



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 394 A2

(51) Int. Cl.: **E04B** 1/86 (2006.01)
B32B 3/24 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00597/13

(22) Anmeldedatum: 13.03.2013

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2013

(30) Priorität: 26.04.2012 CH 573/12
24.08.2012 CH 1487/12
16.11.2012 CH 2429/12

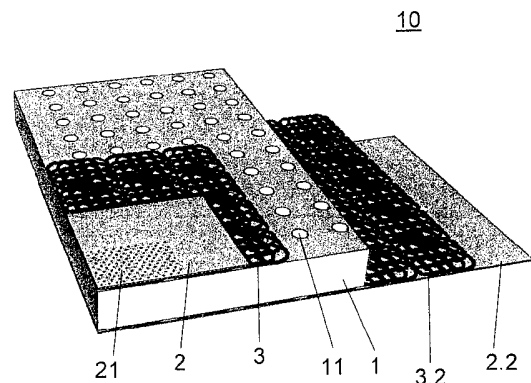
(71) Anmelder:
Akustik & Raum AG, Tannwaldstrasse 101
4601 Olten (CH)

(72) Erfinder:
Robert Bähler, 8512 Thundorf (CH)

(74) Vertreter:
Rentsch Partner AG, Fraumünsterstrasse 9 Postfach 2441
8022 Zürich (CH)

(54) **Schallabsorbierendes Element.**

(57) Die Erfindung betrifft ein schallabsorbierendes Element (10), umfassend: eine Deckschicht (2, 2.2) mit einer Mikroperforation (21); eine Trägerschicht (1) mit mehreren durchgehenden Öffnungen (11) wie insbesondere Bohrungen oder Schlitzungen; und eine Zwischenschicht (3, 3.2), welche die Deckschicht (2) beabstandet von der Trägerschicht (1) hält, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) ausgebildet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation (21) der Deckschicht (2) und Öffnungen (11) der Trägerschicht (1) eine kommunizierende Verbindung zu erstellen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein schallabsorbierendes Element, einen Verbund und ein Verfahren zum Herstellen eines schallabsorbierenden Elements gemäss den Merkmalen der Patentansprüche.

Stand der Technik

[0002] Schallabsorbierende Elemente werden bei der Raumgestaltung verwendet, um einerseits die akustischen Eigenschaften eines Raums zu beeinflussen und zugleich den Raum ästhetisch ansprechend zu gestalten. Schallabsorbierende Elemente mit einer mikroperforierten Deckschicht, welche auf einer mit durchgehenden Öffnungen versehenen Trägerschicht aufgeklebt ist, erfüllen zugleich die schallabsorbierenden und die ästhetischen Anforderungen. Bereiche der Mikroperforation der Deckschicht münden in durchgehende Öffnungen der Trägerschicht, wobei Schallwellen in die Mikroperforation der Deckschicht eindringen und im Zusammenwirken mit den durchgehenden Öffnungen der Trägerschicht absorbiert werden, sodass eine schallabsorbierende Wirkung besteht. Die Mikroperforation ist schon ab einem geringen Abstand zur Deckschicht für das menschliche Auge kaum mehr wahrnehmbar, sodass der ästhetische Eindruck der Deckschicht, also z.B. ein Furnierholz, vollumfänglich zur Geltung kommt.

[0003] Die EP 1 876 308 zeigt eine schallabsorbierende Vorrichtung mit einem plattenförmigen Kern, welcher eine erste und eine zweite Oberfläche aufweist. Eine erste Beschichtung und eine zweite Beschichtung bedecken die erste bzw. die zweite Oberfläche des Kerns. Die erste und die zweite Beschichtung sind mit rasterartig angeordneten Löchern versehen. Der Kern ist mit einer Anzahl im Wesentlichen parallel ausgerichteten Rillen versehen, welche die beiden Oberflächen des Kerns durchdringen. Mittels Verklebung werden die Beschichtungen auf die Oberflächen geklebt, wobei Löcher der Beschichtungen in die Rillen des Kerns münden. Die Löcher weisen einen Durchmesser von 1.1 mm oder kleiner auf und sind 10 mm oder weniger voneinander beabstandet. Die Rillen sind etwa 3 mm breit. Die mit den Rillen in Wirkverbindung tretende gelochte Fläche der Beschichtungen macht 50–70% der gesamten gelochten Beschichtung aus. Die schallabsorbierende Wirkung der schallabsorbierenden Vorrichtung ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Rillen des Kerns mit den Löchern der Beschichtung.

[0004] Die DE 19 839 973 zeigt ein plattenförmiges Bauelement aus einer gelochten Platte aus festem Material wie Metall, Holz, Pressholz, Presspappe, Kunststoff oder Gips, wobei auf einer der Plattenoberflächen eine mikroperforierte Folie oder dünne Platte oder Stoffbahn angeordnet ist. Die Löcher in der Platte sind derart ausgebildet, dass diese jeweils in einem Mikroloch auf einer Seite der Platte münden. Die schallabsorbierende Wirkung des plattenförmigen Bauelements ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Löcher der Platte und der Mikrolöcher der Folie.

[0005] Die EP 1 826 750 zeigt ein schallabsorbierendes Paneel mit einer Deckschicht, welche auf eine Trägerplatte aufgeklebt ist. Die Deckschicht weist eine Löcherstruktur auf. Die Trägerplatte weist durchgehende Kanäle auf, welche eine erste Seite der Trägerplatte mit einer zweiten Seite verbinden. Die erste Seite ist mit Nuten versehen, welche so zueinander angeordnet sind, dass zumindest ein Teil der Kanäle mit jeweils mindestens einer Nut verbunden ist. Die Nuten und Kanäle haben die Funktion, den auf der Oberfläche auftreffenden Schall auf die der Schallquelle abgewandte Seite zu lenken. Durch die Nuten wird die schallabsorbierende Wirkung des Paneels verbessert, da die Löcherstruktur der Deckschicht sowohl im Bereich der durchgehenden Kanäle als auch im Bereich der Nuten eine schallabsorbierende Wirkung hat. Die Nuten werden durch Schneidmesser oder Fräsen in die Trägerplatte eingebracht. Die Kanäle werden durch Bohren oder Fräsen in die Trägerplatte eingebracht.

Darstellung der Erfindung

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin ein schallabsorbierendes Element bereitzustellen, welches mindestens gewisse Nachteile des Standes der Technik vermeidet oder gegenüber diesem Verbesserungen aufweist. Es ist insbesondere eine Aufgabe der Erfindung ein schallabsorbierendes Element vorzuschlagen, welches eine verbesserte schallabsorbierende Wirkung aufweist. Es ist insbesondere eine Aufgabe der Erfindung, den Anteil der inaktiven Löcher einer Mikroperforation einer Deckschicht zu vermindern, welche nur eine reflektierende Wirkung statt einer schallabsorbierenden Wirkung aufweist, da die Löcher der Mikroperforation der Deckschicht, welche auf einer Trägerschicht mit durchgehenden Öffnungen angebracht ist, nur im Bereich von durchgehenden Öffnungen der Trägerschicht eine schallabsorbierende Wirkung und sonst eine reflektierende Wirkung haben. Es ist insbesondere eine Aufgabe der Erfindung, ein kostengünstiges schallabsorbierendes Element mit einer verbesserten schallabsorbierenden Wirkung vorzuschlagen.

[0007] Diese Aufgabe wird insbesondere durch die in den unabhängigen Patentansprüchen definierten Merkmale gelöst.

[0008] Zum Verständnis der vorliegenden Erfindung ist der grundlegende Unterschied zwischen passiven und reaktiven Absorbern ganz wesentlich. Eine grundlegende Übersicht über Materialien und Bauformen von Schallabsorbern bietet das Lehrbuch «Schallabsorber und Schalldämpfer» von Prof. Helmut V. Fuchs, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 2007, 2. Auflage. Im Folgenden soll bezüglich der Einteilung und Unterscheidung der verschiedenen Absorbertypen die von Prof. Fuchs vorgegebene Terminologie verwendet werden.

[0009] Die nach Anwendungsbreite und Marktvolumen weitaus grösste und wichtigste Gruppe der Schall-Absorber sind die passiven Absorber, wie sie im Kapitel 4. des oben genannten Lehrbuchs detailliert beschrieben sind. In den passiven Absorbern wird durch die Reibung der in der Welle mitbewegten Luftteilchen an dem sehr fein strukturierten faserigen oder offenporigen Material die Schallenergie an den sich im Übrigen passiv verhaltenden Absorber abgeben. Gebräuchliche Materialien für den Einsatz in passiven Absorbern sind faserige Materialien, wie zum Beispiel Mineralfasern oder organische Fasern, offenporige Schaumstoffe und geblähte Baustoffe, wie sie in den Kapiteln 4.1 bis 4.3 des Fachbuchs Schallabsorber und Schalldämpfer genau erläutert und charakterisiert sind.

[0010] Es ist eine charakteristische Eigenschaft aller passiven Schallabsorber bei höheren Frequenzen stärker zu dämpfen, während die Leistung bei niedrigen Frequenzen oft nicht ausreichend ist.

[0011] Um die faserigen oder porösen Absorbermaterialien vor mechanischer Beschädigung und vor Verschmutzung zu schützen, und um andererseits das Herausfallen oder -rieseln dieser Materialien zu verhindern, muss in praktisch allen Anwendungen das Absorbermaterial Abgedeckt werden. Die Abdeckung muss dabei derart gestaltet sein, dass der Schall möglichst ungehindert in das Absorbermaterial eindringen kann um dort seine Energie an das sich passiv verhaltende Material abgeben zu können.

[0012] Um den nötigen Transmissionsgrad zu erreichen soll die Abdeckung entweder frei beweglich oder im Falle einer fixierten oder aufkaschierten Abdeckung eine bestimmte Masse nicht überschreiten, um den Schalleintritt in das eigentliche Absorbermaterial möglichst wenig zu behindern (siehe dazu Kapitel 5., Seite 41 der oben zitierten Publikation «Schallabsorber und Schalldämpfer»).

[0013] Von den passiven Absorbern sind die reaktiven Absorber zu unterscheiden. Im Fachbuch «Schallabsorber und Schalldämpfer» werden als erste Gruppe der reaktiven Absorber die Platten-Resonatoren beschrieben. Sie setzen dem Schallfeld eine undurchlässige Schicht entgegensetzen, deren flächenbezogene Masse m'' nicht klein, sondern gross gegenüber der in der auftreffenden Welle mitbewegten Luftmasse (nach Gl. 3.2 aus Fuchs: «Schallabsorber und Schalldämpfer») ist. Eine solche Luftmasse kann mit dem Schallfeld nur reagieren, wenn sie als Teil eines Resonanzsystems anregbar gemacht wird. Dies geschieht am einfachsten dadurch, dass eine Platte im Abstand zu einer schallharten Rückwand, etwa wie in Fuchs «Schallabsorber und Schalldämpfer» Abb. 5.1 angedeutet, auf einer Unterkonstruktion befestigt wird, die den Wandabstand d definiert und das so gebildete Luft-Kissen akustisch schliesst. Im Inneren des durch die Plattenbewegung komprimierbaren Luftraumes sollte eine dünnere Schicht aus einem faserigen oder offenporigen Dämpfungsmaterial so lose eingebaut werden, dass sie nach Möglichkeit die Platte nicht berührt und deren Schwingungen daher weder behindern noch direkt dämpfen kann.

[0014] Als weiteren Grundtyp von reaktiven Absorbern definiert Prof. Fuchs im Kapitel 6 die Helmholtz-Resonatoren. Während bei den passiven Absorbern die vorgesetzten Loch- oder Schlitzplatten lediglich als schalldurchlässige Schichten für den Sicht- oder Berührungsschutz dienen und entsprechend den Schalleintritt in das poröse Material als dem eigentlichen Absorber möglichst wenig behindern sollen, ist die Luftmasse in Löchern oder Schlitzten von unterschiedlich perforierten Platten oder Membranen der Helmholtz-Resonatoren nicht klein gegenüber der in der auf die Löcher treffenden Welle mitbewegten Luftmasse. Die Luftmasse in den Löchern oder Schlitzten der Helmholtz-Resonatoren, die u. U. durch die den Löchern oder Schlitzten benachbarte Luft zusätzlich beschwert sein kann, reagiert mit dem Schallfeld, ähnlich wie beim Platten-Resonator, wenn sie als Teil eines Resonanzsystems anregbar gemacht wird. Dies geschieht am einfachsten durch eine geeignet perforierte Platte im Abstand d zu einer schallharten Rückwand (gem. Abb. 6.1 in Fuchs: «Schallabsorber und Schalldämpfer»), die auf einer Unterkonstruktion aufliegt und das so gebildete Luft-Kissen akustisch schliesst.

[0015] Bei den Helmholtz-Resonatoren, bei denen die auftreffende Schallenergie in kinetische Energie der Luftmasse umgewandelt wird, kann anders als beim Platten-Resonator ganz auf den Einsatz von oder porösem Dämpfungsmaterial verzichtet werden. Sofern dies nicht nötig ist, kann die Dämpfung dieses Schwingensystems «Luft in Luft» sehr effizient durch Aufspannen eines nach Gl. 4.7 (in «Schallabsorber und Schalldämpfer») optimalen Strömungswiderstandes unmittelbar vor oder hinter den Löchern in Form z.B. eines Faser-Vlieses oder Tuches bewerkstelligt werden.

[0016] Eine weitere Gruppe von reaktiven Absorbern sind die mikroperforierten Absorber, die im Kapitel 9 des Fachbuchs «Schallabsorber und Schalldämpfer» von Prof. Fuchs behandelt werden. Am Beispiel von mikroperforierten Platten-Absorbern (MPA) und mikroperforierten Flächengebilden wird erläutert, wie die Reibung in einer Vielzahl von kleinen Löchern und Schlitzten zur Absorption von Schallenergie genutzt werden kann. Vorzugsweise sind die mikroperforierten Absorber im Abstand vor einer schallharten Rückwand montiert, so dass die Luft in den vielen nebeneinander angeordneten Löchern oder Schlitzten als Masse zusammen mit der Luft im Zwischenraum zur schallharten Rückwand als Feder nach Art eines Helmholtz-Resonators nach Kap. 6 (Fuchs: «Schallabsorber und Schalldämpfer») schwingen kann. Die mikroperforierten Absorber können ganz ohne den Einsatz poröser/faseriger Dämpfungsmaterialien auskommen. Da sich ihre akustische Wirksamkeit fast unabhängig von der Wahl des Platten-Materials, allein durch ihre geometrischen Parameter, exakt einstellen lässt, ermöglichen mikroperforierte Absorber erstmals auch optisch transparente Schall-Absorber z.B. aus Acrylglas, Polycarbonat, PVC oder ETFE.

