

(19)



(11)

EP 2 374 940 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.10.2011 Patentblatt 2011/41

(51) Int Cl.:
E01F 8/00 (2006.01) E04B 1/86 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11161327.9**

(22) Anmeldetag: **06.04.2011**

(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

(71) Anmelder: **Akustik & Raum AG**
4601 Olten (CH)

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

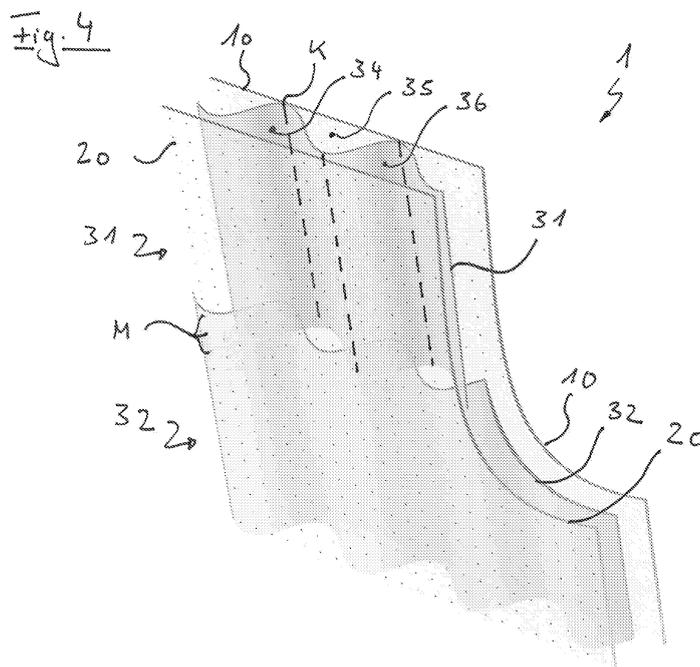
(30) Priorität: **06.04.2010 CH 5132010**
07.02.2011 CH 2192011

(74) Vertreter: **Rentsch Partner AG**
Rechtsanwälte und Patentanwälte
Fraumünsterstrasse 9
Postfach 2441
8022 Zürich (CH)

(54) **Absorbierende Lärmschutzwände**

(57) Es werden schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1) und ein Verfahren zu deren Herstellung vorgeschlagen, die es erlauben äusserst effizient stabile Sandwichkonstruktion aus akustisch wirksamen Deckschichten (10, 20) und einem innenliegenden tragenden Kern (30) aus Wellstegprofilen (31, 32) aufzubauen. Die Wellstegprofile (31, 32) definieren Luftkanäle im Platteninneren und sind derart gestaltet und/oder angeordnet sind, dass die beiden schallabsorbierenden Oberflächen (10, 20) miteinander in kommunizierender Verbindung

stehen. Die Elemente (1) können, zum Beispiel für den Einsatz beim Lärmschutz entlang von Strassen und Schienenwegen, aus transparentem oder transluzentem Material gefertigt werden. Der Kern (30) besteht dabei aus nur einem oder wenigen Bauteilen und stabilisiert das schallabsorbierende plattenförmige Element (1) ausreichend. Da bevorzugt alle Anteile der Wellstegprofile (31, 32) im Kern (30) im Wesentlichen in vertikaler Richtung ausgerichtet sind und das Platteninnere frei von horizontalen Wänden oder Absätzen ist, wird die Verschmutzung vermeiden und die Reinigung erleichtert.



EP 2 374 940 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft schallabsorbierende plattenförmige Elemente gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1 und Verfahren zum Herstellen von schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 10, sowie Wandelemente und Lärmschutzwände die entsprechende schallabsorbierende plattenförmige Elemente umfassen gemäss der Oberbegriffe der Patentansprüche 13 und 15.

[0002] Trotz vermehrter Anstrengungen von Fahrzeugbauern und Strassenbauern hat seit Jahren in Folge des starken Wachstums im Strassen- und Bahnverkehr auch der Verkehrslärm kontinuierlich zugenommen. Erschwerend kommt hinzu, dass mit höheren Reisegeschwindigkeiten auch der Lärmpegel steigt. Mit der zunehmend dichteren Besiedlung unserer Lebensräume führt der zunehmende Verkehr zu erhöhter Lärmbelastung von immer mehr Menschen. Die zunehmende Mobilität im beruflichen wie im Freizeitbereich kombiniert mit der zunehmenden Zersiedelung der Landschaft führt zwangsläufig zu einem noch stärkeren Anstieg des Verkehrslärms. Die Lärmbelastung trifft dabei weniger die Verkehrsteilnehmer im Auto oder im Zug, da diese Dank schallhemmender und schallschluckender Bauteile und Materialien in den Verkehrsmitteln nur in geringem Mass selbst dem Lärm ausgesetzt sind. Der Verkehrslärm belastet primär die Anwohner.

[0003] Lärmbelastung wird nicht nur subjektiv als störend empfunden, sondern ist nachweislich auch für viele Gesundheitsstörungen verantwortlich. Allein in der Schweiz geht man davon aus, dass die Kosten des Lärms durch Strassen- und Schienenverkehr mehr als 1 Milliarde Franken betragen. Gemäss Berechnungen des Schweizer Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) betragen diese lärmbedingten Gesundheitskosten bereits für das Jahr 2000 124 Millionen Franken und die lärmbedingten Mietzinsausfälle schlugen mit 874 Millionen Franken zu Buche. Angesichts dieser Kosten und der zunehmenden Sensibilisierung der Bevölkerung für das Thema werden im Aussenbereich kostspielige und kilometerlange Lärmschutzwände entlang der Verkehrswege erforderlich.

[0004] Die bekannten Schallschutzwände wirken jedoch oft nur als Schalldämmung, der Lärm wird durch die Wand abgeschirmt aber nicht vermindert. Schlussendlich wird der Lärm auf die gegenüberliegende Seite reflektiert, oder weicht bei beidseitigen Schallschutzwänden unvermindert nach oben aus. In dicht besiedelten Lebensräumen genügen solche Massnahmen daher oft nicht mehr, denn dieser diffuse Umgebungslärm übersteigt das erträgliche und zulässige Mass. Um dies zu verhindern werden zunehmend Schallschutzwände mit Schallschluckern eingesetzt, die den Schall nicht nur abschirmen sondern absorbieren.

[0005] Bei bekannten Schallschluckern oder Absorbern aus Metall, Holz oder Kunststoffen mit Vlies- und

Isolationseinlagen wird jeweils ein Teil der Schallenergie in Wärme umgewandelt. Diese Absorber verlieren jedoch durch die grosse Schmutzeinwirkung entlang der Verkehrswege oft sehr schnell ihre Wirkung oder werden in dieser stark eingeschränkt. Eine Reinigung der verschmutzten Absorber oder Schallschlucker ist praktisch nicht möglich. Schallschutzkorridore mit Schallschluckern, welche bisher ausnahmslos als undurchsichtige Wände konzipiert sind, beeinträchtigen zudem die Lebensqualität der direkten Anwohner erheblich. Licht und Sicht werden durch intransparente Wände nicht nur den Anwohnern, sondern auch den Reisenden verwehrt. Unter dem Strich wird durch die bekannten Schallschlucker die Lebensqualität also nicht wirklich erhöht, da für eine Reduzierung des Lärmes der Verlust von Licht und Sicht in Kauf genommen werden muss.

[0006] Es besteht ein dringendes Bedürfnis nach transparenten oder zumindest transluzenten Lärmschutzwänden mit transparenten Absorbern. Solche Produkte sind aber auf dem Markt trotz der eindeutigen Nachfrage bisher nicht erhältlich.

[0007] Zwei wesentliche Gründe für diese Situation sind:

a. Die kostengünstigen und einfach zu applizierenden Fasermaterialien sind nicht transparent und deshalb nicht einsetzbar.

b. Die mikroperforierten transparenten Absorber, welche seit einigen Jahren im Innenbereich, respektive der Raumakustik zur Anwendung gelangen, erfüllen die hohen Anforderungen im Aussenbereich (z.B. Regen, Wind und vor allem Verschmutzung) nicht.

[0008] Die Verschmutzungsproblematik besteht bekanntlich bereits bei den nicht transparenten Metall, Holz- und Kunststoffabsorbern im Aussenbereich. Die Anmelderin stellt seit Jahren mikroperforierte transparente Absorber für die Raumakustik her. Das dabei angewendete Herstellverfahren umfasst folgende Schritte: Stanzen in ein- und zweilagige Absorber mit 0.75 mm dicken PET-Deckschichten welche mit einem Wabekern zu Sandwichelementen verleimt werden, ähnlich wie es in der Figur 1 aus dem Stand der Technik gezeigt ist. Es entstehen durch solche horizontale Wabenelemente im Platteninneren geschlossene Kammersysteme welche im Innenraumbereich keine negativen Auswirkungen zeigen. Im Aussenbereich können durch die perforierten Deckschichten Regen, Feuchtigkeit und Schmutz eindringen in die Waben eindringen. Während das Wasser mit der Zeit wieder verdunsten kann, sammelt sich der Schmutz in den Waben an. Der eingeschleppte Schmutz (Abrieb von Pneu und Bremsbelägen sowie Staub) wird mit der Zeit und in Kombination mit allfälligem Bewuchs durch Mikroorganismen wie zum Beispiel Pilze und Algen zur Trübung der Elemente führen bis hin zur völligen Undurchsichtigkeit. Da eine Rei-

nigung der verklebten Sandwichelemente nicht oder nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand möglich ist, müssten die Elemente in regelmässigen Abständen ausgetauscht werden. Vor allem diese Verschmutzungsproblematik verunmöglicht die Anwendung dieser bekannten Produkte im Aussenbereich.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung schallabsorbierende Elemente für Lärmschutzwände und Verfahren zur Herstellung derselben zur Verfügung zu stellen, die gute schallabsorbierende Eigenschaften aufweisen, alle Anforderungen an die Stabilität und Widerstandsfähigkeit für den Einsatz im Aussenbereich erfüllen und dabei wartungsarm und kostengünstig sind. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, dass die schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente auf Wunsch transluzent (lichtdurchlässig) oder transparent (blickdurchlässig) und mit vertretbarem technischen Aufwand schnell und wirtschaftlich herstellbar sind. Zudem sollen weitere Nachteile der bekannten schallabsorbierenden Elemente vermieden werden.

[0010] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung Lärmschutzwände zur Verfügung zu stellen, die zumindest teilweise transparent oder transluzent ausgebildet sind, und auftretenden Schall nicht nur reflektieren, sondern diesen absorbieren.

[0011] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäss durch die Akustikelemente gemäss Anspruch 1, Herstellungsverfahren gemäss Anspruch 10, Wandelemente gemäss Anspruch 13 und Lärmschutzwände gemäss Anspruch 15 gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich jeweils aus den abhängigen Ansprüchen.

