



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 700 728 B1

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

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

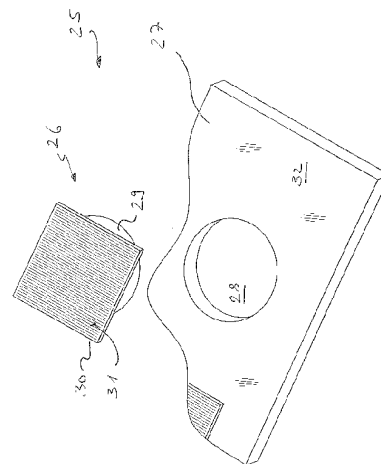
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer:	01128/07	(73) Inhaber:	Albers & Co., Schanzengasse 14 Postfach 2016 8022 Zürich (CH)
(22) Anmeldedatum:	13.07.2007	(72) Erfinder:	Robert Bähler, 8512 Thundorf (CH)
(24) Patent erteilt:	15.10.2010	(74) Vertreter:	Rentsch & Partner, Fraumünsterstrasse 9, Postfach 2441 8022 Zürich (CH)
(45) Patentschrift veröffentlicht:	15.10.2010		

(54) **Akustikelemente.**

(57) Es werden schallabsorbierende Akustikelemente (1, 8, 25) mit einer Trägerplatte (2, 5, 10, 27) aus Glas vorgeschlagen, die mit Aufnahmeöffnungen (12, 28) versehen werden, die wiederum mit akustisch absorbierenden Einsätzen oder Absorbern (3, 6, 9, 21, 26) aus Glas und/oder verschiedenen, Nicht-Glasmaterialien, wie Metall, Kunststoff, Holz, Membranen, gewebten und nicht gewebten Textilien, offenporigen Schaumstoffen oder geblähte Baustoffen und/oder Kombinationen davon, versehen werden können. Diese entkoppelten Einsätze in Trägerelementen (2, 5, 10, 27) aus Glas vereinen Transparenz, Absorption und Ästhetik. Es werden neue Verfahren zur Herstellung von Absorberelementen aus Glas vorgeschlagen, die eine wirtschaftliche Produktion ermöglichen und sogar das Sekurisieren der mit Mikrospalten versehenen Absorber erlauben. Die neuen Akustikelemente (1, 8, 25) ermöglichen es, Glas als Werkstoff für Akustikelemente (1, 8, 25) im Baubereich zur Verfügung zu stellen. Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zur Herstellung vom Akustikelementen umfasst das Versehen des Tragelements (2, 5) aus Glas mit Aufnahmeöffnungen, das sekurisierbar machen der Innenwände der Ausnahmeöffnungen (12, 28) und das Sekurisieren des Tragelements (2, 5) und das Versehen des Tragelements (2, 5) mit mindestens einen Absorber (3, 9, 21, 26).



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Akustikelemente gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1 sowie Verfahren zur Herstellung von Akustikelementen gemäss Oberbegriff des Patentanspruchs 13.

**[0002]** Von der Anmelderin werden seit Jahren sehr erfolgreich Akustikelemente mit schallabsorbierenden Eigenschaften aus grossflächigen, plattenförmigen Körpern hergestellt und vertrieben, die mit einer Vielzahl von Löchern oder Schlitzen versehen sind, um den Durchtritt des zu absorbierenden Schalls zu hinter den plattenförmigen Körpern angeordneten schallschluckenden Dämmmaterialien zu ermöglichen. Diese plattenförmigen Elemente sind oft aus Holz, Pressspan, Mehrkomponenten-Fasermaterialien, Gips oder Kunststoffen hergestellt und müssen die für den Baubereich geltenden Vorschriften, zum Beispiel hinsichtlich Bruchsicherheit und Brandschutz, erfüllen. Die gebräuchlichen Materialien zur Herstellung der Akustikelemente sind praktisch ausschliesslich lichtundurchlässig und die Anzahl und Anordnung der Löcher und/oder Schlitze sowie die Verwendung der oft faserigen Dämmmaterialien schränkt Architekten und Bauherren in der Gestaltungsfreiheit erheblich ein. Die Architektur verlangt einerseits durch die offenen Räume und den vermehrten Einsatz von harten Baumaterialien wie Sichtbeton und Glas nach Schallabsorbern welche die Nachhallzeit verringern ohne dabei klare und transparente Baustrukturen zu durchbrechen. Es besteht daher das Bedürfnis nach transparenten oder zumindest transluzenten Akustikelementen, die den Bekannten in der Funktionalität und Praktikabilität nicht unterlegen sind.

**[0003]** In der DE4 315 759 ist zum Beispiel beschrieben, dass herkömmliche passive Schallabsorber, die poröses oder faseriges Material verwenden, um Luftschall-Schwingungen durch Reibung an ihrer feinstrukturierten, möglichst offenen Oberflächenstruktur in Wärme umzuwandeln (passive Absorber) oder so genannte reaktive Absorber bei denen durch Mitschwingen von Folien, Platten oder Membranen dem Schall Energie in einem relativ breiten Frequenzband entzogen wird, durch Schallabsorbern aus mechanisch und chemisch hochresistenten keramischen Materialien zu ersetzen, die zudem transparent sind.

**[0004]** Die in der DE4 315 759 vorgeschlagenen Absorber bestehen ausschliesslich aus einer oder mehreren völlig lichttransparenten Platten, die an sich durch Luftschallwellen kaum anregbar sind. Sie werden durch eine Vielzahl sehr kleiner durchgängiger Löcher in ihrer dem Raum zugewandten Oberfläche in Verbindung mit einem dahinter angeordneten Hohlraum zur Absorption von auftreffenden Schallwellen in einem breiten Frequenzband im Hörbereich befähigt. Der Einsatz solcher mikroperforierter Platten vor einer schallharten Begrenzung zur Schallabsorption wurde von D.-Y. Maa bereits 1975 in Scientia Sinica 18, H. 1, S. 55 bis 71 beschrieben. In der DE4 315 759 ist offenbart, dass die Löcher mittels Bohrer, Laser oder Plasmaschweissanlage gefertigt sein können. Es sind planparallel, möglichst unmittelbar vor den reflektierenden Glasbauteilen nachträglich montierbare Schallabsorber vorgesehen, die den architektonischen Entwurf nicht beeinträchtigen. Für Räume mit vorwiegenden Sprachdarbietungen weisen diese ebenen, transparenten Absorber, insbesondere bei senkrecht auftreffenden Schallwellen im Frequenzbereich zwischen  $f = 125$  und  $1250$  Hz einen Absorptionsgrad von grösser 0,5 bei 500 Hz nahe 1, auf. Als ideale Baustoffe für derartige Schallabsorber werden hochresistente Kunststoffe sowie Glas, aber im Innenraumbereich auch Acrylglas (glasklar oder eingefärbt) vorgeschlagen. Es ist ausgeführt, dass sich ganz erstaunlich breitbandige Schallabsorber entwickeln lassen, wenn man Platten aus diesem Material in einer Stärke zwischen etwa  $t = 2$  und  $12$  mm mit einem Abstand zwischen  $D = 25$  und  $100$  mm vor dem Glasbauteil anbringt. Sie benötigen keinerlei poröse oder faserige Materialien, sondern nur relativ kleine Löcher mit Durchmessern  $d$  von  $0.4$  bis  $0.8$  mm. In mehrschichtigen Aufbauten lassen sich gemäss Patentanmeldung DE 4 312 886 auf diese Weise Resonanzabsorber aufbauen, die den gesamten interessierenden Frequenzbereich auf einer und derselben Absorberfläche mehr als 80% absorbieren. Für Glasbauteile fehlt bisher eine ausgereifte Technologie zum Mikroperforieren.

**[0005]** Die Anforderungen an transparente Absorber in Räumen sind nebst der Verringerung der Nachhallzeit die Unbrennbarkeit, die Kratzfestigkeit, die mechanische Festigkeit und die Sicherheit gegen Verletzung durch Glassplitter. Es sind zwar Sicherheitsgläser bekannt, das Bohren einer Vielzahl sehr kleiner durchgängige Löcher, in der Grössenordnung von zirka 40 000 Löcher oder mehr per  $m^2$  und einem Durchmesser von  $0,2$  bis  $0,8$  mm ist jedoch technisch und vor allem wirtschaftlich in solchen Gläsern bisher nicht erreichbar. Glas als amorpher Feststoff ist gegen Spannungsrisse, welche beim schnellen Durchbohren oder Durchschneiden einer 2 bis 12 mm dicken Platte ganz besonders empfindlich. Die Anforderungen an die Sicherheit durch chemisches oder thermisches Vorspannen der Gläser oder durch Verbund-sicherheitsglas bleiben ungelöst.

**[0006]** In der unveröffentlichten Anmeldung EP 07 405 023.8 der Anmelderin sind Verfahren zum Erstellen von Mikroperforationen und Mikroschlitzten mittels abrasiver Wasserstrahltechnik in Glasplatten beschrieben. Diese Verfahren erlauben es, mittels abrasiver Wasserstrahltechnik auf Anlagen mit einer Mehrzahl von Düsenköpfen Löcher mit einem Durchmesser von  $0,2$  bis  $0,8$  mm in Glasscheiben anzubringen. Es wurde eine Prozesssteuerung entwickelt, die das Zerstörungsrisiko der zu perforierenden Glasscheiben zu Beginn des Perforationsvorganges minimiert. Es wurde erkannt, dass a) auch ein kleines Risiko pro Loch beim Erstellen von 40 000 durchgehenden Mikrolöchern zu einer enormen Ausschussquote führt und wirtschaftlich nicht rentabel ist und b) die Prozesssicherheit in einem zwangsweisen «stop and go» Betrieb, bei einer solch hohen Anzahl von Mikroperforationen kaum beherrschbar ist und c) die Bohrzeiten in diesem «stop and go» Betrieb mit allen heute bekannten Verfahren erheblich zu lang sind, um grössere Glasbauteile in vertretbarer Zeit zu perforieren.

**[0007]** Da beim Durchbohren von Verbundgläsern mit innenliegenden Kunststoffmembran der Wasserstrahl beim Übergang vom Glas zur elastischen Kunststoffmembran kurzzeitig unscharf wird und dadurch ungewollte Kavitäten im Grenzbereich der Glasschichten zum Kunststoff entstehen, die wiederum zu ungewünschten optischen Effekten und Trübungen

führen, wird in der EP 07 405 023.8 vorgeschlagen, die Gläser nach dem erfolgreichen Durchbohren, mittels des abrasiven Wasserstrahles mit erheblich gesenktem Zerstörungsrisiko zu schlitzten oder zu schneiden. Die unerwünschte Kavitätenbildung im Bereich der Kunststoffolie bei Verbundgläsern bleibt beim Schneiden nach dem Durchbohren aus und die Breite der Mikroschlitzte lässt sich im Gegensatz zum Durchmesser der Löcher auf bis zu 0.1 mm senken. Anstelle der Vielzahl von Bohrungen oder Mikroperforationen werden eine wesentlich reduzierte Anzahl von Schlitzten im Glas angebracht.