[0017] Gemäss Prof. Fuchs wird bei den mikroperforierten Absorbern gegenüber konventionellen Lochflächen-Absorbern und den in Kapitel 6.2 vorgestellten Schlitz-Resonatoren nur ein verhältnismässig kleines Lochflächenverhältnis σ (bevorzugt in der Grössenordnung von 1%) gewählt. Vor allem wird aber die kleinste Abmessung der Löcher oder Schlitzte

(2 r₀) stets so klein gemacht, dass sie in die Grössenordnung der akustischen Grenzschicht einer laminaren Strömung in den Löchern oder Schlitzten gerät (nach Fuchs: «Schallabsorber und Schalldämpfer» Abb. 9.3 und Gleichung 4.13). In der Fig. 10 der vorliegenden Anmeldung ist die vorgängig zitierte Abb. 9.3 wiedergegeben. In 10a ist ein mikroperforierter Absorber schematisch in Draufsicht und Schnitt dargestellt, in der Fig. 10b ist die Schnellverteilung in grossen (links) bzw. kleinen Löchern oder Schlitzten (rechts) gezeigt.

[0018] Im Gegensatz zu den passiven Absorbern erfolgt bei den mikroperforierten Absorbern die Reibung nicht an dünnen Fasern und in feinen Poren, die räumlich oder flächig, mehr oder weniger homogen, verteilt sind, sondern in engen Perforationen, die in im Übrigen unpermeablen, flächigen Gebilden auf wendigen % der Fläche konzentriert sind.

[0019] Mikroperforierte Absorber haben beliebig geformte Löcher, deren mindestens eine halbe Querabmessung in der Grössenordnung der laminaren Grenzschichtdicke im jeweiligen Medium liegt. Sie ermöglichen – wegen der Mündungseffekte an den kleinen Löchern – Schalldämpfung auch in infinitesimal dünnen Schichten nahezu beliebiger impermeabler Materialien und sie lassen sich ebenso vielfältig wie faserige/poröse Absorber mit Hohlräumen hinter/vor dem mikroperforierten Flächengebilde koppeln.

[0020] Auf Basis dieser vorgängigen Ausführungen wird die vorliegende Erfindung im Folgenden offenbart.

[0021] Ein schallabsorbierendes Element gemäss der vorliegenden Erfindung umfasst einen Resonator mit einer Deckschicht mit einer Mikroperforation; eine Trägerschicht mit mehreren durchgehenden Öffnungen wie insbesondere Bohrungen oder Schlitzungen; und eine Zwischenschicht, welche die Deckschicht beabstandet von der Trägerschicht hält, wobei die Zwischenschicht ausgebildet ist, um Verbesserung der schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und Öffnungen der Trägerschicht eine kommunizierende Verbindung zu erstellen. Die Deckschicht ist über die Zwischenschicht an der Trägerschicht insbesondere stabil beabstandet gehalten, wobei eine stoffschlüssige Verbindung wie beispielsweise eine Verklebung zwischen der Deckschicht und der Zwischenschicht sowie zwischen der Zwischenschicht und der Trägerschicht vorgesehen ist. Die Zwischenschicht ist insbesondere schalldurchlässig ausgeführt, so dass zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und den Öffnungen der Trägerschicht eine akustisch wirksame, kommunizierende Verbindung besteht und die schallabsorbierende Wirkung der Mikroperforation der Deckschicht und den Öffnungen der Trägerschicht erstellt ist. Die Zwischenschicht weist eine Struktur auf, die geeignet ist um die Deckschicht stabil an der Trägerschicht zu halten, wobei zugleich eine akustisch wirksame, kommunizierende Verbindung zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und den Öffnungen der Trägerschicht erstellt wird. Eine solche Struktur kann vorzugsweise als dreidimensionale Struktur (3D Struktur) ausgebildet sein, beispielsweise mit einem Wabenmaterial, einem versteiften Textil, einem ausreichend steifen Gewebe oder in einer anderen Weise. Vorzugsweise ist die Zwischenschicht stabil genug um der mikroperforierten Deckschicht zusätzliche Stabilität zu verleihen so dass die Stabilität der Trägerschicht reduziert sein kann ohne die Stabilität des gesamten Elements zu reduzieren.

[0022] Eine schallabsorbierende Wirkung ergibt sich – wie oben zu den mikroperforierten Absorbern erläutert – durch die Mikroperforation der Deckschicht im Zusammenwirken mit der Luftmasse im Inneren und allenfalls an der Rückseite des Absorbers. Wie bei allen mikroperforierten Absorbern reibt die durch den Schall bewegte Luft an den Rändern der Mikroperforation, so dass sich die Schallenergie in Wärme umwandelt. Durch die kommunizierende Verbindung von der Mikroperforation der Deckschicht über die Zwischenschicht zu den Öffnungen der Trägerschicht ergibt es sich, dass sich die Luft in der Mikroperforation bewegen und reiben kann. Bei einer bisher bekannten Anordnung einer Deckschicht auf einer Trägerschicht, ergeben sich optische Probleme, da die Mikroperforation welche sich über Öffnungen der Trägerschicht befindet anders wahrgenommen wird als die Mikroperforation neben diesen Öffnung, welche von der Trägerschicht verschlossen wird und wodurch sich störende Lichtreflexe an der Trägerschicht bilden. Durch die Zwischenschicht zwischen der mikroperforierten Deckschicht und der mit Öffnungen versehenen Trägerschicht werden diese optischen Probleme gelöst, da sich keine Lichtreflexionen an der Trägerschicht bilden. Die Trägerplatte kann somit nur grob bearbeitet bleiben und es ist keine zusätzliche Bearbeitung der Trägerplatte wie z.B. das Abdecken mit einer schwarzen Deckschicht erforderlich. Damit wird der Arbeitsaufwand bei der Produktion von schallabsorbierenden Elementen zusätzlich verkleinert. Die Mikroperforation wird insbesondere durch Löcher gebildet mit einem Durchmesser von 0.2 bis 1 mm, vorzugsweise von 0.5 mm und einem Abstand zwischen den Rändern der Löcher von 10 mm oder weniger. Die von den Mikroperforationen in der Deckschicht gebildete offene Fläche liegt in Abhängigkeit vom Durchmesser der Mikroperforation bei 1 bis 7%, gemäss bevorzugter Ausführungsformen bei 6%.

[0023] Um sehr gute akustische Dämpfungseigenschaften über breite Frequenzbereiche zu erreichen hat sich eine Korrelation der Durchmesser der Mikrolöcher mit der offenen Fläche in der Deckschicht als vorteilhaft erwiesen. Innerhalb der vorgängig angegebenen Bereich dieser zwei Grössen sind liegt die ausgebildete offene Fläche in der Deckschicht bei sehr kleinen Lochdurchmessern, wie zum Beispiel 0.2 mm bei etwa 1% was einer Anzahl von etwa 300 000 Löchern pro Quadratmeter entspricht. Bei der gleichen Anzahl von Löchern wird entsprechend dieser Korrelation bei einem Lochdurchmesser von 0.5 mm eine offene Fläche von etwa 6% erreicht.

[0024] In einer Ausführungsform umfasst die Deckschicht eines oder mehrere der folgenden Materialien: ein Holz furnier, ein Holzwerkstoff, ein Kunstharzfurnier, einen Kunststoff, ein mehrlagiges mit Kunstharz imprägniertes Papier, eine Metallfolie, eine Metalplatte. Die Materialwahl der Deckschicht ermöglicht die ästhetisch ansprechende Gestaltung von Räumen, welche mit dem schallabsorbierenden Element ausgerüstet werden.

[0025] Die Deckschicht ist vorzugsweise bereits von sich aus steif und abgesehen von den Mikroperforationen nicht porös.

[0026] In einer Ausführungsform umfasst die Trägerschicht eines oder mehrere der folgenden Materialien: ein Holz, ein Holzwerkstoff, eine Spanplatte, eine Oriented Strand Board Platte, eine mitteldichte Faserplatte, eine hochdichte Faserplatte, eine Hartfaserplatte, eine Sperrholzplatte, eine organisch gebundene insbesondere zementgebundene Spanplatte, eine Gipsplatte, eine Gipskartonplatte, eine Wabenplatte, eine Leichtmetallplatte, Kunststoff, Gips, Gipskarton oder Glaschaum. Die Materialwahl der Trägerschicht ermöglicht es, formstabile schallabsorbierende Elemente bei niedrigen Kosten zur Verfügung zu stellen. Vorzugsweise ist die Trägerschicht mit Öffnungen versehen, die 20 bis 40% offene Durchgangsfläche erzeugen. Die Öffnungen können Löcher und oder Schlitzze umfassen, die bevorzugt in die Trägerschicht gebohrt oder gestanzt sind. Bevorzugte Dicken der Trägerschichten liegen bei 12 bis 19 mm. In den erfindungsgemässen Absorbern kann eine, die Deckschicht stabilisierende, Zwischenschicht in vorteilhafter Weise zur Stabilisierung des gesamten schallabsorbierenden Elements genutzt werden. Durch die zusätzliche Stabilität von der mindestens einen Zwischenschicht kann ohne Stabilitätsverlust des gesamten Absorbers die Dicke und oder Stabilität der Trägerschicht reduziert werden und/oder die offene Durchgangsfläche erhöht werden.

[0027] Die Trägerschicht ist vorzugsweise nicht porös, die durch die Öffnungen erzielte Schalltransparenz der Trägerschicht erlaubt jedoch auch den Einsatz poröser Materialien.

[0028] Eine eigenstabile und vorzugsweise die Deckschicht zusätzlich stabilisierende Zwischenschicht erlaubt es zudem die Loch- oder Schlitzdurchmesser, respektive Längen zu vergrössern ohne das Risiko mechanischer Beschädigungen der Deckschichtbereiche über den Öffnungen in der Trägerschicht zu erhöhen.

[0029] In einer Ausführungsform umfasst die Zwischenschicht eines oder mehrere der folgenden Materialien: ein Textil insbesondere ein dreidimensional geformtes Textil wie beispielsweise ein Gewebe, Geflecht, Gestricke, Gelege; ein aus Noppen und Fasern hergestelltes Textil; ein Glasfasermaterial; ein Kohlefasermaterial; ein Aramid; einen porösen Schaum insbesondere aus Glas, Metall, Keramik; ein gestanztes Profil aus Metall oder Kunststoff mit einer Prägung wie beispielsweise Noppen, Rauten, Pyramide, Rillen; Wabenscheiben – vorzugsweise geschnitten – aus Polyamid, Papier, Karton, Aluminium und/oder den vorgenannten Materialien getränkt oder imprägniert mit Aramid. Die Materialwahl der Zwischenschicht ermöglicht es, zugleich die Deckschicht an der Trägerschicht stabil zu halten und die Entfaltung der schallabsorbierenden Wirkung des schallabsorbierenden Elements zu gewährleisten.

[0030] In einer Ausführungsform ist die Trägerschicht plattenförmig ausgebildet. Dementsprechend ist das schallabsorbierende Element plattenförmig ausgebildet. Mit plattenförmigen schallabsorbierenden Elementen können Räume sehr effizient und ästhetisch ansprechend gestaltet werden.

[0031] In einer Ausführungsform weist die Mikroperforation der Deckschicht Löcher auf mit einem Durchmesser von 1 mm oder weniger und einem gegenseitigen Abstand von 10 mm oder weniger. Löcher mit einem Durchmesser von 1 mm oder weniger werden schon bei einem geringen Abstand zum schallabsorbierenden Element vom menschlichen Auge kaum mehr wahrgenommen. Somit entspricht die ästhetische Wirkung des schallabsorbierenden Elements der ästhetischen Wirkung einer Deckschicht ohne Mikroperforation.

[0032] Indem der Abstand der Löcher 10 mm oder weniger beträgt, können eine genügend grosse Anzahl Löcher zur Verfügung gestellt werden, in welche auftretende Schallwellen eindringen können.

[0033] In einer Ausführungsform weist die Trägerschicht durchgehende Öffnungen auf mit einem Durchmesser von 4 mm oder mehr und einem gegenseitigen Abstand von 2 mm oder mehr, vorzugsweise von 2 bis 4 mm. Die Durchmesser der Öffnungen von 4 mm oder mehr sind so gewählt, dass sie die Stabilität der Trägerschicht und somit des schallabsorbierenden Elements nicht wesentlich beeinträchtigen. Durch einen Abstand von 5 mm oder mehr wird die Stabilität der Trägerschicht weiter verbessert.

[0034] In einer Ausführungsform sind auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Trägerschicht je eine Zwischenschicht vorgesehen, welche je eine Deckschicht beabstandet von der Trägerschicht hält. Das schallabsorbierende Element kann somit auf beiden Seiten Schallwellen wirksam absorbieren. Dies ist beispielsweise bei einem Einbau des schallabsorbierenden Elements als Türe von Vorteil.

[0035] In einer Ausführungsform weist die Trägerschicht zwei gegenüberliegenden Seiten auf und die Zwischenschicht, welche die Deckschicht beabstandet von der Trägerschicht hält, ist auf einer der Seiten der Trägerschicht vorgesehen und auf der anderen Seite der Trägerschicht ist eines oder mehrere der folgenden Materialien angebracht: ein Vlies, eine Glasfasermatte, ein Schaumstoff, ein Füllstoff, ein Dämmstoff. Ein solches schallabsorbierendes Element kann auf bestehende Wände angebracht werden, wobei nur die sichtbare Seite mit einer relativ teuren Deckschicht mit einer Mikroperforation versehen wird und für die der Wand zugewandte Seite ein kostengünstigeres und/oder akustisch besser wirksames Material gewählt ist.

[0036] In einer Ausführungsform weist die Zwischenschicht eine Dicke von mehr als 0.8 mm, vorzugsweise zwischen 1 mm und 3 mm auf, wobei die Dicke bevorzugt 1.5 bis 2 mm beträgt.

[0037] Der Einsatz der erfindungsgemässen Zwischenschicht – vorzugsweise in Form eines Abstandshalters – erlaubt, dass 90% und mehr der Mikroperforationen in der Deckschicht im zusammengebauten Zustand ganz oder teilweise offen sind und damit akustisch aktiv bleiben, so dass die Luftmasse in den Mikroperforationen mit der Luftmasse im Absorber und

allenfalls auf der Rückseite des Absorbers in kommunizierender Verbindung steht und zur Schallabsorption zur Verfügung steht.