[0012] Die erfindungsgemässen schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente umfassen eine erste und eine zweite schallabsorbierende Deckschicht und einen innenliegenden tragenden Kern. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass der Kern Wellstegprofile umfasst, die Luftkanäle im Platteninneren definieren und derart gestaltet und/oder angeordnet sind, dass die beiden schallabsorbierenden Oberflächen miteinander in kommunizierender Verbindung stehen.

[0013] Vorzugsweise sind die erste und die zweite schallabsorbierende Deckschicht mit einer Mikroperforation versehen, die Löcher mit einem Durchmesser von 2.0 mm oder weniger, vorzugsweise zwischen 0.3 bis 1.1 mm, besonders bevorzugt von 0.55 mm, umfasst. Unter dem Begriff Löcher sollen im Folgenden, sofern nicht anders erwähnt, auch akustisch aktive Langlöcher oder Schlitze mit Breiten von 0.5 bis 2.0 mm oder Öffnungen mit gleichem funktionellem Querschnitt aber anderen Querschnittsformen verstanden werden. Die erfindungsgemässen Absorber wirken gemäss bevorzugter Ausführungsformen als sogenannte Mikroperforierte Absorber (kurz MPA), die dem Fachmann bekannt sind und deren Wirkungsweise zum Beispiel in der W09424382A und der W09426995A1 der Fraunhofergesellschaft und zahlreichen weiteren Patentschriften und wissenschaftlichen Veröffentlichungen des Erfinders Prof. Dr. Helmut Fuchs beschrieben ist. Bei den MPAs schwingt die Luft

im Zwischenraum zu einer schallharten Wand als Feder nach Art eines Helmholz-Resonators. Die Schallwellen reiben sich in Löchern oder Schlitzen mit kleinem Querschnitt und werden in Wärmeenergie umgewandelt. Der Schall wird dabei gedämpft.

[0014] Bei den schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen gemäss der Erfindung wirkt die Luft in den Luftkanälen ebenfalls in vorteilhafter Weise als Feder nach Art eines Helmholz-Resonators.

[0015] In bevorzugten Ausführungsformen umfasst der Kern mindestens zwei Wellstegprofile, die quer zu einer Kanallängsachse versetzt oder phasenverschoben zueinander angeordnet sind. Alternativ dazu oder auch zusätzlich können die Wellstegprofile mit Durchbrüchen versehen sein, über die die beiden schallabsorbierenden Oberflächen in kommunizierender Verbindung miteinander stehen. Gemäss weiterer bevorzugter Ausführungsformen sind die schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente segmentiert gefertigt, wobei ein einzelnes Segment nur ein Wellstegprofil umfasst, mindestens zwei Segmente aber derart zu einem Element kombiniert sind, dass in diesem wiederum die Wellstegprofile quer zu einer Kanallängsachse versetzt oder phasenverschoben zueinander angeordnet sind.

[0016] Es konnte gezeigt werden, dass sich unterschiedlichste Profilformen für die Wellstegprofile geeignet sind. Bevorzugte Profilformen sind ausgewählt aus der Gruppe Sinuskurven, Trapezprofile, Dreieckprofile oder Röhrenprofile. Die Wellstegprofile im Plattenkern spielen eine wesentliche Rolle für die mechanische Stabilität der Platten. Aus produktionstechnischen und damit wirtschaftlichen Gründen, sollen die Mikroperforationen in den Deckschichten oder Deckplatten gestanzt werden. Genadelte Deckschichten sind auf Grund ihrer geringen Dicke instabil und eignen sich sinnvoller Weise nur als Folie. Das Stanzlochbild, das heisst das Raster in dem die Löcher angeordnet sind, muss aus akustischen Gründen mit einem Lochabstand von kleiner als 2.0 mm, vorzugsweise im Bereich von 0.5 bis 2.0 mm gewählt werden. Dicke Deckschichten von 2.0 mm und mehr könnten zwar durch ihre höhere Eigenstabilität die aus Verschmutzungssicht problematischen Wabenkerne überflüssig machen, sie lassen sich jedoch nicht mehr mit sinnvollem Aufwand stanzen. Für den Fachmann ist es bekannt dass dieser Wert von 2.0 mm materialabhängig ist, und dass bei weichem Material dickere, bei härterem Material jedoch nur dünnere Deckplatten gestanzt werden können. Das ebenfalls bekannte Schrumpfen der Löcher nach dem Stanzen (um ca. 0.1 bis 0.3 mm) kann hierbei zur Verbesserung der Absorption genutzt werden. Zusätzlich können die Löcher, respektive die Lochdurchmesser, nach dem Stanzen noch durch Nachbearbeitungsschritte, wie zum Beispiel durch Walzen, verkleinert werden, wodurch eine Verbesserung der akustischen Wirkung erreichbar ist.

[0017] Die Deckschichten sollten aus Stabilitätsgründen vorzugsweise nicht dünner als 0.6 mm gewählt werden.

[0018] Die bekannten extrudierten Doppelstegplatten eignen sich nicht zum nachträglichen Stanzen, da der Stanzstempel zwangsweise mit der Stanzmatrize zusammenwirken muss und nicht auf Luft oder auf einen Steg auftreffen darf.

[0019] Die Profile sind gemäss der vorliegenden Erfindung bei den fertig eingebauten schallabsorbierenden Elementen für den Ausseneinsatz vorzugsweise derart ausgerichtet, dass eindringendes Wasser und damit auch allfällig durch die Mikroperforation eingedrungener Schmutz mit der Schwerkraft nach unten abfliessen kann. Diese Art der Anordnung oder Ausrichtung der Wellstege in den Platten erlaubt das schwerkraftgetriebene Abfliessen von Wasser und den Schmutz.

[0020] Für Anwendungen im Innenbereich ist die vertikale Anordnung der Wellstegprofile in den Elementen weniger entscheidend. Die Vorteilhafte akustische Wirkung ist weitgehend unabhängig von der Ausrichtung der Stegprofile. Im Inneneinsatz spielen jedoch oft die ästhetischen Aspekte eine wichtigere Rolle, so dass die Ausrichtung der Stegprofile, die sowohl bei den transparenten, wie auch bei den transluzenten Elementen sichtbar ist, vom Innenarchitekten oder Bauherren gezielt eingesetzt wird um ein zusätzliches visuell-gestalterische Ziel zu erreichen. Die Stege werden vorzugsweise vertikal oder horizontal in den Elementen angeordnet sein, da dies am effizientesten in der Produktion umgesetzt werden kann. Bei Bedarf lassen sich die Stege jedoch auch in jedem beliebigen abweichenden Winkel anordnen. Damit die Luft im Zwischenraum der beiden perforierten Deckschichten, als Feder nach Art eines Helmholz-Resonator wirken kann, müssen zudem Verbindungen zwischen zumindest einzelnen Luftkanälen beider Seiten bestehen. Der Kern muss - wie bereits oben erwähnt - für Schallwellen durchgängig sein. Durch ein geschlossenes Profil zwischen den beiden perforierten Deckschichten würde eine effektive Absorption verhindert.

[0021] Gemäss einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Stegprofile in den schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen mit Öffnungen oder Durchbrüchen zu beiden perforierten Deckschichten hin versehen, die die kommunizierende Verbindung ermöglichen. Bei der Dimensionierung der Stegprofile und/oder bei der Materialwahl muss in Betracht gezogen werden, dass die Öffnungen oder Durchbrüche in den Stegprofilen deren mechanische Stabilität schwächen. Gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die für die akustische Wirkung nötigen Verbindungen zwischen den beiden perforierten Deckschichten im Inneren der schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente dadurch erzeugt, dass der Kern mindestens zwei Wellstegprofile umfasst, die quer zu den Kanallängsachsen versetzt (im folgenden auch als lateral versetzt oder phasenverschoben bezeichnet) zueinander angeordnet sind. Die vorliegende Erfindung erlaubt es also äusserst effizient eine stabile Sandwichkonstruktion aus zwei akustisch wirksamen Deckschichten und einem innenliegenden tragenden Kern aufzu-

bauen, wobei der Kern aus nur einem oder wenigen Bauteilen besteht, das schallabsorbierende plattenförmige Element ausreichend stabilisiert und dennoch die für die akustische Wirkung nötige kommunizieren der Verbindung zwischen beiden Deckschichten gewährleistet und zudem alle Anteile im wesentlichen in vertikaler Richtung ausgerichtet sind um ein Verschmutzen zu vermeiden und die Reinigung zu erleichtern.

[0022] Gemäss einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens werden zur Herstellung des Kerns Wellstegprofile mit lateral zueinander versetzten Abschnitten in einem kontinuierlichen Herstellungsprozess erzeugt. Dies kann zum Beispiel dadurch erfolgen, dass beim Extrudieren eines entsprechenden Profils in regelmässigen Abschnitten der gewünschte laterale Versatz erzeugt wird, und dadurch die nötigen Durchbrüche im Profilmaterial beim Übergang von einem Abschnitt zum nächsten entstehen.

[0023] Die erfindungsgemässen Wellstegplatten lassen sich auch in diskontinuierlichen Verfahren herstellen, zum Beispiel durch Tiefziehen in einer Form oder durch Pressen zwischen zwei Formen.

[0024] Bei der Herstellung der oben beschriebenen, segmentierten Elemente hat es sich als vorteilhaft erwiesen eine Wellstegprofilplatte ohne Querversatz, vorzugsweise in einem Endlosprozess, herzustellen, dieses Halbfertigprodukt auf die gewünschte Segmentlänge abzulängen und zu erfindungsgemässen Elementen in der gewünschten Grösse zusammensetzen. Die Einzelnen Segmente können dazu miteinander verklebt oder verschweisst, oder in einer Rahmenkonstruktion gehalten werden.

[0025] Entscheidend für die Verwendung im Aussenbereich ist, dass Wasser und Schmutz bei allen Ausführungsformen allein von der Schwerkraft getrieben ohne Kaskaden abfliessen können. Um diesen inhärenten Reinigungseffekt zu unterstützen können die Elemente im eingebauten Zustand gemäss bestimmter Ausführungsformen der Erfindung auch oben offen gestaltet sein. Die innen liegenden Längskanäle werden bei oben offenen Ausführungsformen zusätzlich vom Regen gespült. Die Elemente sind vorzugsweise unten offen oder zumindest mit Abflussöffnungen versehen um ein Ansammeln von Wasser, das zum Beispiel im Winter zu Frostschäden führen könnte, zu verhindern.

[0026] Bei den Elementen gemäss der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit vertikaler Ausrichtung der Wellstegprofile lassen sich nicht nur Vorder- und Rückseite einfach reinigen, sondern der Innenraum kann auch von Oben her ohne grossen Aufwand komplett gereinigt werden. Bei Ausführungsformen mit Horizontalprofilen ist dies nicht mehr möglich, bei Ausführungsformen, bei denen die Abweichung der Profillängsachsen weniger als 90° von der Vertikalen beträgt, sind immer noch alle Kanäle von oben oder zumindest von der Seite her zugänglich und können gereinigt werden. Da das Wasser schwerkraftgetrieben abfliessen soll ist eine gewisse Steigung in den Kanälen vorteilhaft.