**[0008]** Die Vorteile eines solchen mikrogeschlitzten Schallabsorbers in Glas bestehen darin, dass die Verwirbelung und Reibung der Luft im Mikroschlitz, mit dahinter angeordnetem veränderbarem Hohlraum und schallharter Begrenzung durch beliebige Variation der Schlitzlänge und Schlitzbreite sowie durch die beliebige Anordnung der Mikroschlitzte in der Fläche herstellungstechnisch äusserst effizient erhöht oder verringert werden kann. Die Schallenergie wird in einstellbaren Frequenzbereichen in Wärmeenergie umgewandelt und die Nachhallzeit in einem breiten Frequenzbereich reduziert. Die erforderliche offene Fläche im Glas, im Ausmass von zirka 0,8 bis 3,0% der Beschallungsfläche, kann durch geeignete Schneidverfahren mit ausreichender Prozesssicherheit und mit einer, um den Faktor 10 verringerten Bearbeitungszeit gegenüber Bohrungen hergestellt werden. Die Gefahr von Mikrorissen kann durch kontrolliertes Schlitzschneiden gegenüber dem Mikrolochbohren verringert werden. Durch eine offensichtliche Reduzierung, der «stop and go» Verluste, kann die Produktivität wesentlich gesteigert werden.

**[0009]** Für die Akustikelemente gilt im Innenraumbereich mit Personenaufenthalt das Erfordernis der Splitterfreiheit. Das Anbringen von Mikrolöchern oder Mikroschlitzten mit einer offenen Fläche von über 1% direkt in Trägerglasplatten verursacht oft Abplatzer und Muscheln im Glas, so dass das Trägerglas nicht als ESG oder VSG verwendet werden kann. Die Vielzahl von kleinen Mikrolöchern und schmalen Mikroschlitzten mit einer offenen Fläche von über 1% macht das Trägerglas zudem statisch instabil. Da heutzutage in der Architektur grossflächige Akustikelemente gefragt sind, bei denen die Formate von 1 m<sup>2</sup> überschritten werden, müssen auch die Trägergläser entsprechend grossformatig sein. Dadurch werden direkt mit Mikroperforierung oder Mikroschlitzung versehene Gläser unwirtschaftlich. Die Prozesse bei direkter Trägerglasbearbeitung werden durch die grosse Anzahl Mikroeingriffe unbeherrschbar und der zu erwartende Ausfall erheblich. Es ist daher bereits in der EP 07 405 023.8 vorgeschlagen, dass in bestimmten Ausführungsformen rondellenartige, mikrogeschlitzte Bauteile in entsprechende in eine Grundplatte eingeschnittenen Öffnungen eingesetzt sind. Es ist vorgeschlagen, die ausgeschnittenen Kreisscheiben oder Rondellen in einem separaten Bearbeitungsprozess vom äusseren Umfang her mit Mikroschlitzten zu versehen, so dass ein zentraler Steg entsteht, der die Zinken zweier Kämme trägt. Diese Kammscheiben werden anschliessend wieder in die Grundglasscheibe eingesetzt, respektive eingeklebt. Sie können auch mit separaten Haltern lösbar oder fest in die jeweiligen Öffnungen eingesetzt werden. Die beim Erstellen der Aufnahmeöffnungen anfallenden Rondelle können auch verworfen werden, so dass in die Öffnungen Kammscheiben aus separater Produktion eingesetzt werden. Die Erstellung der Aufnahmeöffnungen muss nicht mit einem Mikroschneidprozess erfolgen, sondern kann mit herkömmlichen Verfahren mit hinreichender Toleranz erfolgen. Die Aufnahmeöffnungen lassen sich sogar schon während der Herstellung der Glasscheiben anbringen. Die Kanten der Aufnahmeöffnungen müssen im Gegensatz zu den Kanten der Mikroschlitzte nicht scharf sein.

**[0010]** In der EP 07 405 023.8 ist ebenfalls offenbart, dass zwecks Erhöhung der mechanischen Stabilität und insbesondere beim Einsatz von Scheiben aus Sicherheitsglas zweiteilige Glasbausteine eingesetzt werden. Die Grundplatten aus Glas werden wie oben beschrieben mit grösseren Bohrungen/Aufnahmeöffnungen versehen und mit vorgefertigten mikrogeschlitzten Glaseinsätzen bestückt. Die bei der Absorption wirksamen Einsätze können gemäss der EP 07 405 023.8 in weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung in unterschiedlichen Stärken aus Glas, aber auch aus anderen Materialien wie Kunstglas, anderen Kunststoffen oder Metall bestehen. Die mikrogeschlitzten Einsätze werden wie bereits erwähnt mit Einlagen, Haltern oder Verklebungen in die Aufnahmeöffnungen der Grundglasplatte eingepasst. Diese Nicht-Glaseinsätze lassen sich zwar auch mit der abrasiven Wasserstrahltechnik herstellen, sie können aber im Gegensatz zum Glas auch mit anderen bekannten Schneid- oder Stanzverfahren hergestellt werden.

**[0011]** Insbesondere bei den Ausführungsformen, bei denen die Absorptions-Einsätze mittels Einlagen oder Haltern in den Aufnahmeöffnungen gehalten sind, ist das Verletzungsrisiko und die Bruchgefahr auf ein Minimum reduziert, da sich die Haltekraft auf die Stabilität des Absorptions-Einsatzes anpassen lässt. Fällt oder stösst jemand gegen den Einsatz, so löst sich dieser aus der Grundplatte bevor er bricht. Dieser Vorteil kommt vor allem bei Einsätzen aus Glas zum Tragen.

**[0012]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, alternative Bauteile für Schallabsorber und Verfahren zur Herstellung derselben zur Verfügung zu stellen, die es erlauben, solche Produkte effizient in grösseren Mengen und Dimensionen herzustellen und die oben genannten Nachteile nicht aufweisen. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, Akustikelemente zur Verfügung zu stellen, die hervorragende schallabsorbierende Eigenschaften aufweisen, alle Sicherheitsanforderungen im Baubereich erfüllen, auf Wunsch zumindest teilweise transluzenz (Lichtdurchlässig) oder teilweise transparent (blickdurchlässig) sind und mit vertretbarem technischen Aufwand schnell und wirtschaftlich herstellbar sind und weitere Nachteile der bekannten Akustikelemente vermeiden.

**[0013]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Akustikelemente gemäss Anspruch 1 und die Herstellungsverfahren gemäss Anspruch 13 gelöst, vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0014]** Die erfindungsgemässen Akustikelemente lassen sich auf verschiedenste Absorptionsanforderungen hin optimieren und erfüllen gleichzeitig die Voraussetzung der zumindest teilweisen Transparenz oder Transluzenz. Gemäss bevorzugter Ausführungsformen sind die erfindungsgemässen Akustikelemente, insbesondere die Absorber der Akustikelemente

derart ausgebildet, dass sie im Sprachbereich von 125 Hz bis 1250 Hz besonders gut genügen. Die neuen Akustikelemente umfassen mindestens ein Tragelement mit mindestens einer, vorzugsweise einer Mehrzahl von Ausnehmung die jeweils entkoppelte schallabsorbierende Absorber aufnehmen. Um die gewünschte Transparenz und/oder Transluzenz zu erreichen, ist das Tragelement aus Glas oder Kunstglas, vorzugsweise aus Flachglas, Floatglas, Spiegelglas, Verbund-Sicherheitsglas, Einscheiben-Sicherheitsglas oder Spezialglas, gefertigt. In die Ausnehmung sind die akustisch wirksamen Absorber eingesetzt, respektive gemäss weiterer Ausführungsformen vor diesen angeordnet. Die Fläche, die von der mindestens einen Ausnehmung im Tragelement eingenommen wird, hängt vom Typ und Aufbau des Absorbers ab. Es hat sich gezeigt, dass für eine erste Gruppe von Absorbern, die Mikroperforationen, Mikroschlitz, Mikrospalten oder eine Kombination davon umfassen, deren Anteil im Tragelement bei etwa 10 bis 60%, vorteilhafter Weise 20 bis 50% bezogen auf die gesamte Oberfläche der Akustikelemente ausmachen soll. Basiert die Absorptionswirkung der Absorber auf passiven Absorptions-Materialien wie Vliesprodukten, das heisst aus faserigen gewebten oder nicht gewebten Materialien, oder auf offenporigen Schaumstoffen oder auf geblähten Baustoffen, so beträgt die akustisch wirksame Fläche, das heisst die in der Trägerglasplatte ausgebrochene und mit Absorbern bestückte Fläche vorteilhafter Weise zwischen 3 bis 60%, vorzugsweise zwischen 5 bis 20%.

**[0015]** Während die vorgenannten auf Mikroperforationen, Mikroschlitz und Mikrospalten beruhenden Absorber anhand der Anzahl, der Dimensionierung respektive der daraus resultierenden wirksamen offenen Fläche charakterisiert werden, werden die auf faserigen, porigen oder geblähten Materialien beruhenden Absorber anhand des Strömungswiderstands charakterisiert.

**[0016]** Diese zweite Gruppe von Absorbern können unterschiedlichste längenspezifische Strömungswiderstände besitzen. Durch Einstellen der Dicke des Materials kann der wirksame Strömungswiderstand eingestellt werden, der sinnvollerweise nach dem erreichten spezifischen Strömungswiderstand (nach EN 29 053) vorgenommen wird. Vorzugsweise besitzen diese passiven Absorber einen spezifischen Strömungswiderstand von 500 bis 3000 Pa\*s/m.

**[0017]** Die akustisch absorbierende Einsätze oder Absorber aus verschiedenen, Nicht-Glasmaterialien, wie Metall, Kunststoff, Holz, Membranen, gewebten und nicht gewebten Textilien, offenporigen Schaumstoffen oder geblähten Baustoffen und/oder Kombinationen davon können als entkoppelte Einsätze in Trägerelementen aus Glas, Transparenz und Absorption sowie Ästhetik vereinen. Die Absorber können naturbelassen oder eingefärbt verwendet werden.

**[0018]** Anders als bei Absorbern aus Glas können Nicht-Glas-Absorber mit Mikroperforationen oder Mikroschlitzungen versehen werden, die nach den bekannten Verfahren wie Bohren, Fräsen, Stanzen, Nadeln oder Lasern hergestellt werden. Mit diesen Verfahren lassen sich hohe offene Flächen, und damit eine hohe akustische Absorption bei niedrigen Fertigungskosten erreichen.

**[0019]** Es hat sich gezeigt, dass die offene Fläche der akustisch wirksamen Mikroperforation, Mikroschlitz oder Mikrospalten eine wesentliche Rolle bei der Absorptionsleistung spielt. Mit der Anpassung der entsprechenden Parameter von kleineren Schlitzbreiten und mehr offener Fläche zeigte sich, dass mit dem Wasserstrahlverfahren diese Vorgaben nicht oder nur über aufwendige zusätzliche Operationen zu erreichen sind.

**[0020]** Für einen breitbandigen mikroschlitzten Absorber werden Schlitzbreiten von unter 0.3 mm benötigt und gleichzeitig muss die offene Fläche auf über 3% zur Grundfläche des Akustikelements erhöht werden. Als unerwartetes alternatives Verfahren zum abrasiven Wasserstrahlschneiden hat sich das Slurry-Drahtsägen erwiesen. Mit diesem Verfahren können die Schlitzbreiten gegenüber dem abrasiven Wasserstrahlschneiden massiv verkleinert werden und es lassen sich Schlitzbreiten von 0.1 bis 0.3 mm erreichen. Das wirtschaftlich interessante Slurry-Drahtsägen-Verfahren für solche Abmessungen ist vom Waferschneiden aus der Halbleiterindustrie bekannt. Mit diesem Verfahren lassen sich nicht nur sehr schmale Schlitzbreiten von bis zu 0.1 mm sägen, sondern es lassen sich auch schmale Stege von unter 2 mm Breite herstellen, ohne dass diese während dem Sägen brechen. Die geforderte Leistung kann durch das Schichten von mehreren Glasplatten hintereinander zu Blöcken und das gleichzeitige Sägen von mehreren Blöcken erreicht werden.

