilhohlräume unterteilt, die nur durch ein in der Innenplatte vorgesehene Durchgangsloch miteinander verbunden sind, das zusammen mit dem durch die Innenplatte von der Außenplatte abgetrennten Teilhohlraum einen auf Schwingungen im Hörfrequenzbereich abgestimmten Helmholtzresonator bildet,

gekennzeichnet durch einen derart geringen Abstand (S) zwischen Innenplatte (4) und Außenplatte (3), daß die Schwingungen der Außenplatte (3) und des Helmholtzresonators durch schwingungsinduzierte Luft- oder Gasströmungen in dem Zwischenraum zwischen der Außenplatte (3) und der Innenplatte (4) sowie im Durchgangsloch (7) zwangsgekoppelt sind.

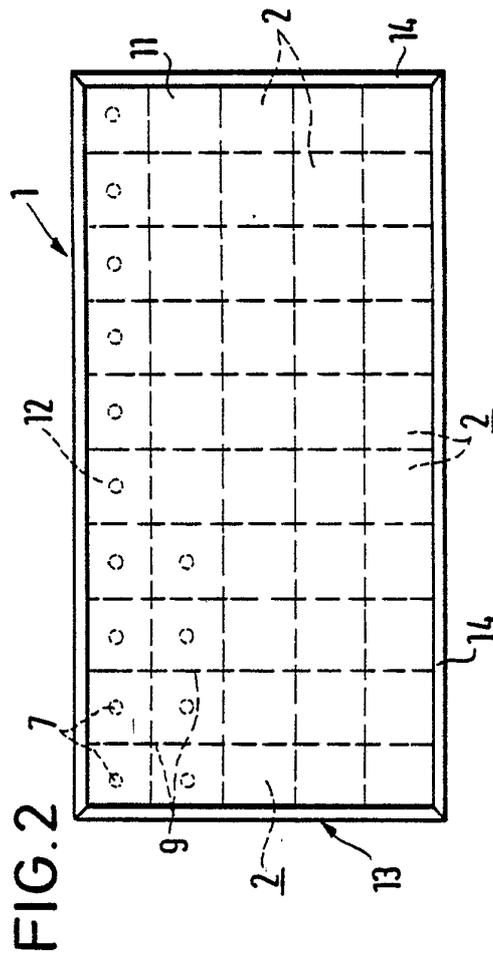
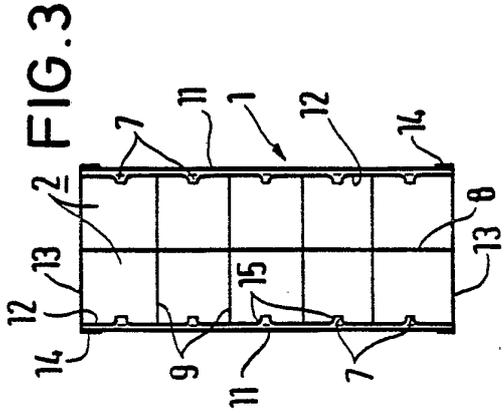
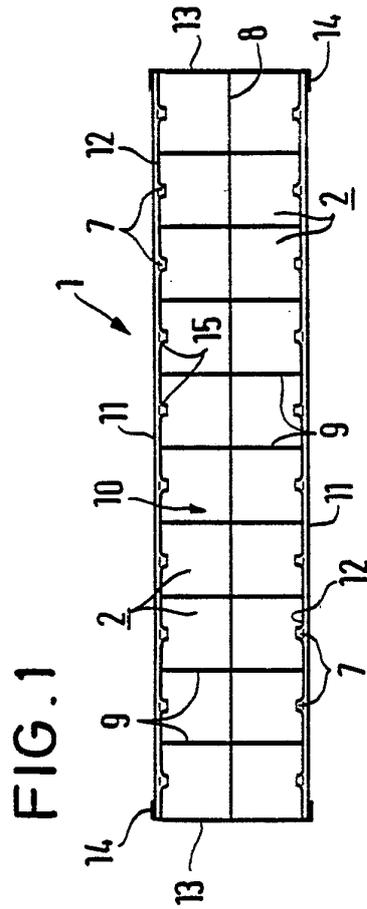
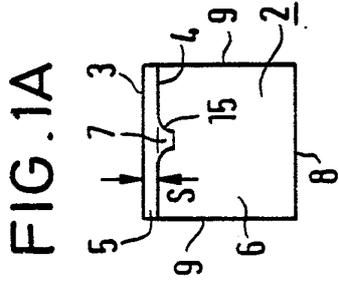
2. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 1 mit einer Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Kammern, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenplatten (3) mehrerer seitlich benachbarter Kammern (2), vorzugsweise aller seitlich benachbarten Kammern (2), von einer gemeinsamen, bevorzugt einstückigen, Abdeckplatte (11) gebildet sind.

3. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 1 mit einer Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Kammern, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenplatten (4) mehrerer seitlich benachbarter Kammern (2), vorzugsweise aller seitlich benachbarten Kammern (2), von einer gemeinsamen, bevorzugt einstückigen, Lochplatte (12) gebildet sind.

4. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich benachbarte Kammern (2) gemeinsame Seitenwände (9) aufweisen.

5. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Anordnungen aus je einer Mehrzahl von nebeneinanderliegenden Kammern (2) zu einer Doppelschichtanordnung zusammengefaßt sind, in der die Kammern (2) der beiden Anordnungen von nebeneinanderliegenden Kammern (2) auf ihren Rückseiten miteinander verbunden sind.
6. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammern (2), deren Rückseiten einander benachbart sind, jeweils einen gemeinsamen Kammerboden (8) haben.
7. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gemeinsamen Seitenwände (9) von einer, vorzugsweise wabenförmigen, Skelettstruktur (10) gebildet sind.
8. Schalldämpfer-Box nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß auch die gemeinsamen Kammerböden (8) von der, vorzugsweise wabenförmigen, Skelettstruktur (10) gebildet sind.
9. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrzahl von Kammern (2) von einem gemeinsamen Kulissenrahmen (13) eingefasst und durch diesen sowie die Abdeckplatte oder -platten (11) strömungsmitteldicht gegenüber der Umgebung abgeschlossen ist.
10. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenplatte (3) bzw. die Abdeckplatte (11) eine völlig ebene und glatte, sowie vorzugsweise metallische, Außenoberfläche hat.

11. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß alle genannten Teile (3,4,8,9,10,11,12,13,14,15) der Schalldämpfer-Box (1) aus dem gleichen Material, insbesondere 5 einem Kunststoff oder Metall, vorzugsweise Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, bestehen.
12. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Dicke 10 der Außenplatten (3) bzw. der Abdeckplatte (11) und der Innenplatten (4) bzw. der Lochplatte (12) größenordnungsmäßig gleich und vorzugsweise kleiner als der Abstand zwischen der Außenplatte (3) bzw. der Abdeckplatte (11) einerseits und der Innenplatte (14) bzw. der Lochplatte 15 (12) andererseits ist.
13. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß das Durchgangsloch (7) einen von der Außenplatte (3) bzw. der Abdeckplatte (11) weggerichteten Hals (15) aufweist, der 20 einen Strömungskanal bildet.
14. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 1 bis 13, g e k e n n z e i c h n e t durch derart bemessene 25 Innen- bzw. Lochplatten (4,12), daß diese im Hörfrequenzbereich zu Schwingungen anregbar sind.
15. Schalldämpfer-Box nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Außen- bzw. Abdeckplatte (3,11) und/oder die Innen- bzw. Lochplatte (4,12) eine Kunststoff- oder Metallplatte, insbesondere eine Aluminium- oder Aluminiumlegierungsplatte, mit einer Dicke im Bereich von 0.03 bis 0.6 mm, vorzugsweise von 0.05 bis 0.3 mm, ist.