[0027] Alle innenliegende Oberflächen können zum Beispiel mit einem Dampf oder Hochdruckreiniger einfach gespült werden. Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass zwischen den Deckschichten keine horizontalen Querstege oder Waben die Reinigungslösungen oder den Regen und den darin gelösten oder suspendierten Schmutz beim Abfließen behindern. Das Aufkonzentrieren von Schmutz in den erfindungsgemässen Elementen lässt sich effektiv verhindern.

[0028] Das Stegprofil, zum Beispiel ein Sinusprofil, kann aus zwei oder mehr Profilabschnitten aufgebaut sein, die lateral versetzt zueinander zwischen den Deckschichten oder Deckplatten angeordnet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die jeweils benachbarten Profilabschnitte um eine halbe Periode versetzt oder phasenverschoben zueinander angeordnet. Bei mehr als zwei Profilabschnitten im plattenförmigen Element unterscheiden sich demnach der erste und der dritte Profilabschnitt nicht in Bezug auf die Phase, sondern sind in der Sicht von Oben deckungsgleich übereinander angeordnet. Bei segmentierten Elementen wird dieser Querversatz vorzugsweise sehr einfach durch ein Kippen einzelner Segmente (zum Beispiel des 2ten, 4ten, 6ten etc.) um 180° erreicht.

[0029] Die Anzahl der Abschnitte oder Segmente und der Grad des seitlichen Versatzes kann in Abhängigkeit von der Profilform und der Grösse der herzustellenden schallabsorbierenden Elemente gewählt werden. Der Strömungswiderstand nimmt mit der Höhe der Abschnitte, das heisst mit dem Abstand der Versatzbereiche zu und umgekehrt. Für eine optimale Schallabsorption wird ein Strömungswiderstand von 400 bis 1200 Ns/m^3 , d.h. von 400 Pa s/m bis 1200 Pa s/m angestrebt. Bevorzugt liegt er bei 400 Pa s/m bis 1000 Pa s/m , vorzugsweise zwischen 600 Pa s/m bis 900 Pa s/m und besonders bevorzugt bei etwa 800 Pa s/m . Absorption und Strömungswiderstand werden dabei im Zusammenwirken mit dem Lochdurchmesser der Mikroperforation und der offenen Perforationsfläche bestimmt. Die angestrebte Absorption wird nur erreicht wenn der Aufbau des tragenden Kerns die kommunizierende Verbindung der beiden schallabsorbierenden Oberflächen über Luftkanäle im Platteninneren gewährleistet. Wie bereits oben erwähnt, wirkt die Luft in den Luftkanälen der erfindungsgemässen schallabsorbierenden Elemente in vorteilhafter Weise als Feder nach Art eines Helmholz-Resonators. Durch die zusätzliche gezielte Auswahl von Grösse, Anzahl und Form der Durchbrüche in den Wellstegprofilen, der Höhe der einzelnen Profilabschnitte, der Oberflächenbeschaffenheit der Profile und der durch den Versatz der einzelnen Profilabschnitte gebildeten offenen, kommunizierenden Verbindung zwischen den Luftkanälen lässt sich zudem der Strömungswiderstand und damit die Schallabsorption beeinflussen.

[0030] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird nicht nur der übliche Strömungswiderstand, sondern wie oben auch der längenbezogenen Strömungswiderstand K_{si} verwendet, der mit der Einheit Pa s/m^2 angegeben

wird. Beim längenbezogenen Strömungswiderstand wird die Elementdicke mit einbezogen. Bei einer Elementdicke von bei 18 mm (0.018 m) ergibt dies bei einem Strömungswiderstand von 800 Pa s/m einen längenbezogenen Strömungswiderstand von $50'000 \text{ Pa S/M}^2$ oder 50 kP S/M^2 .

[0031] Ohne die erfindungsgemässe Lehre zu verlassen, lässt sie sich auch auf mehrschichtige Absorberelemente übertragen. Zwischen zwei äusseren Deckschichten wird dabei mehr als eine Kernlage angeordnet. Die Wellstegprofile der einzelnen Kernlagen können dabei direkt miteinander verbunden sein, oder durch zwischenliegende Schichten oder Platten getrennt sein. Entscheidend dabei ist, dass diese zwischenliegenden Schichten oder Platten wiederum die kommunizierende Verbindung zwischen den akustisch aktiven Aussenschichten nicht unterbrechen. Dies kann zum Beispiel durch eine Lochung oder andere geeignete Durchbrüche sichergestellt sein.

[0032] Die neue technische Lehre gemäss der vorliegenden Erfindung lässt sich nicht nur im Aussenbereich, sondern auch in der Raumakustik anwenden und stellt eine Alternative zu den bekannten Wabenkernen dar. Die längs gerichteten versetzten Profilsysteme ermöglichen es bei transparenten und transluzenten Absorbieren gegenüber den bekannten Absorbieren mit Wabenkernstrukturen neue und verbesserte optische Eigenschaften zu erreichen. Die bisherigen Wabenkerne schränken die Transparenz und den Blickwinkel beträchtlich ein. Dies ist bei den neuen vertikal angeordneten und versetzten Wellstegprofilen ohne Stabilitätseinbussen weit weniger der Fall.

[0033] Gemäss weiterer bevorzugter Ausführungsformen wird der Kern der von komplexen Wellstegprofilen gebildet. Unter komplexen Wellstegprofilen sind zum Beispiel solche Wellstegprofile zu verstehen, bei denen einem längsverlaufenden Wellenprofil ein quer zur Profilängsachse angeordnetes weiteres Wellenprofil überlagert ist. Ein besonderer Vorteil dieser komplexen Wellstegprofile besteht darin, dass sie in mehr als eine Richtung eine hohe Biegesteifigkeit aufweisen und dadurch die Stabilität der erfindungsgemässen schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente erhöht werden kann.

[0034] Eine vorteilhafte Ausgestaltung von komplexen Wellstegprofilen stellen eierkartonförmige Profile dar, die vorzugsweise ein regelmässig wiederholtes Noppenmuster aus regelmässigen, noppenartigen Positiv- und Negativerhebungen aufweisen. Ein Längsschnitt durch eine Reihe von diesen noppenartigen Positiv- und Negativerhebungen führt zu einer wellenförmigen Schnittkante. Diese Wellenform zeigt deutlich, dass es sich auch bei einem eierkartonförmigen Profile um ein eigentliches Wellenprofil handelt.

[0035] Bei bevorzugten Ausführungsformen sind die Wellen regelmässig abgeplattet, so dass die abgeplatteten Scheitelflächen an beiden Seiten des Profils im wesentlichen in einer Ebene liegen. Durch die Ausgestaltung solcher Scheitelflächen lassen sich die Deckschich-

ten sehr einfach mit dem Wellstegprofil verkleben. Die überlagerten Wellenprofile sind vorzugsweise regelmässig und gleichförmig gestaltet, so dass auch das komplexe Profil regelmässig und gleichförmig gestaltet ist. Das Wellenmuster wiederholt sich dabei regelmässig, so dass eine Strecke F zwischen den Mittelpunkten benachbarter Wellenberge oder -täler jeweils gleich gross ist.

[0036] Zur Herstellung der komplexen Wellstegprofile werden beispielsweise metallische Formen mit regelmässig abwechselnden noppenartigen Positiv- und Negativverhebungen verwendet, die dieses Eierbechermuster formen. Die vorzugsweise aus transparentem Kunststoff hergestellten komplexen Wellstegprofile können in einer solchen Form auf bekannte Weise aus entsprechendem starken Folien oder Plattenmaterial tiefgezogen oder zwischen passenden Positiv- und Negativformen gepresst werden.

[0037] Das Verfahren zum Herstellen der neuen schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente, die zumindest eine erste und eine zweite schallabsorbierende Deckschicht und einen innenliegenden tragenden Kern umfassen ist vorzugsweise dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der beiden schallabsorbierenden Deckschichten ein plattenförmiges Halbzeug in einem Stanzprozess zwischen Stanzstempel und Stanzmatrize mikroperforiert wird und zwei derart hergestellte Deckschichten anschliessend mit mindestens einem Wellstegprofil als Kern zu einem Sandwichelement verklebt, verschweisst oder anderweitig stoffschlüssig verbunden werden, so dass Luftkanäle im Platteninneren definiert und derart gestaltet und/oder angeordnet sind, dass die schallabsorbierenden Deckschichten miteinander in kommunizierender Verbindung stehen.

[0038] Da die erfindungsgemässen schallabsorbierenden Elemente per se frei sind von porösen absorbierenden Materialien, wird der Strömungswiderstand allein durch die Gestaltung und Anordnung der Deckschichten und des tragenden Kerns eingestellt. Die zur Herstellung von Deckschichten und Kern verwendeten Materialien sind nicht nur vorzugsweise transparent oder transluzent, sondern grundsätzlich schallhart. Zur Einstellung des Strömungswiderstandes der erfindungsgemässen Elemente kann also einerseits die Perforation der Deckschichten genutzt werden, andererseits aber auch der Aufbau und die Anordnung der Wellstegprofile im Kern. Gemäss der vorliegenden Erfindung stehen die erste und die zweite schallabsorbierende Deckschicht miteinander in kommunizierender Verbindung. Diese kommunizierende Verbindung wird durch die Wellstegprofile hergestellt. Diese sind dazu entweder versetzt zueinander angeordnet, und/oder sie weisen Durchbrüche auf, die luftdurchlässig sind und die entsprechende Verbindung schaffen. Es hat sich nun als vorteilhaft erwiesen den Strömungswiderstand der Wellstegprofile im Kern gezielt zu nutzen um einen gewünschten vorteilhaften Strömungswiderstand des gesamten Elements zu erreichen.

[0039] Besonders vorteilhaft lässt sich dies bei einfachen oder komplexen Wellstegprofilen umsetzen, die mit

Durchbrüchen versehen sind. Bei Ausführungsformen mit Mikroperforation (Löcher oder Schlitze, im folgenden nur noch Löcher genannt) der Deckschichten wird der Strömungswiderstand durch Lochdurchmesser und Anzahl der Löcher (Raster) pro Fläche eingestellt. Um die Anzahl der Löcher reduzieren zu können und die Lochdurchmesser erhöhen zu können wird gemäss bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ein Kern verwendet der den Strömungswiderstand des gesamten Elements im bevorzugten Bereich hält. Ein zu geringer Strömungswiderstand, der durch zu grosse Lochdurchmesser und/oder eine zu geringe Anzahl von Löchern in den Deckschichten hervorgerufen ist, lässt sich durch die Trägerkonstruktion wieder erhöhen. Aus produktionstechnischen Gründen sind grössere und weniger Öffnungen in der Perforation der Deckschichten nicht unerwünscht, da diese einfacher und billiger herzustellen sind. Zudem kann die Dicke der Deckschichten bei grösseren Lochdurchmessern erhöht werden, was auch die Stabilität der Elemente positiv beeinflusst. Im Umkehrschluss heisst dies auch, dass bei hohen Stabilitätsanforderungen an die schallabsorbierenden Elemente dickere Deckplatten verwendet werden können, die sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht rentabel, d.h. mittels Stanzen, mikroperforieren lassen. Die grösseren Löcher müssen eben nicht zwingend perforiert/gestantzt werden und lassen sich angesichts der geringeren Anzahl auch mit Laserschneidverfahren oder mit Bohren wirtschaftlich herstellen.