**[0021]** Für dieses Slurry-Drahtsägen-Verfahren sind auf dem Markt Maschinen und Betriebsmittel, zum Beispiel für die Silizium-Waferfabrikation, erhältlich. Durch entsprechende Applikationsanpassungen können Glaseinsätze in Kammform derart gesägt werden, dass dieses Verfahren den Anforderungen für die effiziente Herstellung von entkoppelten Einsätzen mit einer hohen Dichte von feinen Schlitzungen entsprechen kann, so dass die Kosten für die Maschineninvestition und vor allem die Betriebskosten für die Verschleissmaterialien Draht und Trennflüssigkeit gerechtfertigt sind. Die so gesägten filigranen entkoppelten Elemente müssen zum Einsetzen in das Trägerglas vorerst auf drei Seiten vorzugsweise mit Glasstäbchen verleimt und stabilisiert werden.

**[0022]** Als alternatives Verfahren zur Herstellung akustisch wirksamer Absorberelemente wird nun vorgeschlagen, Absorberelemente mit Mikrospalten aus einzelnen dünnen Glasstäbchen aufzubauen. Die einzelnen Stäbchen sind dabei vorzugsweise recht oder mehreckig und werden mit Abständen von zum Beispiel 0.2 mm zu einem Element zusammengesetzt und vorzugsweise verklebt, so dass Mikrospalten von 0.2 mm entstehen. Bei einer Stäbchenbreite von zum Beispiel 1.8 mm und einem Abstand von 0.2 mm zwischen den Stäbchen lassen sich Absorber mit einer offenen Mikrospaltenfläche von 10% bezogen auf die Oberfläche des Absorberelements herstellen. Es hat sich gezeigt, dass die Spaltenbreite zwischen 0.1 und 0.8 mm liegen sollte. Breitere Spalten zeigen nur noch sehr unbefriedigende Absorptionsleistungen. Vorzugsweise liegen die Spaltbreiten bei 1.5 bis 3 mm. Die Dicke der Stäbchen, und damit die Breite der Stege, sollte zwischen 1 und

8 mm gewählt werden, vorteilhafterweise liegt sie zwischen 1.5 und 3 mm. In bevorzugten Ausführungsbeispielen ist sie bei 1.8 mm gewählt.

**[0023]** Aus 100 Glasstäbchen mit rechteckigem Querschnitt und einer Grösse von 1.8 mm × 4 mm × 200 mm, welche am Markt erhältlich sind, lassen sich zum Beispiel Absorberelemente in der Grösse von 200 × 200 mm mit 99 Mikrospalten von 0.2 mm Breite wirtschaftlich effizient herstellen.

**[0024]** Die rationelle Herstellung feiner Glasstäbchen kann mittels Glasritzen und Brechen oder über andere bekannte Verfahren wie Ziehen, Pressen oder Giessen erfolgen. Wesentlich dabei ist, dass die Glasflächen ohne Muscheln und Abplatzer sowie vorzugsweise spiegelblank bleiben. Im Format der fertigen Glaselemente wird eine Rahmenkonstruktion aus Glas oder Kunstglas so verklebt, dass die feinen Glasstäbchen eine zusätzliche Stabilität erhalten, zum Beispiel durch einen Profilrahmen. Das Verleimen der Glasstäbchen mit Zwischenräumen, welche der geforderten Schlitzbreite entsprechen, erfolgt weitgehend vollautomatisch, mittels einem Montageroboter. Die muschelfreien Glasstäbchen werden nach der Kalibrierung vorzugsweise chemisch oder thermisch gehärtet, so dass diese wie die Trägerplatten aus Glas splitterfrei den passiven Sicherheitsanforderungen in öffentlichen und privaten Räumen entsprechen. Im Weiteren wird damit eine Erhöhung der Schlagfestigkeit, Biegefestigkeit und Kratzfestigkeit erreicht. Die Vorteile dieser Aufbaumethode gegenüber der Mikroperforier- oder Mikroschlitzmethoden sind transparente Einselemente ohne Trübung der Kantenflächen, eine höhere Festigkeit der gehärteten Stäbchen und eine Erhöhung der passiven Sicherheit der Absorber-Einsätze.

**[0025]** Die Tragelemente können, wie oben bereits erwähnt, in verschiedenen Formen hergestellt werden, üblicherweise werden sie jedoch als plattenförmige Bauteile mit einer annähernd planen ersten Oberfläche ausgebildet. In bevorzugten Ausführungsformen sind die Tragelemente Trägerglasplatten aus Flachglas oder Spezialglas in Stärken zwischen 2 und 12 mm, die mit Ausnehmungen zur Aufnahme der Absorber versehen werden. Die Ausnehmungen werden vorzugsweise in die Glasplatten geschnitten oder gefräst und wenn erforderlich anschliessend angefasst, geschliffen und/oder poliert, so dass sie sich problemlos sekurisieren und nach Bedarf zu Einscheibensicherheitsglas oder Verbundsicherheitsglas weiter verarbeiten lassen.

**[0026]** Die ausgebrochenen Flächen können regelmässig oder unregelmässig auf die Glasträgerfläche verteilt sein. Die Grössenordnung der ausgebrochenen Flächen korreliert mit der geforderten offenen Fläche der Absorberelemente und mit dem Verhältnis zur Gesamtfläche. Die ausgebrochene Fläche zur gesamten ersten Oberfläche der Trägerglasplatte liegt wiederum zwischen 10% und 60%, vorteilhaft zwischen 20% und 50%. Die Glasplatte als Tragelement kann je nach Anwendung unterschiedliche Längen- und Breitendimensionen sowie unterschiedliche Glasdicken aufweisen.

**[0027]** Das Trägerglas kann in einem Rahmen oder rahmenlos mit entsprechenden Befestigungen am Montageort verwendet werden. Die erfindungsgemässen Akustikelemente können konstruktiv zu Wänden-, Decken- oder Kassettenelementen zusammengefügt werden und können flächig oder gebogen sein. Trägerglas wie auch die vorzugsweise eingeklebten akustisch wirksamen Glasabsorber können farbig, geätzt, foliert oder beschichtet sein.

**[0028]** Die Absorber können homogen oder unregelmässig auf die Fläche der Tragelemente verteilt und mit runder, drei-, vier- oder mehreckiger, regelmässig oder unregelmässig polygoner, rechteckiger, quadratischer oder andersartiger Grundfläche ausgebildet sein. Bei Einhaltung eines ausreichenden Randabstandes lassen sich die Absorber praktisch in beliebiger Anordnung im Tragelement platzieren. Die von den Absorbern eingenommene Fläche in den transparenten oder transluzenten Tragelementen wird durch das Erfordernis der Lichtdurchlässigkeit und der Festigkeitsbeanspruchung respektive die Bruchsicherheit der Akustikelemente auf einen oberen Grenzwert von etwa 60% begrenzt. Die untere Grenze wird hingegen durch die Absorptionsleistung in dem zu absorbierenden Frequenzbereich bestimmt. Um in einem breiten Frequenzbereich, zum Beispiel im Sprachbereich von 125 Hz bis 1250 Hz, besonders gute Absorptionsleistungen zu erreichen, werden gemäss erster Ausführungsformen der Erfindung Absorber eingesetzt, bei denen die akustisch wirksame offene Fläche durch Mikroperforation, Mikroschlitz, Mikrospalten oder einer Kombination davon gebildet wird, wobei diese akustisch wirksame offene Fläche 1 bis 12%, vorzugsweise 7 bis 12%, besonders bevorzugt 10% der Gesamtfläche einer ersten Oberfläche des Absorbers entspricht. Es lassen sich dabei sowohl verschiedene Absorptionselemente mit Mikroperforation, Mikroschlitz oder Mikrospalten in einem Tragelement kombinieren, oder innerhalb eines Absorbers können Mikroperforationen, Mikroschlitz und/oder Mikrospalten kombiniert werden. Sowohl Mikroperforation, Mikroschlitz wie auch Mikrospalten lassen sich mit verschiedenen Durchmesser und/oder Breiten im selben oder in verschiedenen Absorbern einsetzen. Die Breiten lassen sich auch innerhalb eines Mikroschlitzes oder innerhalb einer Mikrospalte variieren.

**[0029]** Die Absorber lassen sich als Einzelemente oder als Sandwichkonstruktionen mit oder ohne Vliesmaterial herstellen. All diese Kombinationsmöglichkeiten erlauben es, die Bandbreite an wirksam absorbierten Schallfrequenzen zu verbreitern. Es hat sich in Versuchen gezeigt, dass unterschiedliche Schlitz- und Spaltbreiten und unterschiedliche Lochdurchmesser sowie Einzelemente oder Sandwichkonstruktionen Absorptionsmaxima in unterschiedlicher Breite in unterschiedlichen Frequenzbereichen aufweisen. So werden zum Beispiel neben einlagigen mehrlagige Glasaufbauten mit Mikrospalten zu Sandwichkonstruktionen zusammengefügt. Durch solch einen mehrlagigen Aufbau entstehen zusätzliche Resonatoren, welche die Absorption verstärken und den Frequenzbereich verbreitern. Dadurch entstehen insgesamt breitbandigere Absorber.

**[0030]** Gemäss bevorzugter Ausführungsformen werden die Absorber schlitzfrei hergestellt. Bei den nicht Glasmaterialien haben sich Absorber mit Mikroperforationen oder Absorber mit akustisch wirksamen faserigen gewebten oder nicht

gewebten Materialien, offenporigen Schaumstoffen oder geblähten Baustoffen als besonders vorteilhaft in der Herstellung erwiesen. Bei Absorbern aus Glasmaterialien hat es sich besonders hinsichtlich der Herstellung als vorteilhaft erwiesen, Absorber mit Mikrospalten, als ebenfalls schlitzfrei, einzusetzen.

[0031] Die Sandwichkonstruktionen werden wie die einlagigen Absorber in die Ausnehmungen des Trägermaterials, insbesondere des Trägerglases, flächenbündig oder überlagernd angeordnet, insbesondere eingeklebt oder kraft- und/oder formschlüssig gehalten.

[0032] Damit die oben beschriebenen Akustikelemente mit einlagigen Absorbern, insbesondere die plattenartigen Elemente, funktionieren können, ist ihre Montage beabstandet von einer schallharten Rückwand nötig. Die Akustikelemente gemäss der vorliegenden Erfindung werden hauptsächlich zur Verwendung als Vorsatzelemente oder zum Einbau in Kassetten eingesetzt. Bei der Verwendung als Vorsatzschalen oder Vorsatzelemente werden die Akustikelemente in einem Abstand von 5 bis 350 mm, vorzugsweise in einem Abstand von 10 bis 100 mm, beabstandet von Decken, Wänden, Fenstern, Türen und/oder anderen schallharten Flächen montiert. In bautechnischen Varianten zur Erstellung von Kassetten, Zylindern, Quadern und Profilen werden sie vor eine entsprechend gestaltete Rückwand montiert oder können zum Beispiel als frei stehende Akustikelemente oder Raumteiler eingesetzt werden.

