

(19)



(11)

EP 3 246 479 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.11.2017 Patentblatt 2017/47

(51) Int Cl.:
E04B 1/84 (2006.01) E04B 1/82 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16170670.0**

(22) Anmeldetag: **20.05.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Baumann, Walter**
67059 Ludwigshafen (DE)
• **Rajmane, Abhay Siddeshwar**
67059 Ludwigshafen (DE)

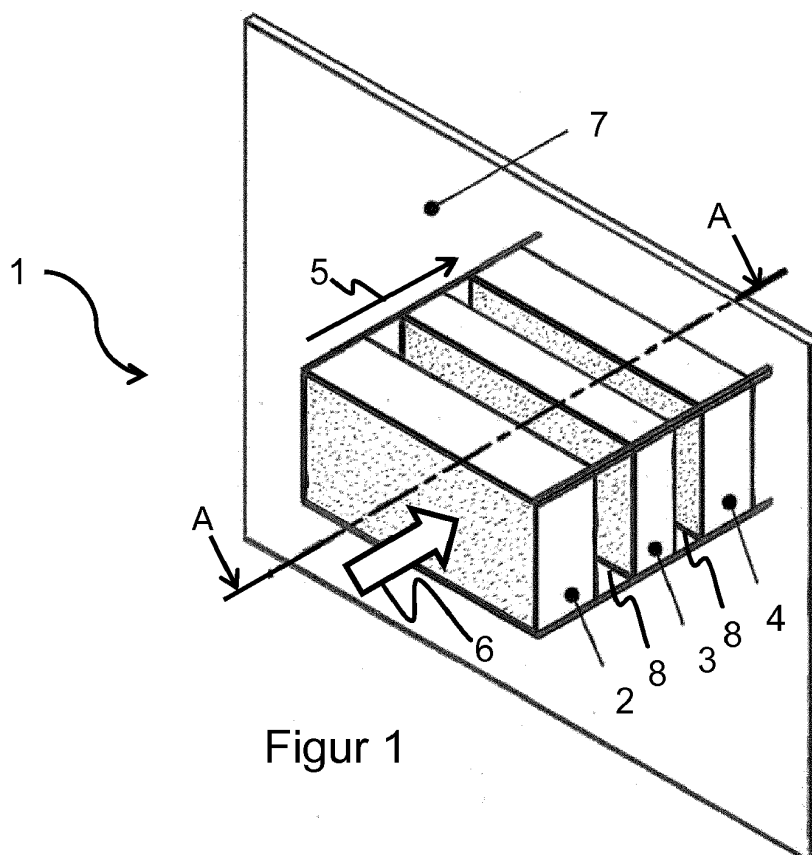
(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB**
Leopoldstraße 4
80802 München (DE)

(71) Anmelder: **G + H Schallschutz Gmbh**
67059 Ludwigshafen (DE)

(54) **ABSORBEREINHEIT ZUM ABSORBIEREN VON SCHALL**

(57) Die Erfindung betrifft eine Absorbereinheit zum Absorbieren von Schall, insbesondere in geschlossenen Räumen, umfassend mehrere Platten aus Absorptionsmaterial für Schall, wobei wenigstens zwei benachbarte

Platten unter Bildung eines dazwischenliegenden Luft-raums so beabstandet zueinander angeordnet sind, dass sie für Frequenzen unterhalb von 50 Hz einen Hohlraum-resonator bilden



Figur 1

EP 3 246 479 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Absorbereinheit zum Absorbieren von Schall, insbesondere in geschlossenen Räumen.

[0002] In der Automobilindustrie werden reflexionsarme Räume zum Untersuchen der Außengeräusche von Fahrzeugen verwendet. Die Geräuschpegel müssen in einer geeigneten akustischen Umgebung aufgenommen werden, um diese qualitativ und quantitativ zu erfassen, zu beurteilen, und gegebenenfalls auch so zu verarbeiten, dass Sounddesign möglich ist.

[0003] Dabei wird der Bedarf an reflexionsarmen Räumen mit Grenzfrequenzen f_g weit unter 50 Hz immer größer. Aufgrund derzeitiger Entwicklungen in Automobilbereich verschiebt sich das durch den Verbrennungsmotor hervorgerufene Mündungsgeräusch am Auspuffrohr zu immer tieferen Frequenzbereichen bis hin zu etwa 30 Hz. Des Weiteren treten tiefe Frequenzen dann auf, wenn Luftströmung über das Fahrzeug streicht. Es kommt dann am Heckteil zu Wirbelablösungen, die einen sehr tieffrequenten Quellschall verursachen, das sogenannte "Wummern". Diese Situation wird in der Automobilindustrie im Windkanal bei Luftströmung untersucht. Auch hier reichen die Geräuschanteile bis in den 30 Hz-Bereich hinunter.