[0040] Wenn also aus konstruktiven und oder produktionstechnischen Gründen grössere Löcher in den Elementen erforderlich sind, und der Strömungswiderstand zu gering wird, zum Beispiel $< 800 \text{ Pa s/m}$ dann lässt sich durch die Trägerkonstruktion (durch den Versatz und/oder Grösse und Anzahl der Durchbrüche in der innen liegenden Trägerkonstruktion) ein optimaler Strömungswiderstand von zum Beispiel 800 Pa s/m wieder einstellen.

[0041] Der Strömungswiderstand kann mittels bekannter Verfahren gemessen werden und liegt bei den erfindungsgemässen schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen zwischen 400 Pa s/m bis $1'200 \text{ Pa s/m}$, vorzugsweise zwischen 600 Pa s/m bis 900 Pa s/m und besonders bevorzugt bei etwa 800 Pa s/m . Der längenbezogene Strömungswiderstand K_{si} liegt entsprechend bei einer Elementdicke von 18 mm also besonders bevorzugt bei $50'000 \text{ Pa s/m}^2$ oder 50 kP s/m^2 . Ein Entscheidender Vorteil liegt darin, dass dieser bevorzugte Widerstandswert ohne den Einsatz von Vliesen, Fasermatten oder anderen porösen Materialien erreicht werden kann. Gerade im Einsatz von akustischen Absorbern muss der Nachhaltigkeit allergrösste Aufmerksamkeit geschenkt werden. Bei konventionellen Schallabsorbern neigen die Dämpfungsmaterialien wie Vlies, Isolationsmatten oder offenporige Verputze dazu durch Schmutz und Staub schnell ihre Wirkung zu verlieren. Eine Sanierung ist praktisch ausgeschlossen. Die erfindungsgemässen Elemente, die frei sind von solchen Ma-

terialien behalten ihre Absorberwirkung während der gesamten Produktlebensdauer und lassen sich bei Bedarf einfach reinigen, respektive sogar selbstreinigend gestalten.

[0042] Zur Herstellung des Kerns werden gemäss einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens Abschnitte von Wellstegprofilen hergestellt und lateral versetzt zueinander zwischen den Deckschichten verklebt. Bei der Auswahl der verwendeten Wellstegprofile wird grundsätzlich darauf geachtet, dass die Kontaktflächen zwischen den Profilen und den Deckschichten nicht zu gross ist, um zu vermeiden, dass nach dem Verkleben zu viele der Mikroperforationen in den Deckschichten abgedeckt und verschlossen sind.

[0043] Gemäss weiteren Ausführungsformen des erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens wird zur Herstellung des Kerns ein Wellstegprofil mit lateral zueinander versetzten Abschnitten in einem kontinuierlichen Herstellungsprozess erzeugt.

[0044] Die erfindungsgemässen schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente eignen sich hervorragend zum Erstellen von mikroperforierten Absorberwänden, vorzugsweise aus transparentem oder transluzentem Kunststoff, für Lärmschutzwände für den Schienen- und Strassenverkehr. Die mikroperforierten Absorberwände sind dabei vorzugsweise einer massiven Glas- oder Kunstglas-Rückwand zur Schalldämmung vorgelagert. In einer gemeinsamen Rahmenkonstruktion lassen sich die transparenten schallabsorbierenden Elemente parallel zur und beanstandet von den schallharten Glas- oder Kunstglaswänden anordnen, wobei die absorbierenden Elemente zur Lärmquelle hingerrichtet sind. Die schallabsorbierenden Elemente werden im Verbund mit Glaswänden vorzugsweise als Baukastensystem eingesetzt und sind leicht auswechselbar bei Beschädigungen.

[0045] Um die schallabsorbierenden Elemente im Ausseneinsatz vor Beschädigung durch Hagel, Stein Schlag und andere mechanische Einwirkungen schützen zu können, wird den Elementen vorzugsweise eine perforierte Schutzscheibe oder ein Schutzgitter vorgelagert. Die Perforation dieser Schutzscheibe ist keine Mikroperforation, sondern die Öffnungen weisen eine Grösse auf, dass Hagelkörner oder Steine nicht eindringen können, der Schall aber ausreichend die absorbierenden Elemente erreichen kann und nicht einfach reflektiert wird. Die Öffnungen können dabei verschiedene Formen annehmen, von kreisrund über schlitzförmig, rechteckig, drei-, vier- oder mehreckig bis zu unregelmässig vieleckig oder gerundet.

[0046] Der Schutz der schallabsorbierenden Elemente kann auch durch eine Lamellenwand erreicht werden, bei der einzelne Schutzlamellen beabstandet voneinander oder teilweise überlappend, dachziegelartig angeordnet sind.

[0047] Alle Schutzscheiben sind wiederum vorzugsweise aus transparenten oder transluzenten Materialien gefertigt.

[0048] Ein zusätzlicher vorteilhafter Effekt beim Einsatz von vorgelagerten Schutzscheiben besteht darin, dass der eingedrungene Schall, der nicht absorbiert wird an die innere Wand der Schutzscheibe zurückgeworfen und von dieser zum Teil wiederum reflektiert wird und in einem zweiten Durchgang von der akustisch wirksamen Oberfläche des schallabsorbierenden Elements absorbiert werden kann.

[0049] Der Abstand zwischen der Schutzscheibe und dem schallabsorbierenden Element oder Elementen kann auf die baulichen Gegebenheiten hin optimiert werden. Der Abstand zwischen den schallabsorbierenden Elementen und den Rückwänden wird hingegen vorzugsweise auf den gewünschten Frequenzbereich hin optimiert, da dieser Raum als Resonator dient.

[0050] Da bei den schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen gemäss bevorzugte Ausführungsformen die Wellstegplatten und damit die von ihnen definierte Luftkanäle im eingebauten Zustand in vertikaler Richtung verlaufen, ist die Ablagerung von Wasser und oder Schmutz im Inneren der Elemente auf ein Minimum reduziert. Im Inneren sind die Elemente im wesentlichen frei von horizontal verlaufenden Wandflächen oder Absätzen, auf denen sich Schmutz ablagern könnte. Dies gilt auch für plattenförmige Elemente die im Kern ein oder mehrere komplexe Wellstegprofile umfassen. Diese lassen sich problemlos derart anordnen, dass die eindringendes Wasser oder Schmutz nach unten ablaufen kann.

[0051] Die erfindungsgemässen Elemente können - wie bereits beschrieben - im eingebauten Zustand oben und unten offen, oder vorzugsweise oben mit einem Deckel verschlossen sein, der sich zu Reinigungszwecken einfach entfernen lässt. Alternativ können im Deckel oder im oberen Bereich der Elemente Düsen angeordnet sein, über die sich der Innenraum der Elemente von Aussen spülen lässt, ohne dass ein Deckel entfernt werden muss.

[0052] Um den mechanischen Belastungen im Aussenbereich standhalten zu können müssen die erfindungsgemässen Absorbererelemente Wind und zusätzlich Druck- und Sogkräfte von vorbeifahrenden Strassen- und vor allem von Schienenfahrzeugen standhalten können.

[0053] Bei Bedarf können die transparenten oder transluzenten Elemente, respektive die daraus aufgebauten Absorberwände als hinterleuchtbar Lichtwände gestaltet sein und zusätzliche Beleuchtungseinrichtungen wie zum Beispiel Strassenlampen ersetzen.

[0054] Für den Einsatz im Freien werden hohe Anforderungen an die verwendeten Materialien gestellt. Aus dem Stand der Technik sind zum Beispiel Fassadenplatten aus Kunststoff bekannt, die ähnlichen Anforderungen gewachsen sein müssen. Als bevorzugten Kunststoffen sind unter anderem Polyolefine, insbesondere Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) und/oder cycloolefinische Copolymere (COC), Polyalkylen(meth)acrylate, insbesondere Polymethylmethacrylat (PMMA), Poly(meth)

acrylimide (PMMA), Polycarbonate (PC), Polyisocyanate, Polyoxyalkylene, insbesondere Polyoxymethylen (POM), Polyester, insbesondere Polyethylterephthalat (PET), Polybutylterephthalat (PBT) und/oder Polyethylen-2, 6-naphthalat (PEN); Polyetherketone, insbesondere Polyetheretherketon (PEEK), Polyethersulfone (PES), Polysulfone (PSU), Polyphenylsulfide, Polyvinylchloride, Polystyrol (PS), Polyamide (PA), Polyurethane und/oder Polyimide (PI). Auch der Einsatz von Copolymeren, die zwei oder mehr der Wiederholungseinheiten aufweisen, aus denen die vorgängig genannten Polymere aufgebaut sind, wie zum Beispiel Styrol-Acrylnitril- (SAN), Acrylester-Styrol-Acrylnitril-(ASA) und Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymere (ABS), ist bekannt. Die Polymere können einzeln oder als Mischung von zwei, drei oder mehreren Kunststoffen (Blends) eingesetzt werden.

[0055] Es ist ebenfalls bekannt, dass die Kunststoffe Additive, wie zum Beispiel UV-Stabilisatoren, Schlagzähmodifizier, Farbstoffe, Pigmente, Antistatika, Flamm- schutzmittel und Füllstoffe enthalten können. Diese Additive erlauben die Anpassung der Platteneigenschaften an bestimmte Anforderungen, zum Beispiel an die gewünschte Temperaturbeständig im Bereich zwischen - 40°C bis 50°C. Die Oberflächen von allen Elementen, die mit der umgebenden Atmosphäre in Verbindung stehen kann biozid oder biostatistisch ausgestattet werden, um ein Wachstum von Algen, Pilzen, Bakterien, Flechten, Moosen und/oder dergleichen entgegenzuwirken. Hierzu können zum Beispiel in bekannter Weise Silberverbindungen in die Plattenmaterialien ein- und/oder auf die jeweiligen Oberflächen aufgebracht werden. Andere geeignete Biozide oder Biostatika sind dem Fachmann bekannt. Auch die Ausrüstung der Oberflächen mit selbstreinigenden und/oder wasserspreitenden Eigenschaften oder das Aufbringen von Lacken zur mechanischen Verbesserung (Kratzfestigkeit, Schlagbeständigkeit etc.) ist möglich.

[0056] Bei der Lackierung oder Ausrüstung der Oberflächen mit den akustisch aktiven Mikroperforationen ist jedoch darauf zu achten, dass die zusätzlichen Lack- oder Ausrüstungsschichten die akustische Wirkung der Mikroperforation nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise wird daher die Mikroperforation erst nach einer solchen Lackierung oder Ausrüstung hergestellt. Es ist auf jeden Fall zu vermeiden, dass die Beschichtung dazu führt, dass der Schall reflektiert wird und die für eine Absorption erforderliche Reibung in den Mikrolöchern der Mikroperforation ausbleibt.