### Kurzbeschreibung der Figuren

[0033] Anhand von Figuren, welche lediglich Ausführungsbeispiele darstellen, wird die Erfindung im Folgenden erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Draufsicht auf eine erste Oberfläche eines Akustikelements gemäss einer Ausführungsform der Erfindung mit acht rechteckigen mikroperforierten Absorbern,
- Fig. 2 eine Teilansicht auf eine erste Oberfläche eines Akustikelements gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einem Eckbereich mit kreisrunden mikroperforierten Absorbern,
- Fig. 3a eine perspektivische Teilansicht auf eine erste Oberfläche eines Eckbereichs eines Akustikelements gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit quadratischen mikroperforierten Absorbern,
- Fig. 3b eine Seitenansicht auf das Akustikelement gemäss Fig. 3a, bei dem der Absorber über dem Tragelement und die Ausnehmung strichliniert dargestellt ist,
- Fig. 3c einen Querschnitt durch ein Akustikelement gemäss Fig. 3a mit eingesetztem Absorber gemäss einer Ausführungsform der Erfindung in Sandwichbauweise,
- Fig. 4 einen Querschnitt durch ein Akustikelement gemäss Fig. 3a mit eingesetzten Absorber gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung als Einfachelement,
- Fig. 5a eine perspektivische Teilansicht auf eine erste Oberfläche eines Eckbereichs eines Akustikelements gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit kreisrunden Ausnahmeöffnungen im Tragelement und überlagernd angeordneten quadratischen Absorbern mit Mikrospalten,
- Fig. 5c eine Seitenansicht auf das Akustikelement gemäss Fig. 5a, bei dem der Absorber über dem Tragelement gezeichnet und die Ausnehmung strichliniert angedeutet ist;
- Fig. 5b einen Querschnitt durch ein Akustikelement gemäss Fig. 5a mit eingesetztem Absorber gemäss einer Ausführungsform der Erfindung als Einfachelement,
- Fig. 6a eine Teilansicht auf einen Eckbereich einer ersten Oberfläche eines aus Stäbchen aufgebauten Absorbers mit Mikrospalten gemäss der Erfindung,
- Fig. 6b eine perspektivische Ansicht auf einen ersten Endbereich eines einzelnen Stäbchens eines Absorbers gemäss Fig. 6a,
- Fig. 7 eine Teilansicht auf einen Eckbereich einer ersten Oberfläche eines aus Stäbchen aufgebauten Absorbers mit Mikrospalten gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 8 eine Teilansicht auf einen Eckbereich einer ersten Oberfläche eines aus Stäbchen aufgebauten Absorbers mit Mikrospalten gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 9a ein Diagramm zur Absorptionsleistung eines schallabsorbierenden Akustikelements gemäss einer Ausführungsform der Erfindung mit zwei Absorptionsmaxima, und
- Fig. 9b ein Diagramm zur Absorptionsleistung eines schallabsorbierenden Akustikelements gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit einem breiten Absorptionsmaximum.

**[0034]** In der Fig. 1 ist eine Draufsicht auf eine erste Oberfläche 7 eines rechteckigen Akustikelements 1 gemäss einer Ausführungsform der Erfindung grob skizziert. Ausnahmen für acht rechteckige mikroperforierte Absorber 2 in einem Tragelement 2 sind so dimensioniert, dass die eingesetzten Absorber 3 etwa 40% der Oberfläche des Akustikelementes einnehmen. Die Anordnung der Absorber 3 innerhalb des Tragelementes 2 ist im Wesentlichen frei wählbar, aus Stabilitätsgründen empfiehlt es sich aber, zu den Rändern des Tragelementes 2 hin und zwischen den einzelnen Absorbern 3 jeweils einen ausreichend breiten Stegbereich vorzusehen.

**[0035]** In der Fig. 2 ist ein Eckbereich eines Akustikelements 4 gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung gezeigt, bei dem die Absorber 6 als kreisrunde Einsätze ausgebildet sind.

**[0036]** Auf den Aufbau einer ersten Ausführungsform erfindungsgemässer Akustikelemente soll im Folgenden anhand der Fig. 3a bis 3c eingegangen werden. In der Fig. 3a ist eine perspektivische Teilansicht auf eine erste Oberfläche 11 eines Eckbereichs eines Akustikelements 8 gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der quadratische mikroperforierte Absorber 9 in entsprechende Aufnahmeöffnungen einer Trägerglasscheibe 10 eingesetzt sind. In der Fig. 3b ist eine Seitenansicht auf einen Teilbereich des Akustikelements 8 gemäss Fig. 3a gezeigt. Ein Absorber 9 ist aus dem Tragelement 10 herausgelöst und über einer strichliniert angedeuteten Ausnehmung 12 in der Trägerglasscheibe dargestellt. Die Dicke  $d_T$  der Trägerglasscheibe 10 entspricht im Wesentlichen der Dicke  $d_A$  des quadratischen Absorberelementes. Aus dem in Fig. 3c gezeigten Querschnitt des Trägerglases 10 mit eingesetztem Absorber 9 wird deutlich, dass sich das sandwichartig aufgebaute Absorberelement 9 flächenbündig in das Trägerglas 10 einsetzen lässt. Eine erste mikroperforierte Platte 13 schliesst flächenbündig mit der ersten Oberfläche 11 des Trägerglases 10 ab und die entsprechende zweite mikroperforierte Platte 15 bildet einen flächenbündigen Abschluss zur rückwärtigen Oberfläche 17 der Tragplatte 10. Die im Querschnitt rechteckigen Absorber 9 sind mit vier Seitenwänden 14 eingefasst, so dass sie als kompakte quaderförmige Einheiten problemlos in die entsprechend ausgebildeten Ausnehmungen 12 eingesetzt und dort verklebt 16 werden können.

**[0037]** Der sandwichartige Aufbau des in der Fig. 3 dargestellten Absorberelementes 9 mit von Stegen 18 gebildeten Hohlräumen 19 zwischen zwei mikroperforierten Platten 13, 15 ist im Wesentlichen in der EP 07 405 185.5 beschrieben und muss hier nicht weiter erläutert werden. Die beiden mikroperforierten Platten sind von einer Vielzahl von akustisch wirksamen Mikrolöchern mit einem Durchmesser von etwa 0.35 mm durchsetzt, so dass sie eine akustisch wirksame offene Fläche von 7% in Bezug auf die gesamte erste Oberfläche 20 der mikroperforierten Platte 13 aufweisen. In der Trägerglasplatte 10 gemäss des in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiels summiert sich der Flächenanteil der Ausnehmungen 12 zu etwa 44% der Oberfläche der ersten Oberfläche des Trägerglases, so dass die akustisch wirksame offene Fläche der Mikroperforation der mikroperforierten Platte 13 in den Absorbern 9 einen Anteil von etwa 3.1% bezogen auf die gesamte erste Oberfläche 11, 20 des Akustikelementes 8 ausmacht. Da Trägerglasplatte 10 und Absorber 9 hinsichtlich ihrer ersten und zweiten Oberfläche symmetrisch aufgebaut sind, kann das Akustikelement mit einer Dicke  $d_T$  von 12 mm und einer Dimensionierung von 1.4 m  $\times$  1 m zum Beispiel als Raumteiler eingesetzt werden.

**[0038]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform werden die erste 13 und die zweite mikroperforierte Platte 15 mit unterschiedlichen Mikroperforationen versehen, die bei der Schallabsorption unterschiedliche Absorptionsmaxima aufweisen, wie es in der Fig. 9a, auf die im Weiteren noch genauer eingegangen wird, dargestellt ist.

**[0039]** In der Fig. 4 ist angedeutet, dass sich in die quadratischen Ausnehmungen der Trägerglasplatte 10 auch passende einfache Absorber 21 mit nur einer mikroperforierten Platte 22 flächenbündig zur ersten Oberfläche 11 einsetzen lassen. Die Tragkonstruktion der mikroperforierten Platte 22 besteht zum Beispiel aus einer Pressspanplatte 23, die von einer Mehrzahl von regelmässig angeordneten kreiszylindrischen Hohlräumen 23 durchbrochen ist. Da das Absorptionselement 21 eine mikroperforierte Platte 25 mit einem einzigen Typ uniformer Mikrolöcher aufweist, weist auch das entsprechende Absorptionsmaximum des Absorbers 21 nur ein Maximum auf, wie es in der Fig. 9b, auf die im Weiteren noch genauer eingegangen wird, dargestellt ist.

**[0040]** Anhand der Fig. 5 bis 8 sollen nun weitere vorteilhafte Absorber gemäss der vorliegenden Erfindung genauer erläutert werden, bei denen die akustisch wirksamen Strukturen mittels Aufbau von Mikrospalten hergestellt werden. In der Fig. 5a ist eine perspektivische Teilansicht auf eine erste Oberfläche 32 eines Eckbereichs eines Akustikelements 25 gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit kreisrunden Ausnahmeöffnungen 28 im Tragelement 27 gezeigt. Die Absorber 26 zum Einsetzen in die kreisrunden Aufnahmeöffnungen weisen im Wesentlichen quadratische Absorberplatten 30 mit einer Vielzahl von Mikrospalten 31 auf, die von einem Haltering 29 getragen werden. Beim Einsetzen des Absorbers 26 in die Tragplatte 27 wird, wie in der Fig. 5b gezeigt, der Haltering vollständig in der Ausnehmung der Trägerglasscheibe 27 versenkt, bis die Absorberplatte 30 auf der ersten Oberfläche 32 des Trägerglases aufliegt. Die quadratische Absorberplatte 30 mit der Vielzahl von Mikrospalten 31 wird wiederum vorzugsweise von einer im Absorber liegenden Stützkonstruktion 33 mit einer Vielzahl von Hohlräumen 34 stabilisiert. Die Fig. 5b und insbesondere 5c zeigen, dass die Absorberplatte 30 nicht nur die Ausnehmung 28, sondern in peripheren Bereichen auch Anteile der ersten Oberfläche 32 des Trägerglases 27 überdeckt oder überlagert. Die Anteile der Mikroschlitz, die in diesen Überlagerungsbereichen direkt auf der Trägerglasplatte zu liegen kommen, weisen zwar kaum eine akustische Absorptionsleistung auf, angesichts der enorm gesteigerten gestalterischen Möglichkeiten sind solche überlagerten Ausführungsformen dennoch interessant. Obwohl in der Fig. 5b wiederum ein mit dem Haltering 29 in die Aufnahmeöffnung eingeklebter Absorber

dargestellt ist, lässt sich einfach verstehen, dass sich die Absorber generell auch mittels klemmender Halterungen in die Aufnahmeöffnungen einsetzen lassen.