[0004] Ein Gebiet, das damit verknüpft ist, ist die Psychoakustik, die gerade bei tiefen Frequenzen, die sich beim Menschen beispielsweise in der Magengegend niederschlagen, große Anteile verbucht, so dass Bedarf an geeigneten akustischen Umgebungen in diesem Frequenzbereich besteht.

[0005] Reflexionsarme Räume werden seit den 1950ziger Jahren mit strukturierten Absorbern ausgekleidet, insbesondere mit sogenannten Würfel- oder Keilabsorbern. Deren wesentliches Merkmal ist, dass sie ab einer bestimmten Frequenz, Grenzfrequenz f_g genannt, einen Absorptionsgrad $\alpha > 99\%$ aufweisen, gemessen nach DIN EN ISO 10534-2 im Impedanzrohr. Diese Eigenschaft eines einzelnen Absorbers überträgt sich auf den Raum, wenn dessen Raumbegrenzungsflächen entsprechend ausgekleidet werden. Die Güte des akustischen Freifeldes, die sich aus den Absorber-Eigenschaften ergibt, kann dann mit Hilfe von DIN EN ISO 3745 bzw. DIN EN ISO 26101 festgestellt werden.

[0006] Bei strukturierten Auskleidungen ist eine Grenzfrequenz von 38 Hz bei einer Absorbertiefe von 1,7 m bekannt. Tiefere Grenzfrequenzen mit strukturierten Absorbern wurden bisher nicht erzielt.

[0007] Abgesehen von dieser Begrenzung wären zur Erzielung einer bestimmten Grenzfrequenz f_g bei strukturierten Absorbern erfahrungsgemäß Absorberlängen t im Bereich von $\lambda_g/4$ bzw. $\lambda_g/5$ nötig, wobei λ_g die Wellenlänge bei der Grenzfrequenz bedeutet. Bei einer Grenzfrequenz von $f_g = 30$ Hz bedeutet dies rechnerisch eine Absorbertiefe im Bereich von $2,28 \text{ m} < t < 2,86 \text{ m}$. Dies wäre aufgrund des immens großen Platzbedarfs für die Absorber und des dann benötigten Innenraums zur

Messung wirtschaftlich nicht vertretbar.

[0008] Absorption bei tiefen Frequenzen und geringerem Platzbedarf ist grundsätzlich durch Resonatoren herbeizuführen. Bei Resonanzabsorbern kann zwar die Auskleidungstiefe erheblich reduziert werden ($t < 0,5 \text{ m}$), durch die Resonanz entsteht jedoch eine unstetige Absorptionskurve, die im reflexionsarmen Raum ebenfalls zu Unstetigkeiten führt so dass das akustische Raumfeld selbst schwankt und der davon ausgehende Messfehler räumlich nicht mehr zuzuordnen ist.

[0009] Außerdem reicht allein eine Resonanzfrequenz für die oben beschriebenen Anwendungen nicht aus, da der Anspruch an den Absorptionsgrad nicht nur bei der Resonanzfrequenz gilt, sondern für alle Frequenzen oberhalb der Grenzfrequenz.

[0010] Um dieses Problem zu beheben, ist es bekannt, Breitband-Absorptionsmaterial mit einer Resonatorplatte zu kombinieren, was zwar die Resonanzgüte einerseits verringert, andererseits jedoch zu einem breitbandigeren Absorptionsbereich führt und mit dem vorgeschetzten Absorptionsstoff auch mittlere und höhere Frequenzen zugänglich macht (siehe zum Beispiel "Broadband compact absorbers for anechoic linings", Helmut V. Fuchs et al., CFA/DAGA'04, Strasbourg, 22-25/03/2004, Seiten 955 und 956).

[0011] Aufgrund der resonanzartigen Struktur sind hier jedoch Messungen im Impedanzrohr kaum ausführbar, da die Einspann- oder Randbedingungen der Platte für die Lage und Amplitude der Resonanz eine entscheidende Rolle spielen. Hallraummessungen nach ISO 354 sind zwar ohne weiteres möglich, jedoch entbehren derartige Messungen bei sehr hohen Absorptionsgraden jegliche Genauigkeit, da das zugrundeliegende physikalische Modell (nach Sabine) zusammenbricht und nicht mehr gilt. Eine direkte, genaue physikalische Messung dieses Absorbertyps ist also nicht möglich.