[0038] Vorzugsweise besteht die Zwischenschicht aus einer einzigen Schicht.

[0039] Neben einem schallabsorbierenden Element bezieht sich die Erfindung auf einen Verbund aus einer Deckschicht mit einer Mikroperforation und einer Zwischenschicht, welche mit der Deckschicht verbunden ist, wobei die Zwischenschicht für die kommunizierende Verbindung mit einer Öffnungen aufweisende Trägerschicht ausgebildet ist, wobei die Deckschicht eingerichtet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung eines aus der Deckschicht, der Zwischenschicht und der Trägerschicht gebildeten schallabsorbierenden Elements zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und Öffnungen der Trägerschicht eine kommunizierende Verbindung zu erstellen. Der Verbund aus der Deckschicht mit einer Mikroperforation und einer Zwischenschicht kann beispielsweise in einer spezialisierten Fabrik hergestellt werden. Das schallabsorbierende Element wird vor Ort unter Verwendung einer ortsüblichen Trägerschicht hergestellt. Da das Gewicht der Deckschicht mit der Zwischenschicht kleiner ist als das fertig gestellte schallabsorbierende Element, lassen sich Transportkosten sparen.

[0040] In einer Ausführungsform umfasst die Deckschicht des Verbunds eines oder mehrere der folgenden Materialien: ein Holz furnier, ein Holzwerkstoff, ein Kunstharzfurnier, einen Kunststoff, ein mehrlagiges mit Kunstharz imprägniertes Papier. Die Materialwahl der Deckschicht ermöglicht die ästhetisch ansprechende Gestaltung von Räumen, welche mit dem schallabsorbierenden Element ausgerüstet werden.

[0041] In einer Ausführungsform umfasst die Zwischenschicht des Verbunds eines oder mehrere der folgenden Materialien: ein Textil insbesondere ein dreidimensional geformtes Textil wie beispielsweise ein Gewebe, Geflecht, Gestricke, Gelege; ein aus Noppen und Fasern hergestelltes Textil; ein Glasfasermaterial; ein Kohlefasermaterial; ein Aramid; einen porösen Schaum insbesondere aus Glas, Metall, Keramik; ein gestanztes Profil aus Metall oder Kunststoff mit einer Prägung wie beispielsweise Noppen, Rauten, Pyramide, Rillen. Die Materialwahl der Zwischenschicht ermöglicht es, zugleich die Deckschicht beabstandet von der Trägerschicht stabil zu halten und die Entfaltung der schallabsorbierenden Wirkung des schallabsorbierenden Elements zu gewährleisten. Die Materialwahl der Zwischenschicht kann zudem für den Transport des Verbunds geeignet sein, beispielsweise indem die Materialwahl der Zwischenschicht Transportschäden minimiert.

[0042] Neben einem schallabsorbierenden Element und einem Verbund aus einer Deckschicht und einer Zwischenschicht bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines schallabsorbierenden Elements, wobei eine Deckschicht mit einer Mikroperforation, eine Trägerschicht mit mehreren durchgehenden Öffnungen wie insbesondere Bohrungen oder Schlitzungen und eine Zwischenschicht, welche die Deckschicht beabstandet von der Trägerschicht hält, angeordnet werden, wobei die Zwischenschicht ausgebildet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und Öffnungen der Trägerschicht eine kommunizierende Verbindung zu erstellen.

[0043] Gemäss weiterer vorteilhafter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung entsprechen die schallabsorbierenden Elemente strengen Brandschutzbestimmungen.

[0044] Vorwiegend in öffentlichen Gebäuden, in grösseren Räumen und in Hochhäusern ist der Brandschutz ein wichtiges und zwingendes Thema. Die schallabsorbierenden Elemente werden häufig an Decken und Wänden mit der Grundkonstruktion des Gebäudes fest verbunden und unterstehen deshalb den Bauvorschriften mit entsprechenden Baustoffklassen. Die Baustoffklassen sind Neu nach DIN EN 13501-1 und Alt nach DIN 4102.1 sowie in Prüfnormen (EN ISO 1182, EN ISO 171 6, EN ISO 9239 und EN ISO 9239-1) definiert. Bei den vorliegenden erfindungsgemässen Elemente ohne speziellen Brandschutz, wie auch vielen auf dem Markt erhältlichen Akustik-Elementen geht es um die Einteilung A2 oder B1 (nicht-brennbar mit geringen Anteilen von brennbaren Baustoffen). Aus ästhetischen Gründen werden in den Deckbelägen der erfindungsgemässen Elementen vorzugsweise Naturholzfurniere oder CPL-Schichtstoffe eingesetzt. Diese Materialien sind als brennbare Baustoffe klassifiziert. Die Trägerschichten werden ebenfalls nach Brandanforderungen gemäss DIN 4102 in B2-Normal Entflammbare, - B1 Schwerentflammbare- und A2 in nichtbrennbare Baustoffklassen eingeteilt.

[0045] Während sich die bisherige Brandschutzeinstufung primär nach dem Trägermaterial, das die wesentliche Brandlast darstellt, richtete, werden Akustik-Elemente neu im Verbund geprüft und eingestuft. Bisher wurde ein Element mit einem Trägermaterial aus schwerentflammbarem B1-MDF in die Brandklasse B1 eingestuft. Mit einem Trägermaterial aus A2-Gips wurde das schallabsorbierende Element in die Brandklasse A2 eingestuft.

[0046] Nach der neuen Brandschutz-Einstufung bei Akustik-Elementen, werden diese «im Verbund» geprüft und eingestuft. Das heisst, dass Deckschichten und Trägermaterialien inklusive Leim- und Farbschichten aber auch mit Flamm- schutzmitteln auf Brand geprüft werden. Neu werden auch Rauchentwicklung und ein allfälliges Abtropfen geprüft.

[0047] Die bereits oben erwähnten Zwischenschichten, insbesondere Abstandhalter, aus nichtbrennbaren Materialien wie Aramid (zum Beispiel NOMEX-Waben) oder ALU-Waben haben sich hinsichtlich der gewünschten Klassifizierung in B, vorzugsweise in A2 oder besonders bevorzugt A1 (gemäss DIN EN 13501) als vorteilhaft erwiesen.

[0048] Vorteilhaft für die angestrebte Klassierung ist neu auch eine Zwischenschicht und/oder eine Deckschicht, die einen sehr geringen, einen vernachlässigbaren oder keinen Beitrag zum Brand leistet. Beim Einsatz von Holz furnier und CPL Schichtstoff bestand nach neuer Regelung bei den bekannten Elementen ein Brandrisiko.

[0049] Gemäss der vorliegenden Erfindung kann die Deckschicht ebenso wie die Trägerschicht aus nicht-brennbaren Materialien wie Aluminium oder unbrennbaren Faserschichten gewählt werden.

[0050] Gemäss weiteren Ausführungsformen ist zwischen der Zwischenschicht und der Deckschicht eine Flammenschutzschicht angeordnet.

[0051] Wird aus ästhetischen Gründen eine Deckschicht mit Naturholzaspekt gewünscht, so kann gemäss der Erfindung eine Brand- und/oder Flammenschutzschicht (im Folgenden kurz Flammenschutzschicht) vorgesehen werden. Die Deckschicht wird dabei zum Beispiel mit einer Beschichtung oder Kaschierung umfassend ein Brand- und/oder Flamm-Schutzmittel versehen, wobei die Beschichtung auch ein Anstrich oder eine Lackierung sein kann, und anschliessend mikroperforiert.

[0052] Da die extrem dünnen Deckschichten aus brennbaren Materialien wie Echtholz furnier und CPL Schichtstoffe durch die geringe Materialdicke geringe Brandlasten aufweisen, wird der Brandschutz bereits durch diese Massnahme wesentlich verbessert.

[0053] Vorteilhaft sind auch Komposite aus einer sehr dünnen Holzschicht (0.1 bis 0.4 mm) und einer auf der Rückseite der Deckschicht angeordneten nicht brennbaren Stützschiicht aus Aluminium, Glasfaser, Kohlefaser oder einem anderen unbrennbaren Schichtstoff. Die unterschiedlichen Materialausdehnungen zwischen solchen Komposit-Deckschichten und den Tragschichten können durch die Zwischenschicht, zum Beispiel eine Wabenstruktur, ausgeglichen werden.

[0054] Gemäss weiterer Ausführungsformen der Erfindung ist die Flammenschutzschicht an der Rückseite der Deckschicht angeordnet und die Mikroperforation wird in den Verbund aus Flammenschutzschicht und Deckschicht angebracht oder die Flammenschutzschicht ist an der Rückseite der Deckschicht angeordnet und umfasst ein Vlies vorzugsweise aus nichtbrennbarem Material oder ein mit Flammenschutzmittel getränktes Vlies umfasst.

[0055] Als ein geeignetes Flammenschutzmittel zum Erstellen von Flammenschutzschichten hat sich Blähgraphit an der Rückseite einer brennbaren Deckschicht aus Furnierholz und Schichtstoff erwiesen. Die Funktion der entsprechenden Flamm-Schutzmittel ist Folgende: Die auf das Deckmaterial (z.B. Furnierholz) einwirkende Hitze bewirkt, dass das Flamm-Schutzmittel reagiert und sich – im Fall von Blähgraphit – aufbläht und so gegenüber der Flamme ein Schutzschild (eine sogenannte Intumeszenzschicht) aufbaut. Das Flamm-Schutzmittel brennt selbst nicht oder erst bei sehr hohen Temperaturen von über 3000°C.

[0056] Als Flamm-Schutzmittel kommen mehrere Materialien in Frage. Im Vordergrund steht Blähgraphit welcher bei einem Brand keine schädlichen Gase abgibt und bereits bei Temperaturen ab 200 °C zum Blähen kommt. Als weiteres Flamm-Schutzmittel steht Polyammonphosphat mit Anteilen an Melamin/Formaldehydkonsensaten zur Auswahl. Vermiculit-Dreischichtsilikat ist eine weitere Möglichkeit bei welchem ebenfalls eine Volumen-Vergrösserung stattfindet (erst bei 1000 °C). Harze zum flammhemmend tränken gibt es mit phosphorreaktiv modifiziertes Epoxidharz unter Struktol VP 3757.

[0057] Bei erfindungsgemässen Elementen mit einer Deckschicht aus Holz furnier oder aus brennbarem CPL-Schichtstoff wird gemäss einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens die Deckschicht auf der Rückseite mit einer gebundenen Blähgraphit-Schicht überzogen. Danach wird die so behandelte Deckschicht perforiert und anschliessend auf die Zwischenschicht, zum Beispiel eine Wabenscheibe, auf der Trägerplatte verleimt.

[0058] Alternativ dazu kann das Flamm-Schutzmittel, zum Beispiel in Form von Blähgraphit auf ein Vlies aufgetragen werden und anschliessend das so behandelte Vlies auf eine Deckschicht aus Holz furnier oder CPL Schichtstoff Vlies kaschiert werden. Danach wird die so kaschierte Deckschicht perforiert und anschliessend auf die Zwischenschicht, «vorzugsweise in Form einer Wabenscheibe mit der Trägerplatte verleimt.

[0059] Wird ein schalldurchlässiges Vliesmaterial verwendet, so kann die Deckschicht aus Holz furnier oder CPL Schichtstoff gemäss einer weiteren Ausführungsform in einem ersten Schritt mikroperforiert werden. Ein dünnes schalldurchlässiges Glasvlies wird mit Blähgraphit versetzt und zwischen perforierte Deckschicht und Zwischenschicht, vorzugsweise in Form einer Wabenscheibe, verleimt.

[0060] In einer weiteren Ausführungsform wird auf einer dünnen unbrennbaren Schichtstoffplatte eine Lackschicht mit Flamm-Schutzmittel aufgetragen. Ein besonders dünnes Furnierholz wird rückseitig mit dieser behandelten Schichtstoffplatte kaschiert und danach als Deckschicht mikroperforiert. Anschliessend wird diese Deckschicht auf die Zwischenschicht, vorzugsweise in Form einer Wabenscheibe, und damit mit der Trägerplatte verleimt.

[0061] Bei Ausführungsformen, bei denen der Abstandhalter unmittelbar mit der Deckschicht in Verbindung steht, ist es möglich diesen Abstandhalter mit Flamm-Schutzmittel zu versehen, zum Beispiel zu tränken oder zu lackieren. Bei Feuer und Hitzeeinwirkung auf die Deckschicht reagiert das Flamm-Schutzmittel und bewirkt das Erlöschen der brennenden Deckschicht oder bildet eine Intumeszenzschicht.

[0062] Bei Elementen, deren Zwischenschicht ein Wabenmaterial umfasst, ist dieses vorzugsweise aus Flamm-Schutzmaterial gefertigt, umfasst Flamm-Schutzmaterial oder die Waben sind mit schalldurchlässigem Flamm-Schutzmaterial gefüllt.

[0063] In letzterem Fall werden die Waben vorzugsweise mit einem geeigneten Flamm-Schutzmittel derart aufgefüllt, dass der das Flamm-Schutzmittel, zum Beispiel ein Brandhemmer wie Blähgraphit, bei Feuer unmittelbar mit der brennbaren Deckschicht reagiert (d.h. sich aufbläht und als Schutzschild/ Intumeszenzschicht wirkt). Das Flamm-Schutzmittel muss granulär oder flockig sein, so dass die Schalldurchlässigkeit gewahrt bleibt. Zwischen gelochter Trägerplatte und Wabe

kommt vorteilhafter Weise ein dünnes Netz oder Vlies, damit das Flammenschutzmittel, z.B. der Blähgraphit nicht aus den Waben rieselt/entweichen kann.

