



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.04.2020 Patentblatt 2020/18**

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

(21) Anmeldenummer: **18202991.8**

(22) Anmeldetag: **26.10.2018**

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

(71) Anmelder: **Foldart GmbH**  
**83059 Kolbermoor (DE)**

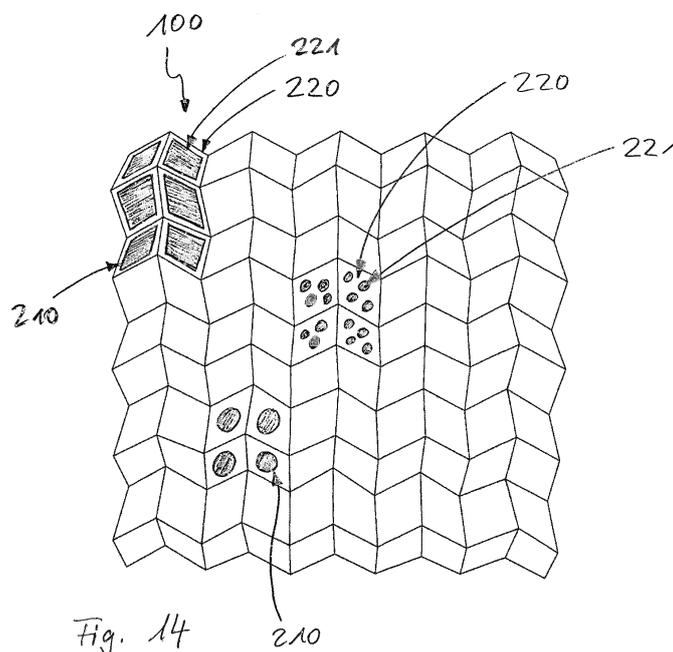
(72) Erfinder: **Keim, Heidrun**  
**83059 Kolbermoor (DE)**

(74) Vertreter: **Schollweck, Susanne**  
**ZSP Patentanwälte PartG mbB**  
**Hansastraße 32**  
**80686 München (DE)**

(54) **STRUKTURELEMENT ZUR REFLEXION UND/ODER STREUUNG UND/ODER ABSORPTION VON AKUSTISCHEN WELLEN, SYSTEM, DAS EIN STRUKTURELEMENT ODER EINE VIELZAHL VON STRUKTURELEMENTEN UMFASST, ENTSPRECHENDES VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES STRUKTURELEMENTS SOWIE DEREN VERWENDUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Strukturelement (100) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen, umfassend eine oder mehrere Erhebungen (131) und/oder eine oder mehrere Vertiefungen (132), die derart als dreidimensionale Struktur (130) angeordnet ist oder sind, dass die akustischen Wellen an der einen oder den mehreren Erhebungen (131) und/oder an der einen oder den mehreren Vertiefungen

(132) definiert in eine oder mehrere Richtungen lenkbar und/oder ausrichtbar sind bzw. absorbierbar sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein System, das ein Strukturelement oder mehrere Strukturelemente umfasst, ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines Strukturelements sowie die Verwendung von Strukturelement und System.



**Beschreibung****Technisches Gebiet der Erfindung**

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Strukturelement zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen, ein System bzw. Struktursystem, das mindestens ein Strukturelement oder eine Vielzahl von Strukturelementen umfasst, ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines Strukturelements sowie die Verwendung von Strukturelement und System.

10 **Hintergrund der Erfindung**

**[0002]** Zur Verbesserung der Raumakustik werden in Büro-, Besprechungs- und Arbeitsräumen beispielsweise schallabsorbierende Elemente wie Unterdecken, abgehängte Decken oder Vorsatzschalen eingesetzt. In Vortrags- und Konzertsälen werden darüber hinaus schallreflektierende Wandelemente an Decken und/oder Seitenwänden angebracht. Solche Elemente benötigen teilweise aufwändige Baumaßnahmen, wie zum Beispiel Unterkonstruktionen. Einmal installiert, sind die genannten Elemente zudem hinsichtlich ihrer Wirkungsweise und Ausgestaltung nur bedingt an die akustischen Anforderungen anpassbar.

15 **[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Elemente sowie entsprechende Systeme zur Gestaltung der Raumakustik bereitzustellen, mit welchen verbesserte akustische Effekte, insbesondere definierte oder auch flexibel definierbare akustische Effekte erzielbar sind, wobei die Elemente und Systeme dabei flexibel und einfach einsetzbar und anwendbar sein sollen. Aufgabe der Erfindung ist es auch, ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung derartiger Elemente bzw. Systeme bereitzustellen, sowie eine Verwendung derartiger Elemente bzw. Systeme anzugeben.

25 **Beschreibung der Erfindung**

**[0004]** In einem ersten Aspekt wird daher zur Lösung einer oder mehrerer der vorstehend genannten Aufgaben ein Strukturelement oder Akustikelement zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und/oder Dämpfung von akustischen Wellen bereitgestellt, das eine oder mehrere Erhebungen und/oder eine oder mehrere Vertiefungen umfasst, die derart als dreidimensionale Struktur angeordnet ist oder sind, dass die akustischen Wellen an der einen oder den mehreren Erhebungen und/oder an der einen oder den mehreren Vertiefungen definiert in eine oder mehrere Richtungen lenkbar und/oder ausrichtbar sind und/oder absorbierbar sind. Die akustischen Wellen sind also definiert reflektierbar und/oder streubar und/oder absorbierbar und/oder dämpfbar.

30 **[0005]** Das heißt, die auf die eine oder die mehreren Erhebungen und/oder die eine oder die mehreren Vertiefungen auftreffenden akustischen Wellen sind definiert in eine oder mehrere Richtungen lenkbar und/oder ausrichtbar, je nach Ausgestaltung der dreidimensionalen Struktur.

**[0006]** Insbesondere ist ein Strukturelement oder Akustikelement zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und/oder Dämpfung von akustischen Wellen bereitgestellt, das eine oder mehrere Erhebungen und/oder eine oder mehrere Vertiefungen umfasst, die derart als dreidimensionale Struktur angeordnet ist oder sind, dass die akustischen Wellen an der einen oder den mehreren Erhebungen und/oder an der einen oder den mehreren Vertiefungen insbesondere definiert reflektierbar und/oder streubar und/oder absorbierbar und/oder dämpfbar sind.

35 **[0007]** Akustische Wellen werden hierin auch Schallwellen genannt. In der nachfolgenden Beschreibung werden Begriffe wie 'Strukturelemente', 'Erhebungen', 'Vertiefungen', 'Flächenelemente' etc. verwendet. Dies soll nicht ausschließen, dass die Beschreibung auch für ein einzelnes Strukturelement, eine einzelne Erhebung oder eine einzelne Vertiefung etc. gelten kann. Die Begriffe "lenkbar" oder "ausrichtbar" können neben Reflexion und Streuung vorzugsweise auch im Zusammenhang mit Absorption oder Dämpfung gelten. Dämpfung ist hier auch als Verringerung der Schallintensität zu verstehen.

**[0008]** Das Strukturelement oder Akustikelement umfasst eine dreidimensionale oder räumliche Struktur mit in sich angeordneten Erhebungen oder Vertiefungen.

40 **[0009]** Erhebungen und Vertiefungen liegen also derart nebeneinander vor, dass sie eine dreidimensionale Struktur ausbilden. Im Falle des hier beschriebenen Strukturelements ist aufgrund der Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) eine räumliche Ausdehnung ausgebildet. In Bezug auf einen Betrachter liegen die Erhebungen näher an dem Betrachter als die Vertiefungen. Anders ausgedrückt, eine dreidimensionale Struktur mit Erhebungen und Vertiefungen entspricht zum Beispiel einer zick-zack-förmigen Struktur oder einer wellenförmigen Struktur, wobei nebeneinanderliegenden Erhebungen, oder auch Berge, oder Vertiefungen, oder auch Täler, unterschiedliche Höhen bzw. Tiefen aufweisen können.

45 **[0010]** Da das Strukturelement vorzugsweise als ein plattenförmiges Element ausgebildet ist, weist es eine Breite, eine Länge sowie eine Höhe auf. Die Breite und die Länge sind als ein Vielfaches der Höhe ausgebildet, wobei die Begriffe 'Erhebung' oder 'Vertiefung' vorzugsweise in Bezug auf die Höhe des Strukturelements bezogen sind.

**[0011]** Die dreidimensionale Struktur oder auch die Erhebungen(en) und/oder Vertiefung(en) bildet oder bilden vor-

zugsweise eine akustisch wirksame Fläche oder einen akustisch wirksamen Bereich aus oder umfasst oder umfassen eine akustisch wirksame Fläche oder einen akustisch wirksamen Bereich. Das heißt, insbesondere die akustisch wirksame Fläche oder der akustisch wirksame Bereich ermöglicht die Verarbeitung der akustischen Wellen, das heißt, die Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption der einfallenden akustischen Wellen, insbesondere die definierte

5 Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption der einfallenden akustischen Wellen.  
**[0012]** Die akustischen Wellen treffen ggf. auch auf andere Bereiche des Strukturelements auf; die akustisch wirksame Fläche ist jedoch die zur Verarbeitung der akustischen Wellen vorgesehene Fläche oder auch der akustisch wirksame Bereich, um die gewünschten akustischen Effekte zu erzielen. Insbesondere können definierte Frequenzen gezielt reflektiert, gestreut, absorbiert und/oder gedämpft werden.

10 **[0013]** Die hierfür vorgesehene Seite des Strukturelements, die die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbildet, ist dessen Vorderseite, während die der Vorderseite abgewandte Seite die Rückseite des Strukturelements bildet. Als Vorderseite und Rückseite sind vorzugsweise die größten Flächen des Strukturelements zu verstehen. Auch wenn Schallwellen auf alle Seiten eines Strukturelements auftreffen können, bildet die Vorderseite die maßgebliche akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich aus.

15 **[0014]** Ein wesentlicher Punkt der Erfindung ist, dass die auf das Strukturelement, das heißt, auf die dreidimensionale Struktur und damit auf die Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) auftreffenden akustischen Wellen, auch Schallwellen genannt, je nach Einfallswinkel und je nach Ausrichtung und Beschaffenheit der Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) unterschiedlich reflektiert, gestreut und/oder absorbiert werden. Mittels definierter Ausrichtung und definierter Beschaffenheit der dreidimensionalen Struktur oder auch der Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) lassen sich die akustischen Wellen so gezielt in eine gewünschte Richtung lenken, wobei dies auch Absorption bedeuten kann. Darüber hinaus entfalten die erfindungsgemäßen Elemente und Systeme eine hohe ästhetische Wirkung.

20 **[0015]** In einer Ausführungsform ist die eine oder sind die mehreren Erhebungen und/oder ist die eine oder sind die mehreren Vertiefungen oder auch die dreidimensionale Struktur aus aneinandergrenzenden Flächenelementen ausgebildet, wobei die Flächenelemente in einem definierten Winkel oder in definierten Winkeln zueinander angeordnet sind. Die Anordnung der Flächenelemente zueinander erlaubt eine präzise Lenkung der auftreffenden akustischen Wellen. Das oder die Flächenelemente sind vorzugsweise als akustische Wellen reflektierende Flächenelemente und/oder als akustische Wellen streuende Flächenelemente und/oder als akustische Wellen absorbierende Flächenelemente ausgebildet. Je nach Material sind insbesondere die Oberflächen der Flächenelemente wirksam.

25 **[0016]** Vorzugsweise sind die einzelnen Flächenelemente durch Knicke oder Knick- oder Falllinien voneinander abgegrenzt. Die Flächenelemente sind also vorzugsweise durch Knick- oder Falllinien definiert oder festgelegt.

30 **[0017]** Die einzelnen Flächenelemente bilden so zum Beispiel Zellen, wobei jede Zelle ihren Anteil an der Reflexion, der Streuung und/oder der Absorption beiträgt. Das Strukturelement ist also vorzugsweise als zelluläre Struktur ausgebildet.

35 **[0018]** Glatte, reflektierende Flächen oder auch Oberflächen der Erhebungen und/oder Vertiefungen reflektieren die Schallwellen nach dem physikalischen Prinzip Ausfallswinkel gleich Einfallswinkel. Durch die Vorgabe der Neigungswinkel der Flächenelemente der Erhebungen und/oder der Vertiefungen können somit die bevorzugten Abstrahlwinkel der ausgehenden akustischen Wellen oder Schallwellen gezielt eingestellt werden, so dass die akustischen Wellen gezielt lenkbar sind.

40 **[0019]** Raue Flächen oder Oberflächen, die beispielsweise durch körnige Beschichtungen hergestellt werden können oder zum Beispiel aus porösen Materialien ausgebildet sind, führen zur Streuung der akustischen Wellen oder Schallwellen und damit zu diffusen Anteilen im reflektierten Schall. Dadurch können beispielsweise Informationen, die in den eintreffenden Schallwellen enthalten sind, unterdrückt werden. Inhalte von Gesprächen sind dadurch zum Beispiel nicht mehr verständlich.

45 **[0020]** Absorbierende Flächen oder Oberflächen, wie beispielsweise Vliese, wandeln die Energie der Schallwellen weitgehend in Wärme um und verhindern damit eine Reflexion oder Streuung der Schallwelle. Die Schallwelle bzw. der Schall wird absorbiert.

50 **[0021]** Mit dem erfindungsgemäßen Strukturelement oder auch Modul oder Strukturmodul lassen sich die genannten akustischen Effekte - Reflexion, Streuung, Absorption, Dämpfung - vorzugsweise durch geeignete Kombination der Neigungswinkel der Erhebungen und/oder Vertiefungen und/oder durch die Wahl der Beschaffenheit der Flächen oder Oberflächen gezielt einstellen, das heißt, die akustischen Wellen sind an dem Strukturelement und damit an der dreidimensionalen Struktur der Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) definiert oder gezielt lenkbar und/oder auch ausrichtbar und/oder absorbierbar oder dämpfbar.

55 **[0022]** In einer Ausführungsform ist die dreidimensionale Struktur des Strukturelements als regelmäßige Struktur ausgebildet. Bei regelmäßigen Strukturen weisen korrespondierende Flächenelemente benachbarter Erhebungen und/oder Vertiefungen in dieselbe Richtung. Dadurch werden Reflexion, Streuung oder Absorption an den Flächenelementen der einzelnen Erhebungen und/oder Vertiefungen vielfach verstärkt.

**[0023]** Um gewünschte besondere Effekte zu erzielen, ist es in einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, die dreidimensionale Struktur des Strukturelements als unregelmäßige Struktur auszubilden. Durch eine geeignete Ausge-

staltung, Ausrichtung und Anordnung der Flächenelemente können zum Beispiel reflektierte Schallwellen gebündelt oder auch aufgefächert werden. Damit können beispielsweise akustische Linseneffekte wie Fokussierung oder Zerstreuung erzielt werden.

**[0024]** In einer weiteren Ausführungsform ist die dreidimensionale oder räumliche Struktur als eine oder mehrere Faltungen aufweisende Struktur oder Faltstruktur ausgebildet, vorzugsweise, um die Erhebung(en) und/oder Vertiefungen(en) auszubilden. Das heißt, die Erhebung(en) und/oder Vertiefungen(en) werden vorzugsweise durch Umformen eines Grundelements oder Ausgangselements gebildet, wobei das Umformen ein Falten ist. Die Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) sind also vorzugsweise als gefaltete Erhebung(en) und/oder gefaltete Vertiefung(en) ausgebildet. Die durch die Faltung entstehenden Knicke steifen das Strukturelement aus, so dass, zum Beispiel auch bei dem Einsatz dünner Bleche oder Folien, keine zusätzlichen stabilisierenden Maßnahmen erforderlich sind. Zusätzliche Konstruktionen wie Träger, zum Beispiel Träger aus Lochplatten, können vermieden werden. Die aussteifende Wirkung der Falten bzw. Faltungen verhindert darüber hinaus eine Luftschall-Anregung bei leichten Materialien. Außerdem wird die akustisch wirksame Schichtdicke des Strukturelements erhöht. Im Vergleich zu Vollmaterial gleicher Dicke kann so maßgeblich Material eingespart werden.

**[0025]** Wie oben beschrieben, sind die Flächenelemente in einem definierten Winkel oder in definierten Winkeln zueinander angeordnet. Sie sind beispielsweise durch Knicklinien oder Knicke oder Faltlinien voneinander abgegrenzt.

**[0026]** Die Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) können in ihrer Höhe und Form in einem weiten Bereich variiert werden, sie können runde, gekrümmte oder eckige Bereiche aufweisen und in variabler Höhe ausgebildet sein. Zudem ermöglichen die Faltungen bzw. Knicke vorzugsweise eine definierte Abgrenzung einzelner Flächenelemente. Damit lassen sich die einzelnen Flächenelemente gezielt, insbesondere relativ zueinander, ausrichten.