[0057] Zur Herstellung der erfindungsgemässen Lärmschutzwände werden die schallabsorbierende plattenförmige Elemente vorzugsweise als Einschubelemente zum Einschieben in stabile Rahmenelemente verwendet. Ein solches Rahmenelement umfasst vorzugsweise eine transparente oder transluzente vordere Schutzscheibe, wie sie oben bereits beschrieben wurde und eine schallharte geschlossene Rückwand. Zwei Seitenwände sind mit entsprechenden Einschubnuten oder

-vertiefungen zur formschlüssigen Aufnahme der Einschubelemente versehen. Das Einschubelement ersetzt die bisher gebräuchlichen licht-undurchlässigen Vliese und Isolationsmatten als Absorber und erlaubt erstmals die Herstellung von transparenten und/oder transluzenten Lärmschutzwänden für den Aussenbereich. Die Rahmenelemente werden vorzugsweise in bekannter Manier in vertikal montierten U-Profilen aus Metall geführt und gehalten.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0058] Anhand von Figuren, welche lediglich Ausführungsbeispiele darstellen, wird die Erfindung im Folgenden erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Ansicht auf ein teilweise geöffnetes Akustikelement mit einem horizontalen Wabekern, das aus dem Stand der Technik bekannt ist;

Fig. 2 eine Sicht von oben auf ein schallabsorbierendes Element gemäss einer ersten Ausführungsform;

Fig. 3 eine Sicht von oben auf ein schallabsorbierendes Element gemäss einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines teilweise geschnittenen Elements gemäss der ersten Ausführungsform von Fig. 2; und

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines teilweise geschnittenen Elements gemäss der ersten Ausführungsform von Fig. 3.

Fig. 6 zeigt eine perspektivische Ansicht auf ein schallabsorbierendes Element gemäss einer weiteren Ausführungsform zum Einsatz im Innenbereich mit horizontal verlaufendem Profil, und

Fig. 7 zeigt eine perspektivische Ansicht auf ein teilweise geöffnetes und geschnittenes Wandelement einer Lärmschutzwand, mit schallabsorbierenden Elementen mit vertikal verlaufenden Profilen

Fig. 8 zeigt ein schallabsorbierendes Element gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einem eierkartonförmige Wellstegprofil im Kern.

[0059] In der Figur 2 ist eine schematische Ansicht von oben auf ein schallabsorbierendes plattenförmiges Element 1 gemäss einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Zwischen einer ersten

inneren Deckschicht 10 und einer zweiten äusseren Deckschicht 20 sind zwei Wellstegprofilabschnitte 31, 32 angeordnet und bilden einen Kern 30. Die beiden Wellstegprofilabschnitte 31, 32 bilden im Zusammenwirken mit den inneren und äusseren Deckschichten eine Vielzahl von Luftkanälen 33, 34. Aus der Abbildung, bei der das Element 1 mit Blickrichtung von oben betrachtet wird, ist gut erkennbar, dass die nebeneinander liegenden Luftkanäle 33, 34, die durch den Profilabschnitt 31 gebildet werden, vollflächig mit darunter liegenden, vom Profilabschnitt 32 gebildeten, Luftkanälen in Verbindung stehen. Im dargestellten Beispiel mit den sinusförmigen Profilabschnitten 31, 32, die genau um eine halbe Wellenlänge lateral zueinander versetzt sind, steht jeder der oberen Luftkanäle 33, 34 in Verbindung mit drei darunter liegenden Luftkanälen. Da die Profilabschnitte 31, 32 genau vertikal ausgerichtet sind weist der Innenraum des Elements 1 keinerlei Horizontalwände oder Vorsprünge auf, die das Abfließen von Wasser behindern oder das Absetzen von Schmutz ermöglichen könnten. Es ist auf den ersten Blick deutlich, dass sich ein Element 1 mit der erfindungsgemässen Innenkonstruktion von oben her gut reinigen lässt. Ein Reinigungsgerät, zum Beispiel eine Düse eines Hochdruck- oder Dampf reinigers lässt sich problemlos in die, zwischen Deckschichten 10, 20 und Wellstegprofilen 31, 32 gebildeten, Luftkanäle 33, 34 einführen. Dies Sogar über mehrere Profilabschnitte hinweg.

[0060] Im dargestellten Beispiel sind beide Deckschichten 10, 20 mit einer Mikroperforation von 300.000 Löchern pro Quadratmeter versehen. Die Dicke des Elementes 1 liegt bei 20 mm. Das Element weist eine genügende Eigenstabilität auf um mit Kantenlängen von bis zu 1250 x 2500 mm eingesetzt zu werden.

[0061] Beim Einsatz in einer nicht dargestellten Lärmschutzwand könnte ein solches Element mit einem Abstand von 30 mm vor einer 10-20 mm dicken Glas- oder Kunstglasscheibe in einer gemeinsamen Rahmenkonstruktion montiert sein.

[0062] In der perspektivischen Ansicht der Figur 4, bei der ein rechter oberer Eckbereich des schallabsorbierenden plattenförmigen Elements 1 abgeschnitten ist, ist die versetzte Anordnung der beiden Profilabschnitte 31, 32 deutlich erkennbar. Die einzelnen Wellstegprofilabschnitte 31, 32 weisen im dargestellten Ausführungsbeispiele keine Öffnungen oder Durchbrüche auf. Die Wellstegprofilabschnitte berühren an ihren jeweiligen Scheitelpunkten über die ganze Höhe abwechselnd die äussere Deckschicht 20 und der inneren Deckschicht 10 und bilden mit diesen in der Figur 4 strichliniert angedeutete Kontaktlinien K. Die stoffschlüssige Verbindung von Stegplatte 31 und Deckschichten 10, 20 entlang dieser Kontaktlinien trennt die benachbarten vertikal verlaufenden Luftkanäle 34, 35, 36 voneinander, so das im Bereich des einzelnen Wellstegprofilabschnitts 31 keine Kommunizieren der Verbindung zwischen innerer 10 und äusserer Deckschicht 20 besteht. Erst die versetzte Anordnung der Wellstegprofilabschnitte 31, 32 stellt sicher,

dass Luftkanäle die im oberen Abschnitt der inneren Deckschicht 10 zugeordnet sind im unteren Abschnitt mit Luftkanälen in Kommunizieren der Verbindung stehen, die der äusseren Deckschicht zugeordnet sind. Auf diese Weise ist ohne Durchbrüche in der Oberfläche der Wellstegprofile sichergestellt, dass über die Abschnitte hinweg eine Kommunizieren der Verbindung zwischen innerer und äusserer Deckschicht 10, 20 besteht. Die versetzte Anordnung der Wellstegprofilabschnitte 31, 32 macht die plattenförmigen Elemente sehr stabil und verbindungsteif.

[0063] Aus der Zusammenschau der Figuren 3 und 5 wird deutlich dass sich das erfindungsgemässe Prinzip auch mit anderen geformten Wellstegprofilen 41, 42 umsetzen lässt. Im dargestellten Beispiel sind regelmässige, trapezförmige Wellstegprofilabschnitte 41, 42 zwischen einer inneren 10 und einer äusseren Deckschicht 20 angeordnet und bilden ein schallabsorbierendes plattenförmiges Element 2. Der in der dargestellten Draufsicht oben liegende Wellstegprofilabschnitt 41 steht über Kontaktflächen 43 und 44 mit den Innenseiten der inneren 10 und der äusseren Deckschicht 20 in Verbindung.

[0064] Mit Elementen wie sie in den Figuren 2 bis 5 dargestellt sind, wurden bei Vergleichstests Luftdurchlässigkeiten von 30 bis 120 Liter/m²/Sekunde und Strömungswiderstände von 400 bis 1200 Ns/m² gemessen.

[0065] Beim Einsatz im Innenbereich, also zum Beispiel in Grossraumbüros, Tagungsräumen, Schulen etc., bieten die transparenten schallabsorbierenden Elemente gemäss der vorliegenden Erfindung den Architekten und Akustikern hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten vorteile gegenüber den bekannten transparenten Elementen. Die Profilstruktur im Kern erlaubt es schallabsorbierende Elemente einzusetzen, die optisch eine klare Linienführung aufweisen und dem Betrachter ein wesentlich ruhigeres Bild bieten als zum Beispiel bekannte Wabenelemente. Ein solches Element 3 mit horizontal verlaufendem Profil ist in der Figur 6 dargestellt. Das Element 3 umfasst eine vordere und eine hintere mikroperforierte Deckschicht 11, 21 und einen Kern 61 aus einem trapezförmigen Wellstegprofil mit einer Vielzahl von Wanddurchbrüchen 62, 63. Die Durchbrüche 62, 63 sind als langgezogene Schlitze ausgebildet, die ebenfalls in horizontaler Richtung verlaufen und den Optischen Effekt der Profile unterstützen. Die Durchbrüche 62, 63 stellen eine kommunizierende Verbindung zwischen den Luftkanälen im Platteninneren her. Sie verbinden jeweils einen vorderen Luftkanal 64 zwischen schallabsorbierender vorderer Oberfläche 11 und Kernprofil 61 mit einem hinteren Luftkanal 65 zwischen schallabsorbierender hinterer Oberfläche 21 und Kernprofil 61 miteinander.

[0066] In der Figur 7 ist dargestellt, dass transparente mikroperforierten Elemente, wie sie zum Beispiel anhand der Figur 6 in einer Anwendung für den Innenraumbereich beschrieben sind, auch in Wandelementen in Form von zusammengesetzten segmentierten schallabsorbierenden Elementen zum Einsatz kommen können. Das

beispielhaft dargestellte Wandelement 50 umfasst eine Basis 57, eine geschlossene schallharte Rückwand 51, eine vordere Schutzscheibe 52 mit einer Vielzahl von Öffnungen und zwei Seitenwände 53, 54 mit Vertikalnuten 55, 56 zur Aufnahme und lagerichtigen Halterung der schallabsorbierenden Elemente 4, 5. Die Schutzscheibe 52 ist nur teilweise dargestellt und gibt den Blick frei auf die beiden Elemente 4, 5, die vertikal übereinander in die Nuten 55, 56 gesteckt sind und eine funktionale Absorbereinheit in Form eines segmentierten, zusammengesetzten plattenförmigen Absorberelements bilden. Die beiden einzelnen Elemente 4, 5 wirken also als Segmente, sind aber wie oben zur Figur 6 beschrieben mit Durchbrüchen 58 in den Wänden der Wellstegprofile versehen. Im Gegensatz zum Element 3 aus der Figur 6 sind die Elemente im Ausführungsbeispiel gemäss der Figur 7 um 90° gekippt, so dass die Profile vertikal verlaufen. Die Durchbrüche stellen im dargestellten Beispiel eine erste kommunizierende Verbindung zwischen den akustisch aktiven vorderen und hinteren Deckschichten dar. Eine zweite kommunizierende Verbindung wird im zusammengesetzten Element mittels Querversatz der Luftkanäle der einzelnen Segmente 4, 5 erreicht. Das Wandelement 50 ist in der Figur 7 horizontal geschnitten dargestellt. Je nach Bedarf und gewünschter Höhe kann es drei, vier oder mehr übereinander angeordnete einzelne Absorberelemente 4, 5 aufnehmen und oben mit einem (nicht dargestellten) Deckel verschlossen sein. Die einzelnen Absorberelemente umfassen jeweils zwei Deckschichten aus 0.75 mm starkem Kunststoffglas, die mikroperforiert (0.5 mm Lochdurchmesser, Lochabstand/raster 1.8x1.8 mm) und mit einem Trapezprofil verklebt sind. Die dargestellten Elemente 4, 5 sind 1250 mm breit und 300 mm hoch. Die Höhe kann vorteilhafterweise zwischen 300 und 4000mm gewählt werden. Im dargestellten Beispiel sind die einzelnen Elemente versetzt zueinander angeordnet und weisen Durchbrüche in den Profilwänden auf.