[0064] Gemäss weiterer Ausführungsformen wird das Wabenmaterial in einem geeigneten Flammenschutzmittel getränkt oder mit einem solchen besprüht, so dass insbesondere an den der Deckschicht zugewandten Wabenrändern das Flammenschutzmittel haften bleibt und bei Feuer an der brennbaren Deckschicht aus z.B. Holzfurnier oder CPL Schichtstoff in Funktion gelangen kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0065] Anhand von Figuren, welche lediglich Ausführungsbeispiele darstellen, wird die Erfindung im Folgenden erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch eine perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements;
- Fig. 2 schematisch einen Querschnitt eines schallabsorbierenden Elements, welches eine Deckschicht und eine Trägerschicht aufweist;
- Fig. 3 schematisch einen Querschnitt eines schallabsorbierenden Elements, welches eine Deckschicht, eine Zwischenschicht und eine Trägerschicht aufweist;
- Fig. 4 schematisch eine Aufsicht auf eine Zwischenschicht eines schallabsorbierenden Elements;
- Fig. 5 Messung des Schallabsorptionsgrads α_s in Abhängigkeit der Frequenz f eines erfindungsgemässen Absorbers gemäss Fig. 1;
- Fig. 6 schematisch eine perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements gemäss einer weiteren Ausführungsform mit wabenförmigem Abstandshalter;
- Fig. 7 perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements gemäss Fig. 6 mit Massangaben der Öffnungen in der Tragplatte;
- Fig. 8 perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements gemäss Fig. 6 in einer weiteren Ausführungsform mit Massangaben der Öffnungen in der Tragplatte;
- Fig. 9 perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements gemäss Fig. 6 in einer weiteren Ausführungsform mit Massangaben der Öffnungen in der Tragplatte; und
- Fig. 10 den Stand der Technik, wobei in Fig. 10a ein mikroperforierter Absorber schematisch in Draufsicht und Schnitt dargestellt ist und in der Fig. 10b die Schnellverteilung in grossen (links) bzw. kleinen Löchern oder Schlitzten (rechts) gezeigt ist.

Weg(e) zur Ausführung der Erfindung

[0066] In der Fig. 1 ist eine perspektivische Darstellung eines schallabsorbierenden Elements dargestellt. Eine Trägerschicht 1 weist durchgehende Öffnungen 11 auf. Die Trägerschicht 1 ist beispielsweise gebogen, gewellt, plattenförmig oder in einer anderen Weise geformt. Die Trägerschicht 1 umfasst beispielsweise ein Holz, einen Holzwerkstoff, eine Spanplatte, eine Oriented Strand Board Platte (OSB-Platte), ein mitteldichte Faserplatte (MDF-Platte), eine hochdichte Faserplatte (HDF-Platte), eine Hartfaserplatte, eine Sperrholzplatte, eine organisch gebundene insbesondere zementgebundene Spanplatte oder ein anderes Material. Die Trägerschicht 1, welche insbesondere formstabil und verwindungssteif ausgeführt ist, weist in einer Ausführungsform eine Dicke von 5 mm bis 40 mm auf. Die durchgehenden Öffnungen 11, welche sich von einer Seite der Trägerschicht 1 auf die andere Seite erstrecken, sind in Fig. 1 z.B. kreisförmig ausgeführt und werden beispielsweise in die Trägerschicht 1 gebohrt. In einer Ausführungsvariante weisen die durchgehenden Öffnungen einen Durchmesser von 2 mm bis 10 mm auf und der Abstand zwischen dem Rand der Öffnungen beträgt beispielsweise 4 mm bis 48 mm. In einer Ausführungsform sind die durchgehenden Öffnungen 11 schlitzförmig ausgeführt und werden beispielsweise in die Trägerschicht 1 gefräst oder geschnitten. In einer Ausführungsvariante weisen die Schlitzte eine Breite von 2 mm bis 8 mm auf und der Abstand zwischen dem Rand der Schlitzte beträgt beispielsweise 5 mm bis 30 mm. Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, sind die durchgehenden Öffnungen beispielsweise in einem regelmässigen Raster angeordnet. Das Verhältnis der Summe der Querschnittsflächen der durchgehenden Öffnungen zu der Fläche einer Seite der Trägerschicht, d.h. die sogenannte offene Fläche, beträgt beispielsweise 3% bis 30%.

[0067] Wie in Fig. 1 dargestellt, sind auf einer oder auf beiden Seiten der Trägerschicht 1 eine oder zwei Deckschichten 2, 2.2 angeordnet. Die Deckschichten 2, 2.2 weisen eine Mikroperforation 21 auf. Aus Gründen der besseren Übersicht ist die Mikroperforation 21 in der in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 2 versehenen Deckschicht nur teilweise dargestellt und die Mikroperforation der in Fig. 1 mit Bezugszeichen 2.2 versehenen Deckschicht ist nicht dargestellt. Die Deckschichten 2, 2.2 sind beispielsweise plattenförmig ausgeführt und umfassen ein Holzfurnier, ein Holzwerkstoff, ein Kunstharzfurnier, einen

Kunststoff, ein mehrlagiges mit Kunstharz imprägniertes Papier oder ein anderes Material. Die Deckschichten 2, 2.2 weisen insbesondere eine ästhetisch gewünschte Farbgebung, Maserung, Struktur oder eine andere ästhetisch gewünschte Eigenschaft auf, beispielsweise auf einer oder auf beiden Seiten. Die Mikroperforation 21 ist in einer Ausführungsvariante durch Löcher mit einem Durchmesser von 1.1 mm oder weniger und einem Abstand zwischen den Rändern der Löcher von 10 mm oder weniger gebildet, wobei die Mikroperforation 21 bzw. die einzelnen Löcher die Deckschicht 2, 2.2 von einer Seite auf die andere Seite durchdringen. Die Mikroperforation 21 ist beispielsweise in einem regelmässigen Raster angeordnet. Das Verhältnis der Summe der Querschnittsflächen der durchgehenden Öffnungen der Mikroperforation 21 zu der Fläche einer Seite der Deckschicht 2, 2.2, d.h. die sogenannte offene Fläche der Deckschicht 2, 2.2, liegt beispielsweise im Bereich von 1% bis 10%, vorzugsweise im Bereich von 1% bis 7%. In einer Ausführungsvariante beträgt die offene Fläche der Deckschicht 2, 2.2 weniger als 1%. Die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2, 2.2 wird in einer Ausführungsvariante durch Bohren, Walzen, Stanzen, einen Wasserstrahl, einen Laserstrahl in die Deckschicht 2, 2.2 eingebracht.

[0068] Wie in Fig. 1 schematisch dargestellt, sind zwischen der Trägerschicht 1 und einer oder beiden Deckschichten 2, 2.2 eine oder zwei Zwischenschichten 3, 3.2 angeordnet. Mit den Zwischenschichten 3, 3.2 werden die Deckschichten 2, 2.2 mit der Trägerschicht 1 je verbunden. In einer Ausführungsvariante wird eine Zwischenschicht 3, 3.2 auf die Trägerschicht 1 geklebt. In einer Ausführungsform wird die Trägerschicht 1 zusammen mit einer oder beiden Zwischenschichten 3, 3.2 beispielsweise in einem 3D Druckverfahren hergestellt, so dass die Trägerschicht 1 und die Zwischenschichten 3, 3.2 aus einem einzelnen Körper bestehen bzw. die Zwischenschicht 3, 3.2 an die Trägerschicht 1 angeformt ist. In einer Ausführungsform wird eine Deckschicht 2, 2.2 auf eine Zwischenschicht 3, 3.2 geklebt, welche bereits auf die Trägerschicht 1 geklebt ist oder daran angeformt ist. In einer Ausführungsvariante wird eine Deckschicht 2, 2.2 auf eine Zwischenschicht 3, 3.2 geklebt und der Verbund aus der miteinander verklebten Deckschicht 2, 2.2 und der Zwischenschicht 3, 3.2 wird auf die Trägerschicht 1 geklebt. In einer Ausführungsform wird eine Deckschicht 2, 2.2 zusammen mit einer Zwischenschicht 3, 3.2 beispielsweise in einem 3D Druckverfahren hergestellt, so dass die Deckschicht 2, 2.2 und die Zwischenschicht 3, 3.2 einen einzelnen Körper bilden, welcher dann auf die Trägerschicht 1 geklebt wird. In einer Ausführungsform wird die Deckschicht 2, 2.2 in einer anderen Weise über die Zwischenschicht 3, 3.2 mit der Trägerschicht 1 verbunden.

[0069] In einer Ausführungsform sind eine oder beide Zwischenschichten 3, 3.2 derart ausgebildet, dass zwischen der Mikroperforation 21 der Deckschichten 2, 2.1 und Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 eine kommunizierende Verbindung erstellt ist, um eine schallabsorbierende Wirkung zu erzeugen. In einer Ausführungsvariante wird eine akustische Verbindung erstellt, so dass Schallwellen, welche durch die Mikroperforation 21 einer Deckschicht 2, 2.1 eindringen, durch die entsprechende Zwischenschicht 3, 3.2 hindurch zu den Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 geführt werden. In einer Ausführungsvariante weist eine Zwischenschicht 3, 3.2 die Funktion eines Abstandshalters auf, welcher eine Beabstandung der Deckschicht 2, 2.2 von der Trägerschicht 1 erstellt und welcher den Schalldruck unmittelbar hinter der mikroperforierten Deckschicht 2, 2.2 nach allen Seiten, d.h. in Längsrichtung, in Querrichtung und in Richtung der Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 weiterleitet, wobei der Schall die Zwischenschicht 3, 3.2 von der Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 zu den Öffnungen 11 der Trägerschicht durchdringt. In einer Ausführungsvariante umfasst eine Zwischenschicht 3, 3.2 ein stabiles Gebilde, welches auf der Vorderseite und der Rückseite derart ausgeführt ist, dass die Zwischenschicht 3, 3.2 mit einer Deckschicht 2, 2.2 und der Trägerschicht 1 fest verbunden werden kann, wobei die Zwischenschicht 3, 3.2 eine stabile und feste Halterung der Deckschicht 2, 2.2 auf der Trägerschicht 1 gewährleistet. In einer Ausführungsform umfasst die Zwischenschicht 3, 3.2 ein dreidimensionales geformtes Textil wie beispielsweise ein Gewebe, ein Geflecht, ein Gestricke, ein Gelege oder ein anderes Textil. Durch die dreidimensionale Form des Textils wird einerseits eine stabile Halterung der Deckschicht 2, 2.2 an der Trägerschicht 1 ermöglicht und andererseits wird der Schall, welcher durch die Mikroperforation 21 einer Deckschicht 2, 2.2 eindringt, durch das dreidimensionale Textil hindurch zu den Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 geführt. In einer Ausführungsform umfasst eine Zwischenschicht 3, 3.2 ein Textil welches Noppen und eine Textilschicht aufweist, ein Glasfasermaterial, ein Kohlefasermaterial, ein Aramid, einen porösen Schaum insbesondere aus Glas, Metall oder Keramik, ein gestanztes Profil aus Metall oder Kunststoff mit einer Prägung wie beispielsweise Noppen, Rauten, Pyramiden, Rillen. Alle diese Materialien haben die Eigenschaft, dass einerseits beispielsweise durch Verklebung mit einer Deckschicht 2, 2.2 und der Trägerschicht 1 eine stabile Halterung Verbindung der Deckschicht 2, 2.2 an der Trägerschicht 1 erstellt wird und andererseits aufgrund der Porosität, der Rillen, der Schaumeinschlüsse, etc. für Schallwellen ein Weg zur Verfügung steht, damit für diese von der Mikroperforation 21 einer Deckschicht 2, 2.2 zu den Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 eine kommunizierende Verbindung besteht und somit eine schallabsorbierende Wirkung besteht. In einer Ausführungsform weist die Zwischenschicht 3, 3.2 eine Dicke von zwischen 1 mm und 5 mm auf, bevorzugt 2 mm, und besteht aus nachhaltigem und beständigem Material.

[0070] Fig. 2 zeigt ein aus dem Stand der Technik bekanntes schallabsorbierendes Element, welches eine Trägerschicht 1 mit durchgehenden Öffnungen 11 sowie eine darauf aufgeklebte Deckschicht 2 mit einer Mikroperforation 21 aufweist. Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, treffen Schallwellen 4 auf die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 auf.

[0071] Die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 ist jedoch teilweise verschlossen, da die Trägerschicht 1 nicht immer mit Öffnungen 11 an die Mikroperforation 21 anschliesst. An den Stellen, bei welchen die Mikroperforation 21 durch die Trägerschicht 1 verschlossen ist, ergeben sich Reflexionen 41 der Schallwellen 4, wogegen an den Stellen, bei welchen Öffnungen 11 an die Mikroperforation 21 anschliessen, sich Durchdringungen 42 der Schallwellen 4 ergeben. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, ist somit bei dem aus dem Stand der Technik bekannten schallabsorbierenden Element nur ein Teil der Mikroperforation 21 für die Schallabsorption wirksam. Ein wesentlicher Teil der Mikroperforation 21 des in Fig. 2 schema-

tisch dargestellten schallabsorbierenden Elements ist jedoch für die Schallabsorption gar nicht wirksam und es ergeben sich an diesen Stellen nur Reflexionen 41 der Schallwellen 4. Damit die gesamte Mikroperforation 21 des in Fig. 2 dargestellten schallabsorbierenden Elements wirksam ist, muss die Mikroperforation 21 entsprechend der Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 hergestellt und die Deckschicht 2 muss gegenüber der Trägerschicht 1 entsprechend ausgerichtet werden. Dadurch ergibt sich jedoch eine komplizierte und teurere Herstellung.

[0072] Fig. 3 zeigt schematisch den Querschnitt eines schallabsorbierenden Elements mit einer Deckschicht 2, einer Trägerschicht 1 und einer Zwischenschicht 3, welche die Deckschicht 2 beabstandet von der Trägerschicht 1 hält. Wie in Fig. 3 schematisch dargestellt, weist die Zwischenschicht 3 beispielsweise kegelförmige Noppen 31 auf, welche auf einer Basisschicht 32 angebracht sind. In einer Ausführungsform umfasst die Basisschicht 32 eine Textilschicht.

[0073] Fig. 4 zeigt schematisch die Aufsicht auf eine Zwischenschicht 3 des schallabsorbierenden Elements gemäss Fig. 3. Die Zwischenschicht 3 weist kegelförmige Noppen 31 auf, die auf der Basisschicht 32 befestigt sind. In Fig. 4 sind schematisch die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 sowie die Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 eingezeichnet.

[0074] Wie aus Fig. 3 und Fig. 4 ersichtlich ist, sind die Noppen 31 zueinander beabstandet auf der Basisschicht 32 befestigt. Somit besteht zwischen den Noppen 31 ein freier Raum, in welchem sich insbesondere Schallwellen ausbreiten können.

[0075] Die Spitzen der Noppen 31 der Zwischenschicht 3 sind mit der Deckschicht 2 und die Basisschicht 32 ist mit der Trägerschicht 1 verbunden, beispielsweise verklebt. Somit ist die Deckschicht 2 mit der Trägerschicht 1 über die Zwischenschicht 3 verbunden.