**[0027]** In einer Ausführungsform ist die dreidimensionale Struktur oder sind die eine oder die mehreren Erhebungen und/oder die eine oder die mehreren Vertiefungen aus mindestens einem ersten Material und/oder aus mindestens einem zweiten Material ausgebildet, die vorzugsweise als sich überdeckende Lagen angeordnet sind. Das heißt, es sind zum Beispiel ein oder mehrere erste Materialien und/oder ein oder mehrere zweite Materialien zur Ausbildung eines Strukturelements vorgesehen. In anderen Worten, das Strukturelement umfasst mindestens ein erstes Material und/oder mindestens ein zweites Material.

**[0028]** Bei einer Ausführungsform ist das mindestens eine erste Material als ein blechartiges Material und das mindestens eine zweite Material als ein bahnartiges Material vorgesehen.

**[0029]** In einer Ausführungsform ist das mindestens eine erste Material, also zum Beispiel das blechartige Material, aus Metall oder einer Metalllegierung ausgebildet. Zum Einsatz kommt hier zum Beispiel ein Metallblech. In einer weiteren Ausführungsform ist das mindestens eine zweite Material, also zum Beispiel das bahnartige Material, aus Kunststoff, Textil, Vlies, insbesondere aus Carbonfaser-Vlies, aus Papier, Kartonage und/oder einem Verbundwerkstoff ausgebildet. Insbesondere das bahnartige Material kann ein folienartiges oder textiles Material sein.

**[0030]** In einer Ausführungsform ist das mindestens eine erste Material derart ausgebildet und/oder angeordnet, dass das mindestens eine erste Material und/oder das mindestens eine zweite Material mindestens teilweise oder vollständig die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbilden.

**[0031]** In einer Ausführungsform ist oder sind das mindestens eine erste Material und/oder das mindestens eine zweite Material derart ausgebildet und/oder angeordnet, dass das mindestens eine erste Material und/oder das mindestens eine zweite Material mindestens teilweise oder vollständig die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbilden.

**[0032]** In einer Ausführungsform ist das mindestens eine erste Material als ein vorzugsweise steifes Trägerelement ausgebildet, und das mindestens eine zweite Material ist an dem Trägerelement angeordnet.

**[0033]** Das heißt, bei der Kombination von zwei oder mehreren Materialien, ist das erste Material vorzugsweise als das Trägerelement für das zweite Material vorgesehen, wobei das erste Material vorzugsweise eine Steifigkeit aufweist, die höher ist als eine Steifigkeit des zweiten Materials. Das heißt, Materialien mit definierten Steifigkeiten ergänzen sich, wobei die kombinierten Materialien vorzugsweise einen unterschiedlichen Grad an Steifigkeit aufweisen. Auch lassen sich Materialien kombinieren, die dieselbe Steifigkeit bzw. im Wesentlichen dieselbe Steifigkeit aufweisen.

**[0034]** Beim Einsatz von Materialien mit geringer Steifigkeit, wie beispielsweise Vliese, dienen vorzugsweise die Materialien mit hoher Steifigkeit, wie Metallfolien oder -bleche als Träger oder Trägerelemente. In anderen Worten ist vorzugsweise ein "selbsttragendes Material" als ein Trägerelement für ein "nicht-selbsttragendes Material" vorgesehen.

**[0035]** In einer Ausführungsform ist das mindestens eine erste Material, also zum Beispiel das Trägerelement, derart ausgebildet und/oder angeordnet, dass das mindestens eine erste Material und/oder das mindestens eine zweite Material mindestens teilweise oder vollständig den akustischen Wellen aussetzbar sind, das heißt, mindestens teilweise oder vollständig die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbilden.

**[0036]** Die Materialien, also zum Beispiel das mindestens eine erste Material, das vorzugsweise als Trägerelement für das mindestens eine zweite Material ausgebildet ist, und/oder das mindestens eine zweite Material sind vorzugsweise derart ausgebildet und/oder angeordnet, dass beide oder auch die mehreren Materialien jeweils mindestens teilweise oder vollständig die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbilden.

**[0037]** Vorzugsweise ist das Strukturelement oder die dreidimensionale Struktur aus einer Kombination aus zwei oder mehreren dieser Materialien ausgebildet. Mögliche Kombinationen sind beispielsweise (i) Metall, insbesondere Metallblech, und Carbonfaser-Vlies; (ii) Metall, insbesondere Metallblech, und sonstiges Textilvlies; (iii) Metall, insbesondere Metallblech, und ein Textil; (iv) Kunststoff und Carbonfaser-Vlies; (v) Metall, insbesondere Metallblech, und Kunststoffolie usw.

**[0038]** Als Metall bzw. Metallblech ist zum Beispiel Aluminium oder Stahl oder Titan vorgesehen. Insbesondere ist eine Kombination aus Aluminium oder Aluminiumblech und Carbonfaser-Vlies oder eine Kombination aus Stahl oder Stahlblech und Carbonfaser-Vlies oder eine Kombination aus Titan oder Titanblech und Carbonfaser-Vlies oder eine Kombination aus einer Metalllegierung oder aus einem Metalllegierungsblech und Carbonfaser-Vlies vorgesehen. Vorzugsweise ist eine Kombination aus mindestens einem reflektierenden Material und aus mindestens einem absorbierenden Material bereitgestellt.

**[0039]** Durch die Wahl der Materialien und die Art der Kombination kann die Intensität der Reflexion und/oder der Streuung und/oder der Absorption und/oder der Dämpfung optimal an die Anforderungen in Bezug auf eine Raumakustik angepasst werden. Während Metallfolien einen hohen Reflexionsgrad für Schallwellen aufweisen, zeigen Vliese, zum Beispiel Carbonfaser-Vliese, besonders hohe absorbierende Eigenschaften. Vorzugsweise kann durch die Kombination aus reflektierenden, streuenden und/oder absorbierenden Zonen oder Bereichen mit verschiedenen Materialien die akustische Wirksamkeit in gewünschter Weise optimiert werden. Beispielsweise können auf einem Strukturelement abwechselnd Reihen von schallreflektierenden und schallabsorbierenden Flächenelementen ausgebildet sein. Dadurch kann eine besonders effektive Schallführung erzielt werden. Vorzugsweise umfasst das Strukturelement eine Kombination aus reflektierenden und/oder streuenden und/oder absorbierenden und/oder dämpfenden Zonen oder Bereichen. Vorzugsweise ist die dreidimensionale Struktur als eine Kombination aus reflektierenden und/oder streuenden und/oder absorbierenden und/oder dämpfenden Zonen oder Bereichen oder Flächenelementen ausgebildet. Vorzugsweise ist durch eine definierte Anordnung von reflektierenden und/oder streuenden und/oder absorbierenden und/oder dämpfenden Zonen oder Bereichen oder Flächenelementen ein definierter akustischer Effekt erzielbar.

**[0040]** Durch die Ausformung oder Ausbildung des Strukturelements oder der dreidimensionalen Struktur mit bahn- und/oder blechartigen Materialien ist ein akustisches Element bereitgestellt, das eine gegenüber Vollmaterial geringe Masse aufweist und so vorzugsweise in der Verwendung leicht handhabbar ist.

**[0041]** Wie bereits oben beschrieben, ist die eine oder sind die mehreren Erhebungen und/oder ist die eine oder sind die mehreren Vertiefungen vorzugsweise aus aneinandergrenzenden Flächenelementen ausgebildet, wobei die Flächenelemente in definierten Winkeln zueinander angeordnet sind bzw. anordenbar sind. Die Flächenelemente sind als reflektierende und/oder streuende und/oder absorbierende Flächenelemente ausgebildet.

**[0042]** Damit alle Materialien einer Kombination von Materialien als reflektierende und/oder streuende und/oder absorbierende Flächenelemente verfügbar oder bereitgestellt sind, damit also alle Materialien zumindest zum Teil die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich bereitstellen können, ist das mindestens eine erste Material, also zum Beispiel das Trägerelement, vorzugsweise als ein Gitterelement, zum Beispiel als ein Lochblech, vorgesehen und weist somit eine Aussparung oder mehrere Aussparungen auf, zum Beispiel Löcher, Lochungen, Schlitzze, Schlitzungen, Mikroperforationen oder dergleichen Aussparungen oder Öffnungen. Durch diese Aussparungen sind sowohl das mindestens eine erste Material, also insbesondere das Trägerelement, als auch das mindestens eine zweite Material zumindest anteilig den auftreffenden akustischen Wellen aussetzbar und bilden so die akustisch wirksame Fläche mit aus. Jedes Flächenelement oder auch nur vereinzelte Flächenelemente können eine oder mehrere Aussparungen aufweisen. Diese Ausführungsformen ermöglichen eine den Anforderungen, zum Beispiel bezüglich einer gewünschten Raumakustik, angepasste Filterung bzw. Dämpfung bestimmter Frequenzen oder Frequenzbereiche aus dem Spektrum der einfallenden Schallwellen.

**[0043]** Die Aussparungen oder Öffnungen, zum Beispiel in dem mindestens einen ersten Material, sind vorzugsweise durch Fräsen oder Stanzen oder Bohren oder Lasern oder Wasserstrahlschneiden in das Material eingebracht.

**[0044]** Das mindestens eine erste Material und das mindestens eine zweite Material sind vorzugsweise also derart aneinander angeordnet, dass das mindestens eine zweite Material die Aussparungen abdeckt oder überdeckt oder ausfüllt oder im Wesentlichen ausfüllt. So bildet vorzugsweise auch das mindestens eine zweite Material zumindest teilweise die akustisch wirksame Fläche mit aus. Vorzugsweise ist das mindestens eine zweite Material in die Aussparungen eingebracht, zum Beispiel durch Überdecken der Aussparungen durch das mindestens eine zweite Material oder teilweises Überdecken des mindestens einen zweiten Materials durch das mindestens eine erste Material.

**[0045]** Insbesondere sind das mindestens eine erste Material und das mindestens eine zweite Material vorzugsweise als zwei- oder mehrlagige Materialkombination ausgebildet oder in zwei oder mehreren sich überdeckenden Lagen aneinander angeordnet. Vorzugsweise weist das mindestens eine erste Material dann eine oder mehrere Aussparungen auf, in die das mindestens eine zweite Material, insbesondere durch die zwei- oder mehrlagige Anordnung, eingebracht ist, so dass sowohl das mindestens eine erste Material, als auch das mindestens eine zweite Material die akustisch wirksame Fläche oder den akustisch wirksamen Bereich ausbilden.

**[0046]** Das mindestens eine erste Material und das mindestens eine zweite Material sind vorzugsweise in einem

definierten Flächenverhältnis zueinander angeordnet oder vorgesehen. Vorzugsweise sind die reflektierenden und/oder streuenden und/oder absorbierenden und/oder dämpfenden Zonen oder Bereiche in einem definierten Flächenverhältnis zueinander angeordnet. So lassen sich zum Beispiel definierte akustische Effekte erzielen.

**[0047]** Dabei können die einzelnen Flächenelemente vorzugsweise derart ausgebildet sein, dass eine einzelne Aussparung des mindestens einen ersten Materials, also zum Beispiel des Trägerelements, als Rahmen mit einer annähernd die gesamte Fläche eines Flächenelements freigebenden Aussparung, zum Beispiel einer quadratischen, rechteckigen, runden oder ovalen Aussparung oder Öffnung vorgesehen ist. Alternativ können mehrere rechteckige, dreieckige, runde, ovale oder gezackte Öffnungen oder dergleichen Aussparung gleicher oder unterschiedlicher Größe an jedem oder auch nur an einzelnen Flächenelementen vorgesehen sein. Das mindestens eine erste Material, also zum Beispiel das Trägerelement, ist also zum Beispiel als ein Lochblech ausgebildet, wobei das bahnartige Material mit niedriger Steifigkeit, also zum Beispiel ein nicht-selbsttragende Material, in einer Ausführungsform auf einer Seite, zum Beispiel der Rückseite des mindestens einen ersten Materials, also zum Beispiel des Trägerelements aufgebracht ist, zum Beispiel aufgeklebt ist, also auf der Seite des mindestens einen ersten Materials, die den auf- oder eintreffenden akustischen Wellen abgewandt ist. Über die Aussparungen ist vorzugsweise auch das mindestens eine zweite Material den eintreffenden akustischen Wellen aussetzbar.

**[0048]** Auch das zweite Material kann mit Aussparungen ausgebildet sein, wobei diese Aussparungen vorzugsweise mit einem dritten Material abdeckbar sind.

**[0049]** Das Trägerelement weist demnach eine erste Seite, einer Vorderseite, sowie eine zweite Seite, eine Rückseite auf, wobei zum Beispiel die Vorderseite im fertigen Strukturelement dafür vorgesehen ist, einer Schallquelle zugewandt zu werden und die Rückseite dafür vorgesehen ist, das mindestens eine zweite Material aufzunehmen. Durch die Aussparung(en) lässt sich auch das mindestens eine zweite Material einer Schallquelle und damit auftreffenden akustische Wellen zuwenden oder aussetzen.

**[0050]** Das Trägerelement - und damit das mindestens eine erste Material - wirkt somit vorzugsweise auch als Schutz für das mindestens eine zweite, bahnartige Material mit geringer Steifigkeit gegen Beschädigungen.

**[0051]** In einer Ausführungsform sind mehrere Materialien für eine Beplankung des mindestens einen ersten Materials, also zum Beispiel des Trägerelements, vorgesehen. Vorzugsweise sind die Materialien einlagig oder mit mehreren gefalteten Lagen, vorzugsweise auf Abstand, auf dem Trägerelement anbringbar oder angebracht.

**[0052]** Durch eine entsprechende Kombination von Formgebung, zum Beispiel Faltgeometrie, und Material können einzigartige akustische Effekte erzielt werden. Gleichzeitig können die Designeffekte durch eine optimale Kombination von Material, Aufdruck, Formgebung, zum Beispiel Faltgeometrie, und Gestaltung des Gesamtsystems in einer ungeahnten Vielfalt variiert werden.

**[0053]** Eine akustische Grundidee beruht also darauf, dass die dreidimensionale Formgebung, insbesondere die Faltung, zwei akustisch relevante Defizite bahn- oder blechartiger Materialien mit geringer flächenbezogener Masse kompensiert: Die Knicke steifen das Gebilde aus, so dass zusätzliche Konstruktionen wie Träger, zum Beispiel Lochplatten, vermieden werden können. Außerdem erhöht die räumliche Anordnung vorzugsweise auch die wirksame Schichtdicke. Zusätzlich kann durch die Kombination aus reflektierenden und absorbierenden Zonen mit verschiedenen Materialien die akustische Wirksamkeit optimal den Anforderungen angepasst werden (Reflektion, Streuung, Absorption, Dämpfung). Je nach Gestaltung und Materialkombination kann das System zum Beispiel von reiner Reflexion/Streuung auf reine Absorption eingestellt werden. Durch eine Kombination von blechartigem Material mit bahnartigem Material sind vorzugsweise Kombinationen mit definiertem Flächenverhältnis oder definierten Flächenverhältnissen der unterschiedlichen Materialien herstellbar oder bereitgestellt.

**[0054]** Hierbei kommen verschiedene akustische Wirkprinzipien wie Dämpfung über Strömungswiderstand, Resonanzsystem mit abgeschlossenen Luftschichten, Massenträgheit und/oder Helmholtzresonatoren in Verbindung mit abgeschlossenen Kammern zum Tragen.

**[0055]** Das Strukturelement kann vorzugsweise einlagig ausgebildet sein oder mehrere gefaltete Lagen, vorzugsweise auch auf Abstand, aufweisen. Vorzugsweise können auch Hohlkammern in den Faltstrukturen vorgesehen sein. Auch hierbei kann eine Kombination aus steifen und bahnartigen Materialien zum Einsatz kommen.

**[0056]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Strukturelement in seiner Dimension veränderbar ausgebildet. Dadurch sind zusammenfaltbare und transportable Strukturelemente verwirklicht, die zum Beispiel erst vor Ort entfaltet oder auch aufgeklappt und nach Gebrauch wieder zusammengeklappt werden. Ebenso können adaptive Strukturelemente realisiert werden, die durch den Grad der Auseinanderfaltung variabel den Anforderungen, zum Beispiel an die Raumakustik, anpassbar sind. Diese Ausführungsform der Erfindung eignet sich besonders zur freien Aufstellung im Raum.

**[0057]** In einem zweiten Aspekt ist zur Lösung einer oder mehrerer der oben genannten Aufgaben ein System zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und oder Dämpfung von akustischen Wellen bereitgestellt, das mindestens ein Strukturelement oder eine Mehrzahl oder Vielzahl von Strukturelementen, wie oben beschrieben, umfasst.