[0067] Allgemein gilt, dass die für die akustische Wirkung benötigten kommunizierten Verbindungen zwischen den vorderen und den hinteren mikroperforierten Deckschichten entweder durch den Versatz der Profile innerhalb eines Elements oder dem Versatz von Segmenten zueinander oder durch Durchbrüche und/oder Öffnungen in den Profilwänden oder durch Kombinationen der vorgenannten erreicht werden können.

[0068] Das in Figur 7 dargestellte Wandelement mit den innenliegenden Absorberelementen 4, 5 ist eigenstabil und kann auch im Aussenbereich, zum Beispiel als ein Wandelement in einer Lärmschutzwand zum Einsatz kommen. Die transparente schallharte Rückwand 51 wird zum Beispiel von einer 5 mm starken Kunststoffplatte gebildet, die vordere Schutzscheibe 52 von einer 2.5 mm starken Kunststoffplatte mit einer Perforation mit Lochdurchmesser 4.0 mm in einem 8x8 mm Raster. Diese Perforation bietet genügend Schutz vor mechanischen Beschädigungen der innenliegenden Absorberelemente und gleichzeitig ausreichend offene Fläche,

dass der zu absorbierende Schall durchtreten und auf die akustisch wirksamen mikroperforierten Deckschichten treffen kann.

[0069] Für den Einsatz im Freien sind die Wandelemente wiederum bei Bedarf mit einem oberen Deckel verschliessbar und weisen in der Basis Abflussöffnungen für eintretendes Wasser auf, die in der Figur 7 nicht dargestellt sind.

[0070] In der Figur 8 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen plattenförmigen Elements 3 dargestellt, das im Kern ein eierkartonförmiges komplexes Wellstegprofil aufweist. Das komplexe Profil ist mit einem regelmässig wiederholten Noppenmuster aus regelmässigen, noppenartigen Positiv- und Negativerhebungen 36, 37 versehen. Die noppenartigen Erhebungen 36, 37 werden ausgehend von einem starken Folienmaterial in einem Formgebungsprozess, zum Beispiel mittels Tiefziehen erzeugt. Die Erhebungen 36, 37 sind pyramiden-stumpfförmig mit quadratischem Querschnitt geformt. Abplattungen 38 an den Oberseiten der Positiverhebungen 36, respektive der Negativerhebungen 37 definieren eine Ebene auf der im zusammengebauten Zustand die Deckschichten 11, 21 zu liegen kommen und mit denen sie verklebt werden. In Seitenwänden der Positiv- 36 und/oder der Negativerhebungen 37 sind Durchbrüche 38 angeordnet, die die kommunizierende Verbindung der Luftsäulen beiderseits des komplexen Wellstegprofils 35 gewährleisten. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst das Element 6 nur ein einziges Wellstegprofil, auf einen Versatz kann verzichtet werden.

[0071] Anhand der Darstellung von Element 6 in der Figur 8 soll ein erfindungsgemässes Element mit einem komplexen Wellstegprofil verdeutlicht werden. In der Figur wurde auf die Darstellung der Perforation in den Deckschichten 11, 21 und die massstäbliche und zahlenmässig korrekte Darstellung der Durchbrüche 38 im schallharten Eierkartonprofil 35 verzichtet. Dennoch sei hier erwähnt, dass es die Durchbrüche 38 im schallharten Eierkartonprofil 35 in Elementen mit gleichem Grundaufbau erlauben auf eine Mikroperforation in den Deckblättern 11, 21 zu verzichten, diese entsprechend stärker auszubilden und nur mit einer Lochung mit grösserem Durchmesser zu versehen und dennoch einen optimalen Strömungswiderstand von 800 Pa s/m bei einer Elementdicke von 18 mm zu erreichen.

[0072] Für Anwendungen, bei denen grosse, gut sichtbare Öffnungen als störend empfunden werden, können natürlich problemlos Mikroperforationen in den Deckschichten eingesetzt werden. Diese sind optisch kaum erkennbar und haben sich insbesondere in transparenten schallabsorbierenden Elementen, zum Beispiel aus Kunststoff-Glas, bei denen der Kern ebenfalls transparent ausgebildet ist, im Aussen- wie im Innenbereich als äusserst dekorativ erwiesen.

Liste der Bezugszeichen

[0073]

1 - 6	schallabsorbierendes plattenförmiges Element		dadurch gekennzeichnet, dass der Kern Wellstegprofile (31, 32, 35, 41, 42) umfasst, die Luftkanäle im Platteninneren definieren und derart gestaltet und/oder angeordnet sind, dass die beiden schallabsorbierenden Oberflächen (10, 11, 20, 21) miteinander in kommunizierender Verbindung stehen.
10, 11	Deckschicht	5	
20, 21	Deckschicht		
30	Kern		2. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und zweite schallabsorbierende Deckschicht (10, 20) mit einer Mikroperforation (M) versehen ist.
31, 32	Wellstegprofilabschnitt	10	
33, 34	Luftkanal		
35	eierkartonförmiges Wellstegprofil		3. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Luft in den Luftkanälen als Feder nach Art eines Helmholz-Resonators wirkt.
36	noppenartige Positiverhebungen	15	
37	noppenartige Negativerhebungen		
38	Durchbrüche	20	4. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (30, 40) mindestens zwei Wellstegprofilabschnitte (31, 32, 41, 42) umfasst die quer zu einer Kanallängsachse versetzt oder phasenverschoben zueinander angeordnet sind oder dass mindestens zwei Segmente mit quer zu einer Kanallängsachse versetzt oder phasenverschoben zueinander angeordneten Wellstegprofilen zu einem Element verbunden oder zusammengesetzt sind.
39	Abplattung		
41, 42	Wellstegprofilabschnitt	25	
43, 44	Kontaktfläche		
50	Wandelement		
51	Rückwand	30	
52	Schutzscheibe		5. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellstegprofile (31, 32, 35, 41, 42) mit Durchbrüchen (38, 58, 62, 63) versehen sind.
53	Seitenwand	35	
54	Seitenwand		
55, 56	Nut		6. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Profilformen der Wellstegprofile (31, 32, 35, 41, 42) ausgewählt sind aus der Gruppe längsverlaufender Sinuskurven, Trapezprofile, Dreieckprofile, Röhrenprofile oder komplexe Wellstegprofile.
57	Basis	40	
58	Durchbrüche		
61	Kern	45	7. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass einfache Wellstegprofile (31, 32, 41, 42) im eingebauten Zustand in vertikaler Richtung verlaufen oder dass die bei komplexen Wellstegprofilen (35) mindestens eine Profilrichtung in vertikaler Richtung verläuft.
62, 63	Durchbrüche	50	
K	Kontaktlinie		
M	Mikroperforation		
Patentansprüche			8. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie transparent oder transluzent ausgebildet sind.
1.	Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6), umfassend eine erste und eine zweite schallabsorbierende Deckschicht (10, 11, 20, 21) und einen innenliegenden tragenden Kern (30, 40),	55	9. Schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2,

- 3, 4, 5, 6) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strömungswiderstand bei 400 Pa s/m bis 1'000 Pa s/m, vorzugsweise zwischen 600 Pa s/m bis 900 Pa s/m und besonders bevorzugt bei etwa 800 Pa s/m liegt. 5
10. Verfahren zum Herstellen von schallabsorbierenden plattenförmigen Elementen (1, 2, 3, 4, 5, 6) umfassend eine erste und eine zweite schallabsorbierende Deckschicht (10, 11, 20, 21,) und einen innenliegenden tragenden Kern (30, 40, 61), **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung der beiden schallabsorbierenden Deckschichten (10, 11, 20, 21) plattenförmiges Halbzeug in einem Stanzprozess zwischen Stanzstempel und Stanzmatrize mikroperforiert wird und anschliessend mit mindestens einem Wellstegprofil (31, 32, 35, 41, 42) als Kern zu einem Sandwichelement verklebt wird, so dass Luftkanäle im Platteninneren definiert und derart gestaltet und/oder angeordnet sind, dass die schallabsorbierenden Deckschichten (10, 11, 20, 21) miteinander in kommunizierender Verbindung stehen. 10
11. Verfahren gemäss Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung des Kerns Abschnitte von Wellstegprofilen (31, 32, 35, 41, 42) lateral versetzt zueinander zwischen den Deckplatten (10, 11, 20, 21) verklebt werden. 15
12. Verfahren gemäss Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung des Kerns ein Wellstegprofil mit lateral zueinander versetzten Abschnitten und oder mit Durchbrüchen (38) in einem kontinuierlichen Herstellungsprozess erzeugt wird. 20
13. Wandelement (50) für eine Lärmschutzwand, umfassend eine schallharte Rückwand (51), eine vordere Schutzscheibe (52) und Haltemitteln zur Aufnahme und lagerichtigen Halterung schallabsorbierender Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9 zwischen der vorderen Schutzscheibe (52) und der Rückwand (51), wobei die Schutzscheibe (52) vorzugsweise eine transparente perforierte Kunststoff oder Kunstglasscheibe ist. 25
14. Wandelement (50) gemäss Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Seitenwände (53, 54) mit Vertikalnuten (55, 56) zur Aufnahme und lagerichtigen Halterung der schallabsorbierenden Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) vorgesehen sind. 30
15. Lärmschutzwand umfassend schallabsorbierende plattenförmige Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9 und/oder Wandelemente gemäss einem der vorhergehenden Ansprüche 13 und 14. 35
16. Lärmschutzwand gemäss Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) transparent oder transluzent ausgebildet sind und beabstandet von schallharten Glas- oder Kunstglasscheiben in der Lärmschutzwand angeordnet sind, wobei die schallabsorbierenden plattenförmigen Elemente (1, 2, 3, 4, 5, 6) vorzugsweise oben und unten offen sind. 40