2 / 10

FIG. 1B

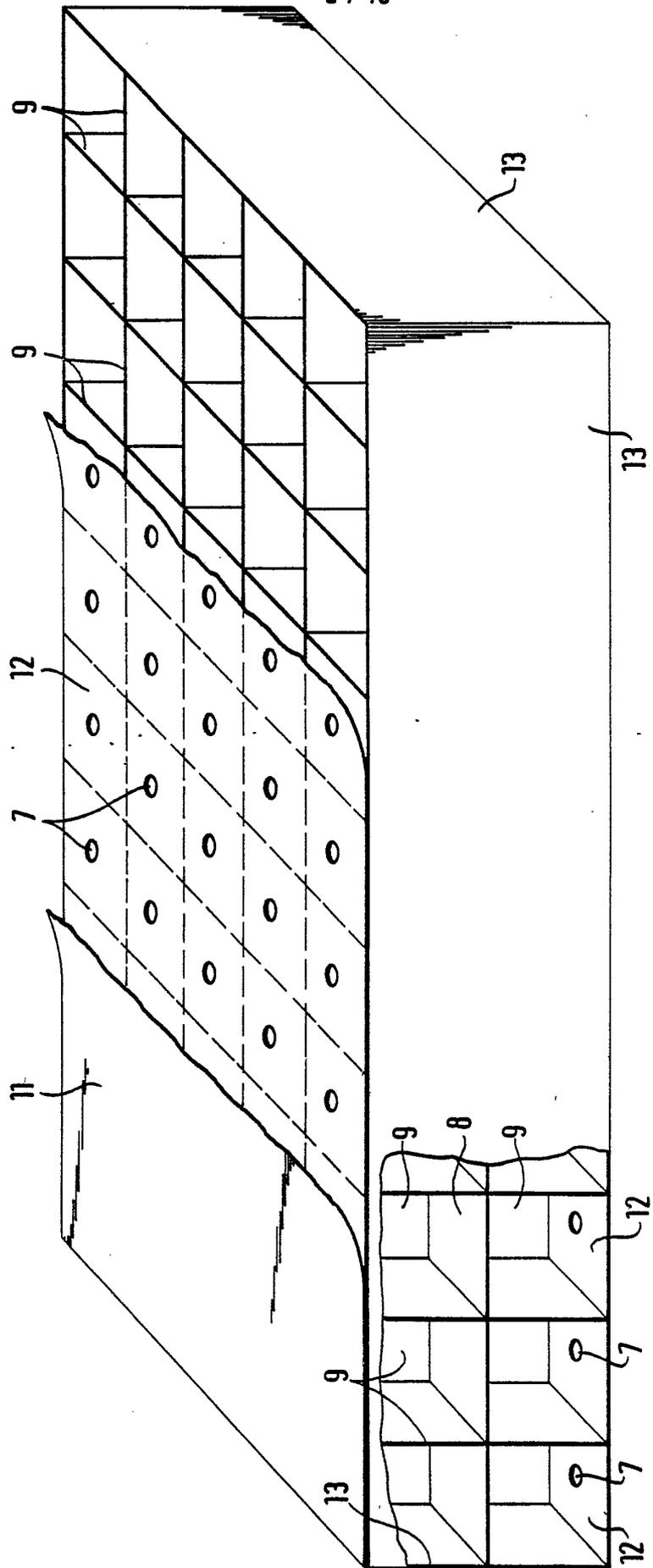


FIG. 1C

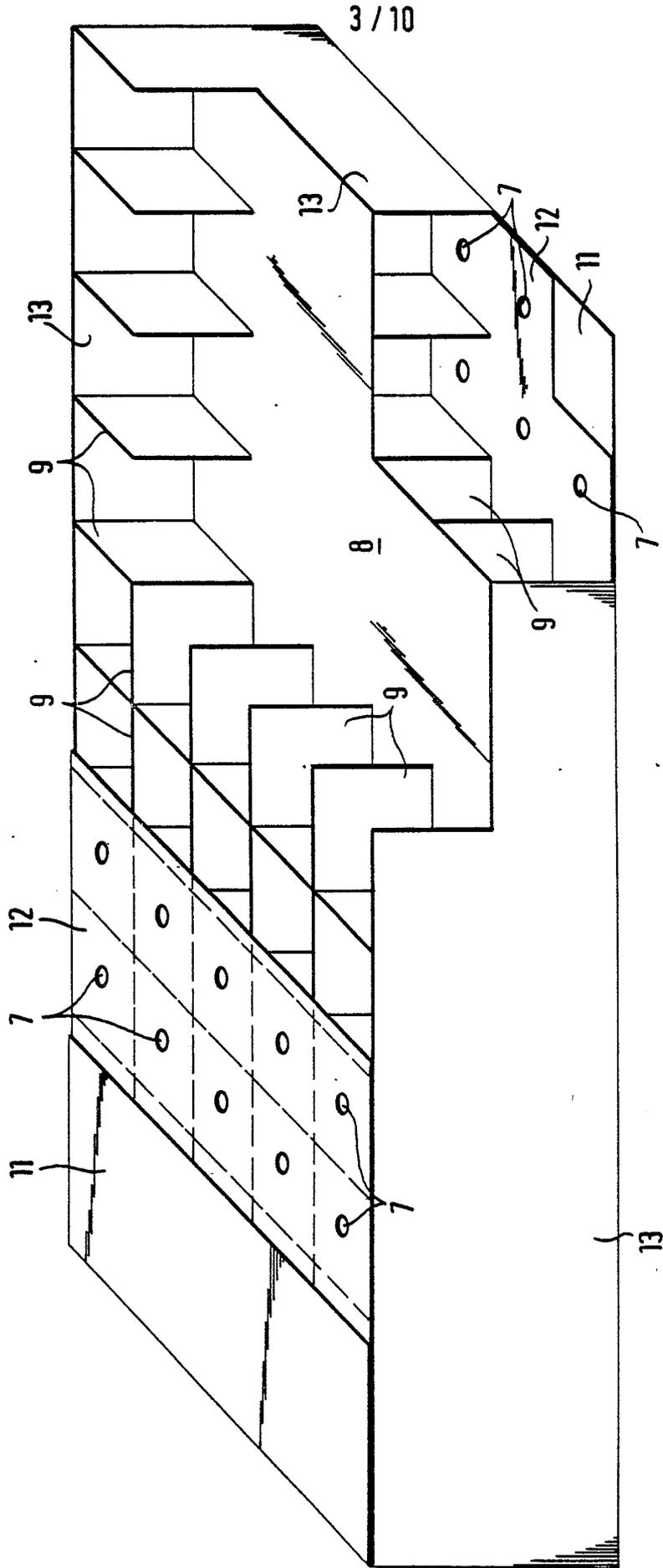


FIG. 1D

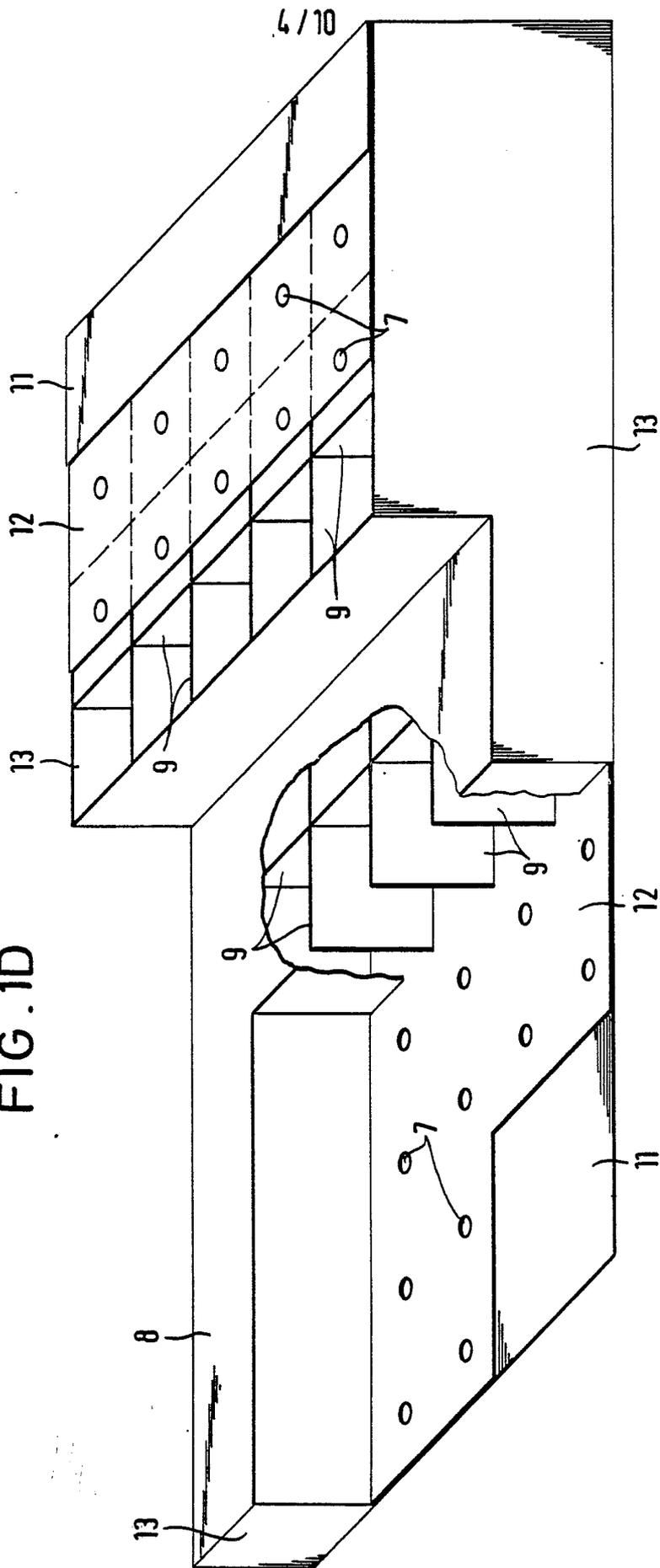


FIG. 4A

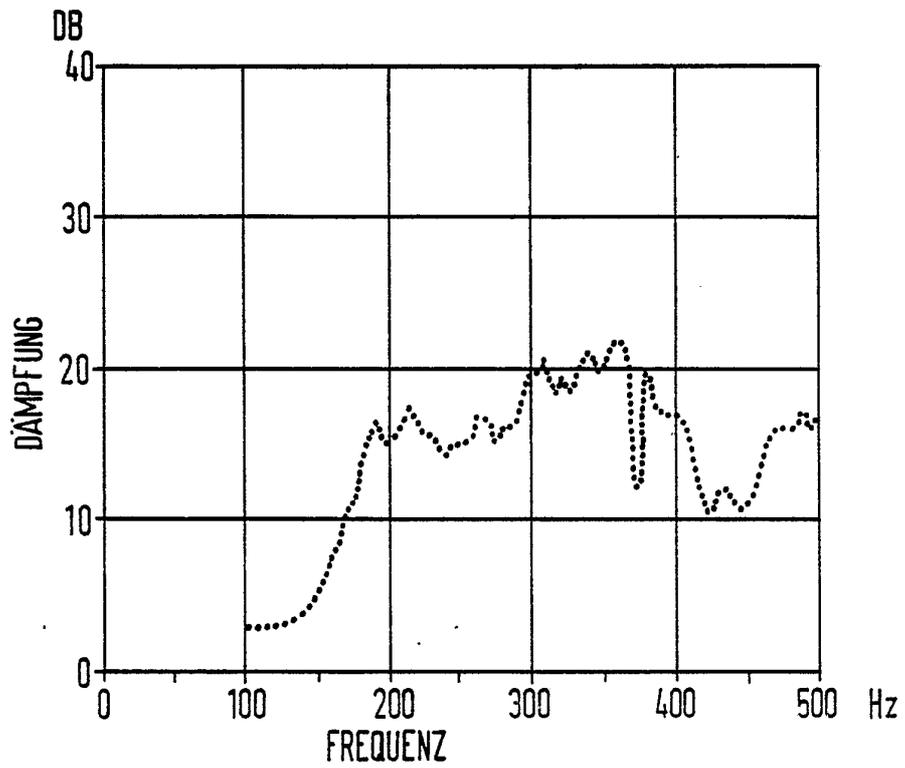


FIG. 4B

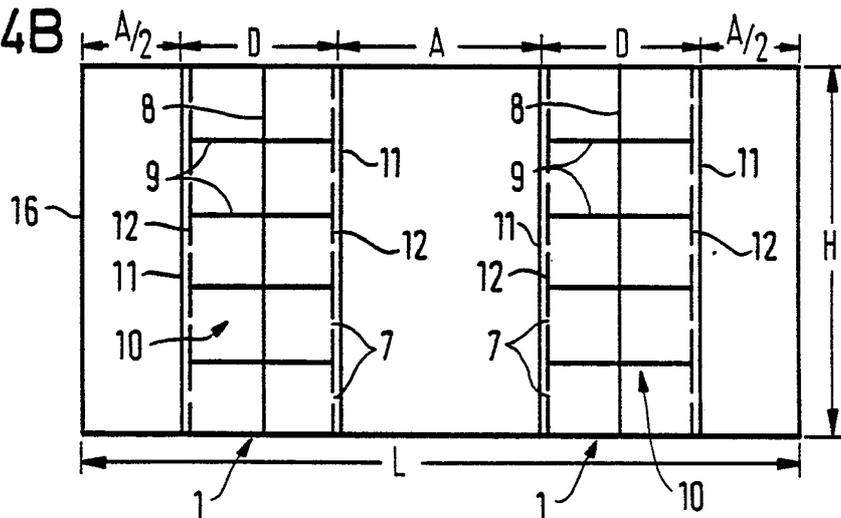


FIG. 5A

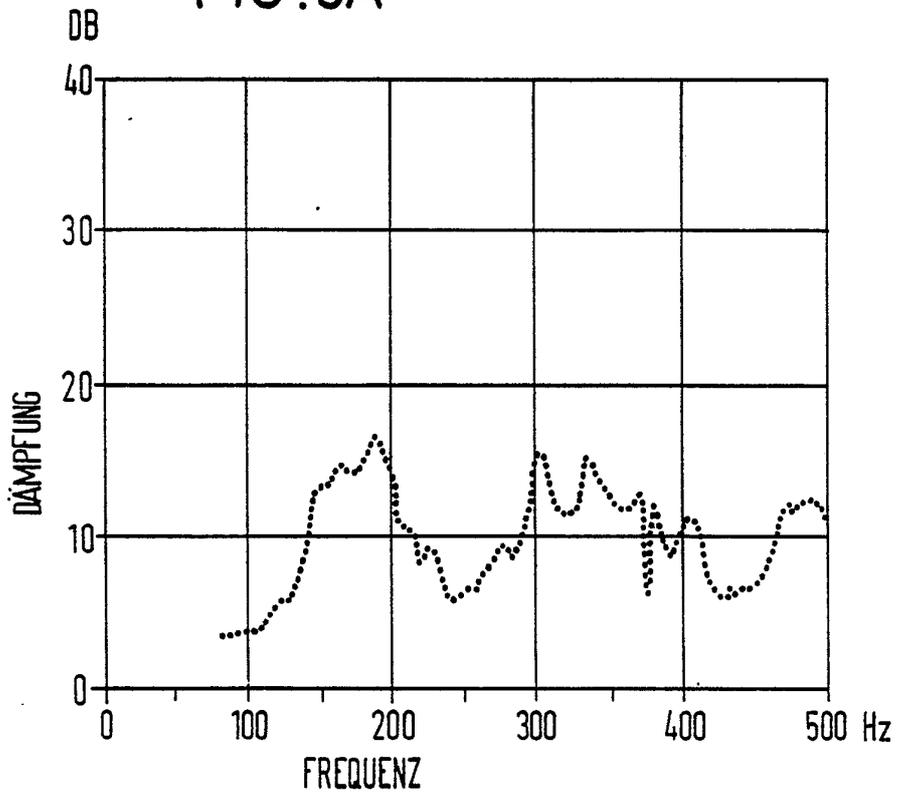


FIG. 5B

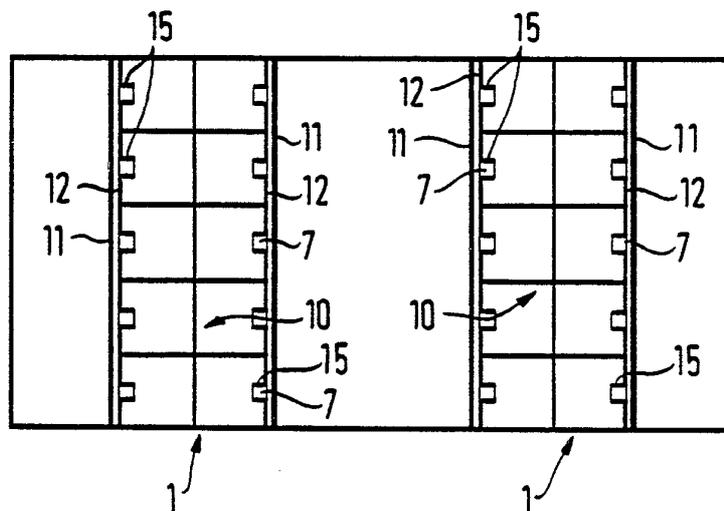


FIG. 6A

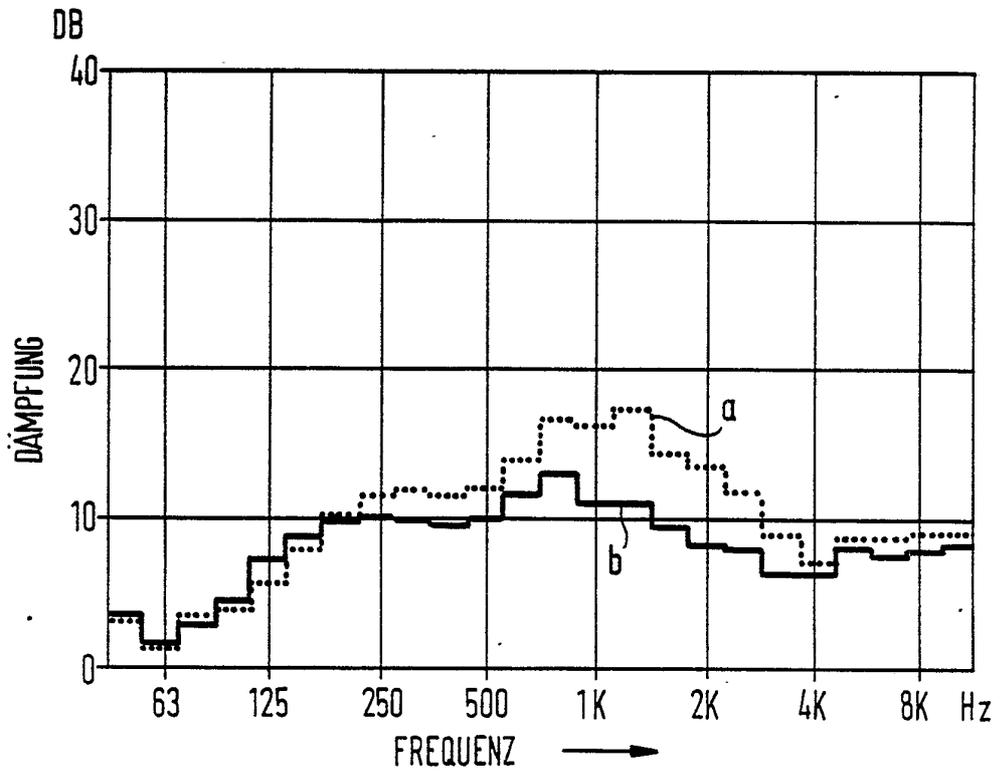


FIG. 6B

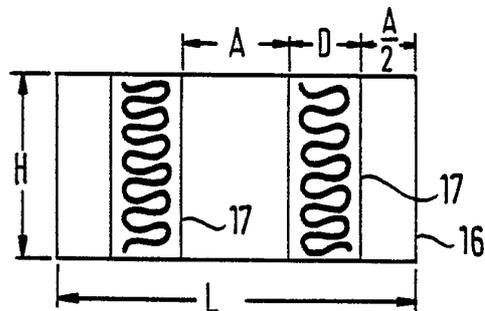


FIG. 7A

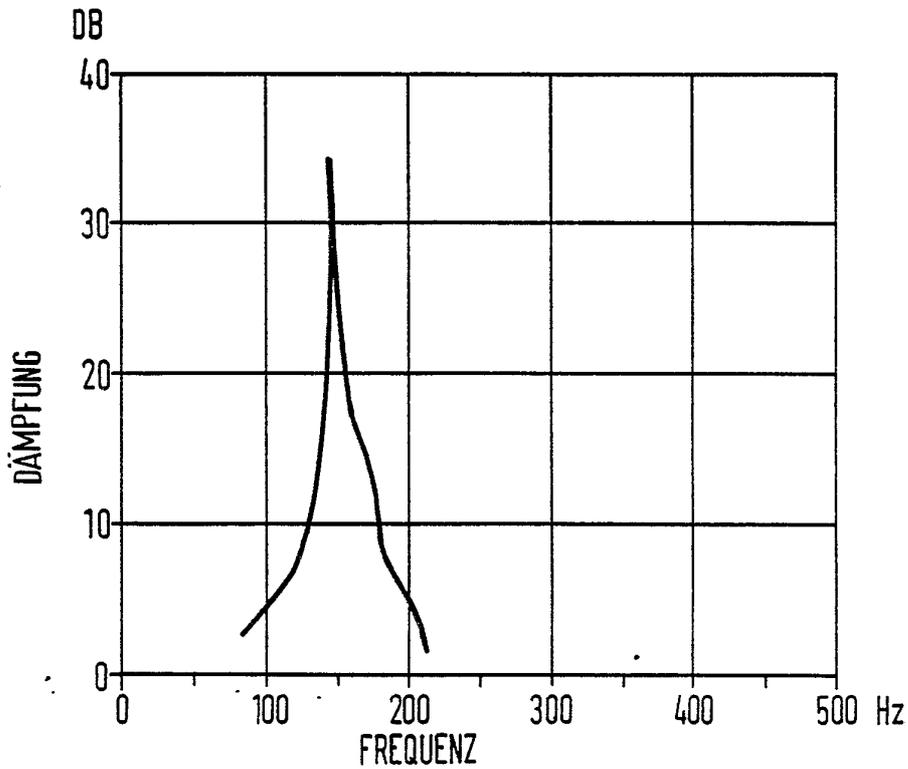


FIG. 7B

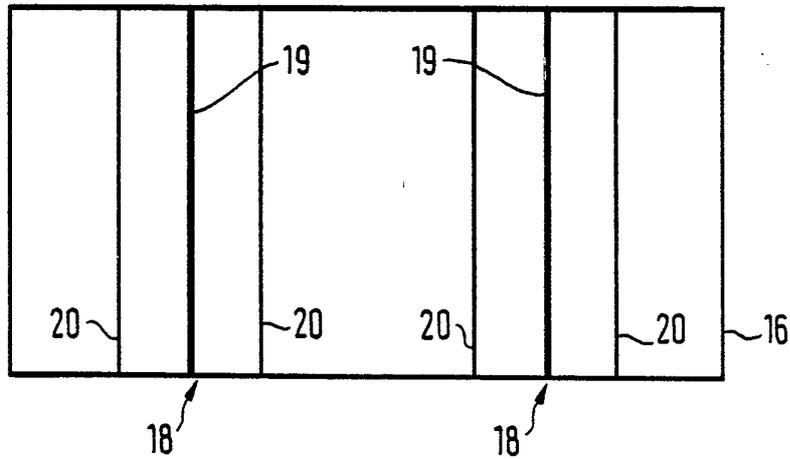


FIG. 8A

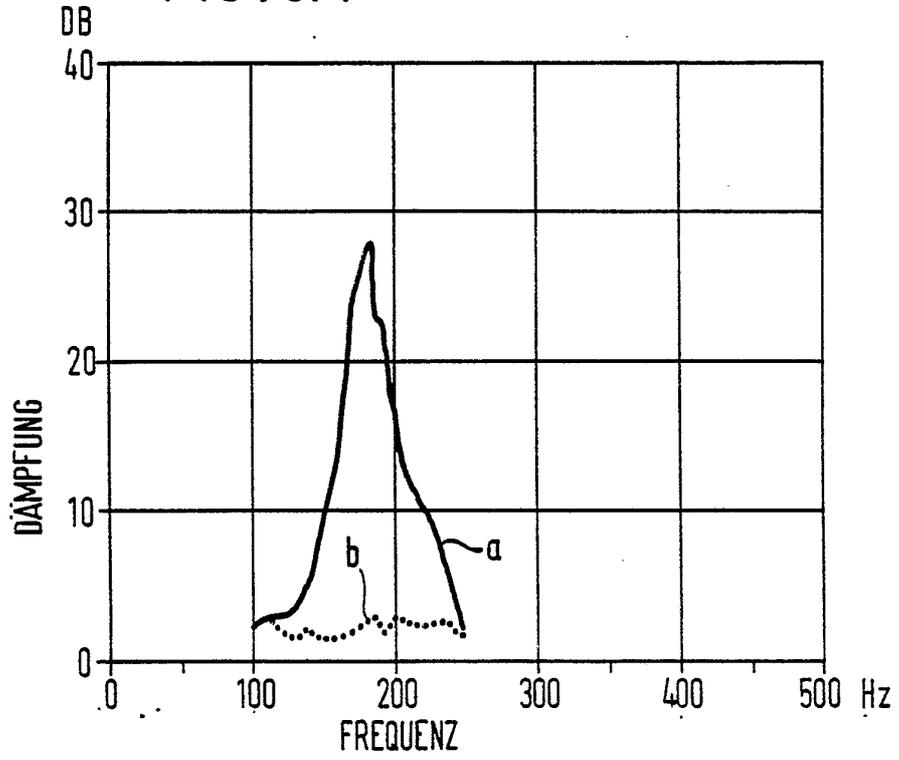


FIG. 8B

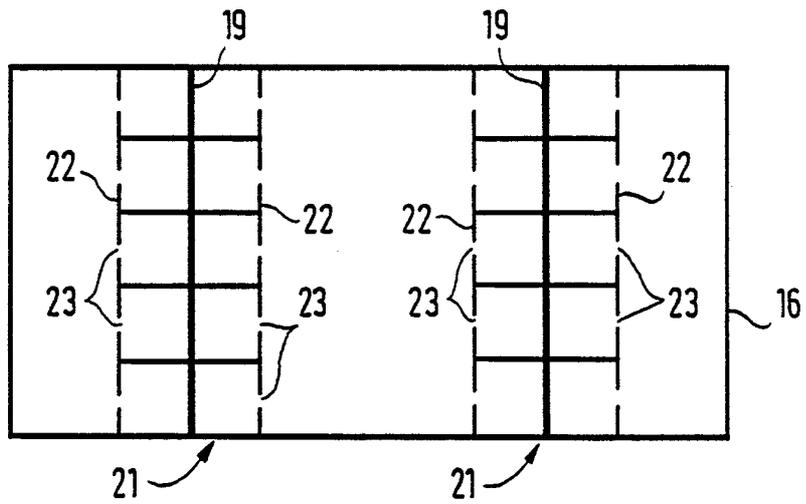