**[0058]** Das System umfasst zum Beispiel zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn, elf, zwölf, dreizehn, vierzehn, fünfzehn, sechzehn, siebzehn, achtzehn, neunzehn, zwanzig oder mehr solcher Strukturelemente, wie sie

oben beschrieben sind. Grundsätzlich kann das System auch aus nur einem Strukturelement ausgebildet sein.

**[0059]** Es ergeben sich dieselben oder ähnliche Vorteile, wie diese bereits in Verbindung mit dem Strukturelement beschrieben wurden.

**[0060]** In einer Ausführungsform sind mehrere Strukturelemente zu einer ebenen oder gekrümmten Fläche aneinandergefügt oder aneinanderfügbar.

**[0061]** Um das Strukturelement oder das System einfach an Wänden oder Decken oder sonstigen Gegenständen flexibel, insbesondere abnehmbar, anbringen zu können, ist das Strukturelement und/oder das System in einer weiteren Ausführungsform mittels einer Befestigungsvorrichtung, an einem dafür vorgesehen Ort, vorzugsweise wieder abnehmbar oder demontierbar, befestigbar. Hierfür ist zumindest ein erster Teil der Befestigungsvorrichtung vorzugsweise an der Rückseite des Strukturelements angebracht oder anbringbar, während ein zweiter Teil der Befestigungsvorrichtung an einem für die Befestigung vorgesehenen Ort angebracht oder anbringbar ist.

**[0062]** Die Befestigungsvorrichtung umfasst vorzugsweise mindestens eine, vorzugsweise an die Geometrie der Erhebungen und/oder Vertiefungen angepasste Trägereinrichtung zum Tragen des Strukturelements und damit auch des Systems. Die Trägereinrichtung ist zum Beispiel aus Kunststoff, Metall, Holz oder einem Verbundwerkstoff ausgebildet, vorzugsweise ist es als ein 3D-gedrucktes Kunststoffelement vorgesehen. Die Befestigungsvorrichtung umfasst vorzugsweise auch ein erstes Kopplungselement oder mehrere erste Kopplungselemente, das oder die an der Trägereinrichtung befestigt oder angebracht ist oder sind, sowie ein zweites oder mehrere zweite Kopplungselemente, das oder die an dem zum Befestigen vorgesehene Ort befestigt oder angebracht ist oder sind, so dass das Strukturelement oder das System durch ein Zusammenwirken von jeweils mindestens einem ersten Kopplungselement mit jeweils mindestens einem zweiten Kopplungselement an dem zum Befestigen vorgesehene Ort befestigbar oder anbringbar ist.

**[0063]** Die Befestigungsvorrichtung kann eine Trägereinrichtung oder auch mehrere Trägereinrichtungen umfassen, wobei mit jeder Trägereinrichtung entsprechende Kopplungselemente, mindestens ein erstes Kopplungselement und mindestens ein zweites Kopplungselement vorgesehen ist.

**[0064]** Vorzugsweise ist das erste Kopplungselement als ein Magnet vorgesehen, der zum Beispiel mittels einer Schraubverbindung an der Trägereinrichtung befestigt oder befestigbar ist. Die Wand oder die Decke, also der zum Befestigen vorgesehene Ort, weist dann vorzugsweise eine magnetische Halterung als zweites Kopplungselement auf, zum Beispiel einen weiteren Magneten, ein Eisenelement, zum Beispiel einen Eisenstreifen, oder ein sonstiges magnetisches Element, zum Beispiel eine magnetische Metallschiene, so dass das Strukturelement über eine Magnetverbindung an dem gewünschten Ort befestigbar ist. Statt einer Magnetverbindung kann auch eine Klettverschlussverbindung eine Klebeverbindung oder eine Hakenverbindung vorgesehen sein. Beispielsweise ist durch Unterlegscheiben oder ein Gewinde eine genaue Justierung des Wandabstandes gewährleistet.

**[0065]** Das erste Kopplungselement lässt sich auch durch eine Klebeverbindung oder Nietverbindung mit der Trägereinrichtung verbinden.

**[0066]** Die Trägereinrichtung kann aber auch selbst als ein erstes Kopplungselement ausgebildet sein.

**[0067]** Mehrere zusammengehörige erste und zweite Kopplungselemente, also Kopplungspaare, ermöglichen eine sichere Befestigung des Strukturelements oder auch mehrerer Strukturelemente und damit vorzugsweise auch des Systems an dem gewünschten Ort, zum Beispiel einer Wand oder Decke.

**[0068]** Das Strukturelement ist zum Beispiel quadratisch oder rechteckförmig, vorzugsweise als Plattenelement oder plattenförmig ausgebildet. Dann ist vorzugsweise eine Trägereinrichtung mit mindestens einem ersten und einem zweiten Kopplungselement für jede Ecke des quadratischen Strukturelements oder des rechteckförmigen Strukturelements vorgesehen. Zur sicheren Befestigung können auch mehrere Kopplungselement-Paare vorgesehen sein.

**[0069]** Das zweite Kopplungselement kann zum Beispiel auch als einstückiges Element, zum Beispiel als ein Rahmen- oder ein Schienensystem, an dem zum Befestigen vorgesehenen Ort angebracht sein, so dass vorzugsweise mehrere erste Kopplungselemente mit diesem einen zweiten Kopplungselement zusammenwirken.

**[0070]** Die Trägereinrichtung oder die mehreren Trägereinrichtungen werden vorzugsweise mit dem Strukturelement verklebt.

**[0071]** Auch kann als Trägereinrichtung ein Rahmenelement vorgesehen sein, das das Strukturelement an dessen Umfang umgibt oder an dessen Umfang im Wesentlichen umgibt. Auch kann das Rahmenelement als erstes Kopplungselement ausgebildet sein. Das Rahmenelement umgibt das Strukturelement vorzugsweise rahmenförmig und ist vorzugsweise so ausgebildet und/oder angeordnet, dass es das Strukturelement stabilisiert.

**[0072]** Die Strukturelemente können einlagig, nebeneinander, oder in mehreren Lagen auf Abstand angeordnet werden. Dabei können durch die Wahl der Materialien und Strukturformen gewünschte akustische Effekte erzielt werden. Die Kombination ermöglicht es, das System als akustisches Element in beliebiger Größe aufzubauen. Dadurch sind zum Beispiel ganze Wände oder Decken, insbesondere schallharte Wände oder Decken, mit akustisch wirksamen Gesamtsystemen gestaltbar, vorzugsweise mit dahinterliegender Luftschicht vor schallharter Wand und/oder Decke.

**[0073]** In einer Ausführungsform ist das Strukturelement, wie oben beschrieben, oder das System, wie oben beschrieben, an einer Decke und/oder einer Wand montierbar, oder frei im Raum aufstellbar oder in diesem frei aufhängbar. In einer weiteren Ausführungsform lässt sich das Strukturelement oder das System an einem Schnursystem an dem Ort

der Befestigung bzw. dem zum Befestigen vorgesehenen Ort befestigen oder anbringen.

**[0074]** Eine insbesondere großflächige Anordnung kann sowohl eben als auch gekrümmt ausgebildet sein. Dadurch sind zum Beispiel dreidimensionale Geometrien aufbaubar, die vorgebbare akustische Effekte erzielen.

**[0075]** In einer Ausführungsform ist das System in seiner Dimension veränderbar, insbesondere zerlegbar und/oder zusammenfaltbar und/oder klappbar und/oder transportabel ausgebildet. Dies gilt vorzugsweise auch für das Strukturelement, hier insbesondere zusammenfaltbar und/oder klappbar und/oder transportabel. Das System ist vorzugsweise in seine einzelnen Strukturelemente zerlegbar und/oder die Strukturelemente sind zum Beispiel faltbar ausgebildet. Auch kann das System im Gesamten faltbar ausgebildet sein.

**[0076]** In einem dritten Aspekt ist zur Lösung einer oder mehrerer der oben genannten Aufgaben eine Verwendung eines Strukturelements zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und/oder Dämpfung von akustischen Wellen, wie oben beschrieben, oder eines Systems zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und/oder Dämpfung von akustischen Wellen, wie oben beschrieben, zum definierten Lenken und/oder Ausrichten von akustischen Wellen in eine oder mehrere Richtungen und/oder zum definierten Absorbieren oder Dämpfen von akustischen Wellen, angegeben.

**[0077]** Das Strukturelement oder das System sind so für Konferenz-, Arbeits- und Wohnräume, Konzertsäle, Eventbereiche, Foyers, und/oder für oder an Messeständen verwendbar. Je nach Anforderung ist das Strukturelement oder das System entsprechend ausgestaltbar und anpassbar. Mittels definierter Ausrichtung und definierter Beschaffenheit der dreidimensionalen Struktur oder auch der Erhebung(en) und/oder Vertiefung(en) lassen sich die akustischen Wellen so gezielt in eine oder mehrere gewünschte Richtung(en) lenken und/oder auch absorbieren oder dämpfen.

**[0078]** In einem vierten Aspekt ist zur Lösung einer oder mehrerer der oben genannten Aufgaben ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturelements zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption und/oder Dämpfung von akustischen Wellen, wie es oben beschrieben ist, bereitgestellt, wobei das Strukturelement unter Einsatz von Umformtechniken, insbesondere unter Einsatz von Faltechnik oder Knicktechnik, hergestellt wird.

**[0079]** In einer Ausführungsform wird ein Strukturelement aus einem Grundelement oder Ausgangselement geformt, wobei das Grundelement als ein insbesondere planares, insbesondere flächiges Element vorgesehen ist. Vorzugsweise weist das Grundelement Soll-Faltlinien oder -kanten auf, die vorzugsweise als vorgefräste oder vorgeprägte Faltnlinien oder Faltkanten ausgebildet sind. Anhand der Faltnlinien lässt sich das Strukturelement in die gewünschte Form, das heißt in die dreidimensionale Struktur bringen, zum Beispiel durch Falten oder Knicken entlang der Faltnlinien. Die Faltnlinien können auch mit anderen Techniken in das Grundelement eingearbeitet werden.

**[0080]** Das Grundelement ist zum Beispiel als planares Element ausgebildet, wie zum Beispiel oben beschrieben, als blechartiges und/oder bahnartiges Element.

**[0081]** In einer Ausführungsform weist das Grundelement, wie bereits mit dem Strukturelement beschrieben, mindestens ein erstes Material und/oder mindestens ein zweites Material auf, das oder die derart ausgebildet oder angeordnet, zum Beispiel miteinander verbunden, zum Beispiel miteinander verklebt sind, dass daraus das Strukturelement ausbildbar oder formbar ist. Vorzugsweise ist das mindestens eine erste Material als ein Trägerelement aus blechartigem Material ausgebildet, das mindestens auf einer Seite, vorzugsweise der Rückseite, mit dem mindestens einem zweiten Material, einem bahnartigen Material, beplankt oder bespannt ist. Aus dieser Materialkombination lässt sich dann, vorzugsweise anhand der im Trägerelement vorgesehenen Faltnlinien, das Strukturelement mit der dreidimensionalen Struktur ausbilden, insbesondere falten, so dass die entstehenden Knicke die eine oder die mehreren Erhebungen und/oder die eine oder die mehreren Vertiefung der dreidimensionalen Struktur ausbilden.

**[0082]** Die oben beschriebenen Flächenelemente sind so zum Beispiel über Knicke, Knick- oder Faltnlinien oder -kanten als Trennlinien voneinander abgegrenzt; die Knick- oder Faltnkanten bilden so zum Beispiel eine V-förmige Trennlinie aus. Alternativ können die Trennlinien auch als U-förmige Trennlinie ausgebildet sein.

**[0083]** Vorgesehen ist also in einem weiteren Aspekt ein Grundelement, das mindestens ein erstes Material und/oder mindestens ein zweites Material umfasst, wobei das mindestens eine erste Material und/oder das mindestens eine zweite Material mindestens eine oder mehrere Falt- oder Knicklinien zum Ausbilden oder Formen der einen oder der mehreren Erhebungen und/oder der einen oder der mehreren Vertiefungen der dreidimensionalen Struktur des Strukturelements, wie oben beschrieben, umfasst oder umfassen.

**[0084]** Vorzugsweise weist nur ein Material die Faltnlinie(n) auf, allerdings können beide oder die mehreren Materialien die Faltnlinie(n) aufweisen.

**[0085]** Damit die beiden oder die mehreren kombinierten Materialien für eine Verarbeitung der akustischen Wellen zur Verfügung stehen, umfasst das mindestens eine erste Material, also zum Beispiel das Trägerelement, wie oben erläutert, Aussparungen, so dass das mindestens eine zweite Material, zum Beispiel das bahnartige Material, durch die Aussparungen sichtbar ist und damit als wirksamer Flächenanteil zur Verfügung steht. Das Strukturelement ist dann zum Beispiel als zelluläre Struktur ausgebildet.

**[0086]** Die Aussparung(en) des mindestens einen ersten Materials lässt oder lassen sich vorzugsweise von dem mindestens einen zweiten Material abdecken oder das mindestens eine zweite Material ist als Einsatz in die Aussparung(en) eingefügt. So bilden das erste Material und auch das zweite Material oder ggf. weitere Materialien zusammen

die akustisch wirksame Fläche aus.

**[0087]** Das erfindungsgemäße Strukturelement ist also unter Einsatz der Methoden der Umformtechnik herstellbar oder fertigbar. Das Strukturelement wird dabei zum Beispiel aus ebenem, flächigem Ausgangsmaterial, dem Grundelement gefaltet.

**[0088]** Entscheidend für die Wirksamkeit der erfindungsgemäßen Strukturelemente sind die Materialgrößen, der Strömungswiderstand, die flächenbezogene Masse, die Geometrie von Erhebungen und Vertiefungen (zum Beispiel Faltgeometrie), die Geometrie von Lochungen, Aussparungen und/oder Schlitzungen, der Flächenanteil von Lochungen, Aussparungen und/oder Schlitzungen und/oder deren partielle Modifikation durch Beschichtung oder Bedruckung. Vorzugsweise weisen das mindestens eine erste Material und/oder auch das mindestens eine zweite Material eine oder mehrere Beschichtungen oder Aufdrucke auf, die ebenfalls definierte akustische Effekt bewirken können.

**[0089]** Die Komponenten und systemrelevanten Parameter des akustischen Gesamtsystems sind hierbei also insbesondere wie folgt:

- Material, vorzugsweise Faltmaterial:

Entscheidend sind die Materialgrößen, Strömungswiderstand und flächenbezogene Masse, die Geometrie von Aussparungen sowie deren partielle Modifikation zum Beispiel durch Beschichten oder Bedrucken. Ausgangsmaterialien sind insbesondere Folien, perforiert und nicht-perforiert, Bleche, gelocht und nichtgelocht, Textilien, Vliese, poröse Materialien, Papiere und dergleichen. Besonders wirksam, insbesondere im Bereich der Absorption, sind Carbonfaser-Vliese, zum Beispiel aus Recyclingmaterial.

- Formgebung, vorzugsweise Faltung:

Die aussteifende Wirkung der Erhebungen und Vertiefungen (zum Beispiel Faltungen) verhindert die Luftschall-Anregung bei Verwendung leichter Materialien. Mit der räumlichen Ausbildung der Faltstruktur wird außerdem die akustisch wirksame Schichtdicke erhöht. Die dreidimensionale Faltgeometrie bewirkt zudem eine Reflexion und Streuung der akustischen Wellen und so eine über die Faltgeometrie, das Faltmaterial sowie die Kombination verschiedener Materialien - flächig oder in lokalen Zonen - optimierbare akustische Wirksamkeit. Die Falten, also die Erhebungen und/oder Vertiefungen, können in ihrer Höhe und Form in einem weiten Bereich variiert werden, zum Beispiel eckig, rund, variable Höhe etc. Die Kombination reflektierender und absorbierender Werkstoffe kann zum Beispiel durch Aussparungen in einem steifen Material erfolgen, in die ein poröses Material eingebracht wird bzw. eingebracht ist, wie zum Beispiel ein gefaltetes Aluminiumblech, in das in den flächigen Bereichen Aussparungen vorzugsweise durch Fräsen oder Stanzen oder Bohren oder Lasern oder Wasserstrahlschneiden eingebracht sind oder werden. Auf der Rückseite des Aluminiumblechs wird dann ein Vlies vorzugsweise aufgeklebt bzw. ist ein Vlies aufgeklebt.