**[0041]** Der Aufbau eines mikrogeschlitzten Absorberelements gemäss einer Ausführungsform nach Fig. 5 ist in der Fig. 6a skizziert. In der Teilansicht auf einen Eckbereich einer ersten Oberfläche 35 ist dargestellt, wie von einer Vielzahl von beabstandet voneinander zusammengeklebten Stäbchen 36 eine entsprechende Anzahl von Mikrospalten 31 zwischen den Stäbchen 36 gebildet werden. Die im Querschnitt rechteckigen Stäbchen 36 sind zum Beispiel 200 mm lang und haben in den Endbereichen 38 einen quadratischen Querschnitt von 20 × 20 mm. Im Mittelbereich 37 ist einseitig eine 0.2 mm tiefe Nut eingeschliffen, so dass sich bei entsprechender Ausrichtung der Stäbchen durch Verkleben der Endbereiche 38 die Mikrospalten 31 ergeben. Die Endbereiche sind nur wenige mm lang, so dass die dargestellte Absorberplatte bei einer Spaltenbreite von 0.2 mm eine akustisch wirksame offene Fläche von annähernd 10% bezogen auf die erste Oberfläche aufweist. Die Mittelbereiche lassen sich auch mit zwei oder mehr Nuten versehen, so dass die 1.8 mm breiten Stege 37 zwei oder mehr Mikrospalten bilden und zwischen diesen entsprechend zwei oder mehrfach abgestützt sind.

**[0042]** In den Fig. 7 und 8 sind weitere Ausführungsformen von Absorberrn mit Mikrospalten dargestellt, bei denen im Querschnitt rechteckige Stäbchen 39 mit einer Höhe von 2.0 mm und einer Breite von 1.8 mm zu Absorberplatten mit einer Fläche von 200 × 200 mm, 0.2 mm breiten Mikrospalten 31 und einer akustisch wirksamen offenen Fläche von etwa 10% aufgebaut werden.

**[0043]** Beim Absorberelement gemäss der Fig. 7 sind die Stäbchen 39 an den Endbereichen mit einem Spezialkleber 42, der kugelförmige Distanzelemente von 0.2 mm Durchmesser enthält, miteinander zu einem plattenförmigen Absorberelement verklebt. Die Distanzelemente stellen sicher, dass sich die Stäbchen 39 beim Verkleben auf nicht mehr als die gewünschte Mikrospaltbreite von 0.2 mm annähern können. Die engen Toleranzbereiche, mit denen die Distanzelemente hergestellt werden können, stellen sicher, dass die Spaltbreiten ebenfalls nur innerhalb eines schmalen Bereiches variieren und die Absorptionsleistung der Absorberplatten genau definiert eingestellt werden kann. Die Distanzelemente sind vorzugsweise aus Materialien, die im Klebstoff weder quellen, noch beim Aushärten oder Abtrocknen des Klebstoffes Schwund zeigen.

**[0044]** Bei der Absorberplatte 41, wie sie in der Fig. 8 gezeichnet ist, werden die Stäbchen 39, die sich in der Dimensionierung nicht von denen des vorhergehenden Beispiels unterscheiden, mit ihren Endbereichen in einen Kamm 44 eingelegt, der eine Vielzahl von Zähnen 45 mit einer Breite von 0.2 mm aufweist und damit die Breite der zu erstellenden Mikrospalten 31 vorgibt. Die Stäbchen 39 lassen sich direkt in den Kamm 44 einkleben oder einklemmen. Werden auf diese Weise 100 Stäbchen zu einer Absorberplatte zusammengefügt, so weist diese wieder eine Fläche von 200 × 200 mm und 99 Mikrospalten mit einer Breite von 0.2 mm auf, die sich zu einer akustisch wirksamen Fläche von annähernd 10% bezogen auf die erste Oberfläche der Absorberplatte addieren.

**[0045]** Die Masse, die in den Ausführungsbeispielen zu den Absorberplatten mit Mikrospalten gegeben sind, sollen den Vergleich dieser Platten erlauben und nicht den Eindruck erwecken, dass sich mittels der beschriebenen Methoden nur Platten mit den angegebenen Massen herstellen lassen. Die beschriebenen Herstellungsverfahren lassen dem Fachmann vielmehr eine grosse Freiheit bei der Dimensionierung und der Einstellung der Absorberleistung der Absorberplatten. Es versteht sich, dass die Platten sowohl allein in einfachen wie auch zu zweit oder zu mehreren in zusammengesetzten Sandwichelementen verwendet werden können. Gemäss bevorzugter Ausführungsformen werden diese Absorberplatten aus Glasstäbchen aufgebaut und ersetzen die verfahrenstechnisch aufwändigen Verfahren zum Mikroschlitzten oder Mikroperforieren von Glasplatten. Um die Absorberplatten mit den vorzugsweise sekurisierten Glasstäbchen zusätzlich zu stabilisieren, werden zum Beispiel die Stäbchen an den Endbereichen stirnseitig oder umlaufend mit Rahmenelementen stabilisiert und gesichert.

**[0046]** Um trotz schmaler Mikrospalten hohe offene Flächen und damit gute Schallabsorptionswerte über breite Frequenzbereiche zu erreichen, haben sich sehr schmale Spalten mit Breiten von im Bereich von 0.05 bis 0.3 mm, vorzugsweise 0.2 mm als vorteilhaft erwiesen. Die schmalen Spaltenbreiten von unter 0.3 mm lassen sich gemäss weiterer vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung auch durch additive Verfahren, wie zum Beispiel das versetzte Übereinanderlagern von zwei Einsätzen mit Spaltbreiten von mehr als 0.3 mm, erreichen.

**[0047]** Werden Absorber mit breiteren Spalten gemäss der erfindungsgemässen Verfahren aufgebaut, so lässt sich die Spaltenbreite in nachfolgenden Verfahrensschritten zum Beispiel durch Tauchen in Klarlack verringern.

**[0048]** Im Diagramm der Fig. 9a ist das die Absorptionsleistung Alpha ( $\gamma$ -Achse) gegen die Frequenz ( $x$ -Achse) im Bereich von 62.5 bis 4000 Hz aufgetragen. Das sehr breite Absorptionsspektrum eines sandwichartig aus zwei Absorberplatten mit Mikrospalten zusammengesetzten Absorber weist zwei Absorptionsmaxima auf. Die Spalten der ersten Absorberplatte mit einer Dicke von 1 mm sind 0.2 mm breit und weisen eine Resonanzlänge (als Helmholtzresonator) von 12 mm auf. Sie bilden in der Absorberplatte eine akustisch wirksame offene Fläche von 10%. Die Spalten der zweiten, 5 mm dicken Absorberplatte sind ebenfalls 0.2 mm breit, weisen eine Resonanzlänge von 45 mm auf und bilden in der zweiten Absorberplatte eine akustisch wirksame offene Fläche von 10%. Die Stege sind jeweils 1.8 mm breit. Die zwei Absorptionsmaxima befinden sich bei etwa 1000 und 3500 Hz.

**[0049]** In der Fig. 9b ist zum Vergleich ein Absorptionsspektrum eines einfach aufgebauten Absorbers mit einer 5 mm dicken Absorberplatte mit 1,8 mm breiten Stegen und 0.2 mm breiten Mikrospalten mit einer Resonanzlänge von 40

mm, das heisst der Abstand von der schallharten Rückwand beträgt 40 mm. Das vermessene Akustikelement weist eine akustisch wirksame offene Fläche von 5% auf und absorbiert mit einem breiten Absorptionsspektrum, dessen Maximum im Bereich von etwa 800 Hz bei 1 liegt.

[0050] Angesichts der oben offenbarten Technischen Lehre der vorliegenden Erfindung ist es für den Fachmann offensichtlich, dass im Hinblick auf die Materialauswahl und bautechnische Varianten und insbesondere hinsichtlich der Art der Absorber enorme Variationsmöglichkeiten bestehen.

[0051] Die erfindungsgemässen Absorptionselemente lassen dem Hersteller ein Höchstmass an gestalterischer Freiheit. Sowohl die Art der Absorber wie auch deren Anordnung, wie auch die Form und Ausgestaltung der Absorbereinsätze kann in weiten Bereichen variiert werden.

[0052] Gemäss weiterer nicht in den Figuren dargestellten Ausführungsformen werden die transparenten und/oder transluzenten Absorber mit Beleuchtungsmitteln kombiniert, um zusätzlich zur Schallabsorption noch Lichteffekte zu erzeugen. Absorbereinsätze aus Glas bieten sich in idealer Weise an, um in Kombination mit LEDs, Lichtleitern oder anderen Lichtquellen Lichtakzente im Akustikelement zu setzen. Die Leuchtmittel lassen sich derart anbringen, dass sie die Absorberleistung nicht negativ beeinflussen.

#### Liste der Bezugszeichen

##### [0053]

- 1 Akustikelement
- 2 Tragelement
- 3 Absorber
- 4 Akustikelement
- 5 Tragelement
- 6 Absorber
- 7 erste Oberfläche
- 8 Akustikelement
- 9 Absorber
- 10 Trägerglasscheibe
- 11 erste Oberfläche
- 12 Ausnehmung
- 13 Mikroperforierte Platte
- 14 Seitenwand
- 15 Mikroperforierte Platte
- 16 Verklebung
- 17 zweite Oberfläche
- 18 Steg
- 19 Hohlraum
- 20 erste Oberfläche
- 21 Absorber
- 22 mikroperforierte Platte
- 23 Platte
- 24 Hohlraum
- 25 Akustikelement

- 26 Absorber
- 27 Tragplatte
- 28 Ausnehmung
- 29 Haltering
- 30 Absorberplatte
- 31 Mikrospalten
- 32 erste Oberfläche
- 33 Stützkonstruktion
- 34 Hohlraum
- 35 erste Oberfläche
- 36 Stäbchen
- 37 Mittelbereich
- 38 Endbereich
- 39 Stäbchen
- 40 Absorberplatte
- 41 Absorberplatte
- 42 Klebstoff
- 43 Distanzpartikel
- 44 Kamm
- 45 Zähne

#### Patentansprüche

1. Akustikelemente (1, 8, 25) umfassend mindestens ein Tragelement (2, 5) mit mindestens einer Ausnehmung (12, 28) zur Aufnahme von mindestens einem schallabsorbierenden Absorber (3, 6, 9, 26), wobei die Fläche der mindestens einen Ausnehmung (12, 28) 3 bis 60%, vorteilhafter Weise 20 bis 50% der Oberfläche der Tragelemente (2, 5) ausmacht.
2. Akustikelemente nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 6, 9, 26) eine durch Mikroperforation, Mikroschlitz, Mikrospalten (31) oder eine Kombination davon gebildete akustisch wirksame offene Fläche aufweist, die 1 bis 12%, vorzugsweise 7 bis 12%, besonders bevorzugt 10% der Gesamtfläche einer ersten Oberfläche (7, 11, 20, 32, 35) des Absorbers (3, 6, 9, 26) entspricht.
3. Akustikelemente nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 6, 9, 26) aus Glasmaterialien und/oder Nicht Glasmaterialien, wie Metall, Kunststoff und/oder Holz gefertigt ist.
4. Akustikelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 6, 9, 26) im Wesentlichen aus Glasmaterial besteht und im Drahtsägeverfahren hergestellte Mikroschlitz aufweist.
5. Akustikelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 6, 9, 26) im Wesentlichen aus einer Vielzahl von Glaselementen aufgebaut ist, die eine Vielzahl von Mikrospalten (31) bilden.
6. Akustikelemente nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Glaselemente im Querschnitt annähernd rechteckige Glasstäbchen (36, 39) sind, die auf einen Spaltabstand von 0.05 bis 0.8 mm, vorzugsweise zwischen 0.1 und 0.8 mm, und besonders bevorzugt 0.2 mm miteinander verklebt und/oder in einen Rahmen gefasst sind.
7. Akustikelemente nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Mikroschlitz oder Mikrospalten (31) Stege (18) mit einer Breite von 1 bis 8 mm, vorzugsweise 1.5 bis 3 mm und besonders bevorzugt 1.8 mm angeordnet sind.