[0012] Es ist also eine Aufgabe der Erfindung, eine Absorbereinheit bereitzustellen, die in einem breiten Frequenzspektrum, das sich bis in einen niedrigen Frequenzbereich erstreckt, einen hohen Absorptionsgrad hat, dabei Unstetigkeiten der Resonanz vermeidet und zugleich eine geringe Auskleidungstiefe ermöglicht.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Absorbereinheit mehrere Platten aus Absorptionsmaterial für Schall umfasst, wobei wenigstens zwei benachbarte Platten unter Bildung eines dazwischenliegenden Luftraums so beabstandet zueinander angeordnet sind, dass sie für Frequenzen unterhalb von 50 Hz einen Hohlraumresonator bilden.

[0014] Durch die Platten aus Absorptionsmaterial selbst wird ein breiteres Frequenzspektrum absorbiert, wobei sie gleichzeitig als Begrenzungen für Lufträume dienen, die jeweils ein weniger breites, dafür aber im niedrigen Frequenzbereich angesiedeltes Absorptionspektrum aufweisen. Somit können die Platten zwei Absorptionsmechanismen kombinieren und mit wenig Platzbedarf das erwünschte breite und sich zu niedrigen Frequenzen hin erstreckende Frequenzspektrum absor-

bieren und Unstetigkeiten abfangen. Durch eine solche Anordnung wird ein Flachabsorber bereitgestellt, der eine geringe Einbautiefe und zugleich gute Absorptionseigenschaften in einem breiten Frequenzbereich, der sich bis hin zu sehr niedrigen Frequenzen erstreckt, aufweist.

[0015] Insbesondere kann der Hohlraumresonator bzw. mehrere oder alle der Hohlraumresonatoren eine Eigenfrequenz von weniger als 50 Hz, insbesondere weniger als 40 Hz, insbesondere von weniger als 35 Hz, insbesondere von 30 Hz aufweisen.

[0016] Die Absorbereinheit besteht vorzugsweise aus einzelnen Absorber- und Luftschichten, die so angeordnet sind, dass ein möglichst hoher Absorptionsgrad bei möglichst geringer Einbautiefe erzielt wird. Dies wird durch Optimieren des Abstands und der Dicken der Platten sowie einer geeigneten Wahl des Absorptionsmaterials erreicht, weil der Absorptionsgrad der Resonatoren von den Abständen der Platten und die Absorptionseigenschaften der Platten von der Dicke der Platten sowie deren Strömungswiderstand abhängen. Insbesondere wird der Absorptionsgrad, ab dem die Grenzfrequenz definiert wird, auf 90% eingestellt. Im Vergleich haben strukturierte Absorber einen Absorptionsgrad von 99%. Messungen mit konventionellen Flachabsorbern im höheren Frequenzbereich ($f > 400$ Hz) zeigen, dass den Anforderungen nach DIN EN ISO 3745 auch dann noch entsprochen werden kann, wenn der Absorptionsgrad etwa bei 90% eingestellt ist.

[0017] Das Absorptionsmaterial kann einen anisotropen Stoff mit Fasern umfassen, wobei die Platten derart ausgebildet und angeordnet sind, dass die Fasern zumindest in einer der Platten entlang der Richtung der Plattenabfolge in der Absorbereinheit verlaufen.

[0018] Der Begriff Faserrichtung wird dabei folgendermaßen verwendet: Es wird angenommen, dass eine Mehrzahl der Fasern in einer Platte etwa in die gleiche Richtung verläuft, als Faserrichtung bezeichnet. In den bevorzugten Beispielen entspricht diese etwa der Richtung der Plattenabfolge oder einer Richtung quer dazu, was jedoch nicht heißt, dass alle Fasern exakt parallel oder quer zu dieser Richtung oder exakt parallel zueinander verlaufen.

[0019] Nach dem Einbau entspricht die Richtung der Plattenabfolge typischerweise der Richtung, in der der Schall im Betrieb auf die Absorbereinheit trifft.

[0020] Das Absorptionsmaterial kann beispielsweise Mineralwolle oder offenzellige Schaumstoffe umfassen. Mineralwolle ist ein anisotroper Stoff, der aus miteinander verklebten Faserlagen besteht. Dabei weist typischerweise Mineralwolle mit einer Faserrichtung entlang der Schallrichtung ausgerichteten Fasern den niedrigsten Strömungswiderstand auf.

[0021] Typische längenbezogene Strömungswiderstände (DIN EN 29053) von Mineralwolle liegen, je nach Dichte und Anordnung, bei 5 bis 35 kPa*s/m².

[0022] Wellen werden vorwiegend dann absorbiert, wenn eine gute Impedanzanpassung im Übergangsbereich zwischen zwei Medien, hier also zwischen Luft und

Absorptionsmaterial, erfolgt. Bei den strukturierten Absorbern des Stands der Technik wird dies durch die Formgebung bewerkstelligt. Bei den erfindungsgemäßen (flachen) Absorbern erfolgt die Impedanzanpassung vorzugsweise durch Einstellung des Strömungswiderstandes des Absorptionsmaterials. Daher werden bevorzugt Materialien mit sehr niedrigen Strömungswiderständen verwendet.