- Anordnung als System bzw. Gesamtsystem:

Die Anordnung der gefalteten Strukturelemente, zum Beispiel der Absorberelemente, müssen insbesondere bei einer Positionierung frei im Raum sowie mit ggf. dahinterliegender Luftschicht vor schallharter Wand bzw. Decke betrachtet werden. Für den Aufbau der Strukturelemente ergeben sich folgende Möglichkeiten: einlagig, mehrere gefaltete Lagen, vorzugsweise auf Abstand, Material, zum Beispiel das mindestens eine erste Material, mit ein- oder beidseitiger Beplankung aus porösem Material, Hohlkammern aus Faltstrukturen und/oder Kombination aus steifen Bereichen, zum Beispiel aus Blechen, und porösen Bereichen, zum Beispiel Vliesen, mit definiertem Flächenverhältnis.

- Anordnung im Raum:

Die akustischen Faltelemente können an der Decke oder an Wänden, vorzugsweise mit definiertem Wandabstand montiert werden, frei im Raum stehen oder hängen. Es besteht die Möglichkeit die Strukturelemente oder Module in beliebiger Größe, vorzugsweise 350 mm x 375 mm oder 500 mm x 500 mm oder 530 mm x 500 mm oder 500 mm x 700 mm, herzustellen und diese zu einem Gesamtelement, also zu einem System, zu kombinieren. Hierbei lassen sich gleiche Elemente oder Elemente mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften kombinieren. Auch lassen sich großflächige Strukturelemente herstellen, zum Beispiel als ein einstückiges System. Sowohl das einzelne Strukturelement, als auch das System können vorzugsweise eben oder gekrümmt ausgebildet sein. Durch eine Verformung der Faltgeometrie kann jede beliebige Geometrie erzielt werden, zum Beispiel eben oder dreidimensional.

- Wandbefestigung:

Die Befestigung der Strukturelemente oder auch des Systems erfolgt schnell, fest und gleichzeitig flexibel und demontierbar auf Basis unterschiedlichster Vorrichtungen oder Strukturen. Hierzu ist/sind vorzugsweise eine oder mehrere Befestigungsvorrichtungen vorgesehen. Vorzugsweise umfassen diese Formteile, zum Beispiel die oben

beschriebenen Trägereinrichtungen, vorzugsweise geometrieangepasst, vorzugsweise aus Kunststoff, Metall oder Holz, die zum Beispiel von hinten in die Faltstruktur, also das Strukturelement, eingeklebt werden oder sind. "Von hinten" meint hier die Rückseite des Strukturelements oder des Systems, die der Seite, auf der die akustischen Wellen auftreffen, abgewandt ist. Die Formteile oder Trägereinrichtungen dienen als Halterung für Kopplungselemente, die beispielsweise ein oder mehrere Magnete, ein oder mehrere Klettverschlüsse und/oder ein oder mehrere Klebesysteme umfassen können. An der Trägereinrichtung wird der entsprechende Fügepartner, also ein Kopplungselement, zum Beispiel eine Stahlleiste, ein Magnet, ein Teil eines Klettverschlusses oder eines Klebesystem, befestigt. Alternativ kann das Kopplungselement auf einer insbesondere dünnen Grundplatte befestigt werden, die dann von hinten auf die Faltstruktur zum Beispiel aufgeklebt wird. Die Montage an Wand und Decke kann zum Beispiel durch Magnete, Klicksysteme oder Kleben erfolgen, zum Beispiel über ein weiteres Kopplungselement. Vorzugsweise durch Unterlagscheiben oder ein Gewinde ist eine genaue Justierung des Wandabstandes möglich. Unterschiedliche Abstände zwischen Strukturelement oder System und dem zum Befestigen vorgesehenen Ort, zum Beispiel Wand oder Decke, ermöglichen eine Variation und/oder Optimierung in der akustischen Wirkung des Strukturelements oder Systems. Zum Beispiel lassen sich bestimmte Frequenzen je nach Wandabstand ausfiltern.

- Variable Systeme:

Da die Faltung ein kinematisches System darstellt, können die Systeme in ihrer Dimension verändert werden, sind also in ihrer Dimension veränderbar. So können transportable Systeme, Akustik-to-go, ebenso realisiert werden, wie adaptive Systeme, deren akustische Wirksamkeit durch den Grad der Auseinanderfaltung variabel den Anforderungen angepasst werden kann. Dabei wird der Grad der absorbierenden, streuenden und reflektierenden Wirkung variiert.

**[0090]** Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**Kurzbeschreibung der Zeichnungen**

**[0091]** Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung anhand von Abbildungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 Ansicht der Vorderseite eines Grundelements in einer Ausführungsform als Basis für ein Strukturelement;

Fig. 2 Ansicht der Rückseite des Grundelements gemäß Fig. 1;

Fig. 3 Ansicht der Vorderseite eines dreidimensionalen Strukturelements im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform;

Fig. 4 Schnittansicht des Strukturelements gemäß Fig. 3, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 3 eingezeichneten Linie A-A verläuft, gezeigt ist ein Ausschnitt;

Fig. 5 Ansicht eines Strukturelements im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform;

Fig. 6 Ansicht eines Strukturelements im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform;

Fig. 7 schematische Ansicht eines Systems von Strukturelementen, das mehrere Strukturelemente umfasst, gezeigt ist ein Ausschnitt;

Fig. 8 Ansicht der Vorderseite eines Grundelements in einer Ausführungsform als Basis für ein Strukturelement;

Fig. 9 Schnittansicht eines Strukturelements in einer Ausführungsform, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 8 schematisch eingezeichneten Linie B-B verläuft und wobei das Strukturelement aus dem Grundelement gemäß Fig. 8 ausgebildet ist, gezeigt ist ein Ausschnitt;

Fig. 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, 10I Ansichten der Rückseiten von Grundelementen in weiteren Ausführungsformen;

Fig. 11A, 11B, 11C, 11D, 11E schematische Darstellung von Schnittansichten eines Strukturelements in unterschiedlichen Klappzuständen;

Fig. 12 Schnittansicht des Strukturelements gemäß Fig. 3, mit einer Befestigungsvorrichtung in einer Ausführungsform, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 3 eingezeichneten Linie A-A verläuft, gezeigt ist ein Ausschnitt;

Fig. 13 Schematische Ansicht der Rückseite des Strukturelements gemäß Fig. 3, mit einem Teil einer Befestigungsvorrichtung in einer Ausführungsform;

Fig. 14 Ansicht der Vorderseite eines dreidimensionalen Strukturelements im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform, wobei beispielhaft unterschiedliche Aussparungen gezeigt sind.

## Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

**[0092]** In der nachfolgenden Beschreibung werden für gleiche und gleich wirkende Teile dieselben Bezugsziffern verwendet.

**[0093]** Fig. 1 zeigt die Vorderseite 11 eines Grundelements 10, hier zum Beispiel aus einem Metall, in einer Ausführungsform, als Basis für die Ausformung eines dreidimensionalen Strukturelements 100, also vor der Umformung, zum Beispiel durch Faltung. Das Grundelement 10 ist hier als planares oder im Wesentlichen planares, blechartiges Element ausgebildet, wobei vorzugsweise an zwei gegenüberliegenden Seiten gezackte Endkanten vorgesehen sind.

**[0094]** Fig. 2 zeigt die Rückseite 12 des Grundelements 10 gemäß Fig. 1. Vorzugsweise sind vorgefertigte Faltlinien 14, Soll-Faltlinien, hier zum Beispiel auf der Rückseite 12 vorgesehen. Je nach Material sind die Faltlinien 14 zur leichteren Bearbeitbarkeit zum Beispiel vorgefräst oder geprägt. Aufgrund der vorgegebenen Faltlinien ist das Grundelement in einzelne Flächenelemente 200 aufgeteilt.

**[0095]** Fig. 3 zeigt eine Ansicht, hier zum Beispiel die Vorderseite 110, eines dreidimensionalen Strukturelements oder Akustikelements 100 im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform. Die Darstellung kann ein komplettes Strukturelement 100 wiedergeben oder auch nur einen Ausschnitt eines Strukturelements. Dieses Strukturelement ist zum Beispiel aus dem Grundelement gemäß Fig. 1 oder 2 geformt.

**[0096]** Das gezeigte Strukturelement 100 zeigt die einzelnen, hier ebenen Flächenelemente 200, die den Flächenelementen aus Fig. 1 entsprechen. Die Flächenelemente sind zum Beispiel als akustische Wellen reflektierende und/oder streuende und/oder absorbierende Flächenelemente ausgebildet, wobei die Flächenelemente in definierten Winkeln zueinander angeordnet sind. Jeweils benachbarte Flächenelemente sind im gefalteten Zustand in definierten Winkeln zueinander angeordnet, hier insbesondere in von 180 Grad verschiedenen Winkeln. Da einfallende Schallwellen unter verschiedenen Winkeln auf benachbarte Flächenelemente auftreffen, werden sie in diesem Falle, aufgrund der zum Beispiel metallischen, akustische Wellen reflektierenden Flächenelemente 200, von diesen Flächenelementen in unterschiedliche Richtungen reflektiert. Dadurch können die akustischen Wellen vorzugsweise durch geeignete Wahl der Geometrie und Anordnung der Flächenelemente 200 gezielt in vorgebbare Richtungen gelenkt werden. Das heißt, die Anordnung erlaubt eine definierte Lenkung der Schallwellen. Das Strukturelement 100 ist hier zum Beispiel aus blechartigem Material ausgebildet, beispielsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.

**[0097]** Das beschriebene Strukturelement 100 kann zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption, oder ggf. auch Dämpfung von akustischen Wellen, also Schallwellen, ausgebildet sein, wobei die Flächenelemente 200 aufgrund der winkligen Anordnung Erhebungen 131 und Vertiefungen 132 ausbilden, die derart als dreidimensionale Struktur 130 angeordnet sind, dass die akustischen Wellen an den Erhebungen 131 und/oder an den Vertiefungen 132 definiert in eine oder mehrere Richtungen lenkbar und/oder ausrichtbar sind. Auch lassen sich die akustischen Wellen absorbieren oder dämpfen.

**[0098]** In diesem Falle sind Erhebungen so definiert, dass sie näher an einem Betrachter der Vorderseite 110 des Strukturelements 100 angeordnet sind, als Vertiefungen. Würde ein Betrachter die Rückseite des Strukturelements betrachten, sind die Erhebungen, je nach Ausgestaltung des Strukturelements, hier zum Beispiel die Vertiefungen.

**[0099]** Die dreidimensionale Struktur, die hier zum Beispiel aus blechartigem Material ausgebildet ist, ist durch Faltung ausgebildet. Das heißt, die einzelnen Flächenelemente 200, die die Erhebungen 131 und Vertiefungen 132 ausbilden, sind durch Knicke oder Knicklinien 140 oder auch Faltlinien voneinander abgegrenzt. Durch die Faltung bzw. die Knicke

wird ein versteifender Effekt erzielt, so dass das Strukturelement 100 leicht handhabbar und/oder stabil ausgebildet ist.

**[0100]** Die Flächenelemente 200 können in einem anderen Ausführungsbeispiel als akustische Wellen absorbierende Flächenelemente vorgesehen sein und beispielsweise eine Carbonschicht aufweisen oder aus einem Carbonfaser-Vlies oder einer textilen Struktur oder einer mikroperforierten Folie ausgebildet sein. In diesem Fall kann das Strukturelement als Schallabsorber eingesetzt werden.

**[0101]** Fig. 4 zeigt ausschnittsweise eine Schnittansicht des Strukturelements 100 gemäß Fig. 3, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 3 eingezeichneten Linie A-A verläuft. In der Abbildung ist die faltstruktur erkennbar. Die faltstruktur des Strukturelements 100 weist die dreidimensionale Struktur 130 mit Erhebungen und Vertiefungen auf und zeigt die Flächenelemente 200. Die Flächenelemente 200 können als akustische Wellen reflektierende Flächenelemente und/oder als akustische Wellen absorbierende Flächenelemente und/oder als akustische Wellen streuende Flächenelemente ausgebildet sein.

**[0102]** Die Fig. 5 und 6 zeigen alternative faltgeometrien von Strukturelementen 100, die zu unterschiedlichem ablenkverhalten von akustischen Wellen führen. Sie können gezielt für vorgebbare schallablenkungen dimensioniert und eingesetzt werden. Je nach Material sind auch schallabsorptionen mit diesen strukturen erzielbar. Fig. 5 zeigt zum Beispiel mehrere parallelverlaufende knicklinien der dreidimensionalen struktur 130, in Fig. 6 sind auch gekrümmte flächenbereiche oder flächenelemente vorgesehen.

**[0103]** Fig. 7 zeigt ausschnittsweise eine schematische Ansicht eines Systems 400, das aus einer Mehrzahl oder Vielzahl von Strukturelementen 100 zusammengesetzt ist. Im Prinzip ist hier, für eine bessere Übersicht, nur eine Aneinanderfügung von Grundelementen gezeigt. Ziel ist es, die fertig geformten Strukturelemente zu einem System zusammenzufügen, so dass einerseits gewünschte akustische Effekte erzielbar sind, aber andererseits auch ein Designelement zur Verfügung steht, so dass die gewünschten physikalischen Aspekte mit ansprechendem Design verknüpft sind. Es lassen sich vorzugsweise beliebige Strukturelemente kombinieren, sowohl in Form als auch in der Anzahl, wobei ebene Flächen, gekrümmte Flächen oder sonstige Geometrien ausbildbar sind.

**[0104]** Fig. 8 zeigt die Ansicht der Vorderseite 11 eines Grundelements 10 in einer Ausführungsform als Basis für ein weiteres dreidimensionales Strukturelement 100, das heißt, vor der Umformung. Das Grundelement 10 ist hier wiederum als planares oder im Wesentlichen planares blechartiges Element ausgebildet, wobei vorzugsweise an zwei gegenüberliegenden Seiten gezackte Endkanten vorgesehen sind. Das Grundelement ist hier aus einem ersten Material 220, zum Beispiel aus einem blechartigen Material, zum Beispiel einem Aluminiumblech, und aus einem zweiten Material 221, zum Beispiel einem bahnartigen Material, zum Beispiel einem Carbonfaser-Vlies ausgebildet. Das erste Material 220 weist hier eine höhere Steifigkeit als das zweite Material 221 auf, so dass das erste Material als Trägerelement für das zweite Material vorgesehen ist. Das erste Material 220 weist Aussparungen 210 auf, die von dem zweiten Material 221 ausgefüllt oder von dem zweiten Material abgedeckt sind, da die Materialien hier zweilagig aneinander oder aufeinander angeordnet sind. Die einzelnen Flächenelemente 200 sind hier aus dem ersten Material 220 und dem zweiten Material 221 ausgebildet, so dass beide Materialien einen Anteil an einer akustisch wirksamen Fläche ausbilden.

**[0105]** In dieser Ausführungsform sind vorgefertigte faltlinien 14, Soll-faltlinien, vorgesehen, hier jedoch nicht sichtbar, da sie auf der Rückseite 12 des Grundelements 10 ausgebildet sind. Je nach Material sind die faltlinien 14 zur leichteren Bearbeitbarkeit bzw. Formbarkeit zum Beispiel als Nut vorgesehen, zum Beispiel gefräst oder geprägt. Die Flächenelemente 200 sind hier zum Beispiel durch die hier nicht sichtbaren faltlinien festgelegt.

**[0106]** Das erste Material 220 weist hier zum Beispiel eine rautenförmige Aussparung 210 auf, und bildet für jedes Flächenelement 200 eine Art Rahmen. Die Aussparungen 210 können beispielsweise auch quadratisch oder rechteckig ausgebildet sein, oder beliebige andere Formen, vorzugsweise innerhalb der durch die faltlinien vorgegebenen Form eines Flächenelements, aufweisen. Auch können Aussparungen über die faltlinien hinaus ausgebildet sein. Auch kann ein Flächenelement 200 mehrere Aussparungen aufweisen. Das zweite Material 221, hier zum Beispiel das Carbonfaser-Vlies, ist auf einer Seite des ersten Materials angebracht, das erste Material ist also zum Beispiel mit dem zweiten Material beplankt. Somit weisen die einzelnen Flächenelemente 200 ein Carbonfaser-Vlies auf, das von dem Aluminiumblech umrahmt ist und so in Form gehalten wird. Die einzelnen Flächenelemente 200 sind so als akustische Wellen reflektierende und akustische Wellen absorbierende Flächenelemente ausgebildet, wobei der Anteil des Flächenelements mit absorbierender Wirkung groß ist, im Vergleich zu dem Anteil mit reflektierender Wirkung. Insofern ist das daraus gefertigte Strukturelement als ein im Wesentlichen akustische Wellen absorbierendes Strukturelement vorgesehen. Dadurch kann diese Ausführungsform eines Grundelements 10 zur Herstellung eines Schallabsorbers eingesetzt werden.