## CH 700 728 B1

8. Akustikelemente nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 6, 21, 26) schallabsorbierende Membranen, Folien, gewebte und nicht gewebte Textilien, offenporige Schaumstoffe oder geblähte Baustoffe und/oder Kombinationen davon umfasst.
9. Akustikelemente nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die akustisch wirksamen Absorbermaterialien zwischen 3 bis 60%, vorzugsweise zwischen 5 bis 20% Gesamtfläche einer ersten Oberfläche (7, 11, 20, 32, 35) des Akustikelements (1, 8, 25) ausmachen und einen spezifischen Strömungswiderstand zwischen 500 bis 3000 Pa\*s/m aufweisen.
10. Akustikelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragelement (2, 5) aus Glas oder Kunstglas, vorzugsweise aus Flachglas, Floatglas, Spiegelglas, Verbund-Sicherheitsglas, Einscheiben-Sicherheitsglas gefertigt ist.
11. Akustikelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 9, 21, 26) als Einfeldenelement oder als Sandwichkonstruktion mit oder ohne Vliesmaterial ausgebildet ist.
12. Akustikelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Absorber (3, 9, 21, 26) in die jeweilige Aufnahmeöffnung eingeklebt oder mittels einer Haltevorrichtung fest oder lösbar gehalten ist.
13. Verfahren zur Herstellung vom Akustikelementen gemäss einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tragelement (2, 5) aus Glas mit Aufnahmeöffnungen versehen wird, die Innenwände der Ausnahmeöffnungen (12, 28) sekurisiert gemacht und das Tragelement (2, 5) anschliessend sekurisiert und mit dem mindestens einen Absorber (3, 9, 21, 26) versehen wird.
14. Verfahren zur Herstellung vom Akustikelementen gemäss einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Glasstäbchen (36, 39) zu einer Absorberplatte (30, 40, 41) mit Mikrospalten zusammengefügt werden.
15. Verfahren zur Herstellung vom Akustikelementen nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, dass die im Querschnitt rechteckigen Glasstäbchen (36, 39) 1 bis 8 mm, vorzugsweise 1.5 bis 3 mm und besonders bevorzugt 1.8 mm breit sind und auf einen Abstand entsprechend der Spaltbreite von 0.05 bis 0.8 mm, vorzugsweise zwischen 0.1 und 0.8 mm, und besonders bevorzugt 0.2 mm miteinander verklebt und/oder in einen Rahmen gefasst sind.
16. Verfahren zur Herstellung vom Akustikelementen gemäss einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass Mikroschlitz in Absorberplatten (30, 40, 41) aus Glas gesägt werden.

Fig. 1

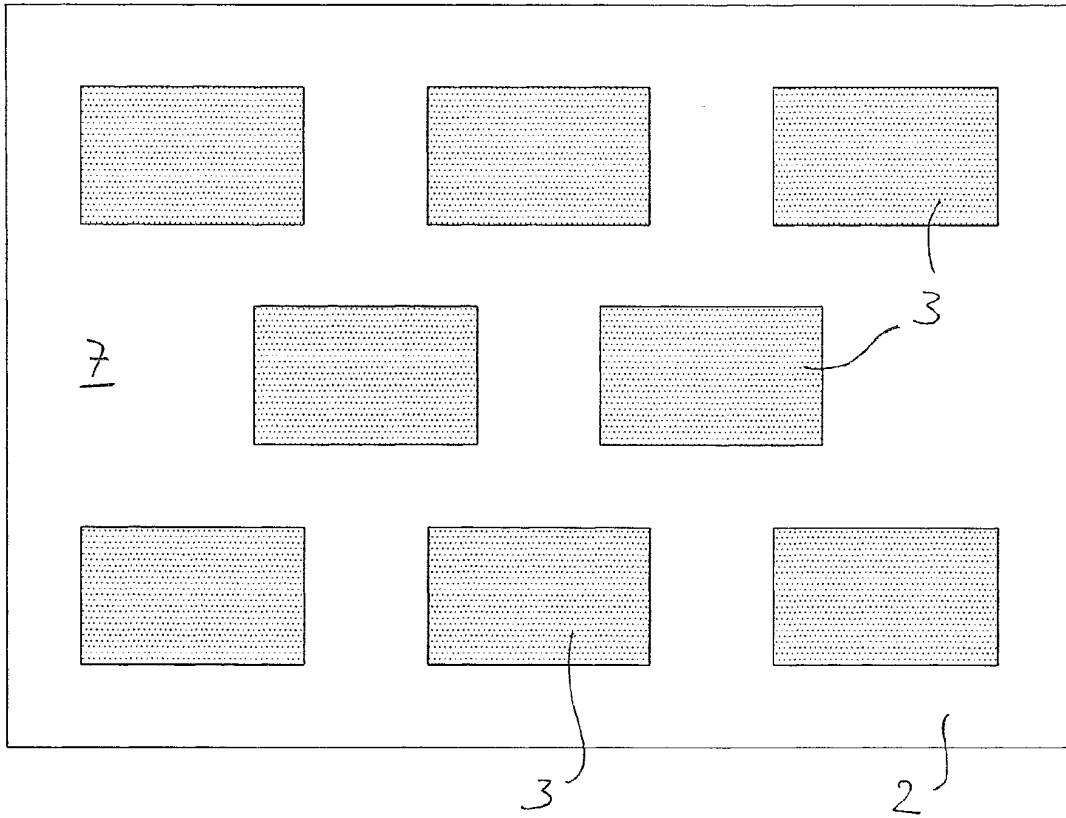
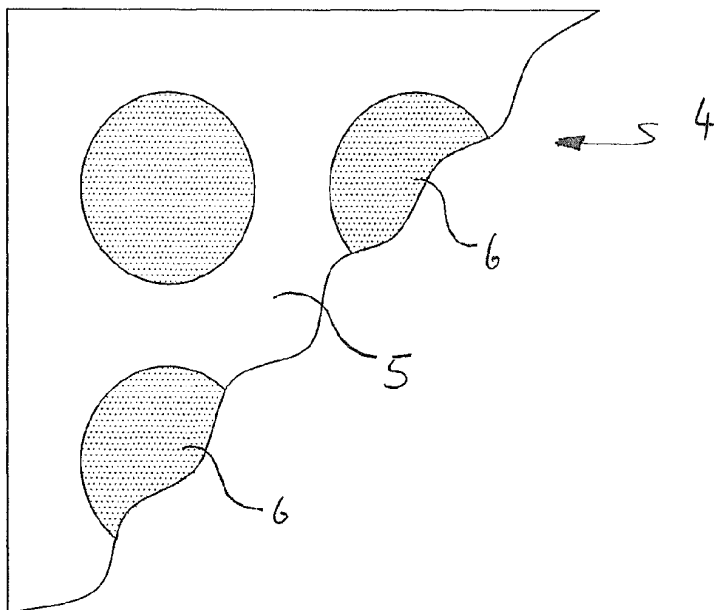