[0023] Viele derartige Materialien weisen kaum Eigenstabilität auf, beispielsweise Watte oder lose Glaswolle. Die Verwendung von Mineralwolle reduziert dieses Problem und verleiht Eigenstabilität. Insbesondere können die Platten Mineralwolle in spezieller Einbaulage umfassen. Insofern können durch geeignete Anordnung eigenstabile Mineralwolleplatten mit niedrigem Strömungswiderstand benutzt werden. Zudem stellt Mineralwolle Nichtbrennbarkeit Klasse A nach DIN EN 13501 sicher. Andere Materialien, die geeignete Stabilität und geeigneten Strömungswiderstand aufweisen sind ebenfalls denkbar.

[0024] Die Platten aus Absorptionsmaterial sind vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie Eigenstabilität aufweisen. Dies erleichtert den Einbau in die Absorbereinheit, da keine speziellen Stützstrukturen vorgesehen werden müssen.

[0025] Die Platten können derart angeordnet sein, dass die Faserrichtung zwischen einem Verlauf entlang der Richtung der Plattenabfolge und senkrecht zur Richtung der Plattenabfolge von Platte zu Platte abwechselt.

[0026] Die Absorbereinheit kann mindestens, insbesondere genau drei, Platten aufweisen. Insbesondere können bei genau drei Platten die Fasern der mittleren Platte entlang der Richtung der Plattenabfolge verlaufen und die Fasern der beiden anderen Platten quer zur Richtung der Plattenabfolge verlaufen.

[0027] Die Dicke der Platten kann zwischen 150 mm und 300 mm betragen. Die Abstände zwischen den Platten können zwischen 100 mm und 200 mm betragen. Die Platten können alle die gleichen Dicken und Abstände oder zumindest teilweise unterschiedliche Dicken und Abstände voneinander aufweisen.

[0028] Die Absorbereinheit kann mindestens, insbesondere genau, drei Platten umfassen, wobei die Dicke einer mittleren Platte geringer ist als die Dicke der beiden benachbarten Platten und wobei die beiden benachbarten Platten unterschiedliche Dicken haben.

[0029] Die Absorbereinheit kann eine Begrenzungsfläche umfassen, die, bezogen auf die Richtung der Plattenabfolge, benachbart zu einer der beiden äußersten Platten angeordnet ist. Insbesondere kann dann die der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte dicker sein als die mittlere Platte und dünner als die am weitesten von der Begrenzungsfläche entfernt liegende Platte.

[0030] Insbesondere kann dann die der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte eine Dicke von 250 mm aufweisen, die mittlere Platte eine Dicke von 200 mm aufweisen und die am weitesten von der Begrenzungsfläche entfernt liegende Platte eine Dicke von 300

mm aufweisen.

[0031] Die Absorbereinheit kann eine bzw. die Begrenzungsfläche umfassen, die, bezogen auf die Richtung der Plattenabfolge, benachbart zu einer der beiden äußersten Platten angeordnet ist. Insbesondere kann dann der Abstand zwischen der mittleren Platte und der der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte größer sein als der Abstand zwischen der der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte und der Begrenzungsfläche und kleiner als der Abstand zwischen der mittleren Platte und der am weitesten von der Begrenzungsfläche entfernt liegenden Platte.

[0032] Insbesondere kann dann der Abstand zwischen der mittleren Platte und der der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte 150 mm betragen, der Abstand zwischen der der Begrenzungsfläche am nächsten liegenden Platte und der Begrenzungsfläche 100 mm betragen und der Abstand zwischen der mittleren Platte und der am weitesten von der Begrenzungsfläche entfernt liegenden Platte 200 mm betragen.

[0033] Die Gesamtdicke der Absorbereinheit kann kleiner oder gleich 1,5 m sein, vorzugsweise kleiner als 1,4 m, insbesondere 1,2 m sein. Beispielsweise kann die Gesamtdicke zwischen 1,1 m und 1,4 m liegen.

[0034] Mindestens eine der Platten kann durch ein Lochblech auf einer oder beiden Hauptseiten der Platte abgedeckt oder in Form einer Lochblechkassette ausgebildet sein. Insbesondere die im Betrieb der Schallquelle am nächsten liegende Platte kann vorteilhaft in Form einer Lochblechkassette ausgebildet sein. Mindestens eine der Platten kann in Form eines Kulissenpaketes ausgebildet sein. Insbesondere die Platten, die im Betrieb nicht direkt dem Schall zugewandt sind, können in ein Kulissenpaket integriert sein.