**[0107]** Fig. 9 zeigt ausschnittsweise eine Schnittansicht eines Strukturelements 100 in einer Ausführungsform, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 8 schematisch eingezeichneten Linie B-B verläuft und wobei das Strukturelement 100 aus dem Grundelement 10 gemäß Fig. 8 ausgebildet ist. Das Strukturelement 100 ist aus dem ersten Material 220 ausgebildet, das als Trägerelement für das zweite Material 221 vorgesehen ist. Die faltstruktur des Strukturelements 100 ist eine dreidimensionale Struktur 130 mit Erhebungen und Vertiefungen. Die oben beschriebenen Flächenelemente 200 zeigen die beiden Materialien. Da die durch das erste Material 220 gebildeten Aussparungen 210 mit akustische Wellen absorbierendem Material, dem zweiten Material 221, ausgefüllt sind, ist im Wesentlichen ein Strukturelement

100 mit maßgeblich schallabsorbierender Wirkung gezeigt. Zudem ist durch die Ausbildung des Strukturelements mit den unterschiedlichen Materialien ein Element mit hoher ästhetischer Wirkung ausgebildet. Das Strukturelement ist vorzugsweise auch als Designelement vorgesehen.

5 **[0108]** Die Figuren 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, 10I zeigen Ansichten von Grundelementen 10 in weiteren Ausführungsformen. Es sind die Rückseiten 12 mit den vorgegebenen Soll-Faltlinien 14 gezeigt (Bezugszeichen nur in Fig. 10C angegeben). Gezeigt sind hier nur Grundelemente, die aus einem ersten Material 220 (Bezugszeichen nur in Fig. 10F angegeben) ausgebildet sind, also zum Beispiel aus blechartigen Materialien. Diese sind mit einem zweiten Material (nicht gezeigt) kombinierbar, um gewünschte akustische Effekt zu erzielen. So lässt sich zum Beispiel ein erstes Material mit einem zweiten Material kombinieren, wobei die Steifigkeit des ersten Materials höher ist als eine Steifigkeit des zweiten Materials.

10 **[0109]** Die hier gezeigten Grundelemente 10 weisen allesamt Aussparungen 210 (Bezugszeichen nur in Fig. 10F angegeben) unterschiedlichster Form auf; die Aussparungen 210 oder Löcher sind also zum Beispiel viereckig, rund, oval, dreieckig, linienförmig oder gezackt ausgebildet, wobei diese Aussparungen in unterschiedlicher Größe und in unterschiedlichen Kombinationen vorgesehen sein können. Ein etwaiges bahnartiges Material 221 ist auf einer oder auch auf beide Seiten, Vorderseite und/oder Rückseite 12 aufbringbar und kann reflektierende oder absorbierende Eigenschaften aufweisen.

15 **[0110]** Durch die Auswahl des Verhältnisses des Reflexions-, Streuungs- und/oder Absorptionsgrades des ersten Materials und des Reflexions-, Streuungs- und/oder Absorptionsgrades des zweiten Materials und/oder des Verhältnisses der Flächen des ersten Materials und des zweiten Materials können die akustischen Eigenschaften der aus den Grundelementen 10 gebildeten Strukturelemente 100 über einen weiten Bereich eingestellt werden. Durch die geeignete Kombination von akustisch wirkenden oder wirksamen Flächen oder Oberflächen ist die Richtung der Schallwellen effektiv einstellbar. Die Figuren 11A bis 11E zeigen eine schematische Darstellung von Schnittansichten eines Strukturelements 100 oder auch eines Systems 400 in unterschiedlichen Klappzuständen oder auch Falzzuständen. Gezeigt sind ein Strukturelement 100 oder auch ein System 400, das klappbar bzw. faltbar ausgebildet und damit in seiner Dimension veränderbar ist. Dadurch können die akustischen Eigenschaften durch den Grad des Auseinanderklappens oder Auseinanderfaltens variabel den Anforderungen vor Ort angepasst werden. Darüber hinaus führt die Klappbarkeit dazu, dass die Dimension des Strukturelements 100 oder auch des Systems 400 soweit veränderbar ist, insbesondere verkleinerbar ist, dass diese transportabel sind. Faltung meint hier nicht die eigentliche Umformtechnik 'Falten' zur Herstellung des Strukturelement, sondern vorzugsweise vielmehr ein Auseinanderziehen und Zusammenklappen des bereits fertig hergestellten Strukturelements oder auch des Systems.

20 **[0111]** Eine derartige Ausgestaltung der Erfindung ist besonders flexibel bei Messen, Konferenzen und für Events einsetzbar. Die Klappbarkeit oder Faltbarkeit des Strukturelements oder Systems ist aufgrund der besonderen Fallstruktur des Strukturelements erzielbar. Darüber hinaus können zum Beispiel auch mehrere Strukturelemente 100 flexibel, beispielsweise durch Gelenke, miteinander zu einem flexiblen System 400 verbunden werden. Die Figuren 11A bis 11E zeigen schematisch den zusammengeklappten oder im Wesentlichen zusammengeklappten oder ggf. gestauchten Zustand, Fig. 11A, das Aufklappen oder Dehnen, Fig. 11B, den aufgeklappten oder gedehnten Zustand, Fig. 11C, das Zusammenklappen oder Stauchen, Fig. 11D, sowie wieder den zusammengeklappten oder im Wesentlichen zusammengeklappten oder ggf. gestauchten Zustand, Fig. 11E.

25 **[0112]** In ihrer Dimension veränderbare Strukturelemente oder Systeme eignen sich also in besonderer Weise für die Verwendung in Konferenz-, Arbeits- und Wohnräumen, in Konzertsäle, Eventbereichen, Foyers, und/oder für Messestände. Unterschiedlich gedehnte oder gestauchte Strukturelemente, also in ihrer Dimension veränderte Strukturelemente, können unterschiedliche akustische Effekte erzielen, vorzugsweise auch dann, wenn ihre dreidimensionale Struktur im nicht-gedehnten oder nicht-gestauchten Zustand identisch ist. Dabei wird der Grad und/oder die Frequenz der absorbierenden, streuenden und reflektierenden Wirkung variiert.

30 **[0113]** Fig. 12 zeigt eine Schnittansicht des Strukturelements 100 gemäß Fig. 3, mit einer Befestigungsvorrichtung in einer Ausführungsform, wobei der Schnitt entlang der in Fig. 3 eingezeichneten Linie A-A verläuft. Gezeigt ist ein Ausschnitt.

35 **[0114]** Fig. 12 zeigt das Strukturelement 100 mit einer Befestigungsvorrichtung 300 zur Befestigung des Strukturelements 100 mit seiner Rückseite 120 an einer Wand oder Decke, also an einem für die Befestigung vorgesehenen Ort 500. Je nach Größe des Strukturelements 100 werden eine oder mehrere Befestigungsvorrichtungen 300 eingesetzt.

40 **[0115]** Die Befestigungsvorrichtung 300 umfasst in diesem Falle eine Trägereinrichtung 310, die ein erstes Kopplungselement 320, hier zum Beispiel einen Magneten trägt. Das erste Kopplungselement 320 ist hier zum Beispiel über eine Schraubverbindung 330, sichtbar ist zum Beispiel eine Mutter, mit der Trägereinrichtung 310 verbunden. Die Trägereinrichtung 310 ist beispielsweise aus Kunststoff, Metall oder Holz oder auch aus einem Verbundwerkstoff ausgebildet und mit dem Strukturelement 100 verbunden oder verbindbar, zum Beispiel durch Verkleben.

45 **[0116]** An dem zum Befestigen des Strukturelements 100 vorgesehenen Ort 500, hier zum Beispiel an einer Wand, ist ein zweites Kopplungselement 321, hier zum Beispiel eine magnetische Halterung vorgesehen bzw. befestigt, zum Beispiel an die Wand geklebt oder geschraubt. Das zweite Kopplungselement 321 ist zum Beispiel als eine, in diesem

Falle magnetische Metallschiene vorgesehen. Somit lassen sich erstes und zweites Kopplungselement 320, 321 magnetisch miteinander verbinden. Das Strukturelement 100 mit dem ersten Kopplungselement 320 ist so an das zweite Kopplungselement 321 an der Wand 500 befestigbar, hier zum Beispiel durch einfaches Anklippen oder Anklicken. Die Trägereinrichtung und das erste Kopplungselement, vorzugsweise hier mit Schraubverbindung, ggf. auch mit dem zweiten Kopplungselement, bilden so zum Beispiel eine Docking-Bridge aus; die Befestigung erfolgt hier also über Kraftwirkung zwischen zwei magnetischen Elementen.

**[0117]** Ein zum Beispiel viereckig ausgebildetes Strukturelement kann zum Beispiel an jeder Ecke über eine Befestigungsvorrichtung mit dem zum Befestigen vorgesehenen Ort verbunden werden.

**[0118]** Fig. 13 zeigt eine schematische Ansicht der Rückseite 120 des Strukturelements 100 gemäß Fig. 3, mit einer Befestigungsvorrichtung in einer weiteren Ausführungsform. Hier ist ein Rahmenelement 340 vorgesehen, das als Trägereinrichtung oder als erstes Kopplungselement ausgebildet sein kann. Im Falle der Ausbildung als Trägereinrichtung sind zum Beispiel ein oder mehrere erste Kopplungselemente mit dem Rahmenelement verbindbar oder verbunden, die wiederum mit einem oder mehreren zweiten Kopplungselementen verbindbar sind. Ist das Rahmenelement als ein erstes Kopplungselement ausgebildet, kann es direkt mit einem oder mehreren zweiten Kopplungselementen zusammenwirken.

**[0119]** Fig. 14 zeigt die Ansicht der Vorderseite eines dreidimensionalen Strukturelements im fertig gefalteten Zustand in einer Ausführungsform, wobei beispielhaft unterschiedliche Aussparungen gezeigt sind. Die dreidimensionale Darstellung zeigt etwaige beispielhafte Aussparungen 210 und ein erstes Material 220 sowie ein zweites Material 221 nur ausschnittsweise. Vorzugsweise ist ein Strukturelement mit identischen Flächenelementen ausgebildet; allerdings können die Flächenelemente auch unterschiedlich ausgebildet sein, mit und ohne Aussparung und/oder mit unterschiedlichen Aussparungsformen und -mustern. Beliebige Kombinationen sind realisierbar.

**[0120]** Mit den erfindungsgemäßen Strukturelementen und den erfindungsgemäßen Systemen sind vorzugsweise gefaltete Akustikobjekte, vorzugsweise aus Blech, Papier oder Folien bereitgestellt, die sich zudem durch eine einzigartige Optik auszeichnen. Mit den akustisch wirksamen Elementen entsteht eine Kombination aus akustischer Funktion und Design. Aufgrund der Kombination von Faltgeometrie und Faltmaterial (flächig oder lokal) können Reflexion, Streuung und/oder Absorption oder Dämpfung optimal an die Anforderungen einer gewünschten Raumakustik angepasst werden. Mit den erfindungsgemäßen Strukturelementen und Systemen sind zusammenfaltbare transportable Akustikobjekte realisiert, die gleichzeitig extrem leicht, zusammengefoldet sehr klein und gut transportabel sind und erst vor Ort entfaltet werden. Dies ist insbesondere für den Messebau und für Events von Interesse.

## Bezugszeichenliste

### [0121]

10	Grundelement
11	Vorderseite
12	Rückseite
14	Faltlinie, Soll-Faltlinie
100	Strukturelement
110	Vorderseite
120	Rückseite
130	dreidimensionale Struktur
131	Erhebung
132	Vertiefung
140	Knick, Knicklinie, Faltlinie
200	Flächenelement
210	Aussparung
220	erstes Material, blechartiges Material
221	zweites Material, bahnartiges Material
300	Befestigungsvorrichtung
310	Trägereinrichtung
320	erstes Kopplungselement
321	zweites Kopplungselement
330	Schraubverbindung
340	Rahmenelement

400 System

500 zum Befestigen vorgesehener Ort, Wand, Decke

5

### Patentansprüche

1. Strukturelement (100) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen, umfassend eine oder mehrere Erhebungen (131) und/oder eine oder mehrere Vertiefungen (132), die derart als dreidimensionale Struktur (130) angeordnet ist oder sind, dass die akustischen Wellen an der einen oder den mehreren Erhebungen (131) und/oder an der einen oder den mehreren Vertiefungen (132) definiert in eine oder mehrere Richtungen lenkbar und/oder ausrichtbar sind und/oder absorbierbar sind.
2. Strukturelement (100) nach Anspruch 1, wobei die eine oder die mehreren Erhebungen (131) und/oder die eine oder die mehreren Vertiefungen (132) aus aneinandergrenzenden Flächenelementen (200) ausgebildet ist oder sind, wobei die Flächenelemente (200) in einem definierten Winkel oder in definierten Winkeln zueinander angeordnet sind.
3. Strukturelement (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei jedes Flächenelement (200) als ein akustische Wellen reflektierendes Flächenelement und/oder als ein akustische Wellen streuendes Flächenelement und/oder als ein akustische Wellen absorbierendes Flächenelement ausgebildet ist.
4. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die dreidimensionale Struktur (130) als regelmäßige Struktur oder unregelmäßige Struktur ausgebildet oder ausbildbar ist.
5. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die dreidimensionale Struktur (130) als eine oder mehrere Faltungen aufweisende Struktur ausgebildet ist und/oder die eine oder die mehreren Erhebungen (131) und/oder die eine oder die mehreren Vertiefungen (132) als gefaltete Erhebungen und/oder gefaltete Vertiefungen ausgebildet sind.
6. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die dreidimensionale Struktur (130) aus mindestens einem ersten Material (220) und/oder aus mindestens einem zweiten Material (221) ausgebildet ist und/oder die eine oder die mehreren Erhebungen (131) und/oder die eine oder die mehreren Vertiefungen (132) aus mindestens einem ersten Material (220) und/oder aus mindestens einem zweiten Material (221) ausgebildet sind.
7. Strukturelement (100) nach Anspruch 6, wobei das mindestens eine erste Material (220) ein blechartiges Material und das mindestens eine zweite Material (221) ein bahnartiges Material ist.
8. Strukturelement (100) nach Anspruch 6 oder 7, wobei das mindestens eine erste Material (220) aus Metall oder einer Metalllegierung ausgebildet ist.
9. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das mindestens eine zweite Material (221) aus Kunststoff, Textil, Vlies, insbesondere aus Carbonfaser-Vlies, aus Papier, Kartonage und/oder einem Verbundwerkstoff ausgebildet ist.
10. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das mindestens eine erste Material (220) und/oder das mindestens eine zweite Material (221) derart ausgebildet und angeordnet ist oder sind, dass das mindestens eine erste Material (220) und/oder das mindestens eine zweite Material (221) mindestens teilweise oder vollständig eine akustisch wirksame Fläche ausbilden.
11. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 10, wobei das mindestens eine erste Material (220) als ein Trägerelement ausgebildet ist, und das mindestens eine zweite Material (221) an dem Trägerelement angeordnet ist.
12. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei das mindestens eine erste Material (220) eine oder mehrere Aussparungen (210) aufweist, die insbesondere als Lochungen, Schlitze oder Mikroperforationen ausgebildet ist oder sind, so dass das mindestens eine zweite Material durch die Aussparungen mindestens teilweise oder vollständig zur Bildung einer oder der akustisch wirksamen Fläche beiträgt.

### EP 3 643 848 A1

13. System (400) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen, umfassend ein Strukturelement oder eine Mehrzahl oder Vielzahl von Strukturelementen (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

5 14. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 oder System (400) nach Anspruch 13, wobei das Strukturelement (100) und/oder das System (400) mittels einer Befestigungsvorrichtung (300) an einem dafür vorgesehenen Ort (500) befestigbar ist.

10 15. Strukturelement (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und 14 oder System (400) nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Strukturelement (100) und/oder das System (400) in seiner Dimension veränderbar ausgebildet ist, insbesondere zusammenfaltbar und/oder transportabel ausgebildet ist.

15 16. Verwendung eines Strukturelements (100) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 14 und 15 oder eines Systems (400) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen nach einem der Ansprüche 13 bis 15 zum definierten Lenken und/oder Ausrichten von akustischen Wellen in eine oder mehrere Richtungen und/oder zur Absorption von akustischen Wellen.

20 17. Verfahren zur Herstellung eines Strukturelements (100) zur Reflexion und/oder Streuung und/oder Absorption von akustischen Wellen nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 14 und 15, wobei das Strukturelement (100) unter Einsatz von Umformtechniken hergestellt wird.

25 18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei das Strukturelement aus einem Grundelement (10) ausgebildet oder geformt wird, wobei das Grundelement (10) als ein insbesondere planares Element mit insbesondere vorgefrästen oder geprägten Falllinien (14) ausgebildet ist.