Fig. 2



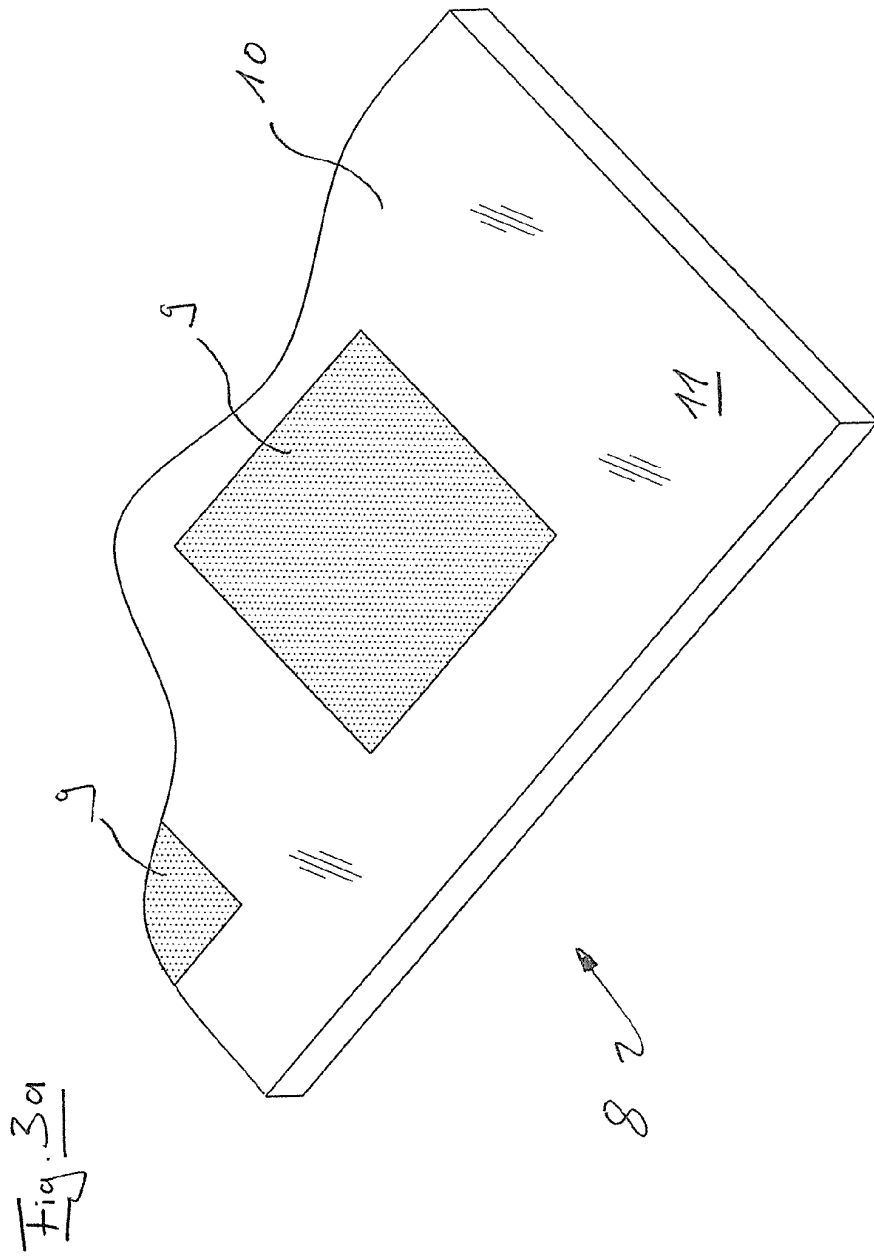


Fig. 3a

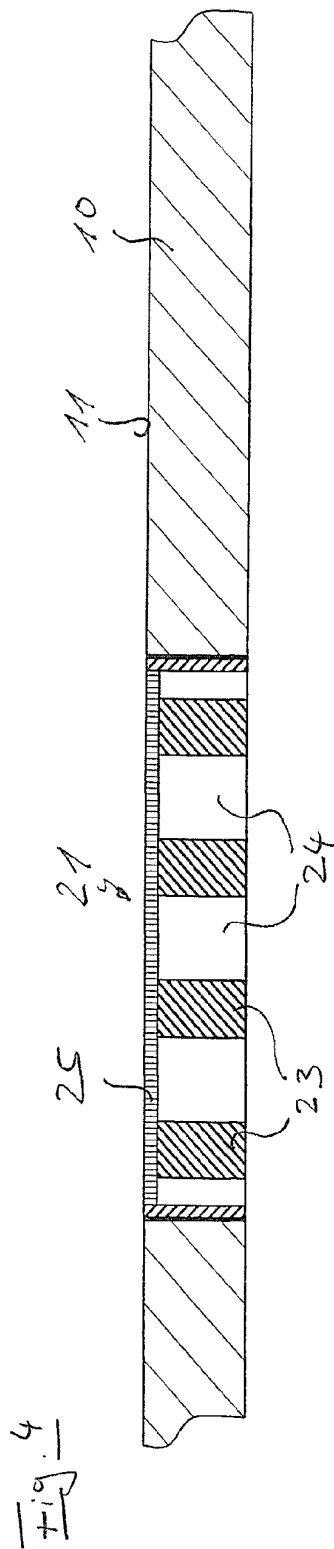
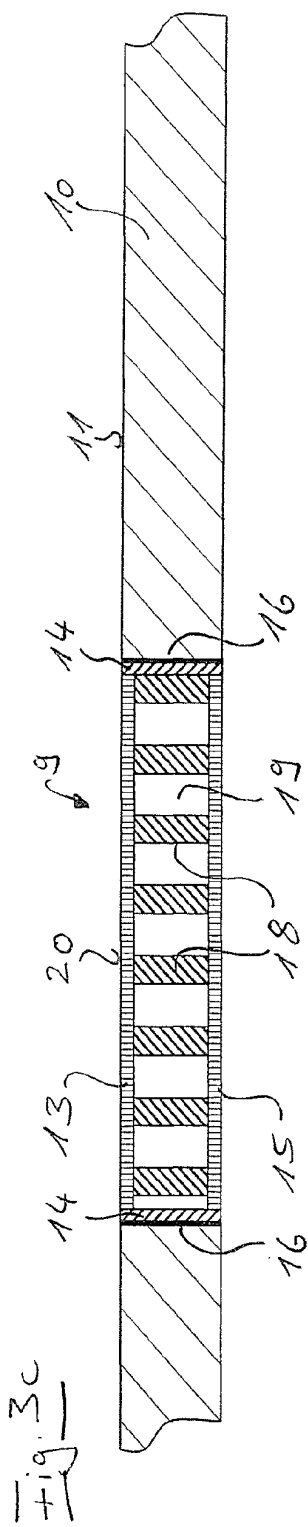
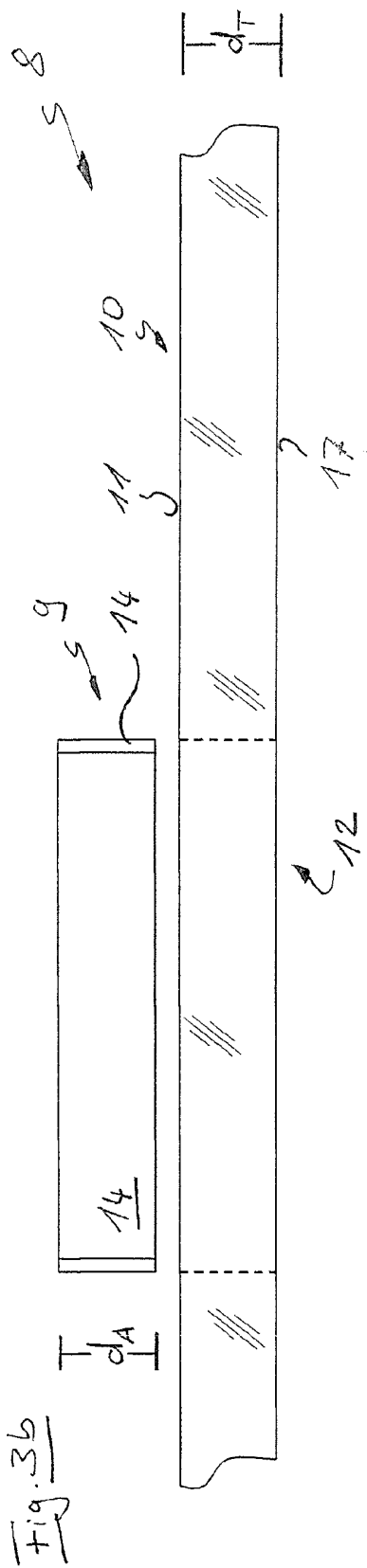