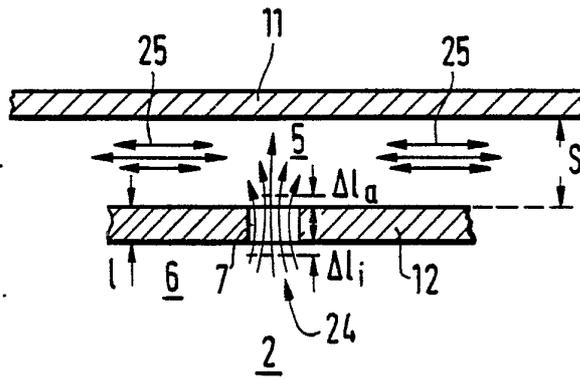


FIG. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP86/00039

International Application No

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ F 24 F 13/00; G 10 K 11/16; F 16 L 55/02		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴	F 16 L; F 24 F; E 04 B; E 04 C; G 10 K	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category [*]	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y A	FR, A1, 2441692 (INGEMANSSONS INGENJORSBYRA AB) 13 june 1980, see figure 6; page 6, line 3 - page 8, line 32	1 2-4,10,15
Y	----- FR, A, 1441318 (AIRTHERM CONSULTING AG) 25 April 1966, see figures; abstract	1