30

35

40

45

50

55

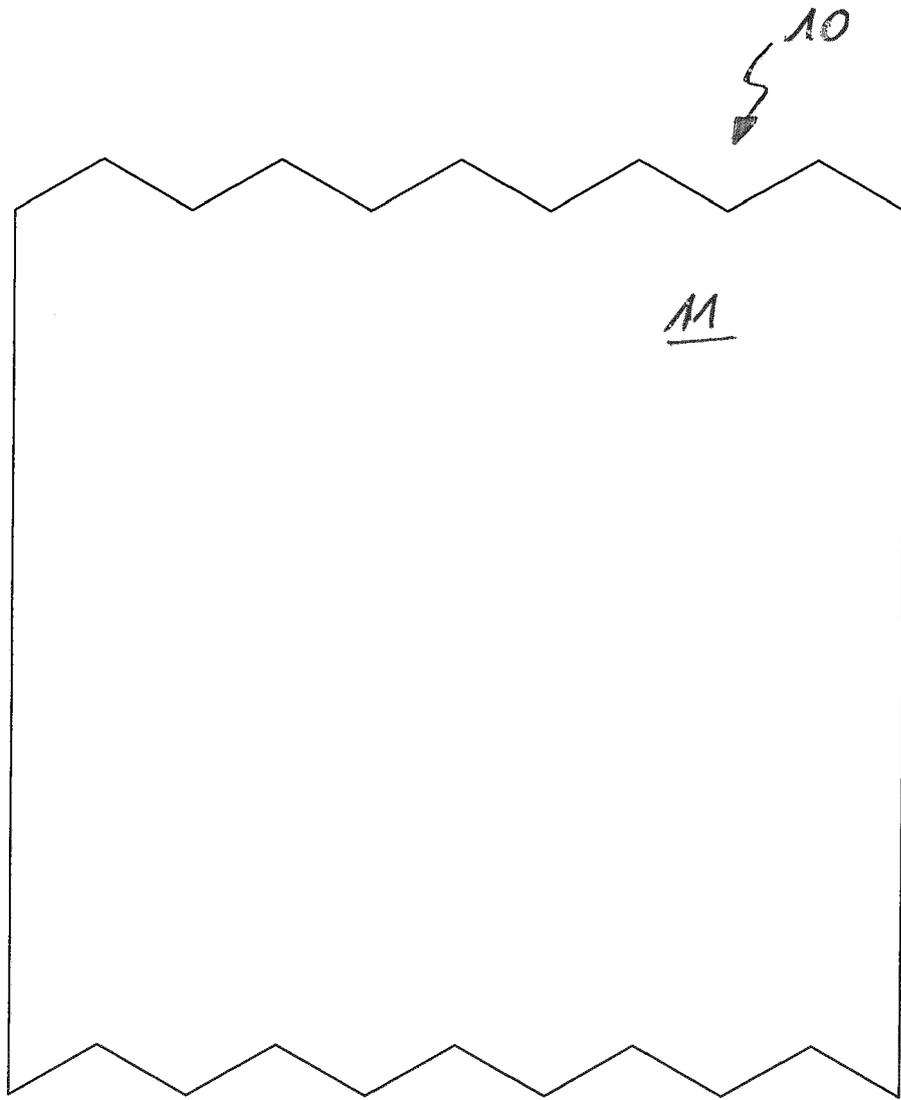


Fig. 1

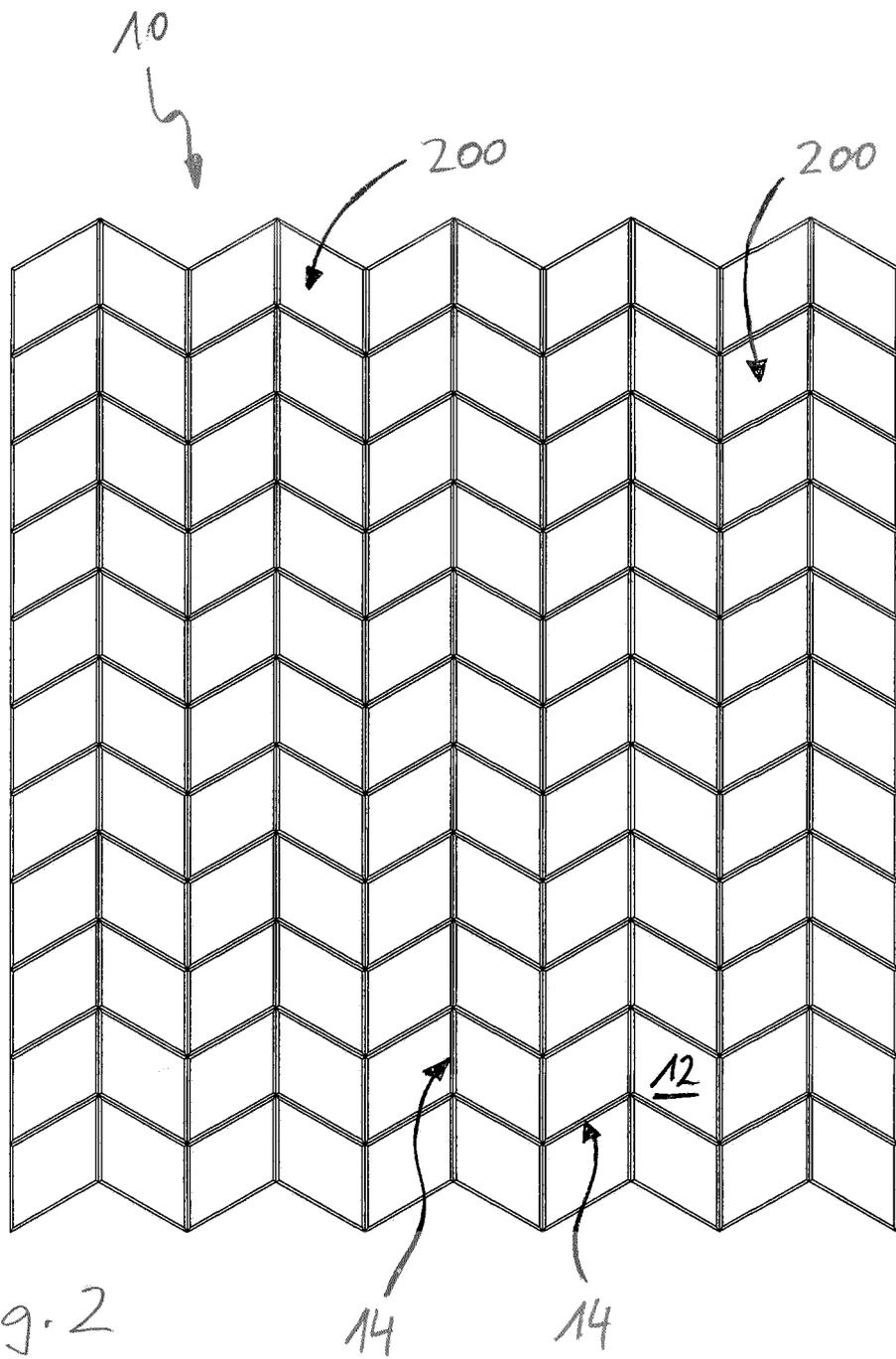


Fig. 2

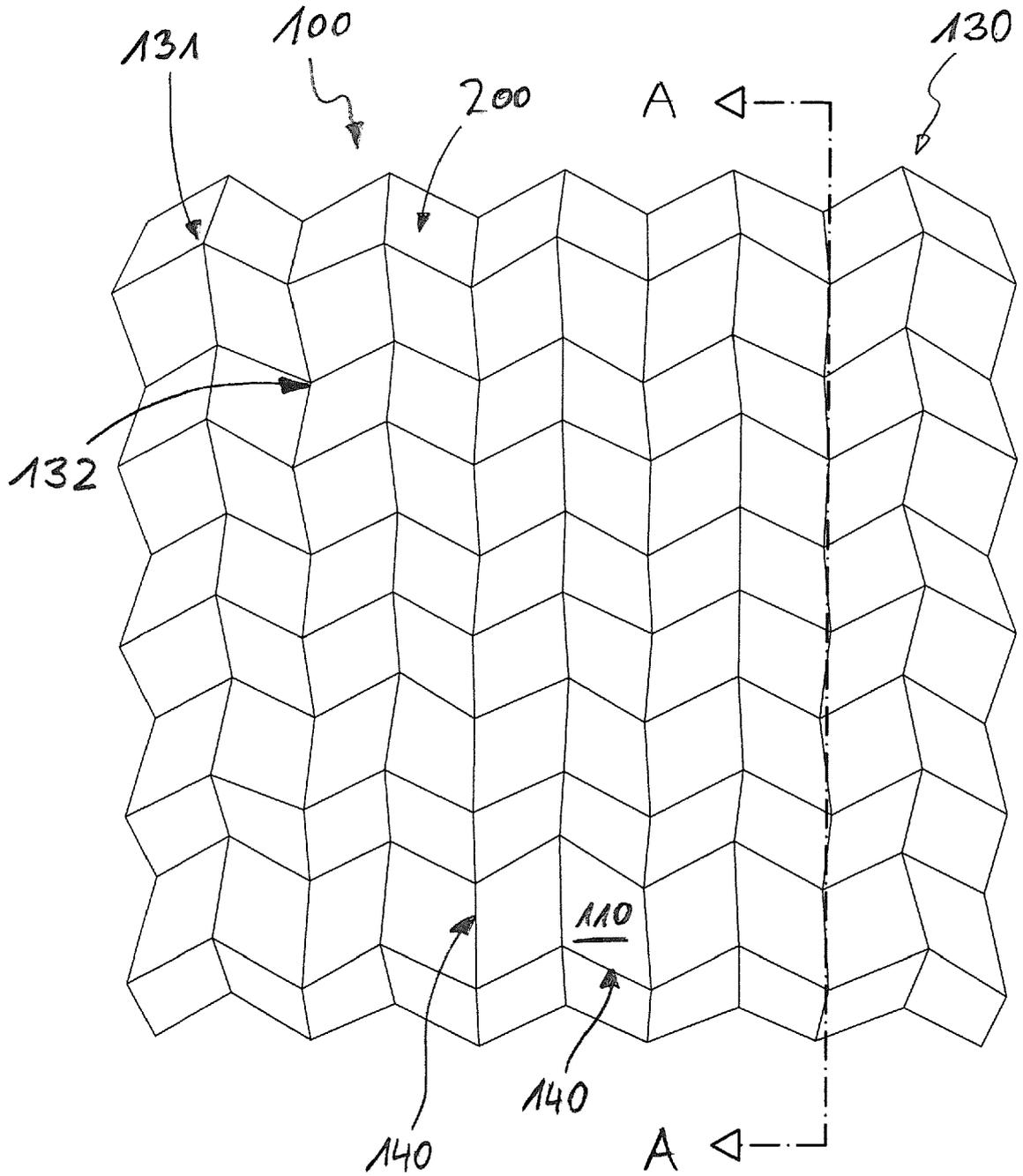


Fig. 3

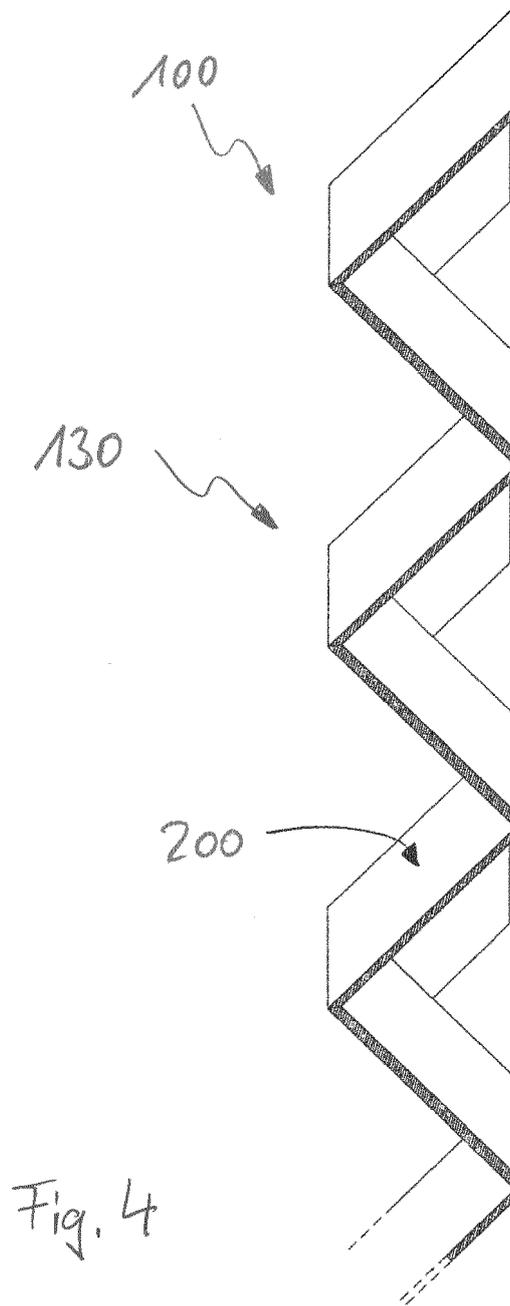


Fig. 4

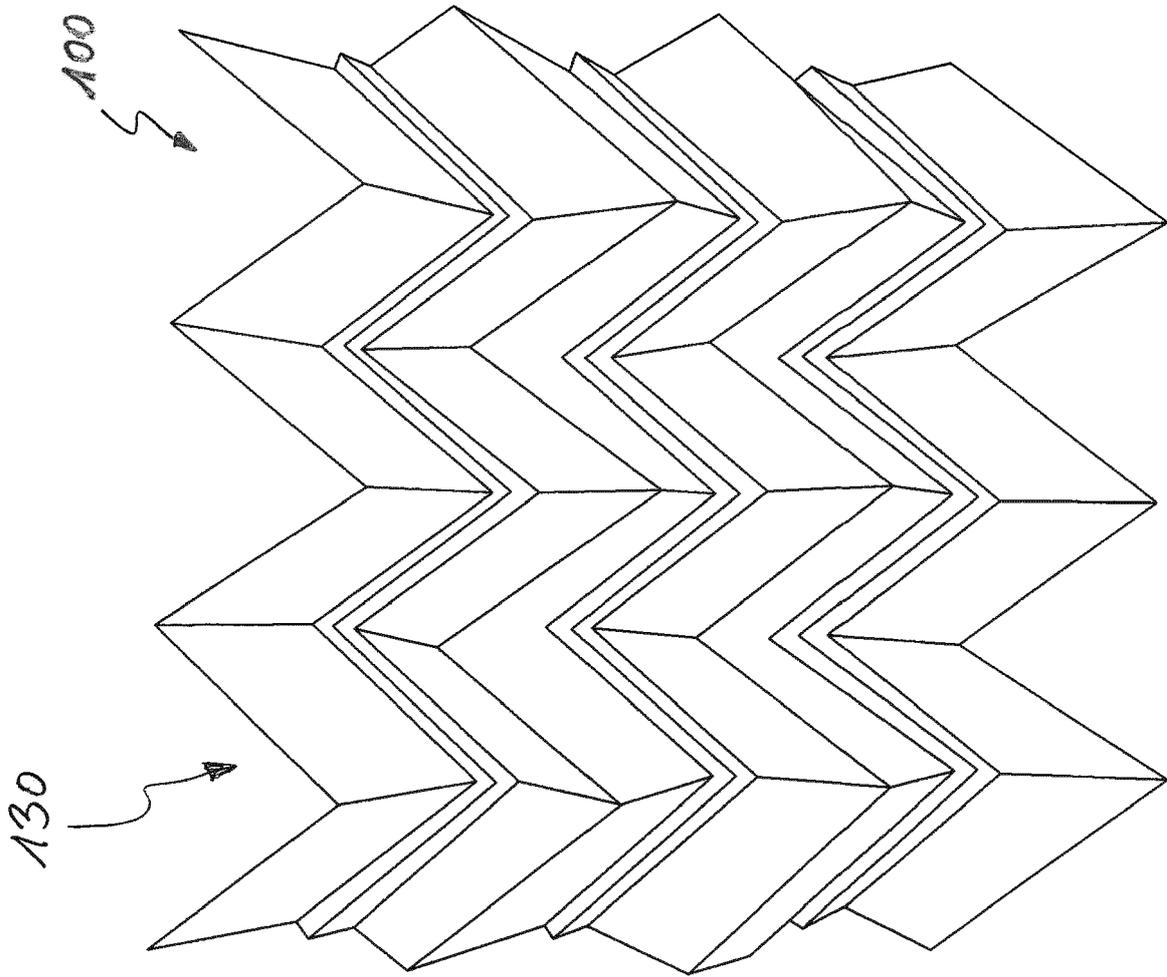


Fig. 5

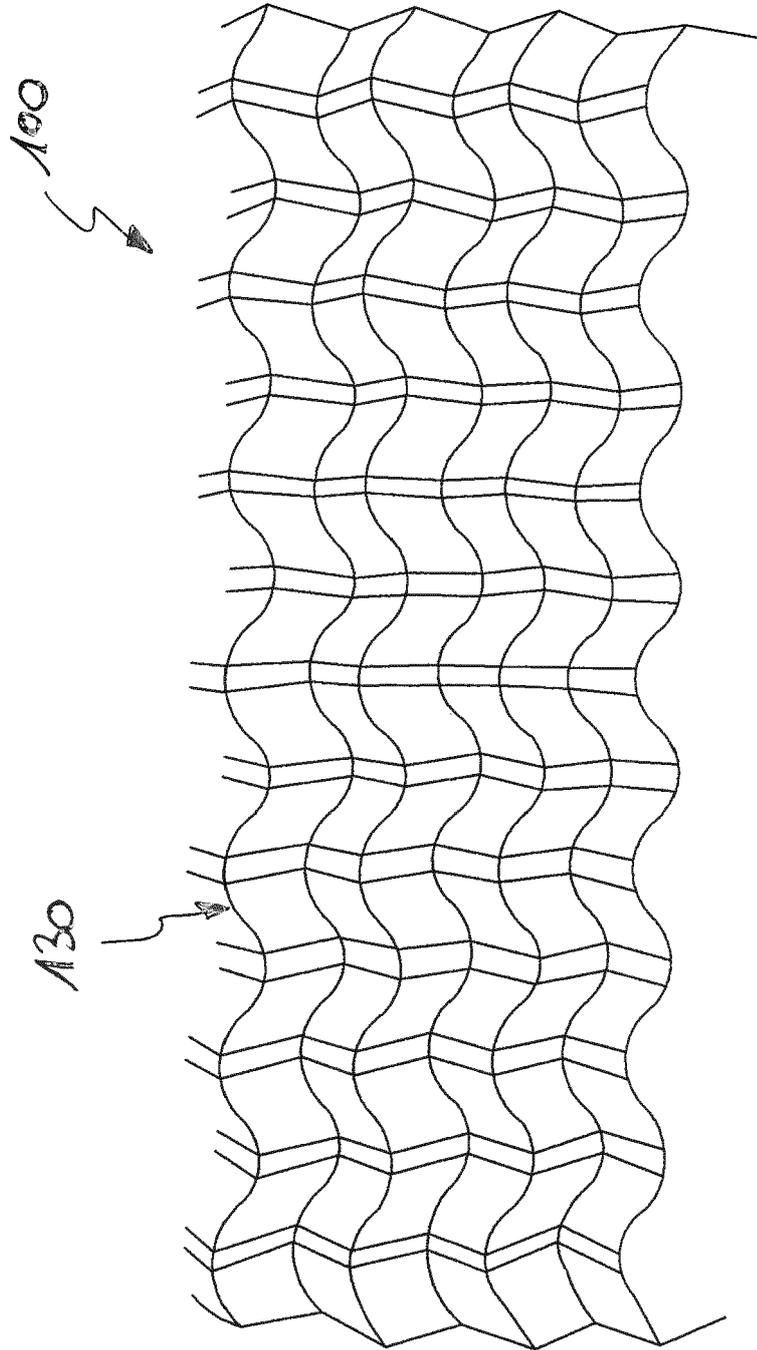


Fig. 6

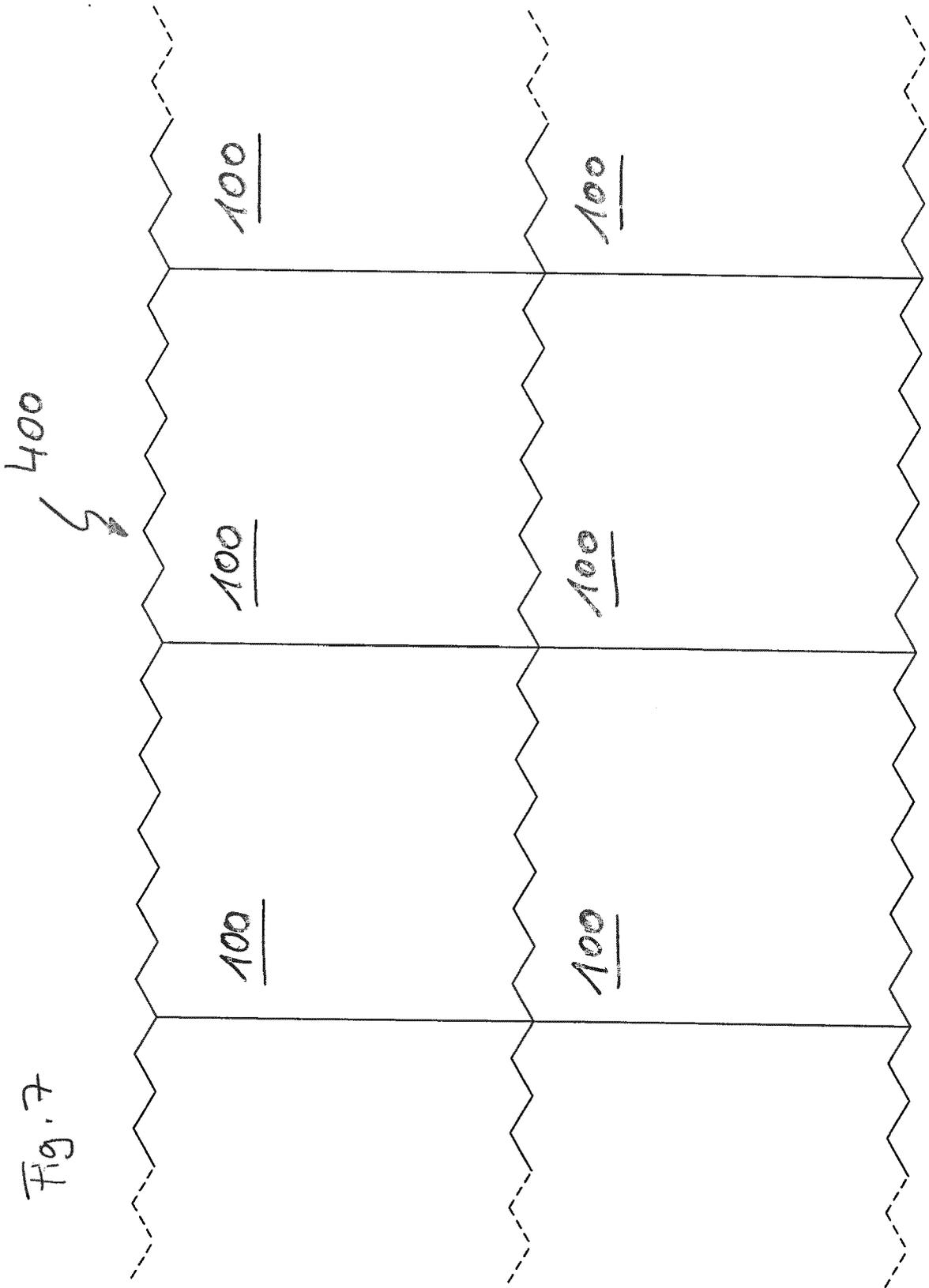


Fig. 7

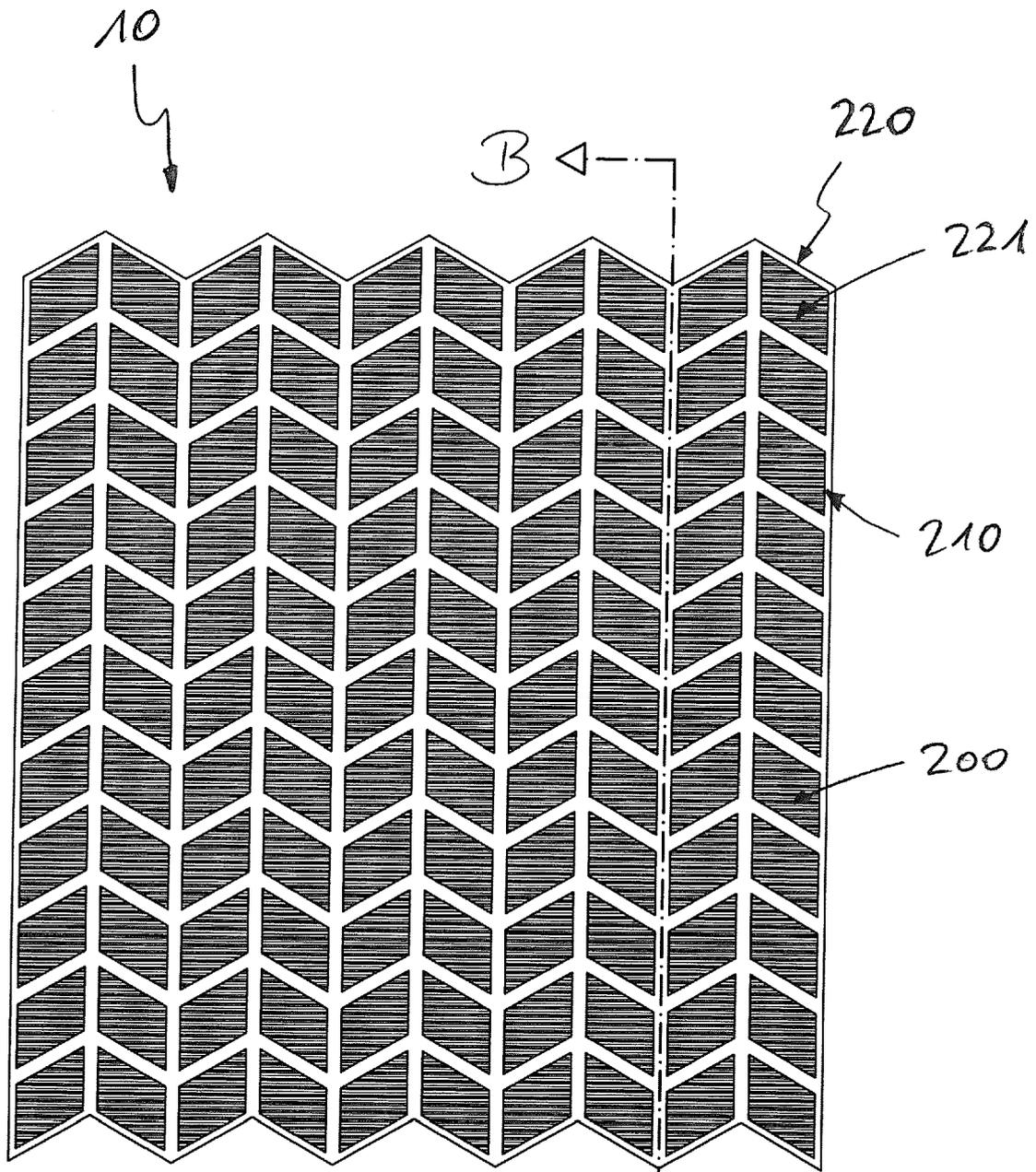