[0076] In Fig. 3 sind schematisch Durchdringungen 42 von Schallwellen 4 dargestellt, welche in die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 eindringen. Wie in Fig. 4 schematisch dargestellt, steht die gesamte Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 für Durchdringungen 42 der Schallwellen 4 zur Verfügung. Dies ist deswegen möglich, da die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 von der Zwischenschicht 3 nicht verschlossen wird. Die Noppen 31 der Zwischenschicht 3 sind zwar an der Deckschicht 2 befestigt. Die Noppen 31 sind jedoch derart beabstandet und ausgeformt, dass aus geometrischen Gründen die Spitzen der Noppen 31 nicht mit der Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 zusammenfallen, oder dass ein solches Zusammenfallen nur einen prozentual kleinen Anteil ausmacht. Die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 mündet somit in den freien Raum zwischen den Noppen 31 der Zwischenschicht 3. Schallwellen welche in die Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 eindringen werden somit nicht reflektiert, sondern in den freien Raum der Zwischenschicht 3 geführt, welcher sich zwischen den Noppen 31 der Zwischenschicht 3 befindet.

[0077] Die Basisschicht 32, auf welcher die Noppen 31 angeordnet sind, ist für Schallwellen durchlässig ausgeführt, beispielsweise als Textilschicht. Zwischen dem freien Raum der Zwischenschicht 3, welcher an die durchgehenden Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 anschliesst, und den Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 besteht somit eine für Schallwellen durchlässige, kommunizierende Verbindung, indem die Schallwellen sich zunächst um die Noppen 31 herum in der Zwischenschicht 3 ausbreiten und dann durch die Textilschicht 32 der Zwischenschicht 3 hindurch in die Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 eindringen. Dadurch besteht zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 und Öffnungen 11 der Trägerschicht 1 eine kommunizierende Verbindung.

[0078] In einer Ausführungsform sind die offenen Flächen der Deckschicht 2, 2.2 und die offene Fläche der Trägerschicht 1 aufeinander abgestimmt, um eine gewünschte schallabsorbierende Wirkung beispielsweise in einem bestimmten Frequenzband zu erzielen.

[0079] In einer Ausführungsform weist die Trägerschicht 1 Nuten auf, welche die Öffnungen 11 miteinander kommunizierend verbinden, um einen zusätzlichen Raum zu schaffen, in welchem sich Schallwellen 4 ausbreiten können, insbesondere zur kommunizierenden Verbindung der Mikroperforation 21 der Deckschicht 2 mit den Öffnungen 11 der Trägerschicht 1.

[0080] Fig. 5 zeigt eine Messung eines schallabsorbierenden Elements mit einer Deckschicht mit einer Mikroperforation, mit einer Trägerschicht mit mehreren durchgehenden Öffnungen und einer Zwischenschicht, welche die Deckschicht beabstandet an der Trägerschicht hält, wobei die Zwischenschicht ausgebildet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation der Deckschicht und Öffnungen der Trägerschicht eine kommunizierende Verbindung zu erstellen. In Fig. 5 ist der Schallabsorptionsgrad α_s in Abhängigkeit der Frequenz f dargestellt. Die Fläche des Prüfmateri als beträgt 12 m^2 . Das Volumen des Hallraums beträgt 212 m^3 . Bei leerem Hallraum und bei im Hallraum angeordnetem Prüfmateri als, d.h. bei angeordnetem schallabsorbierendem Element, beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 66%, die Temperatur beträgt 9°C und der Luftdruck 104.5 kPa . Der Schallabsorptionsgrad α_s gibt an, wie gross der absorbierte Anteil des gesamten einfallenden Schalls ist. $\alpha_s = 0$ bedeutet, es findet keine Absorption statt, der gesamte einfallende Schall wird reflektiert. Bei $\alpha_s = 0.5$ wird 50% der Schallenergie absorbiert und 50% reflektiert. Bei $\alpha_s = 1$ wird der komplette einfallende Schall absorbiert, das heisst, eine Reflexion findet nicht mehr statt. Wie aus Fig. 5 ersichtlich wird, ist der Schallabsorptionsgrad α_s im Bereich von ab etwa 200 Hz bis 1000 Hz grösser als etwa 0.75 . Damit ist die schallabsorbierende Wirkung des schallabsorbierenden Elements in diesem Bereich besonders hoch.

[0081] Der längenbezogene Strömungswiderstand wird in kPa s/m^2 angegeben, wobei die Dicke des schallabsorbierenden Elements dabei nicht berücksichtigt wird. Der längenbezogene Strömungswiderstand beeinflusst die Schallabsorption und kann insbesondere für optimierte schallabsorbierende Elemente angegeben werden. Typischerweise ist mit Werten von 30 bis 300 kPa s/m^2 zu rechnen.

[0082] Gemäss einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung schallabsorbierende Elemente in Form von mikroperforierten Schallabsorbern mit mindestens einer von schalldurchlässigem Abstandhalter gebildeten Zwischenschicht zwischen einer mikroperforierten Deckschicht und einer gelochten oder geschlitzten Trägerschicht, vorzugsweise in Form einer Trägerplatte. Die Deckschichten können beidseitig oder einseitig an der Trägerschicht angeordnet sein. Im letzteren Fall ist vorzugsweise ein Vlies und/oder Mineralfaser auf der Rückseite, das heisst auf der Seite ohne Deckschicht angeordnet.

[0083] Diese Ausgestaltungsformen der Erfindung ermöglichen eine modulare und weiter vereinfachte Herstellung der Schallabsorber mit maximal schallaktiver Perforationsfläche und maximaler Stabilität der Elemente. Durch den Abstandhalter zwischen dünner Deckschicht und gelochter oder geschlitzter Trägerplatte werden wie bereits bei den Vorgenannten Zwischenschichten für störende den Betrachter von aussen sichtbare optische Abzeichnungen der Öffnungen in der Trägerschicht vermieden.

[0084] Die neuen mikroperforierten Schallabsorber funktioniert als Mikroabsorber über die dünne mikroperforierte Deckschicht und dem Abstandhalter zu einer teilweisen schallharten Rückwand. Diese Schallabsorber wirken in der einseitigen Ausführungsform zudem in Kombination mit der hinterlegten Mineralfaser und/oder dem hinterlegten Vlies auf der Rückseite des Schallabsorbers durch eine kommunizierende Verbindung der Lochungen oder Schlitzungen in der Trägerplatte mit den Mikroperforationen in der Deckschicht.

[0085] Unter dem Begriff mikroperforierte Schallabsorber werden im Stand der Technik meist zweischalige Bauelemente bestehend aus einer gelochten, genuteten oder geschlitzten Platte aus festem Material wie Holz, Pressholz, Presspappe, Metall, Kunststoff oder Gips bezeichnet, bei welchen auf der Sicht- und oder auf der Rückseite mikroperforierte Folien oder dünne Platten aus Schichtstoff, Holz, Metall oder Kunststoff angeordnet sind. Ein entsprechendes Prinzip wird im europäischen Patent EP 2015 291 und in der Offenlegungsschrift DE 19 839 973 A1 beschrieben. Bei mikroperforierten Absorbern mit Trägerplatten aus festem, massivem Material wurde bisher jeweils ein erheblicher Anteil der Mikrolöcher durch die geschlossene Oberfläche der Tragplatte abgedeckt. Die abgedeckten Mikroperforationen gehen für die Absorberleistung verloren. Dadurch wird der Schall in diesem Bereich nicht absorbiert sondern reflektiert. Die Wirkung der Schallabsorption bei solchen mikroperforierten Schallabsorbern ist entsprechend eingeschränkt. Zudem sind bei der Herstellung solcher bekannter Schallabsorber die mikroperforierten Deckschichten und die gelochten oder geschlitzten Trägerplatten unter Berücksichtigung des oben beschriebenen «Verlusts» an Mikroperforationen hinsichtlich offener Wirkfläche aufeinander abzustimmen.

[0086] Die neuen mikroperforierten Deckschichten werden daher mit der Zwischenschicht, zum Beispiel mit dem Abstandhalter, und der gelochten, genuteten oder geschlitzten Trägerschicht oder -Platte so verbunden, dass einerseits die Mikrolöcher in ihrer überwiegenden Zahl aktiv – nicht verdeckt – den Schall absorbieren können und andererseits die vorder- und/oder rückseitigen Deckschichten plan, eben und druckfest als architektonisches Gestaltungselement eingesetzt werden können. Bei Mikroabsorbern muss zwecks Schallabsorption auf der Rückseite der mikroperforierten Deckschicht zwingend ein Resonanzraum bereitgestellt werden. Bei einem mehrlagigen Absorber muss zudem die erste mit den nachfolgenden mikroperforierten Deckschichten schalldruckmässig durch die Trägerplatte in kommunizierender Verbindung stehen. Da der Schalldruck, respektive der Schall den Absorber ungerichtet durchquert, können Durchlässe von Deckschichten und Trägerplatte beim Einsatz eines allseits schalldurchlässigen Abstandhalter verschoben sein.

[0087] Eine wichtige Forderung an den mikroperforierten Schallabsorber ist die Stabilität, welche durch die feste Trägerplatte nur dann gegeben ist, wenn diese Trägerplatte nur partiell und vorzugsweise gleichmässig verteilt gelocht, genutet oder geschlitzt ist. Die Architektur verlangt fugenlose grossdimensionierte Schallabsorber. Bei heiklen Materialien wie Gips und bei intensiv bearbeiteten Trägerplatten leidet die Stabilität, die Folge ist eine Formatbegrenzung. Durch die neuen erfindungsgemässen Zwischenschichten, zum Beispiel in Form der Abstandhalter, und die volle Nutzung der mikroperforierten Deckschichten kann eine maximale Absorption bei gleichzeitiger maximalen Stabilität der Schallabsorber erreicht werden.

[0088] Herstellungstechnisch sind die mikroperforierten Deckschichten und modular bearbeitete Trägerplatten voneinander unabhängig herstellbar. Der die Zwischenschichten, zum Beispiel in Form der Abstandhalter, werden mit Vorteil in einem ersten Arbeitsschritt mit der mikroperforierten Deckschicht verbunden, oder gemäss einer weiteren Ausführungsform werden Zwischenschichten, zum Beispiel in Form der Abstandhalter, in einem ersten Schritt mit der Trägerplatte verbunden. Anschliessend werden Deckschicht mit Zwischenschicht/Abstandhalter mit der Trägerplatte verbunden oder die vorgängig mit der Trägerplatte verbundenen Zwischenschichten, zum Beispiel in Form der Abstandhalter, wird mit der Deckschicht verbunden. Aus architektonischen Gründen werden Materialien und Oberflächenbearbeitung vorzugsweise derart gewählt, dass Lichtreflexionen zwischen den Mikrolöchern der Deckschicht und der bearbeiteten Trägerplatte vermieden werden.

[0089] Um in allen Frequenzbereichen eine hohe Schallabsorption zu erreichen muss der Schall in einem hohen Anteil in den Absorber eindringen können und dort in den kleinen Löchern oder Schlitzten durch Reibung in Wärme umgewandelt werden. Durch die heutige Bearbeitung der massiven Trägerplatten in Form von Lochen, Nuten oder Schlitzten werden zu viele Mikrolöcher durch den geschlossenen Teil der Trägerplatte abgedeckt und deshalb inaktiv. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken muss die Trägerplatte intensiver bearbeitet werden. Dadurch wird aber die Stabilität des ganzen Schallabsorbers stark verringert, der Absorber wird durch die aufwändige Bearbeitung teurer und eine anschliessende Formatänderung wird erschwert bis verunmöglicht. Ein direkter Verbund, zum Beispiel durch ein direktes Verkleben, in-

klusive Resonanzraum zwischen einer dünnen mikroperforierten Deckplatte und einer grob gelochten oder geschlitzten Trägerplatte bedingt eine Abstimmung zwischen den offenen Lochflächen, dies verunmöglicht einen modularen Aufbau von mikroperforierter Deckschicht und bearbeiteten Trägerplatte. Die direkte Verbindung von Deckschicht und Trägerplatte mit unterschiedlichen Perforationen (Mikroperforation in der Deckschicht und grossformatige Lochung, Nutung oder Schlitzung) verursacht zudem, vor allem bei farbigen Oberflächen, störende Lichtreflexionen auf der Sichtseite des Absorbers.

[0090] Durch die Zwischenschicht, zum Beispiel in Form eines Abstandshalters, zwischen mikroperforierten Deckschichten und festen Trägerkörper stehen bedeutend mehr offene Mikrolöcher zur Schallabsorption und Weiterleitung zur Verfügung. Der Schalldruck wird durch die erhöhte offene Fläche von der Deckschichtoberfläche weniger reflektiert und durch die Mikroperforation in stärkerem Masse absorbiert. Für eine optimale Dissipation des Schallpegels, d.h. die Umwandlung von Schallenergie in Wärmeenergie, kann der längenbezogene Strömungswiderstand durch die offene Wirkfläche in der Trägerplatte optimiert werden. Versuche haben gezeigt, dass mit weniger offener Wirkfläche in der Trägerplatte und entsprechender maximaler Wirkfläche, d.h. durch die Mikroperforation generierte offene Fläche, in der mikroperforierten Deckschicht mit diesen neuen Schallabsorbern mit Zwischenschicht, vorzugsweise mit Abstandhalter, gute Absorptionswerte erzielt werden. Im Weiteren kann der Strömungswiderstand durch den Einbau von schallabsorbierendem Material optimiert werden.

[0091] Durch den Einbau eines schalldurchlässigen Abstandshalter können Anzahl und offene Fläche der Öffnungen im Trägermaterialien reduziert und dadurch die Stabilität, insbesondere bei heiklen Materialien mit geringer Eigenstabilität wie zum Beispiel Gips, verbessert werden. Dadurch können auch relativ grossflächige Schallabsorber stabil und mit geringerem Aufwand schnell und kostengünstig hergestellt und montiert werden. Eine direkte Abstimmung zwischen Deckschichten und Trägerplatten in Bezug auf die Positionierung der Öffnungen zum Erreichen einer durchgängigen offenen Lochfläche ist durch den Abstandshalter nicht mehr erforderlich. Trägerplatten aus unterschiedlichen Materialien können dadurch modular und unabhängig von der Deckschicht hergestellt und in einem zeitlich und bei Bedarf auch räumlich getrennten Schritt miteinander verbunden werden.