[0035] Die Verwendung von Lochblechkassetten und/oder Kulissenpaketen ist vorteilhaft, da der Aufbau der Platten selbst und der Absorbereinheit einfach und günstig ist.

[0036] Die Absorbereinheit kann derart ausgebildet sein, dass die Lufträume zur Installation von Kabeln oder Rohren verwendbar sind. Dies ermöglicht einen vorteilhaften Aufbau bei den entsprechenden Anwendungen, wo zur Stromversorgung und/oder zum Datenaustausch, beispielsweise von Sensoren oder Ähnlichem, viele Kabel verlegt werden müssen.

[0037] Weitere Merkmale und Vorteile werden nachfolgend anhand der beispielhaften Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische, nicht maßstabsgetreue Schrägansicht einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Absorbereinheit,

Fig. 2 eine schematische, nicht maßstabsgetreue Schnittansicht der ersten Ausführungsform und

Fig. 3 eine schematische, nicht maßstabsgetreue Schrägansicht einer zweiten Ausführungsform

der erfindungsgemäßen Absorbereinheit.

[0038] In Figur 1 ist eine erste bevorzugte Ausführungsform der Absorbereinheit 1 gezeigt, die drei Platten 2, 3, 4 aus Absorptionsmaterial umfasst, die allein oder in Lochblechkassetten oder Kulissen eingebaut auch als Absorberpakete bezeichnet werden. Die Richtung der Plattenabfolge ist hier mit dem Pfeil 5 gekennzeichnet. Pfeil 6 kennzeichnet die ungefähre Richtung, in der im Betrieb der Schall auf die Absorbereinheit treffen wird. Es sei angemerkt, dass die Absorbereinheit auch eine andere Anzahl an Absorberpaketen aufweisen kann.

[0039] Zwischen zwei benachbarten Absorberpaketen ist jeweils ein Luftraum 8 angeordnet. Vorzugsweise ist dabei das Absorptionsmaterial aller Absorberpakete Mineralwolle, deren Fasern in dem mittleren Absorberpaket 3 entlang der Richtung der Plattenabfolge der Absorberpakete (also im Betrieb der Schallrichtung) verlaufen und in den anderen beiden Absorberpaketen quer dazu. Alternativ kann für die beiden äußeren Absorberpakete auch ein offenzelliger Schaumstoff verwendet werden. Die Ausrichtung der Fasern kann jedoch auch anders gewählt werden oder andere Materialien können verwendet werden, solange geeignete Strömungswiderstände vorliegen.

[0040] Die drei Absorberpakete können beispielsweise eine Dicke von $d = 300$ mm, $e = 200$ mm und $f = 250$ mm und einen Abstand von $a = 200$ mm bzw. $b = 150$ mm aufweisen. Allerdings können Werte für die Dicke und Abstände auch von diesen Werten abweichen, was vor allem von den verwendeten Materialien und den gewünschten Absorptionseigenschaften abhängt.

[0041] Die Absorbereinheit kann durch ein Element 7, beispielsweise eine Wand oder eine Begrenzungsfläche, die Teil der Absorbereinheit ist, begrenzt sein. Beispielsweise kann, wie in der Figur 1 gezeigt, die Absorbereinheit im Betrieb, beispielsweise in einem Abstand von $c = 100$ mm, an einer Wand (oder der Decke) eines Raums befestigt sein, die vorzugsweise einen hohen Strömungswiderstand aufweist.

[0042] Das erste Absorberpaket 2 ist im Betrieb direkt der Schallquelle zugewandt. Wenn die Absorbereinheit beispielsweise an der Decke oder Wand eines Raumes befestigt ist, ist das erste Absorberpaket direkt dem Rauminnen zugewandt. Vorzugsweise ist das erste Absorberpaket in Form einer in einer perforierten Lochblechkassette (hier nicht gezeigt) eingebauten Platte ausgebildet. Diese kann wahlweise auch farblich beschichtet sein. Die beiden hinteren Absorberpakete 3, 4 sind jeweils vorzugsweise in Form eines Kulissenpaketes (hier nicht gezeigt), in dem die jeweilige Platte integriert ist, ausgebildet. Sie können entsprechend der Messvorschrift hinter dem rauminnenseitigen Absorberpaket angeordnet sein.