Fig. 8

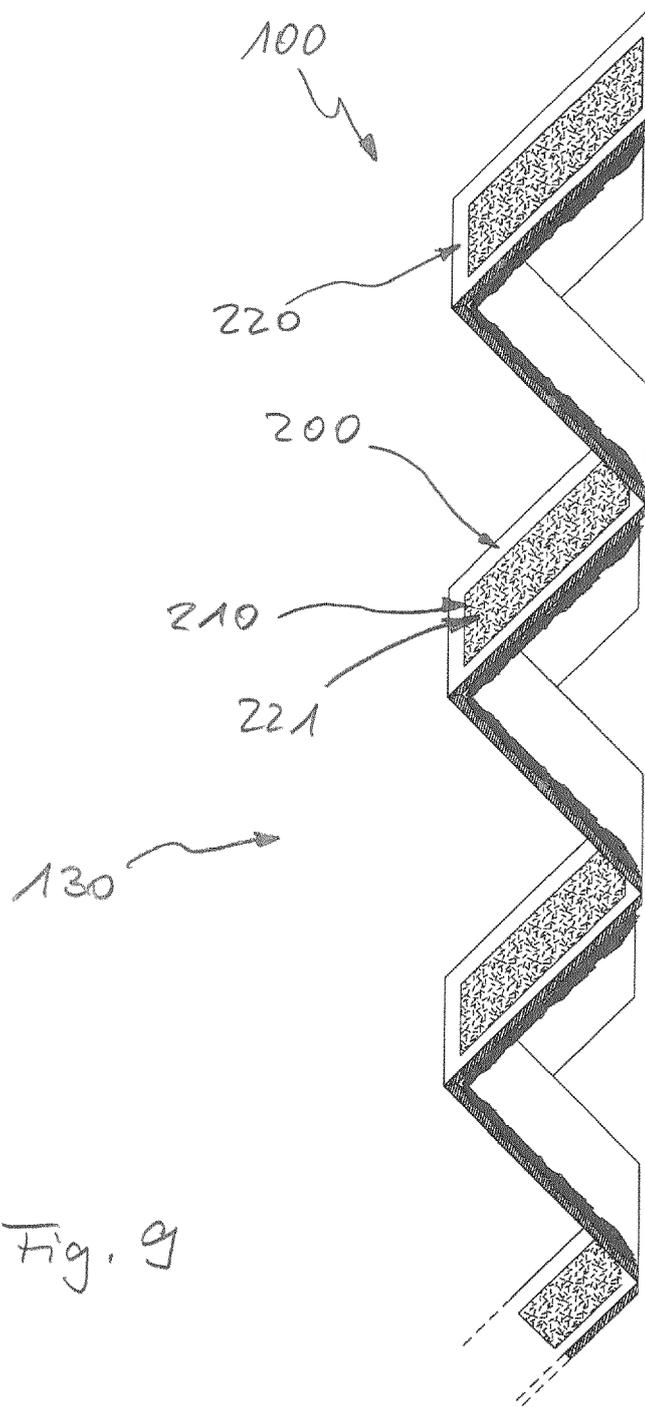


Fig. 9

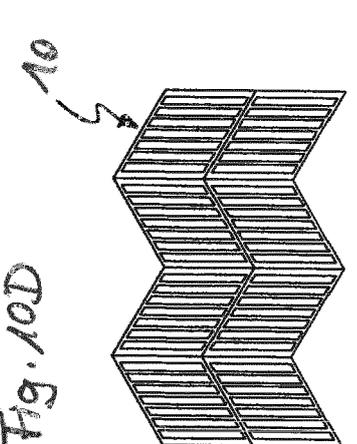
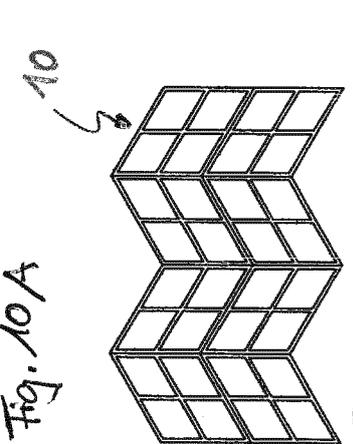
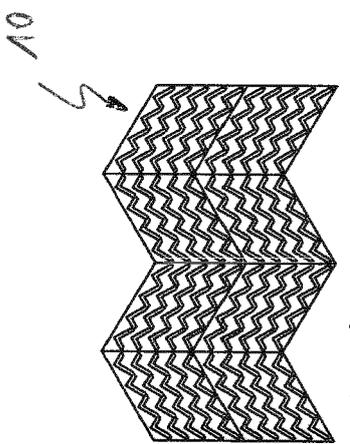
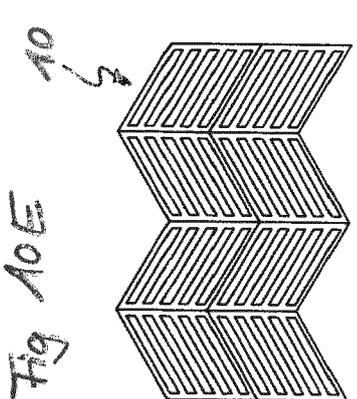
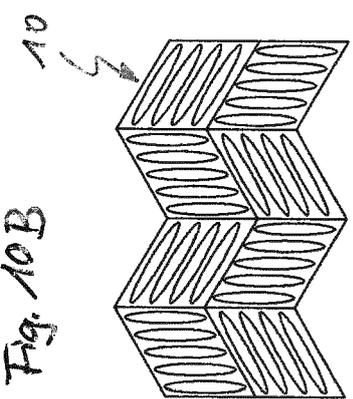
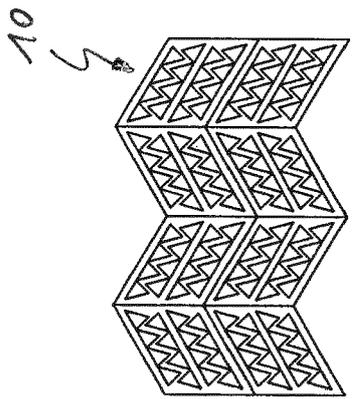
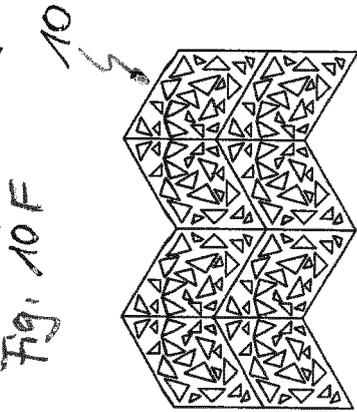
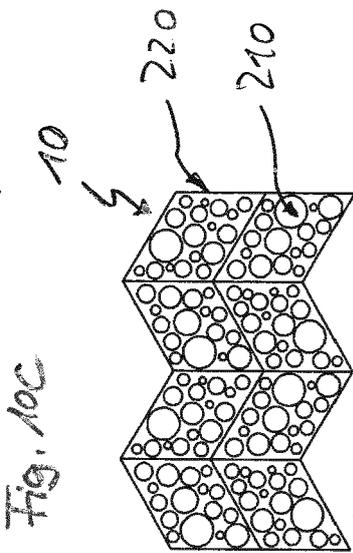
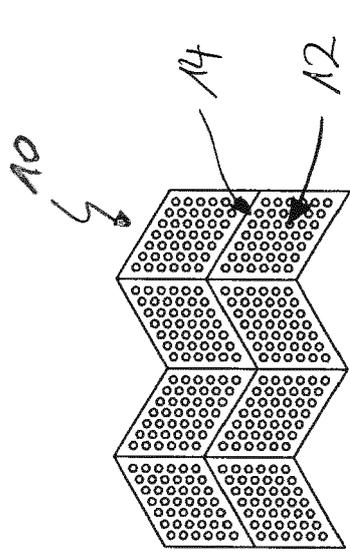