Fig. 5a

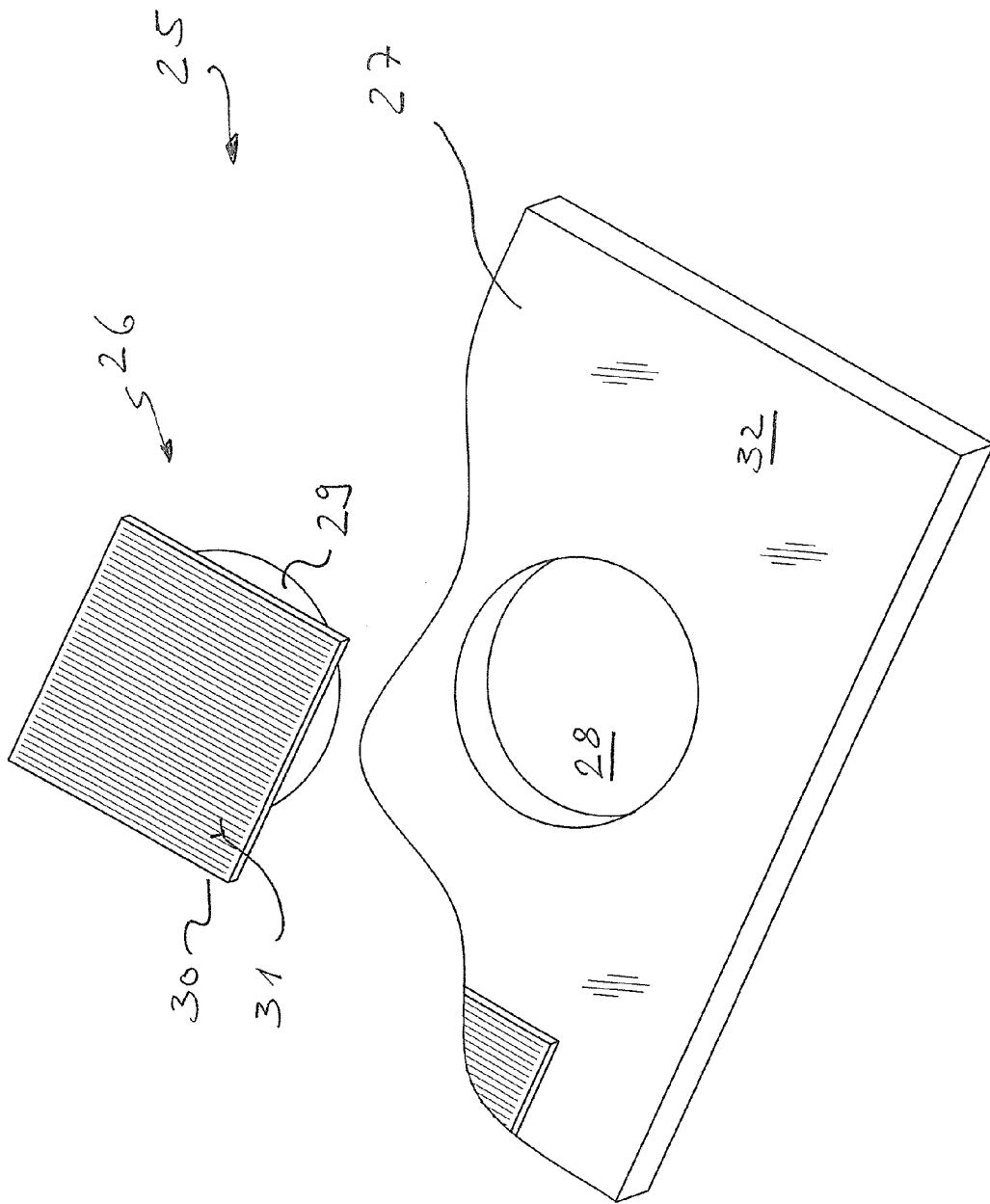


Fig. 5b

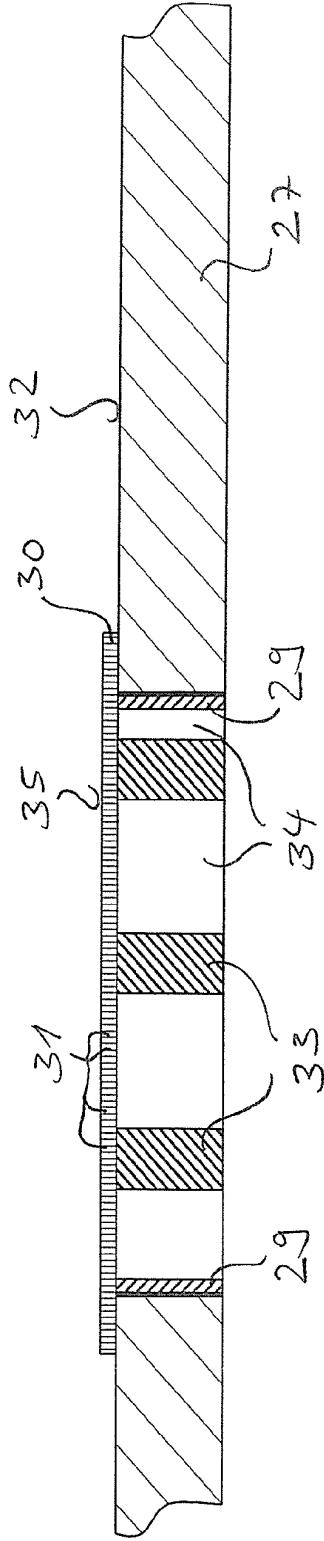


Fig. 5c

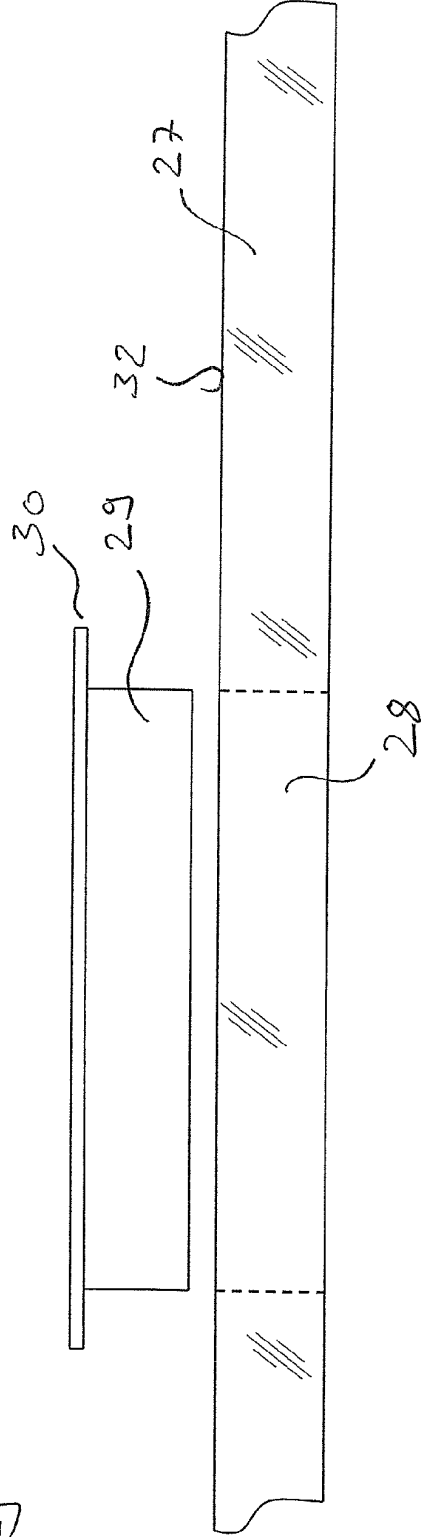


Fig. 6b

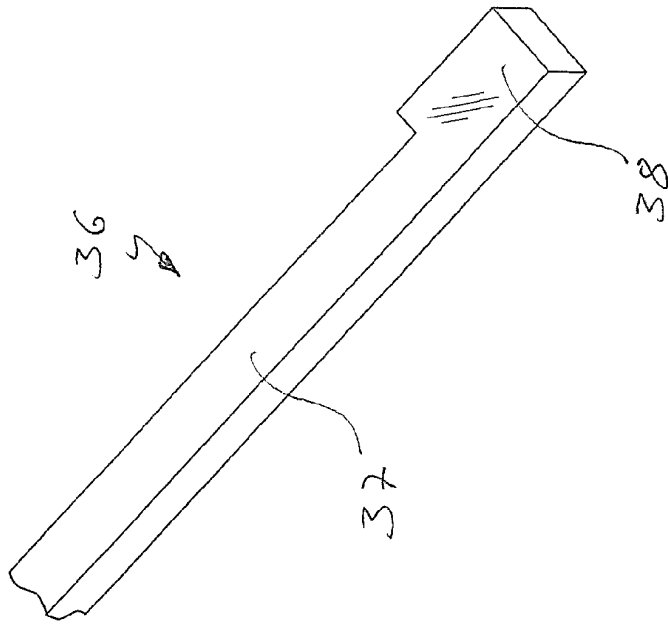
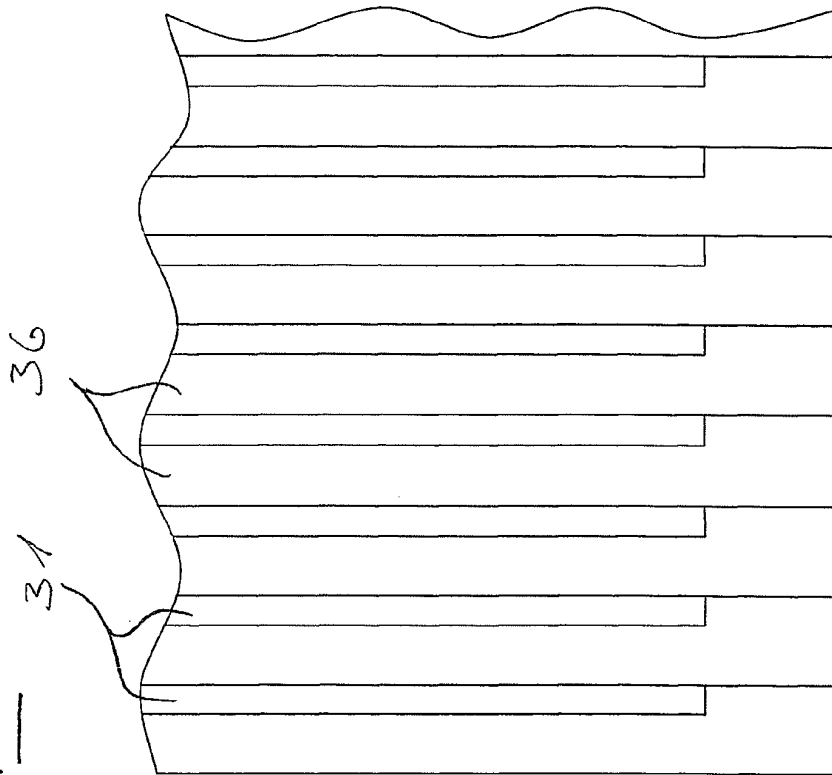


Fig. 6a



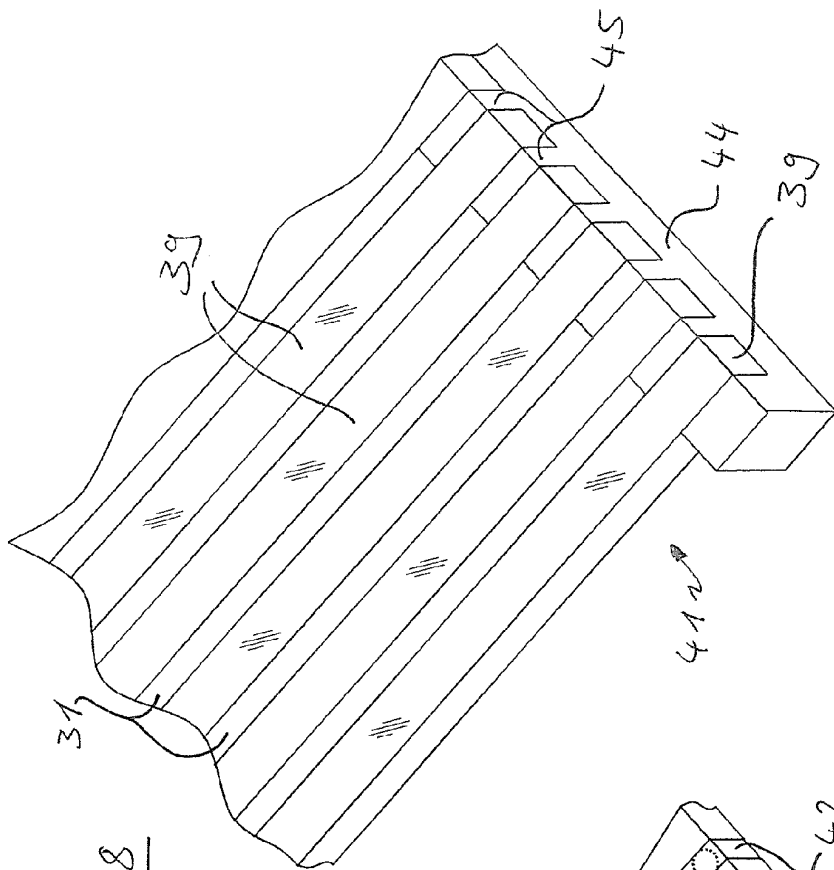


Fig. 8

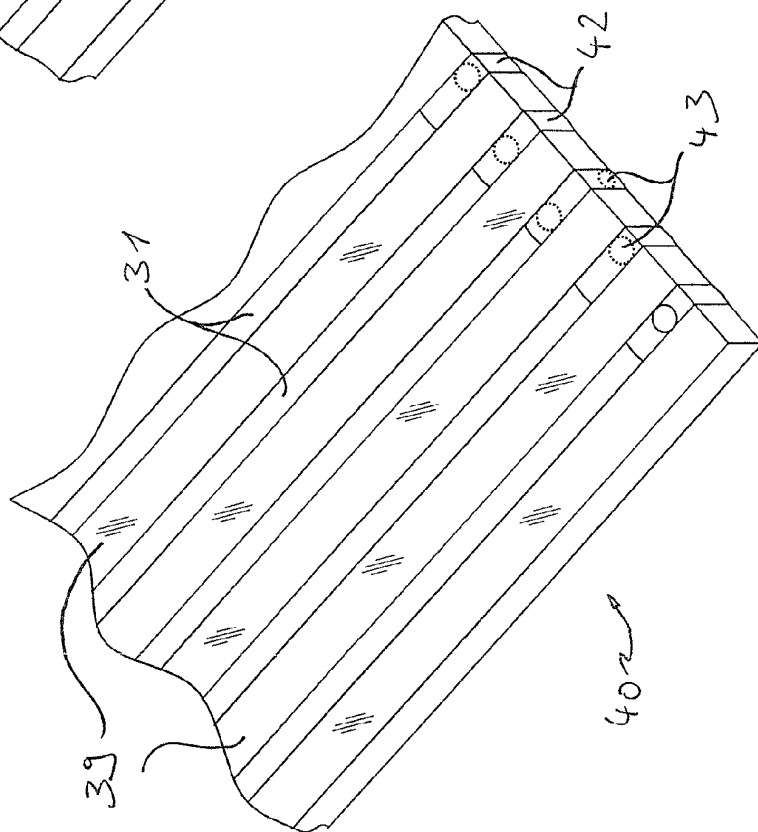


Fig. 7

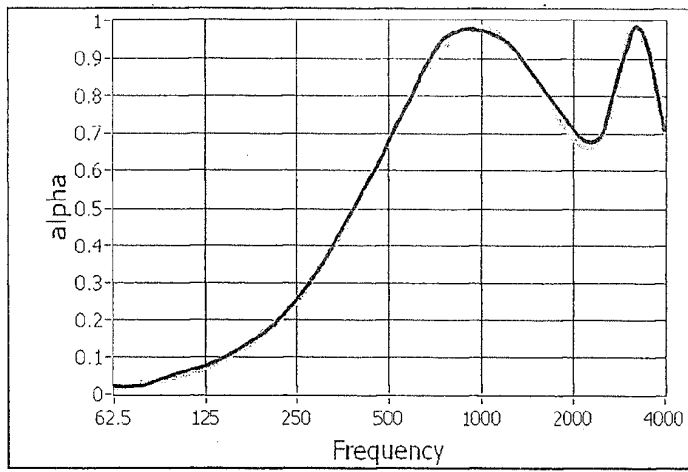


Fig. 9a

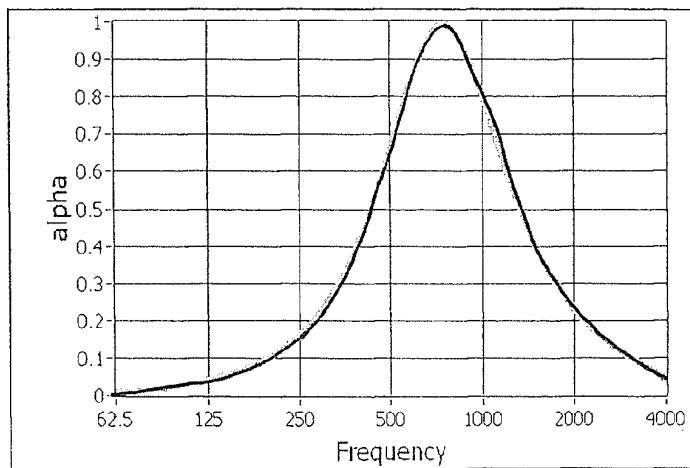


Fig. 9b