A	----- FR, A1, 2300384 (LOCKHEED AIR CO.) 3 September 1976, see figures 1,4; page 5, line 28 - page 6, line 15	1-4,10,13
A	----- US, A, 3834487 (J.R. HALE) 10 September 1974, see figures 1-3; abstract	1-3,5,10
A	----- GB, A, 2005384 (ROLLS-ROYCE LTD.) 19 April 1979, see figures 1-2b; abstract	1,4,13

<p>[*] Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
6 June 1986 (06.06.86)	10 July 1986 (10.07.86)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/EP 86/00039 (SA 12374)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 24/06/86

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

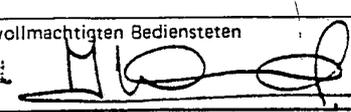
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR-A- 2441692	13/06/80	NL-A- 7908145 GB-A, B 2035897 DE-A- 2946392 JP-A- 55072547 US-A- 4317503 SE-B- 420750 CA-A- 1137417 SE-A- 7811891	20/05/80 25/06/80 04/06/80 31/05/80 02/03/82 26/10/81 14/12/82 18/05/80
FR-A- 1441318		None	
FR-A- 2300384	03/09/76	None	
US-A- 3834487	10/09/74	None	
GB-A- 2005384	19/04/79	None	

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 86/00039

I. KLASSEFİKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. ⁴ F 24 F 13/00; G 10 K 11/16; F 16 L 55/02		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. ⁴	F 16 L; F 24 F; E 04 B; E 04 C; G 10 K	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