[0092] Im Weiteren wird durch die Zwischenschicht, insbesondere durch den Abstandshalter zwischen mikroperforierten Deckschichten und Trägeroberfläche, eine stabile gleichmässige Struktur erreicht und die gewünschte Distanz zwischen beiden Schichten eingestellt, dadurch wird einerseits auf der Rückseite der mikroperforierten Deckschicht der zur Schallabsorption nötige Resonanzraum bereit gestellt und zudem werden störende optischen Lichtreflexionen vermieden.

[0093] Die Zwischenschicht, zum Beispiel in Form eines Abstandshalters, kann auch Zusatzfunktionen wie Wärmeaufnahme mit energetischer Speicherung beinhalten.

Materialauswahl für Abstandshalter und bautechnische Varianten

[0094] Gemäss bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden Abstandshalter unmittelbar zwischen den mikroperforierten Deckschichten und der Trägerschicht angeordnet, die welche vom Schalldruck ungehindert durchdrungen werden können. Die bevorzugten Abstandshalter sind stabil und auf der Vorder- und auf der Rückseite eben gestaltet sein. Geeignet sind alle Arten von Abstandshaltern welche mit der mikroperforierten Deckschicht sowie mit der Trägerplatte verbunden, vorzugsweise verklebt, werden können. Ein geeigneter Abstandshalter ist dicker als 0.8 mm, vorzugsweise zwischen 1.00 bis 3.00 mm, mit Vorteil 1.5 bis 2.00 mm dick, und besteht aus nachhaltigem und beständigem Material.

[0095] Für die Abstandshalter kommen folgende Materialien in Frage:

- a) 3 D Textilien wie Gewebe, Geflechte, Gestricke, Gelege, Noppen Fasern, in Glas-, Kohlefasermaterialien- und Aramide;
- b) offene poröse Schäume aus Glas, Metall oder Keramik;
- c) gestanzte Noppen-, Quadrat-, Route-, Pyramid-, Rillenprägung aus Metall oder Kunststoff.

[0096] Gemäss weiterer Ausführungsformen der Erfindung kommen für die Abstandshalter folgende Materialien in Frage:

- d) Wabenscheiben – vorzugsweise geschnitten – aus Papier, Karton, Aluminium oder Aramid.

[0097] Gemäss bevorzugten Ausführungsformen weisen die erfindungsgemässen mikroperforierten Absorber folgenden Aufbau auf. Ein Abstandshalter wird auf die Unterseite einer mikroperforierten Deckschicht oder aber auf eine Ober- und/oder Unterseite der Trägerschicht, vorzugsweise einer Trägerplatte verklebt.

[0098] In einem separaten Schritt wird die Trägerplatte nach einem modularen Raster gelocht oder geschlitzt um so eine offene Fläche von 26% bis 40% in der Trägerplatte zu erzielen. Es ist für den Fachmann klar, dass diese Bearbeitung der Trägerplatte erfolgt, bevor die die Zwischenschicht, zum Beispiel in Form eines Abstandshalters auf die Trägerplatte aufgebracht wird. Die Deckschicht wird vorzugsweise in einem ersten Schritt perforiert und anschliessend mit dem Abstandshalter vorzugsweise mittels Verkleben mit einer vorzugsweise auf dem Abstandshalter angebrachten Leimschicht verbunden.

[0099] Während auf der Sichtseite der erfindungsgemässen schallabsorbierenden Elemente oder Absorber immer eine mikroperforierte Deckschicht angeordnet ist, kann auf der der Sichtseite abgewandten Rückseite je nach Verwendungszweck eine zweite mikroperforierte Deckschicht auf einem zweiten Abstandshalter oder einer anderen Zwischenschicht, oder aber ein schallabsorbierendes Vlies und/oder Mineralfaserplatte angebracht werden.

[0100] Gemäss bevorzugten Ausführungsformen werden die erfindungsgemässen Abstandshalter vorzugsweise aus Wabenmaterialien hergestellt. Der Unterschied zwischen Wabenmaterial und vorgenannten Materialien zur Erstellung der

Zwischenschicht wie zum Beispiel Noppen ist in Bezug auf Funktion sehr gering. Die freie kommunizierende Verbindung zwischen mikroperforierter Deckschicht und rückseitiger Absorption durch eine mikroperforierte Deckschicht, Vlies oder Mineralfaser über die Öffnungen in der Trägerschicht wird durch die erfindungsgemässen Zwischenschichten annähernd für alle Öffnungen in der Deckschicht erreicht. Bei den Ausführungsformen mit Abstandshaltern zum Beispiel in Form eines Wabenmaterials ist dieser Vorteil weiterhin gegeben, auch wenn hier nicht mehr jede Öffnung in der Deckschicht in kommunizierender Verbindung mit jeder Öffnung in der Trägerschicht, zum Beispiel der Trägerplatte steht. Der Schalldruck sucht grösstenteils den Weg mit dem geringsten Widerstand und daher grösstenteils die kommunizierende Verbindung zwischen Mikroperforationsöffnungen und unmittelbar darunter liegenden Öffnungen in der Tragplatte und nur zu einem geringen Anteil einen weiteren Weg in Längs- und Querrichtung innerhalb der Zwischenschicht. Obwohl dem Schall bei den Abstandshaltern aus Wabenmaterial gemäss bestimmter Ausführungsformen der freie Weg in Längs- und Querrichtung innerhalb der Zwischenschicht nicht zur Verfügung steht, wird für einen ausreichenden Anteil der Mikroperforationsöffnungen in der Deckschicht eine kommunizierende Verbindung über die Öffnungen in der Trägerschicht mit der Rückseite des Absorbers zur Verfügung gestellt. Die Abstandshalter stellen zudem sicher, dass annähernd alle Mikroperforationsöffnungen in der Deckschicht offen sind und der zur Schallabsorption nötige Resonanzraum auf der Rückseite der mikroperforierten Deckschicht zur Verfügung steht. Eine sehr gute Schallabsorption wird bei Absorbern mit Zwischenschicht, zum Beispiel mit Abstandshaltern, erreicht wenn:

- i) die offene Lochfläche in der Trägerplatte 20% bis 40%, vorzugsweise 30% beträgt,
- ii) die Höhe der Abstandshalter, vorzugsweise der Wabenstruktur als Abstandhalter 1.0 mm bis 3.0 mm, vorzugsweise 2.0 mm beträgt, und
- iii) die Zellweite der Waben 3.0 mm bis 10.0 mm, bevorzugt 3.4 mm bis 4.8 mm beträgt, wobei diese Zellweite abhängig davon ist, ob das Deckschichtmaterial weich oder hart ist.

[0101] Die Absorptionsleistung wird ebenfalls durch die Gestaltung der offenen Fläche in der Trägerschicht, zum Beispiel dem Durchmesser und der Anordnung der Lochung in der Tragplatte, beeinflusst. Vorzugsweise wird eine offene Lochfläche von 26 bis 40%, besonders bevorzugt von 30% gewählt.

[0102] Bevorzugte Materialien zur Herstellung der Abstandshalter aus Wabenmaterial sind: Papier, Karton, Aramid (Nomex-Aramid), Aluminium. Eine bevorzugte Wabenform ist die hexagonale, wobei auch rechteckige, quadratische, runde und beliebige andere Wabentypen benutzt werden können.

[0103] In der Fig. 6 ist schematisch der Aufbau eines erfindungsgemässen schallabsorbierenden Elements mit einem wabenförmigen Abstandshalter 33 dargestellt. Die Sichtseite des absorbierenden Elements wird von einer mit einer Mikroperforation versehenen Deckschicht 2 gebildet. Diese ist auf den wabenförmigen Abstandshalter 33 geklebt, der sie stabil und exakt planparallel zur Oberfläche der Tragplatte 12 in einem Abstand von 2 mm hält. Die Wabenstruktur stellt sicher, dass jeweils eine Vielzahl von Mikroperforationsöffnungen in der Deckschicht mit den Bohrungen 13 in der Tragplatte und dadurch mit dem Akustikvlies 5 auf der Rückseite der Tragplatte in kommunizierender Verbindung steht. Für die Mikroperforationsöffnungen in der Deckschicht, die keine direkte Verbindung zu einer 13 in der Tragplatte haben, bildet die Wabenstruktur den zur Schallabsorption nötigen Resonanzraum auf der Rückseite der mikroperforierten Deckschicht.

[0104] In den Fig. 7, 8 und 9 sind konkrete Beispiele (massstabgetreu mit Vermassung) von weiteren Ausführungsformen schallabsorbierender Elemente mit wabenförmigen Abstandshaltern dargestellt. Die wesentlichen Masse der Lochung der Trägerplatte sind jeweils in der Figur angegeben.

[0105] Gemäss einer in den Figuren nicht dargestellten Ausführungsform ist die Deckschicht ein 0.8 mm starkes Holz furnier mit Mikrolöchern mit 0.5 mm Durchmesser. Mehr als 300 000 Mikrolöcher pro Quadratmeter resultieren in einer offenen Fläche von 6%. Der Abstandshalter ist eine aramidverstärkte Papier-Wabenscheibe mit 1.5 mm Höhe und 3.2 mm Zellweite mit einer Dichte von 48 oder bis zu 64 Kp/m³. Die Tragplatte aus MDF Gips ist mit Rasterbohrungen mit 8.0 oder 10.0 mm Lochdurchmesser versehen, so dass eine Durchgangsfläche von 30 oder 40% resultiert.

[0106] Gemäss einer weiteren in den Figuren nicht dargestellten Ausführungsform ist die Deckschicht ein 0.8 mm starkes Holz furnier mit Mikrolöchern mit 0.2 mm Durchmesser. Diese Mikrolöcher sind mit einem Nadelverfahren in das vorzugsweise vorgängig lackierte Furnier eingebracht worden. Mehr als 300 000 Mikrolöcher pro Quadratmeter resultieren in einer offenen Fläche von etwa 1%. Der Abstandshalter ist eine aramidverstärkte Papier-Wabenscheibe mit 1.5 mm Höhe und 3.2 mm Zellweite mit einer Dichte von 48 oder bis zu 64 Kp/m³. Die Tragplatte aus MDF Gips ist mit Rasterbohrungen mit 8.0 oder 10.0 mm Lochdurchmesser versehen, so dass eine Durchgangsfläche von 30 oder 40% resultiert.

[0107] Wahlweise kann die Rückseite des Elements mit einer zweiten Deckschicht oder einem dämpfenden Vliesmaterial versehen werden.

Bezugszeichen

[0108]

- 10 schallabsorbierendes Element
- 1 Trägerschicht
- 11 Öffnungen der Trägerschicht

12	Tragplatte
13	Bohrungen in der Tragplatte
2, 2.2	Deckschicht
21	Mikroperforation der Deckschicht
3, 3.2	Zwischenschicht
31	Noppen der Zwischenschicht
32	Basisschicht der Zwischenschicht
33	wabenförmiger Abstandshalter
4	Schallwellen
41	Reflexionen der Schallwellen
42	Durchdringungen der Schallwellen
5	Akustikvlies
a	Abstand der Mikroperforationslöcher
b	Durchmesser der Mikroperforationslöcher
d	Abstand zur schallharten Rückwand
t	Dicke des mikroperforierten Plattenabsorbers

Patentansprüche

- Ein schallabsorbierendes Element (10), umfassend einen Resonator mit einer Deckschicht (2, 2.2) mit einer Mikroperforation (21); einer Trägerschicht (1) mit mehreren durchgehenden Öffnungen (11) wie insbesondere Bohrungen oder Schlitzungen; und einer Zwischenschicht (3, 3.2), welche die Deckschicht (2) beabstandet von der Trägerschicht (1) hält, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) ausgebildet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation (21) der Deckschicht (2) und Öffnungen (11) der Trägerschicht (1) kommunizierende Verbindungen zu erstellen.
- Das schallabsorbierende Element (10) nach Anspruch 1, wobei die Deckschicht (2, 2.2) eines oder mehrere der folgenden Materialien umfasst: ein Holz furnier, ein Holzwerkstoff, ein Kunstharzfurnier, einen Kunststoff, ein mehrlagiges mit Kunstharz imprägniertes Papier, eine Metallfolie, eine Metallplatte.
- Das schallabsorbierende Element (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Trägerschicht (1) eines oder mehrere der folgenden Materialien umfasst: ein Holz, ein Holzwerkstoff, eine Spanplatte, eine Oriented Strand Board Platte (OSB-Platte), eine mitteldichte Faserplatte (MDF-Platte), eine hochdichte Faserplatte (HDF-Platte), eine Hartfaserplatte, eine Sperrholzplatte, eine organisch gebundene insbesondere zementgebundene Spanplatte, eine Gipsplatte, eine Gipskartonplatte, eine Wabenplatte, eine Leichtmetallplatte, Kunststoff, Kunstharz, Gips, Gipskarton oder Glas-schaum.
- Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) eines oder mehrere der folgenden Materialien umfasst: ein Textil insbesondere ein dreidimensional geformtes Textil wie beispielsweise ein Gewebe, Geflecht, Gestricke, Gelege; ein aus Noppen und Fasern hergestelltes Textil; ein Glasfaser-material; ein Kohlefaser-material; ein Aramid; einen porösen Schaum insbesondere aus Glas, Metall, Keramik; ein gestanztes Profil aus Metall oder Kunststoff mit einer Prägung wie beispielsweise Noppen, Rauten, Pyramide, Rillen oder ein Wabenmaterial aus Papier, Karton, Aramid, Aluminium; Wabenscheiben – vorzugsweise geschnitten – aus Polyamid, Papier, Karton, Aluminium und/oder den vorgenannten Materialien getränkt oder imprägniert mit Aramid.
- Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Trägerschicht (1) plattenförmig ausgebildet ist.
- Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Mikroperforation (21) der Deckschicht (2, 2.2) Löcher aufweist mit einem Durchmesser von 0.2 bis 1 mm, vorzugsweise von 0.5 mm und einem gegenseitigen Abstand von 10 mm oder weniger und/oder die von der Mikroperforation gebildete offene Fläche in der Deckschicht 1 bis 7%, vorzugsweise 6% beträgt.

7. Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Trägerschicht (1) durchgehende Öffnungen (11) aufweist mit einem Durchmesser von 4 mm oder mehr, vorzugsweise von 8 mm bis 10 mm und einem gegenseitigen Abstand von 2 mm oder mehr, vorzugsweise von 2 bis 4 mm.
8. Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Trägerschicht (1) je eine Zwischenschicht (2, 2.2) vorgesehen sind, welche je eine Deckschicht (2, 2.2) beabstandet an der Trägerschicht (1) hält.
9. Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Trägerschicht (1) zwei gegenüberliegenden Seiten aufweist und die Zwischenschicht (3, 3.2), welche die Deckschicht (2, 2.2) beabstandet an der Trägerschicht (1) hält auf einer der Seiten der Trägerschicht (1) vorgesehen ist und auf der anderen Seite der Trägerschicht (1) eines oder mehrere der folgenden Materialien angebracht ist: ein Vlies, eine Glasfasermatte, ein Schaumstoff, ein Füllstoff, ein Dämmstoff.
10. Das schallabsorbierende Element (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Zwischenschicht eine Dicke von zwischen 1 mm und 5 mm aufweist, vorzugsweise 1 mm bis 3 mm und bevorzugt 1.5 bis 2 mm beträgt.
11. Das schallabsorbierende Element nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Zwischenschicht und der Deckschicht eine Flammenschutzschicht angeordnet ist.
12. Das schallabsorbierende Element nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Flammenschutzschicht an der Rückseite der Deckschicht angeordnet und die Mikroperforation in den Verbund aus Flammenschutzschicht und Deckschicht angebracht ist, oder dass die Flammenschutzschicht an der Rückseite der Deckschicht angeordnet ist und ein Flies umfasst.
13. Das schallabsorbierende Element nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht ein Wabenmaterial umfasst, das aus Flammenschutzmaterial gefertigt ist, Flammenschutzmaterial umfasst oder die Waben mit schalldurchlässigem Flammenschutzmaterial gefüllt sind.
14. Ein Verbund aus einer Deckschicht (2, 2.2) mit einer Mikroperforation (21) und einer Zwischenschicht (3, 3.2), welche mit der Deckschicht (2, 2.2) verbunden ist, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) für die kommunizierende Verbindung mit einer Öffnungen (11) aufweisenden Trägerschicht (1) ausgebildet ist, wobei die Deckschicht (2, 2.2) eingerichtet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung eines aus der Deckschicht (2, 2.2), der Zwischenschicht (3, 3.2) und der Trägerschicht (1) gebildeten schallabsorbierenden Elements (10) zwischen der Mikroperforation (21) der Deckschicht (2, 2.2) und Öffnungen (11) der Trägerschicht (1) eine kommunizierende Verbindung zu erstellen.
15. Der Verbund nach Anspruch 14, wobei die Deckschicht (2, 2.2) eines oder mehrere der folgenden Materialien umfasst: ein Holz furnier, ein Holzwerkstoff, ein Kunstharz furnier, einen Kunststoff, ein mehrlagiges mit Kunstharz imprägniertes Papier.
16. Der Verbund nach Anspruch 14 oder 15, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) eines oder mehrere der folgenden Materialien umfasst: ein Textil insbesondere ein dreidimensional geformtes Textil wie beispielsweise ein Gewebe, Geflecht, Gestricke, Gelege; ein aus Noppen und Fasern hergestelltes Textil; ein Glasfasermaterial; ein Kohlefasermaterial; ein Aramid; einen porösen Schaum insbesondere aus Glas, Metall, Keramik; ein gestanztes Profil aus Metall oder Kunststoff mit einer Prägung wie beispielsweise Noppen, Rauten, Pyramide, Rillen; Wabenscheiben – vorzugsweise geschnitten – aus Papier, Karton, Aluminium und/oder Aramid.
17. Der Verbund nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht und/oder die Zwischenschicht ein Flammenschutzmaterial umfasst oder dass zwischen der Deckschicht und der Zwischenschicht eine Flammenschutzschicht angeordnet ist.
18. Verfahren zur Herstellung eines schallabsorbierenden Elements (10), wobei eine Deckschicht (2, 2.2) mit einer Mikroperforation (21), eine Trägerschicht (1) mit mehreren durchgehenden Öffnungen (11) wie insbesondere Bohrungen oder Schlitzungen und eine Zwischenschicht (3, 3.2), welche die Deckschicht (2, 2.2) beabstandet an der Trägerschicht (1) hält, angeordnet werden, wobei die Zwischenschicht (3, 3.2) ausgebildet ist, um zur Erzeugung einer schallabsorbierenden Wirkung zwischen der Mikroperforation (21) der Deckschicht (2, 2.2) und Öffnungen (11) der Trägerschicht (1) eine kommunizierende Verbindung zu erstellen.

10

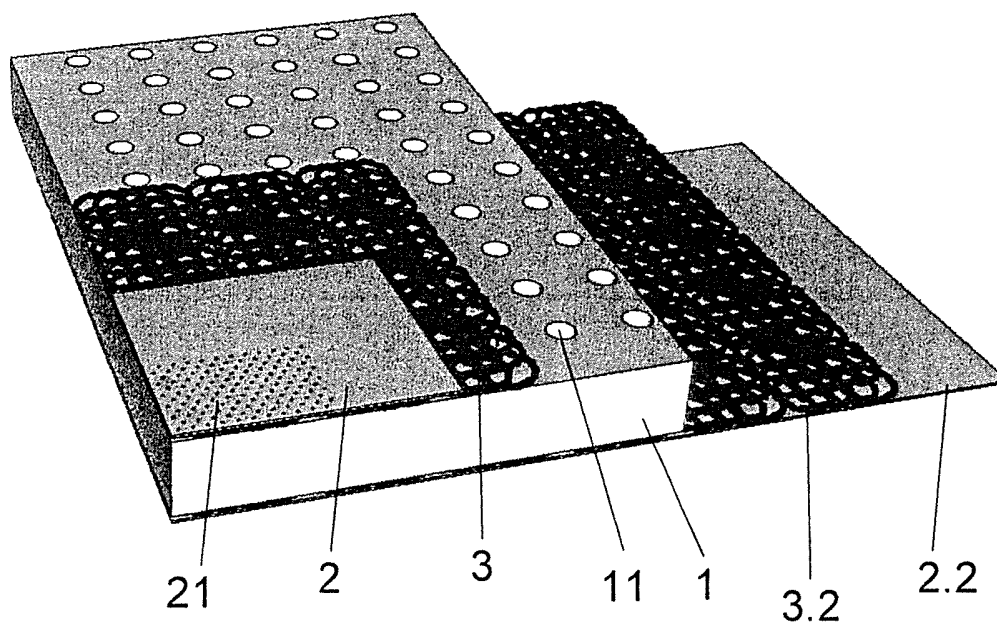


Fig. 1

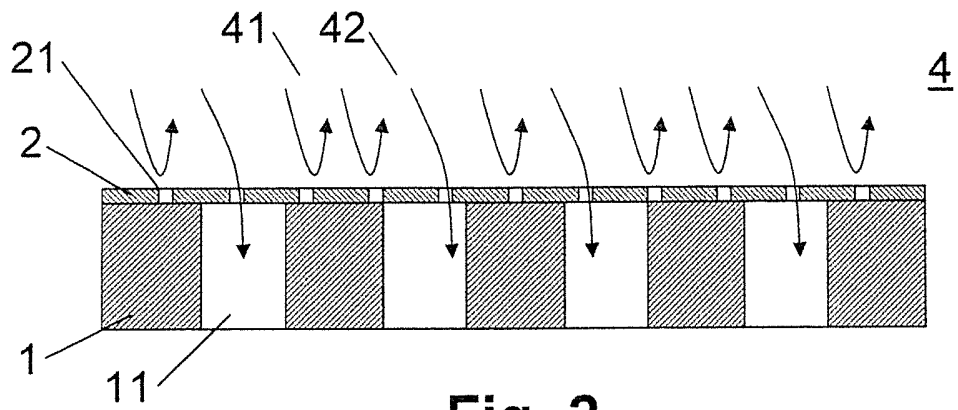


Fig. 2

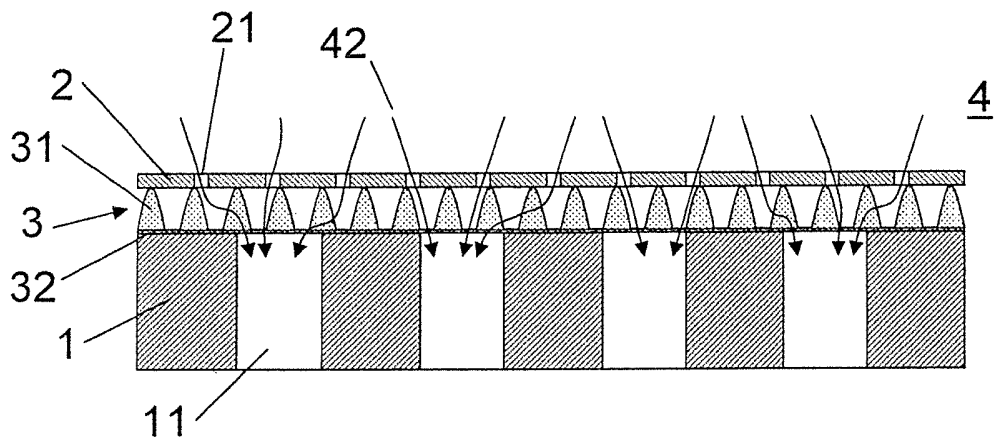


Fig. 3

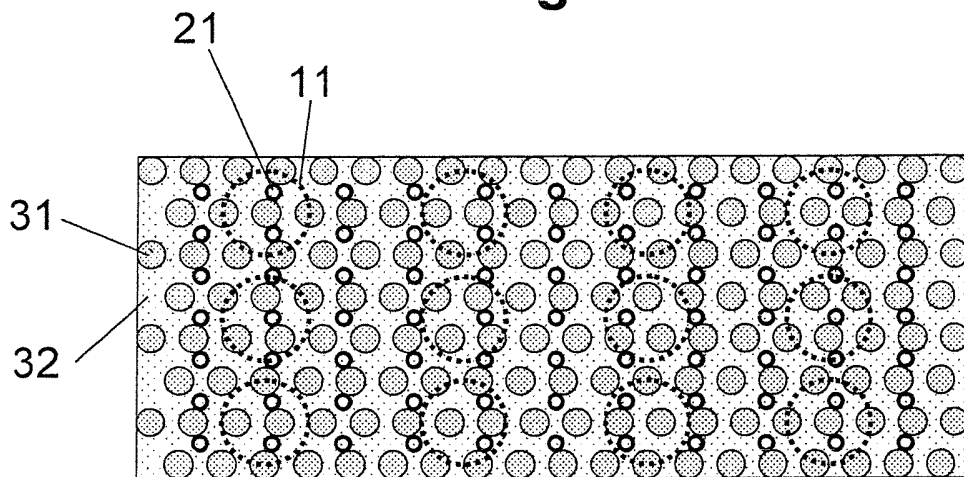
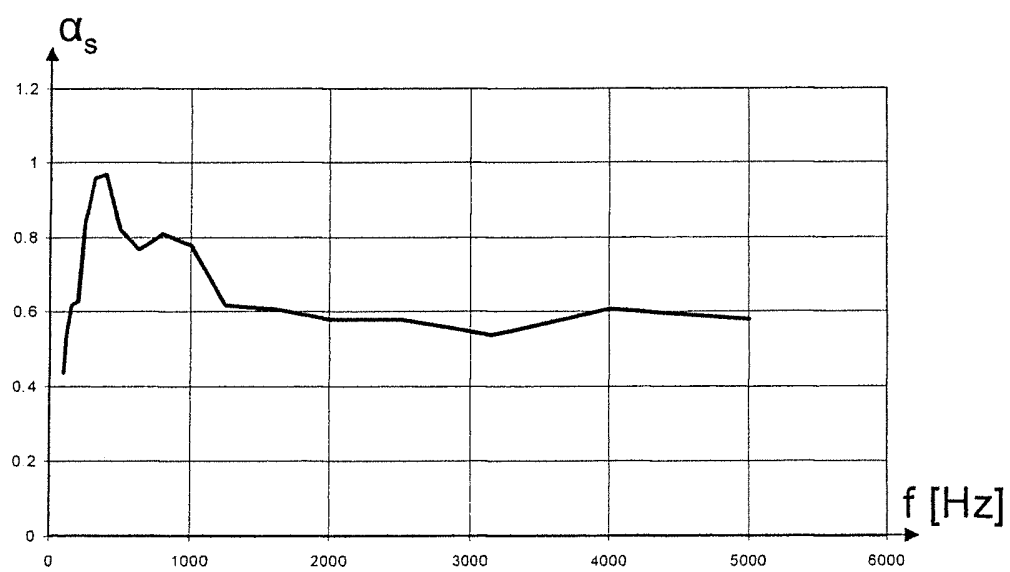