Fig. 10I

Fig. 10K

Fig. 10L

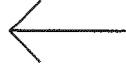
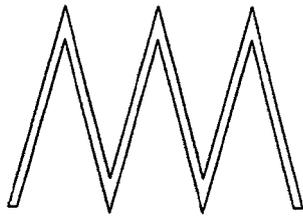


Fig. 11E

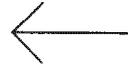
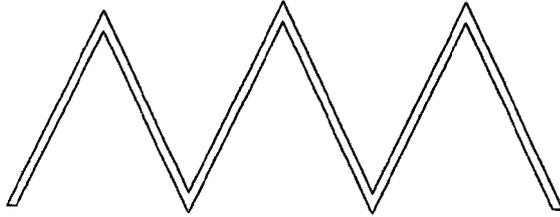


Fig. 11D

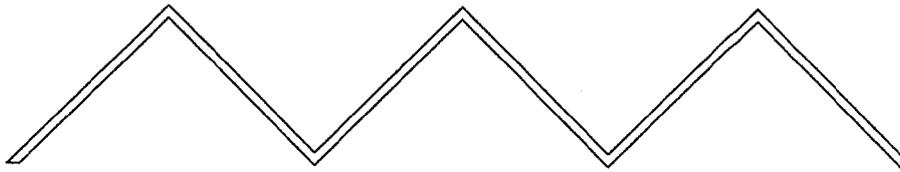


Fig. 11C

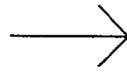
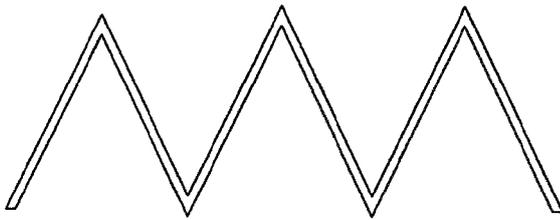


Fig. 11B

100

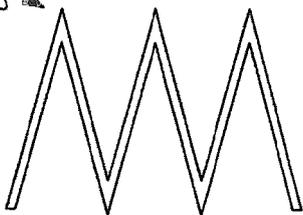
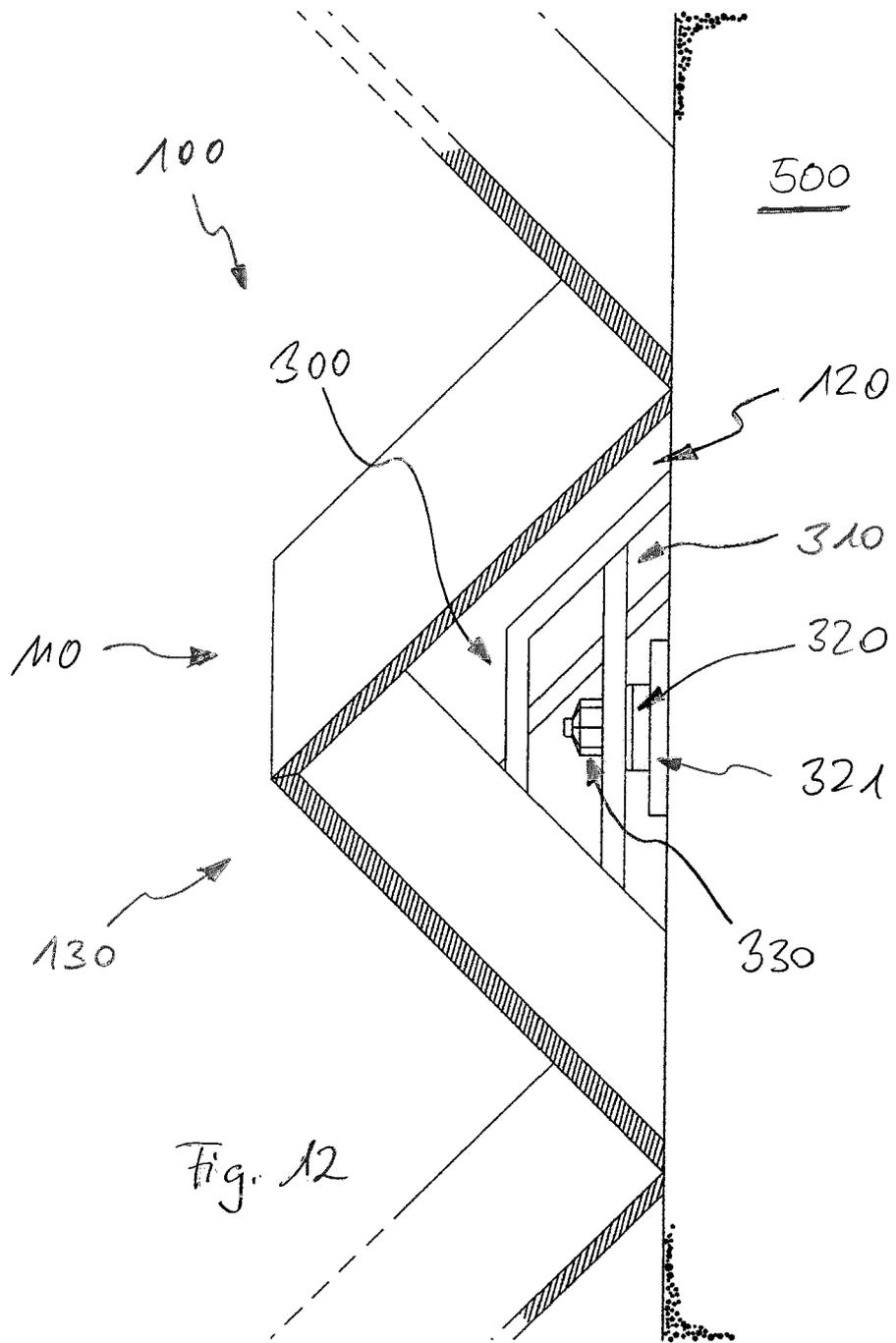
A handwritten number '100' with a small arrow pointing to the top peak of the zigzag line in Fig. 11A.

Fig. 11A



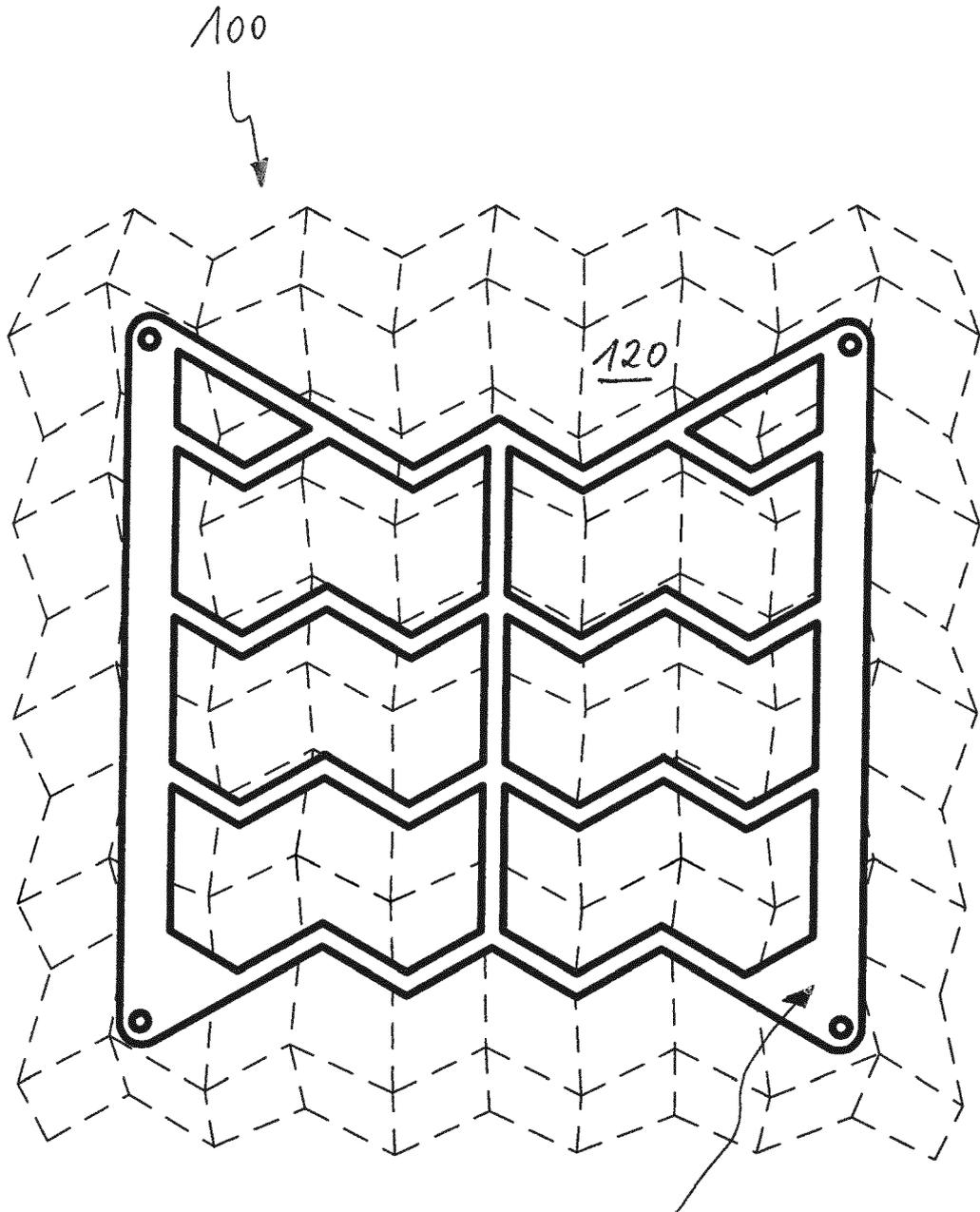


Fig. 13

340

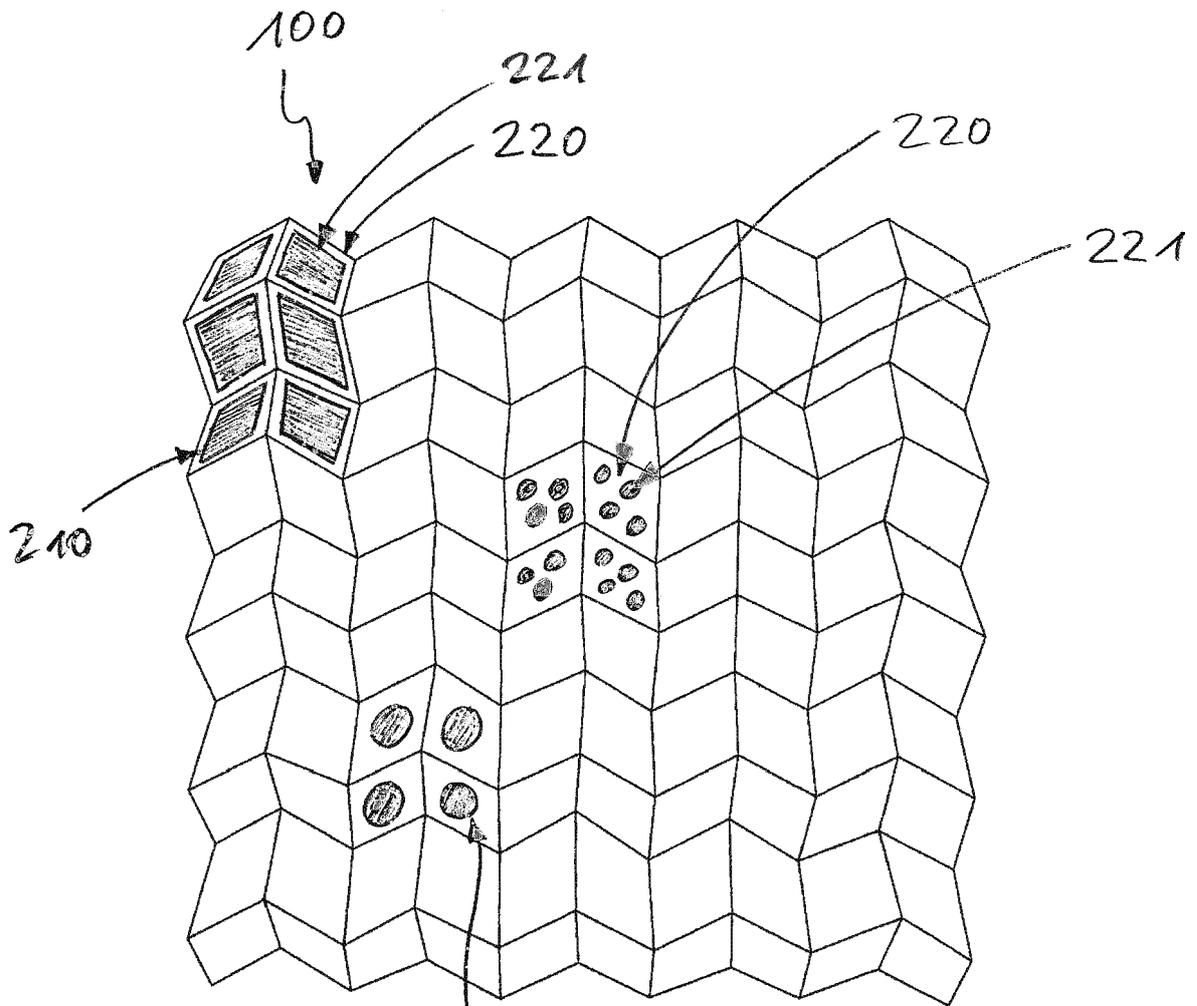


Fig. 14

210



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 20 2991

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 1 140 402 A (GINO PAROLINI [IT]) 22. Juli 1957 (1957-07-22) * Seite 2, linke Spalte, Zeile 1 - rechte Spalte, Zeile 14; Abbildungen 2-4 * -----	1-18	INV. E04B1/84
X	US 4 143 495 A (HINTZ ULRICH) 13. März 1979 (1979-03-13) * Spalte 2, Zeile 9 - Spalte 4, Zeile 51; Abbildungen 2-4 * -----	1-8, 10-18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>28. März 2019</b>	Prüfer <b>Melhem, Charbel</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 20 2991

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
 Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-03-2019

10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 1140402	A	22-07-1957	KEINE
-----			
US 4143495	A	13-03-1979	KEINE
-----			

EPO FORM P0461

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