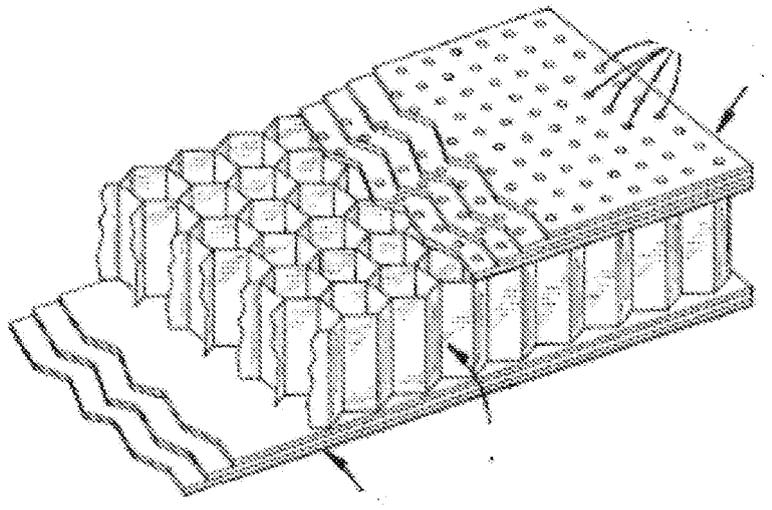


Fig. 1 (Stand der Technik)