[0043] Ein Kulissenpaket umfasst einen Kulissenrahmen, in den die Platte eingepasst ist. So kann die Platte in den Kulissenrahmen eingelegt und durch Vorsprünge an den Innenwänden oder an den Kanten des Kulissen-

rahmens an den Innenwänden gehalten werden. Diese Vorsprünge können insbesondere entlang mehrerer, insbesondere aller, Seiten des Kulissenrahmens verlaufen. So werden die Platten entlang ihrer Kanten gestützt und können in den Rahmen, geführt durch die Vorsprünge, eingeschoben werden. Beispielsweise können die Platten von oben eingeschoben werden. Dabei ist der Kulissenrahmen etwas breiter als die eingelegte Platte. Es wäre ebenfalls möglich, im Rahmen eine Nut vorzusehen, in der die Platte eingesetzt ist. Zum zusätzlichen Stützen und um eine Ausbeulung der Platten zu vermeiden, kann ein Band, beispielsweise ein Lochband von einer Kulissenseite zur anderen hinter einer Platte vorbeigezogen sein.

[0044] In jedem Kulissenrahmen ist typischerweise entlang der Schallrichtung genau eine Platte eingesetzt. Es ist möglich, dass mehrere Platten übereinander angeordnet sind, beispielsweise wenn die Platten in einer kleineren Größe gefertigt werden als der Rahmen. Beispielsweise könnte eine Platte 1200 x 600 mm groß sein, während die Höhe der Kulissenrahmen etwa 3 Meter betragen kann, so dass mehrere Platten übereinander eingesetzt werden müssen. In einem Kulissenrahmen kann die Platte bzw. können die Platten aus genau einer Art von Mineralwolle ausgebildet sein oder eine Schichtstruktur von Lagen verschiedener Arten von Mineralwolle aufweisen.

[0045] Der Kulissenrahmen kann gelocht oder aus Glatblech ausgebildet sein. Wenn die Kulissenpakete aufgebaut werden, können diese auf den Boden gestellt und gegebenenfalls, wenn erforderlich, aufeinander gestapelt werden. Dies ist vor allem bei Raumhöhen größer 3 Meter vorteilhaft, weil die Kulissenrahmen zum Sicherstellen der Stabilität nicht beliebig groß gewählt werden sollten. Um ein Kippen zu verhindern und die Abstände sicher einzustellen, können die Kulissen mit Auslegern, die an den Wänden befestigt sind, verbunden, beispielsweise verschraubt sein.

[0046] Die Luftschichten zwischen den einzelnen Paketen können optional für Installationen aller Art (Kabel, Rohre, etc.) genutzt werden, was hier nicht gezeigt ist.

[0047] Figur 2 zeigt einen Schnitt der oben beschriebenen Ausführungsform. Hier sind die Faserrichtungen mittels der Schraffierung angedeutet.

[0048] Figur 3 zeigt eine Schrägansicht einer im Wesentlichen wie in der ersten Ausführungsform ausgebildeten Absorbereinheit, die jedoch eine Begrenzungsfläche 7 aufweist. Hier keine Wand abgebildet, da die Absorbereinheit prinzipiell auch freistehend verwendet werden kann.

[0049] Die Begrenzungsfläche kann beispielsweise in einem Abstand von $c = 100$ mm von dem dritten Absorberpaket 4 angeordnet sein und weist vorzugsweise eine hohe Strömungsimpedanz auf. So wird auch zwischen der Begrenzungsfläche und dem dritten Absorberpaket noch ein Hohlraumresonator erzeugt. Auch hier kann der Abstand anders gewählt sein.

[0050] Es versteht sich, dass in den zuvor beschriebe-

nen Ausführungsformen genannte Merkmale nicht auf diese speziellen Kombinationen beschränkt sind und auch in beliebigen anderen Kombinationen möglich sind.

Patentansprüche

1. Absorbereinheit (1) zum Absorbieren von Schall, insbesondere in geschlossenen Räumen, umfassend mehrere Platten (2, 3, 4) aus Absorptionsmaterial für Schall, wobei wenigstens zwei benachbarte Platten (2, 3, 4) unter Bildung eines dazwischenliegenden Luftraums (8) so beabstandet zueinander angeordnet sind, dass sie für Frequenzen unterhalb von 50 Hz einen Hohlraumresonator bilden.
2. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der Hohlraumresonator eine Eigenfrequenz von weniger als 50 Hz, insbesondere weniger als 40 Hz, insbesondere von weniger als 35 Hz, insbesondere von 30 Hz aufweist.
3. Absorbereinheit nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Absorptionsmaterial einen anisotropen Stoff mit Fasern umfasst, wobei die Platten derart ausgebildet und angeordnet sind, dass die Fasern zumindest in einer der Platten (2, 3, 4) entlang der Richtung der Plattenabfolge (5) in der Absorbereinheit (1) verlaufen.
4. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Absorptionsmaterial Mineralwolle oder offenzellige Schaumstoffe umfasst.
5. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Platten (2, 3, 4) aus Absorptionsmaterial derart ausgebildet sind, dass sie Eigenstabilität aufweisen.
6. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Absorptionsmaterial Fasern umfasst und die Platten (2, 3, 4) derart angeordnet sind, dass die Faserrichtung zwischen einem Verlauf entlang der Richtung der Plattenabfolge (5) und senkrecht zur Richtung der Plattenabfolge (5) von Platte zu Platte abwechselt.
7. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei das Absorptionsmaterial Fasern umfasst, umfassend mindestens drei Platten (2, 3, 4), wobei die Fasern der mittleren der drei Platten (3) entlang der Richtung der Plattenabfolge (5) verlaufen und die Fasern der beiden anderen Platten (2, 4) quer zur Richtung der Plattenabfolge (5) verlaufen.
8. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Dicke der Platten (2, 3, 4) zwi-