Fig. 4

**Fig. 5**

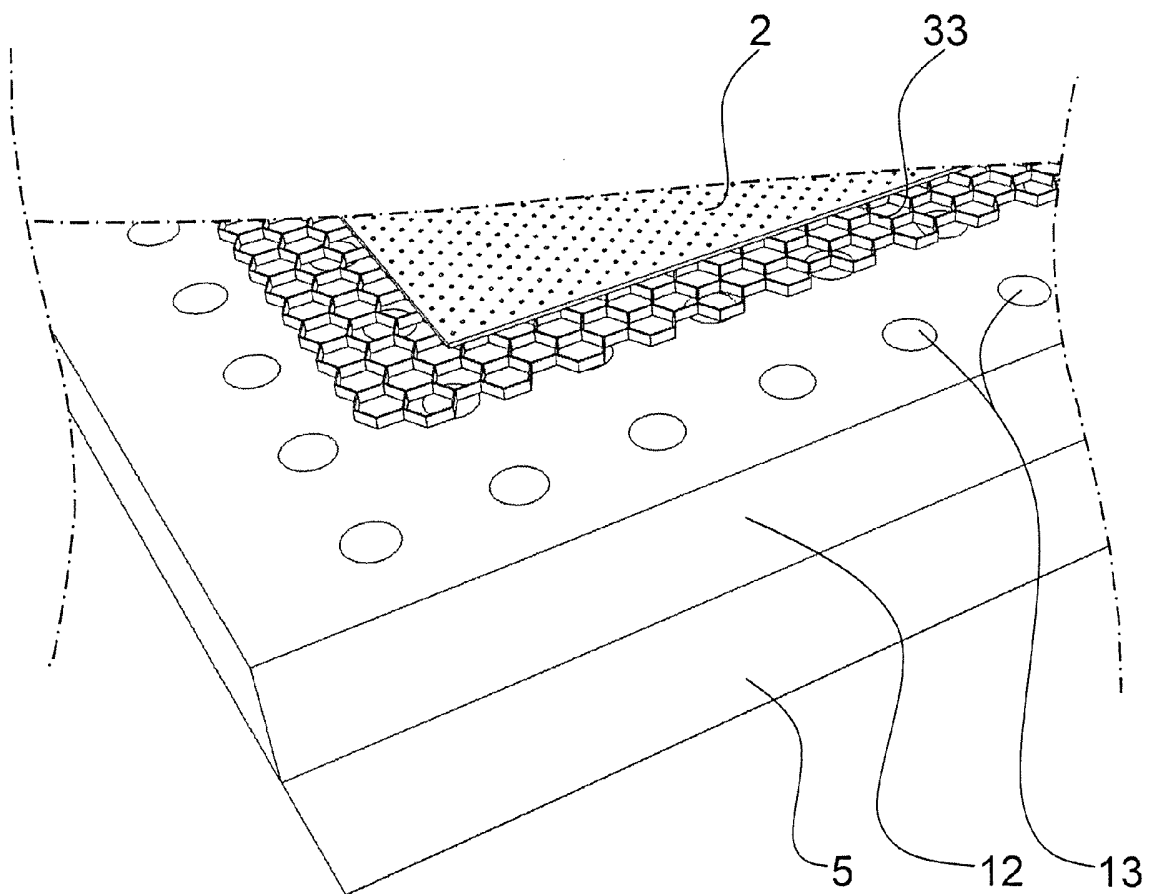


Fig. 6

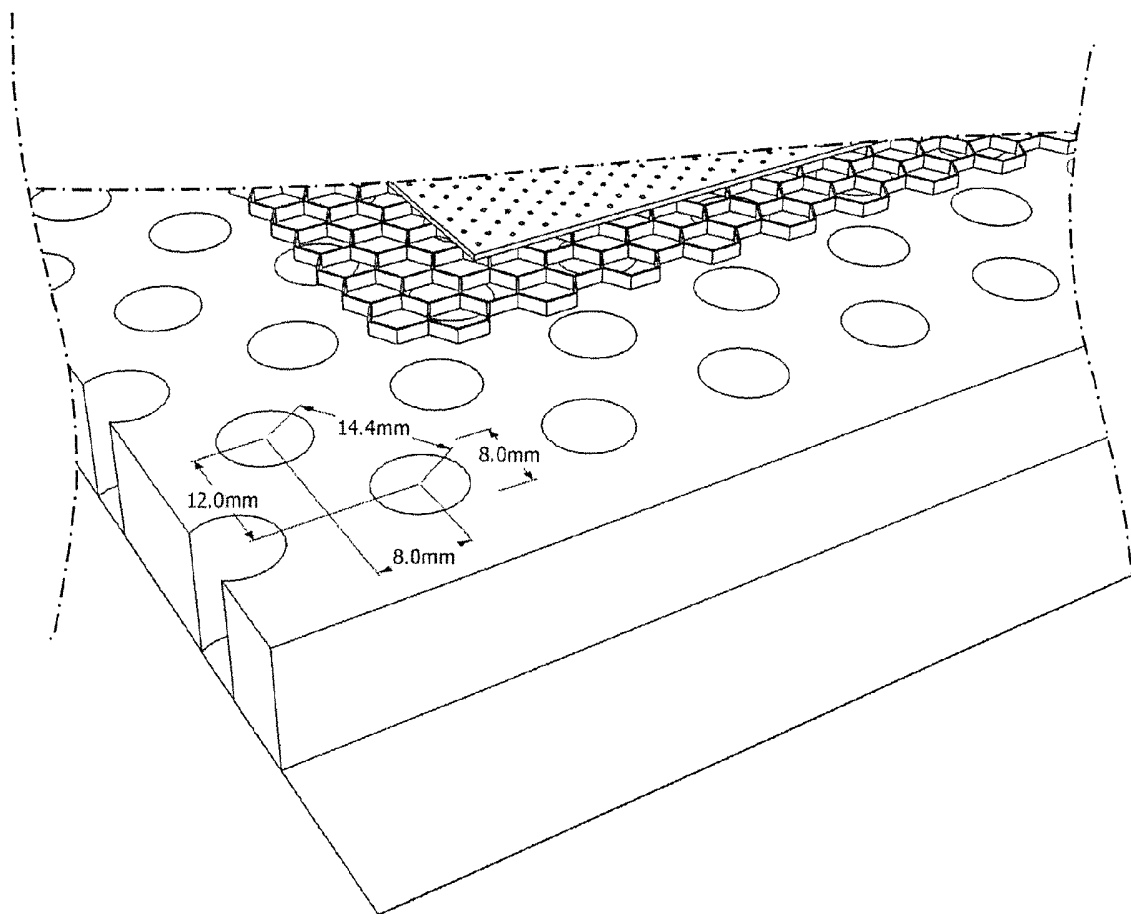


Fig. 7

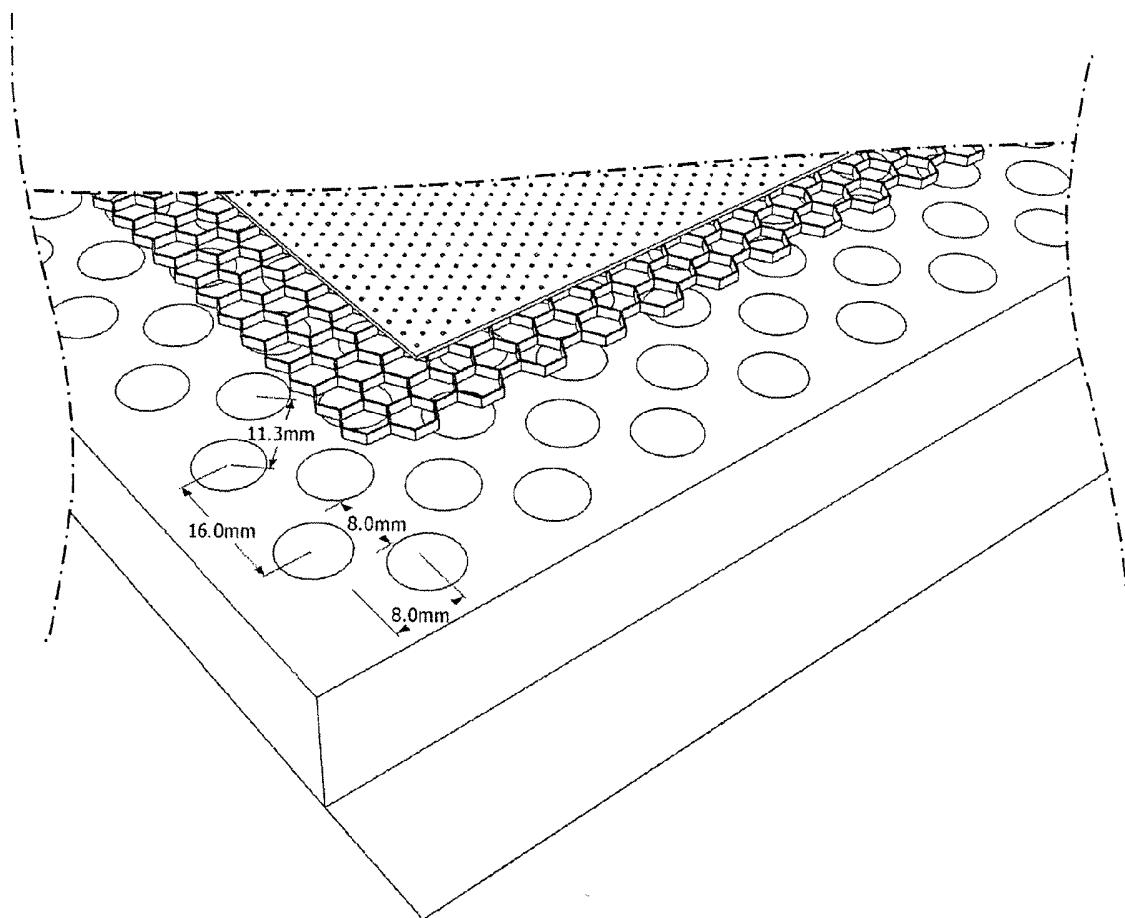


Fig. 8

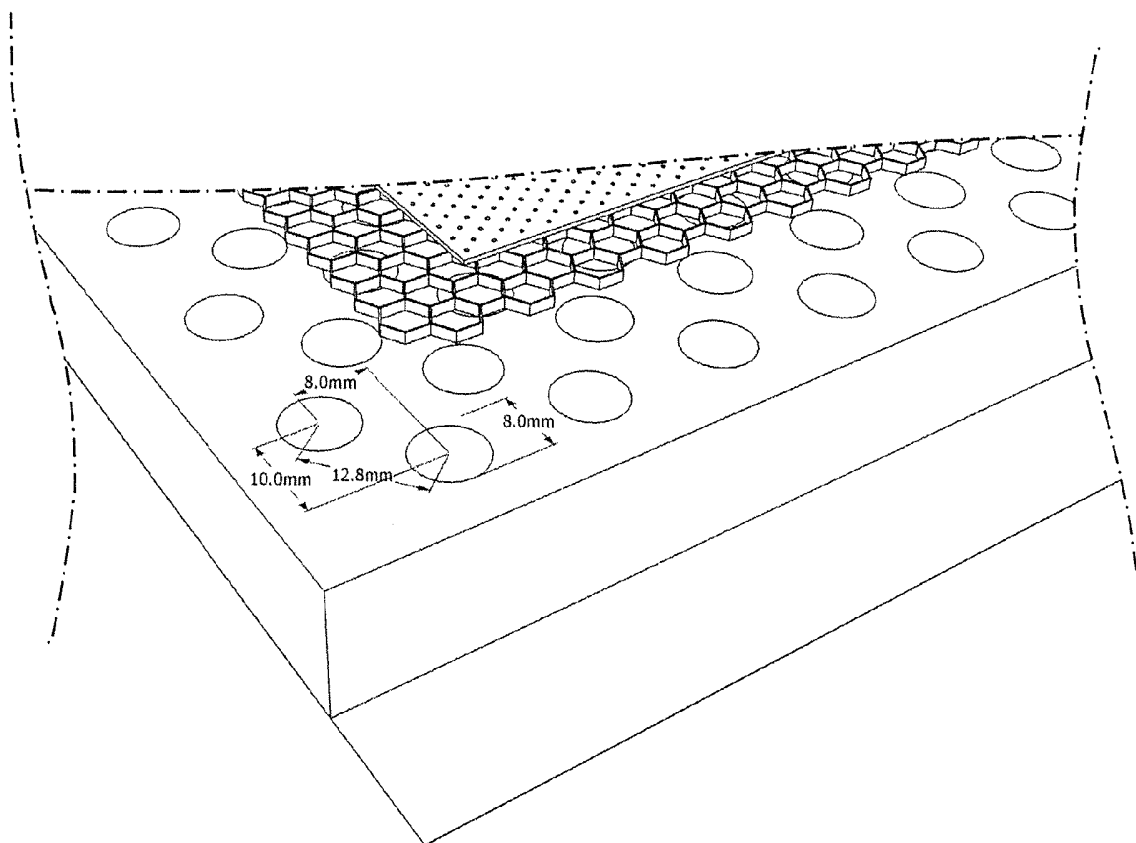


Fig. 9

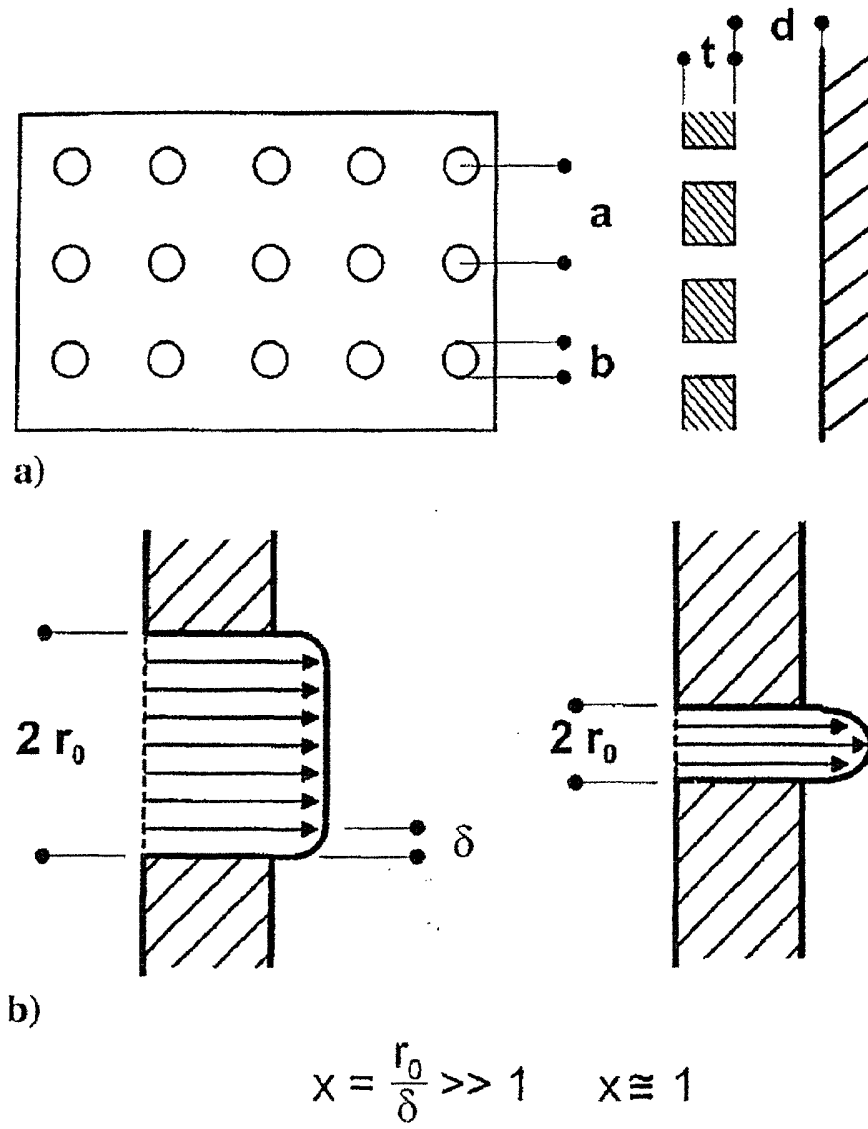


Fig. 10 (Stand der Technik)