Y	FR, A1, 2441692 (INGEMANSSONS INGENJORSBYRA AB) 13. Juni 1980, siehe Figur 6; Seite 6, Zeile 3 - Seite 8, Zeile 32	1
A	---	2-4, 10, 15
Y	FR, A, 1441318 (AIRTHERM CONSULTING AG) 25. April 1966, siehe Figuren; Zusammenfassung	1
A	---	
A	FR, A1, 2300384 (LOCKHEED AIR CO.) 3. September 1976, siehe Figuren 1,4; Seite 5, Zeile 28 - Seite 6, Zeile 15	1-4, 10, 13
A	---	
A	US, A, 3834487 (J.R. HALE) 10. September 1974, siehe Figuren 1-3; Zusammenfassung	1-3, 5, 10
A	---	
A	GB, A, 2005384 (ROLLS-ROYCE LTD.) 19. April 1979, siehe Figuren 1-2b; Zusammenfassung	1, 4, 13

<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
6. Juni 1986	10 JUL. 1986	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	M. VAN MOL 	

ABHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT UBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/EP 86/00039 (SA 12374)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR-A- 2441692	13/06/80	NL-A- 7908145	20/05/80
		GB-A, B 2035897	25/06/80
		DE-A- 2946392	04/06/80
		JP-A- 55072547	31/05/80
		US-A- 4317503	02/03/82
		SE-B- 420750	26/10/81
		CA-A- 1137417	14/12/82
		SE-A- 7811891	18/05/80
FR-A- 1441318		None	
FR-A- 2300384	03/09/76	None	
US-A- 3834487	10/09/74	None	
GB-A- 2005384	19/04/79	None	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang :
siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.