schen 150 mm und 300 mm beträgt und/oder wobei die Abstände zwischen den Platten (2, 3, 4) zwischen 100 mm und 200 mm betragen.

9. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Platten (2, 3, 4) gleiche oder zumindest teilweise unterschiedliche Dicken und Abstände voneinander aufweisen. 5

10. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend mindestens drei der Platten (2, 3, 4), wobei die Dicke der mittleren Platte (3) der drei Platten geringer ist als die Dicke der beiden benachbarten Platten (2, 4) und die beiden benachbarten Platten (2, 4) unterschiedliche Dicken haben. 10
15

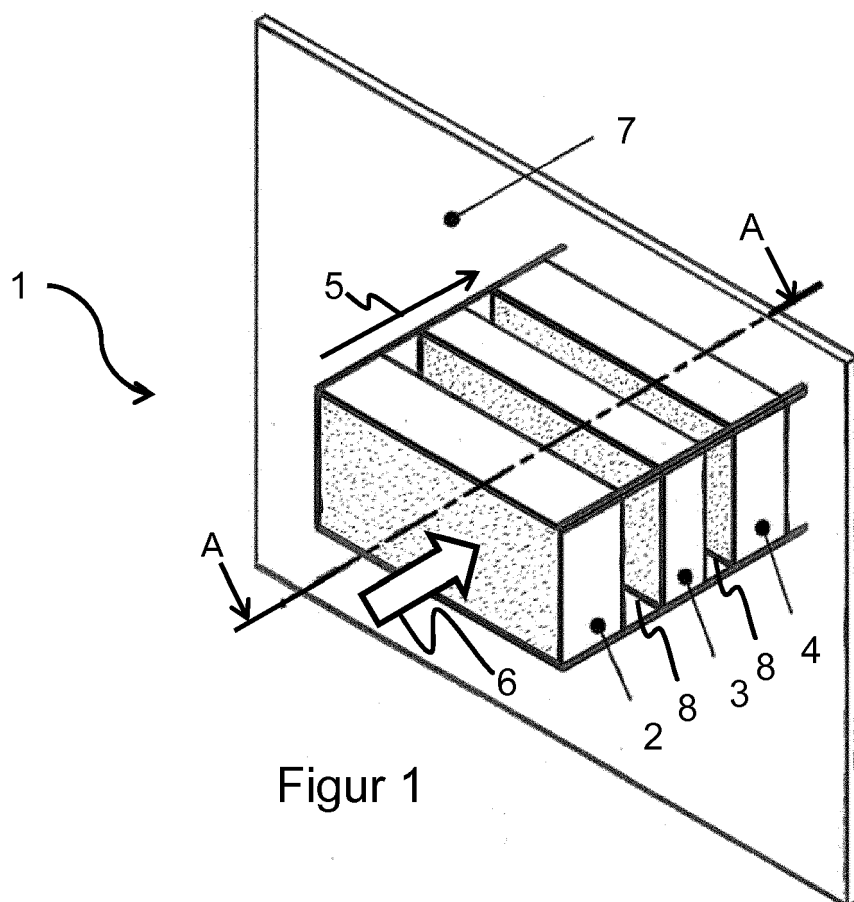
11. Absorbereinheit nach Anspruch 10, wobei die Absorbereinheit (1) eine Begrenzungsfläche (7) umfasst, die benachbart zu einer der beiden äußersten Platten (4) angeordnet ist, und wobei die der Begrenzungsfläche (7) am nächsten liegenden Platte (4) dicker ist als die mittlere Platte (3) und dünner als die am weitesten von der Begrenzungsfläche (7) entfernt liegende Platte (2). 20
25

12. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend drei bzw. die drei der Platten (2, 3, 4) wobei die Absorbereinheit (1) die bzw. eine Begrenzungsfläche (7) umfasst, die benachbart zu einer der beiden äußersten Platten (2, 4) angeordnet ist, wobei der Abstand zwischen der mittleren Platte (3) der drei Platten und der der Begrenzungsfläche (7) am nächsten liegenden Platte (4) größer ist als der Abstand zwischen der der Begrenzungsfläche (7) am nächsten liegenden Platte (4) und der Begrenzungsfläche (7) und kleiner als der Abstand zwischen der mittleren Platte (3) und der am weitesten von der Begrenzungsfläche (7) entfernt liegenden Platte (2). 30
35
40

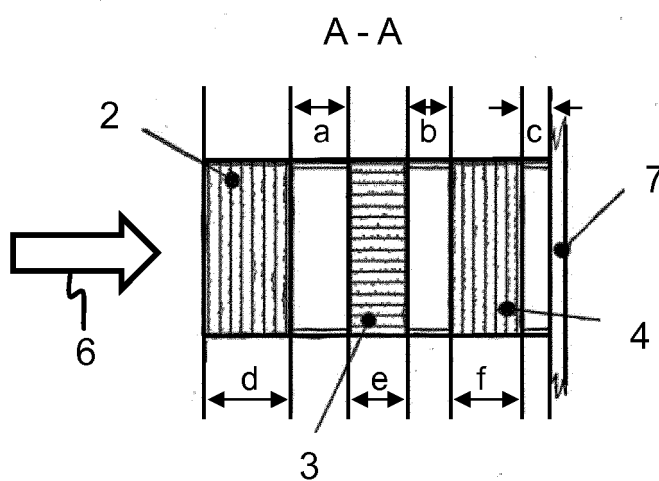
13. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Gesamtdicke der Absorbereinheit (1) kleiner oder gleich 1,5 m ist, vorzugsweise kleiner als 1,4 m, insbesondere 1,2 m ist. 45

14. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei mindestens eine der Platten (2, 3, 4) durch ein Lochblech auf einer oder beiden Hauptseiten der Platte abgedeckt oder in Form einer Lochblechkassette ausgebildet ist. 50

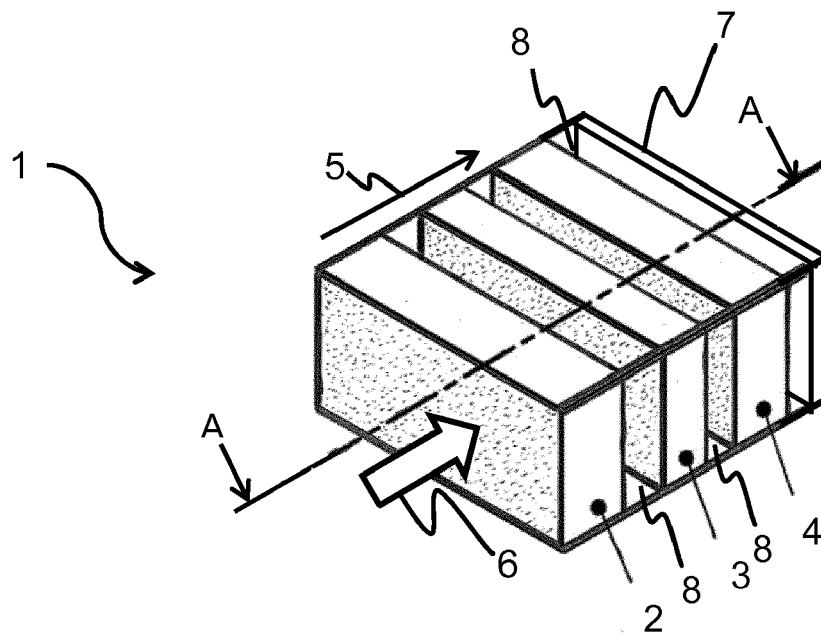
15. Absorbereinheit nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei mindestens eine der Platten (2, 3, 4) in ein Kulissenpaket integriert ist. 55



Figur 1



Figur 2



Figur 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 17 0670

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 94 00 092 U1 (JUNG AKUSTIK GMBH [DE]) 10. März 1994 (1994-03-10) * das ganze Dokument *	1-15	INV. E04B1/84 E04B1/82
X	DE 20 2012 006256 U1 (ZOERB ACUSTIC GMBH [DE]) 31. Juli 2012 (2012-07-31) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 2016	Prüfer Delzor, François
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 0670

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

26-10-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 9400092 U1	10-03-1994	KEINE	
15	DE 202012006256 U1	31-07-2012	KEINE	
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HELMUT V. FUCHS et al.** Broadband compact absorbers for anechoic linings. CFA/DAGA'04, 22. März 2004, 955, , 956 **[0010]**