Fig. 4

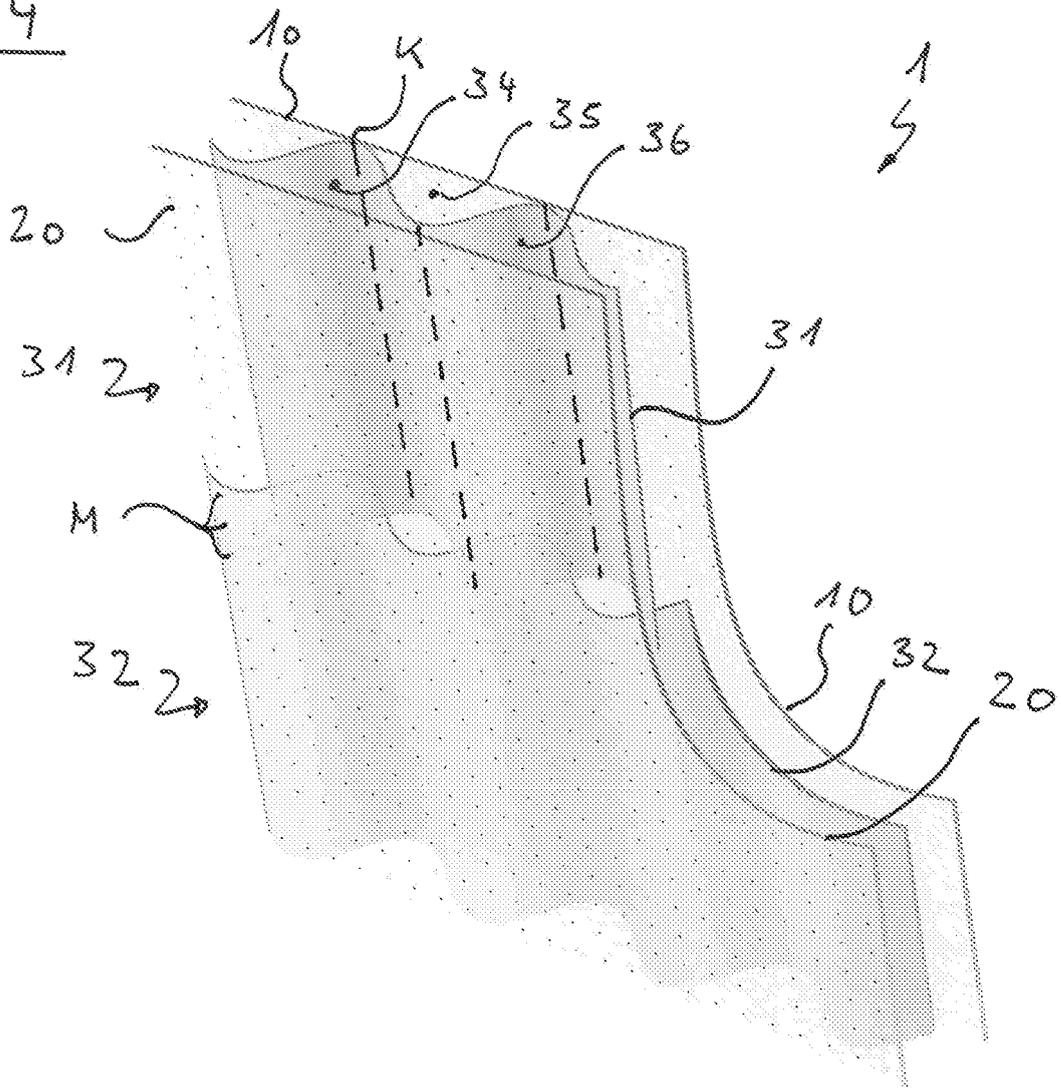


Fig. 2

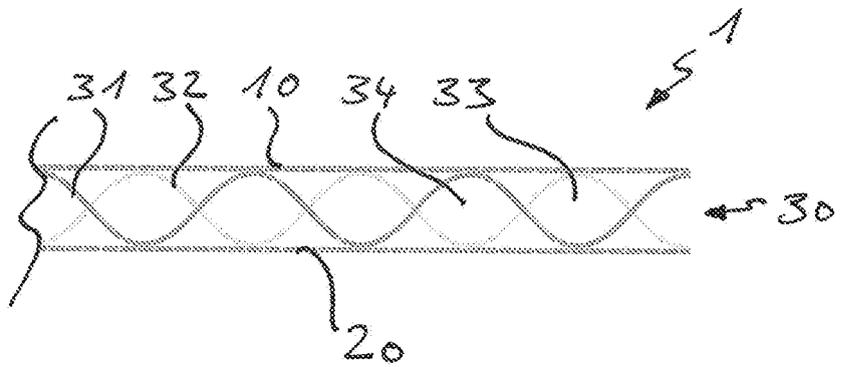


Fig. 5

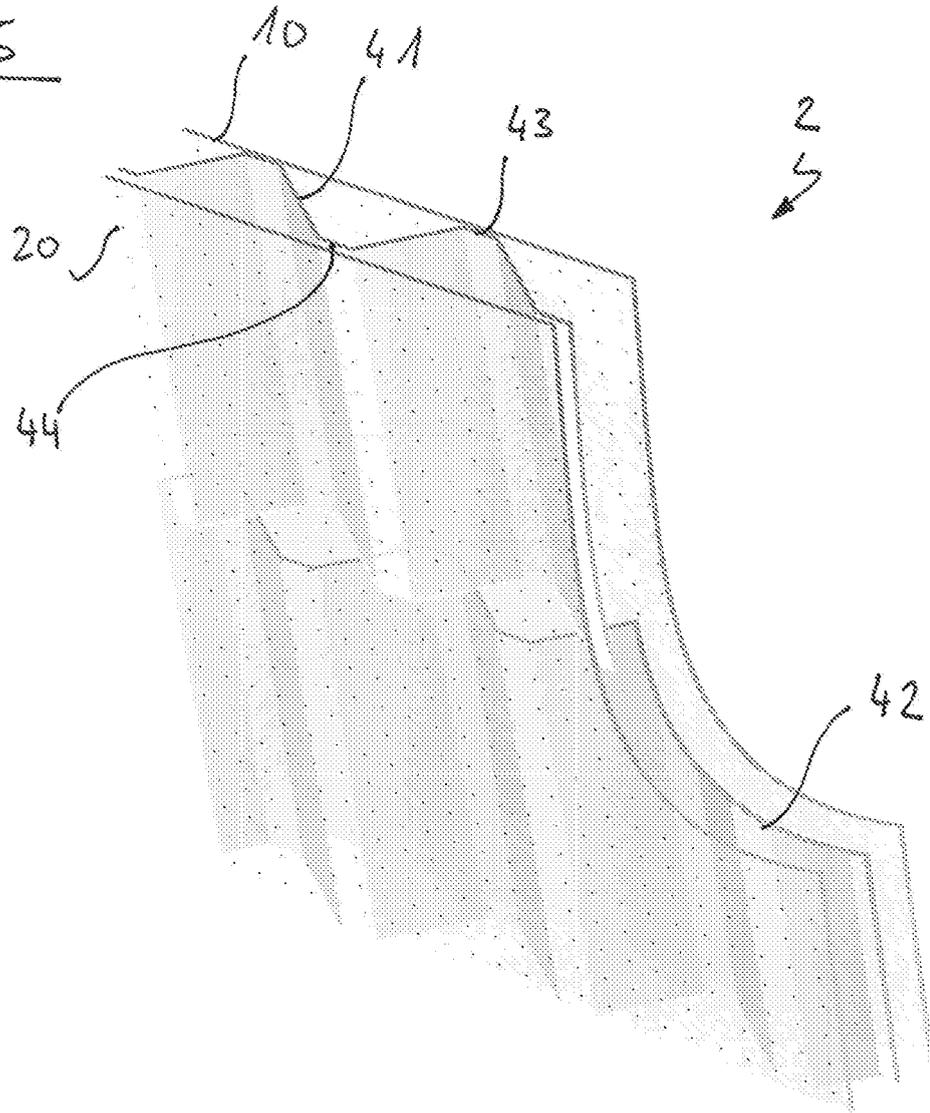


Fig. 3

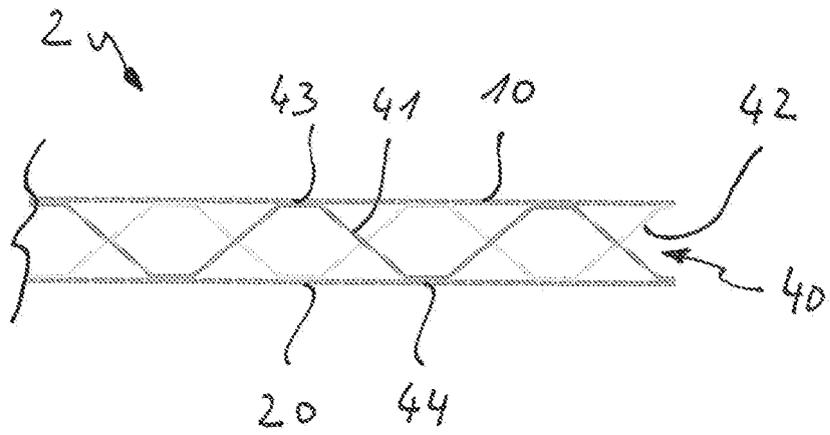
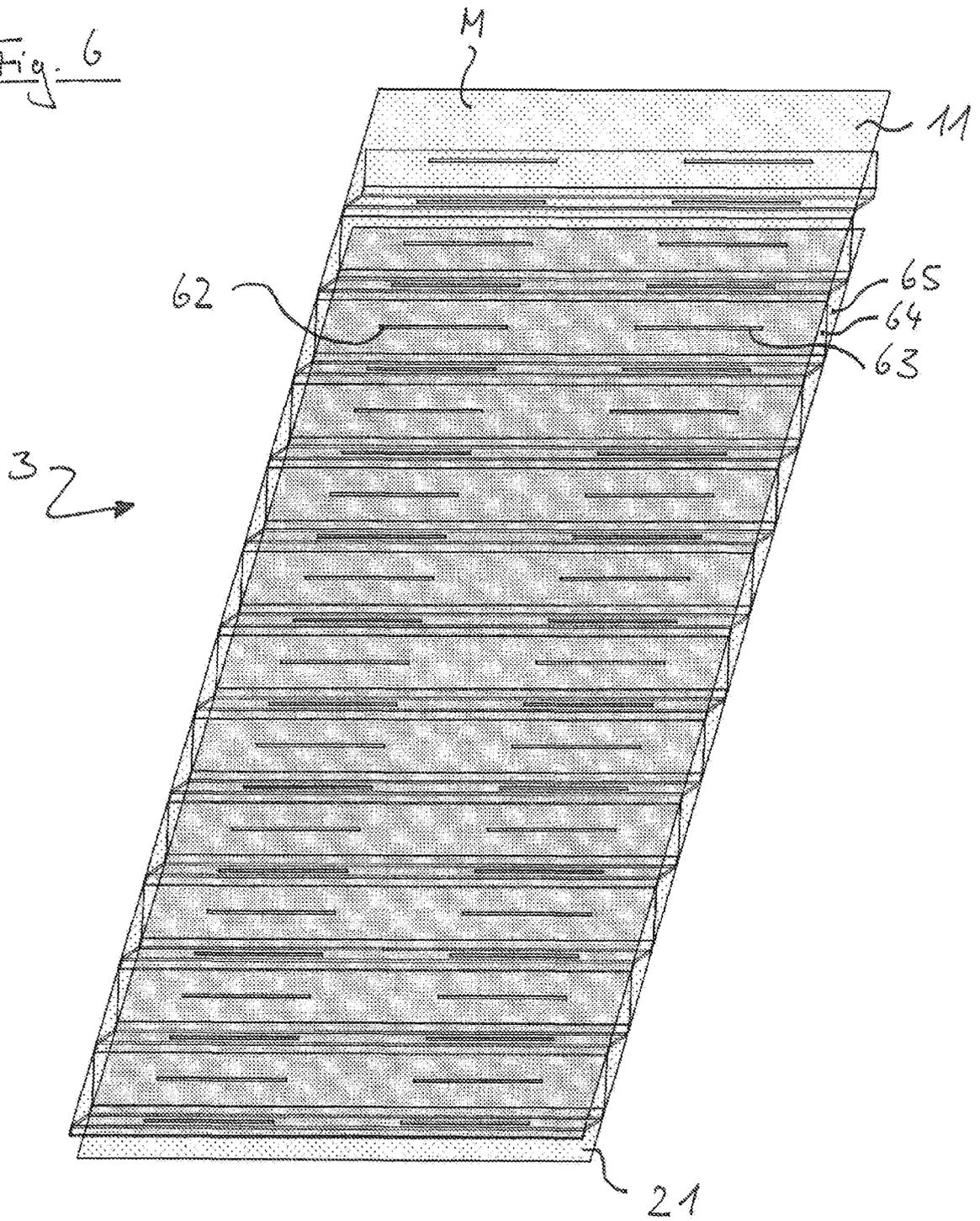


Fig. 6



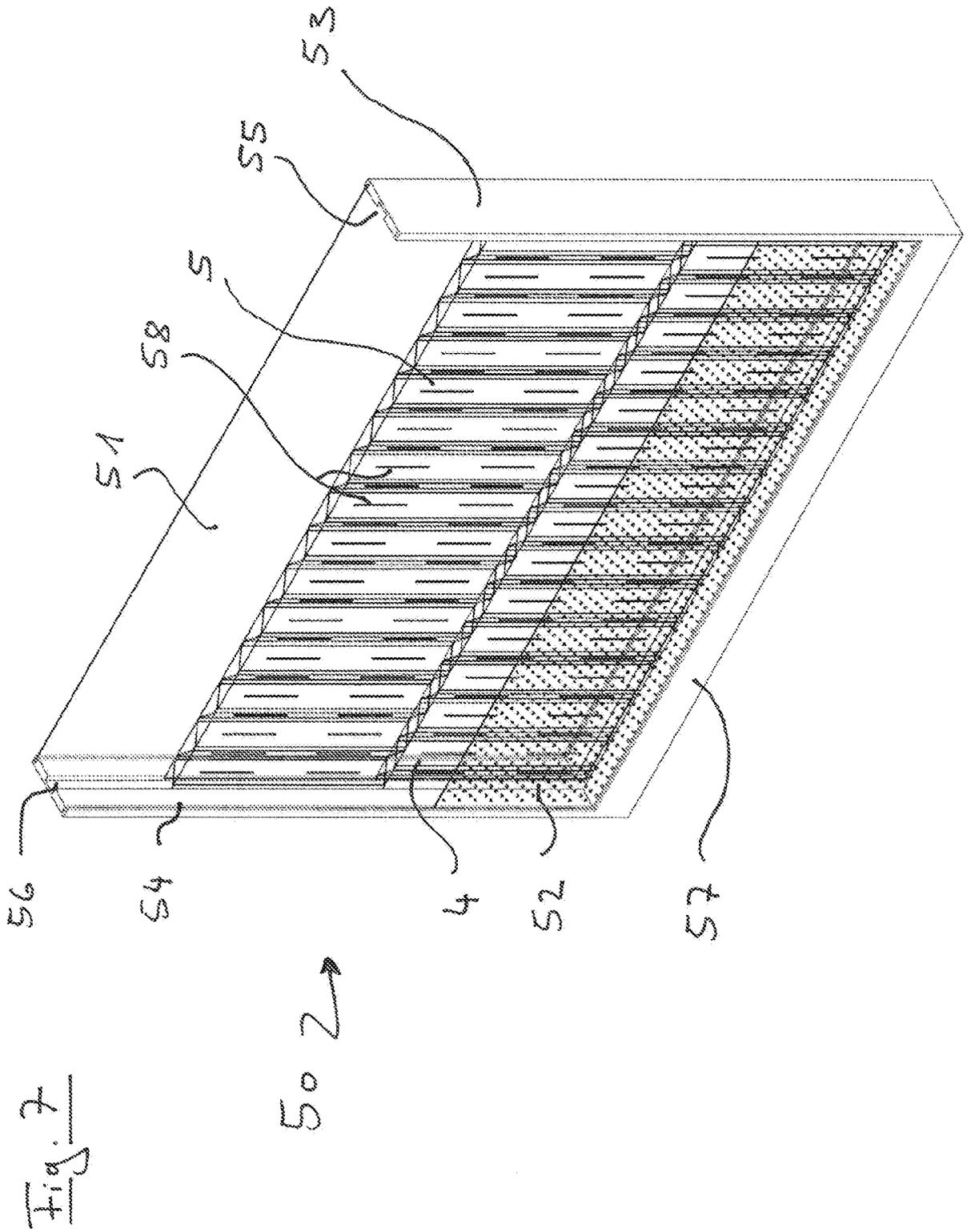
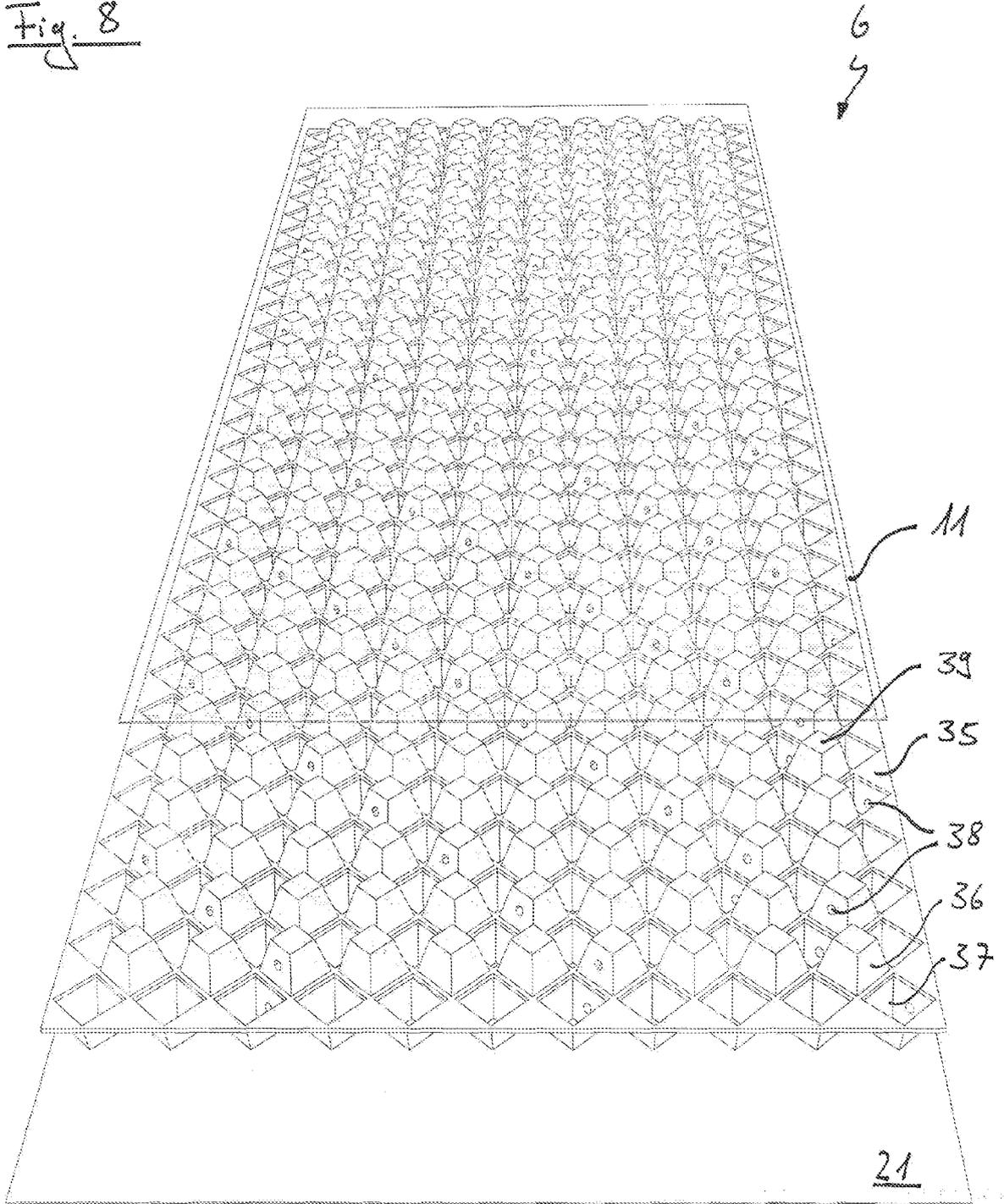


Fig. 8



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 Patentdokumente

- WO 9424382 A [0013]
- WO 9426995 A1 [0013]