



(11) **EP 3 043 346 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.07.2016 Patentblatt 2016/28

(51) Int Cl.:
G10K 11/165^(2006.01) G10K 11/168^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15150827.2**

(22) Anmeldetag: **12.01.2015**

(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

- **Dabbous, Raphael**
4125 Riehen (CH)
- **Strub, Andreas**
4102 Binningen (CH)
- **Hafner, Andreas**
4460 Gelterkinden (CH)

(71) Anmelder: **BASF SE**
67056 Ludwigshafen am Rhein (DE)

(74) Vertreter: **Schuck, Alexander**
Isenbruck Bösl Hörschler LLP
Patentanwälte
EASTSITE ONE
Seckenheimer Landstraße 4
68163 Mannheim (DE)

(72) Erfinder:
• **Dr. Bujard, Patrice**
1784 Courtepin (CH)

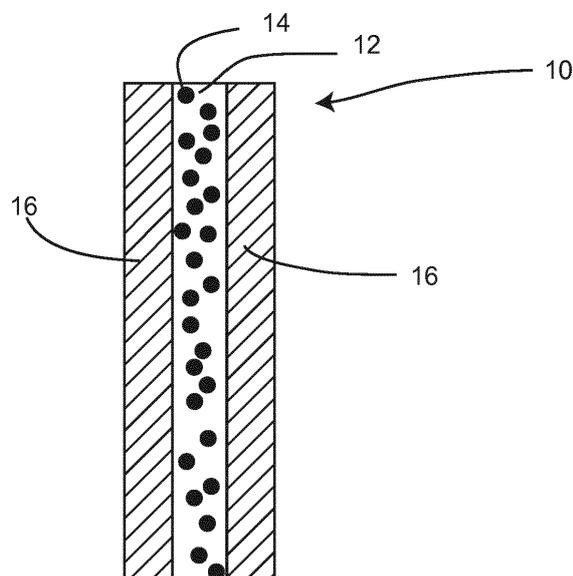
(54) **Schalldämpfendes bzw. schallabsorbierendes Verbundmaterial**

(57) Die Erfindung betrifft ein schalldämpfendes bzw. schallabsorbierendes Verbundmaterial (10) umfassend Partikel (14), die in einem viskoelastischen Material (12) eingebettet sind, wobei das viskoelastische Material (12) entweder als mittlere Schicht zwischen zwei Schichten umfassend ein Hüllmaterial (16) eingebettet ist, wobei das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials (12) ist und das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des Hüllmaterials (16) ist und das E-Modul des Hüllmaterials (16) größer ist als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials (12) oder in Form einer

Vielzahl von Zellen in einem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei die Zellen optional ein Schalenmaterial umfassen, wobei das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials (12) ist und das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des Matrixmaterials ist.

Weitere Aspekte der Erfindung betreffen die Verwendung des Verbundmaterials (10) sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Fig. 1



EP 3 043 346 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein schalldämpfendes bzw. schallabsorbierendes Verbundmaterial umfassend Partikel, die in einem viskoelastischen Material eingebettet sind. Weitere Aspekte der Erfindung betreffen die Verwendung des Verbundmaterials und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0002] Zur akustischen Abschirmung werden Bauteile wie schallabsorbierende und/oder schalldämmende Platten, Folien oder Beschichtungen eingesetzt, die die Transmission von Schall unterdrücken. Im Fall von Bauteilen aus einem homogenen Material ist dabei der Schalltransmissionsgrad T insbesondere von der Flächenmasse des Bauteils und der Frequenz f des Schalls abhängig, wobei die Dämpfung für größere Flächenmassen und größere Frequenzen ansteigt und somit der Transmissionsgrad T sinkt. Die Flächenmasse ist hierbei gegeben aus dem Produkt der Dichte ρ des Materials und der Dicke d des Bauteils. Dieser Zusammenhang ist als Bergersches Massengesetz bekannt.

[0003] Im Stand der Technik sind verschiedene Systeme zur Unterdrückung von Schall bekannt. Beispielsweise werden offenzellige Schaumstoffe zur Schallabsorption eingesetzt und schwere, mit Füllstoffen beladene Folien und Filme zur Schalldämpfung verwendet. Für eine effektive Unterdrückung von Schall müssen die bekannten Systeme jedoch sehr dick und sehr schwer sein.

[0004] Im Stand der Technik sind auch Materialsysteme bzw. Verbundstoffe bekannt, deren Schalldämpfung für bestimmte Frequenzen f größer ist, als nach dem Bergerschen Massengesetz für ein entsprechendes homogenes Material gleicher Flächenmasse zu erwarten ist.

[0005] Aus der Veröffentlichung "Locally Resonant Sonic Materials" von Z. Liu et al., Science Vol. 289 p. 1734 (8. September 2000) sind akustische Kristalle bekannt. Die akustischen Kristalle umfassen eine Vielzahl von Strukturelementen mit lokaler Resonanz. Die Strukturelemente bestehen aus einer Bleikugel, die mit einem weichen elastischen Material beschichtet ist. Die Strukturelemente sind in einer Ausführungsvariante in einem Epoxid eingebettet und dabei in einem kubischen Kristallgitter angeordnet. In einer weiteren Ausführungsvariante sind die Strukturelemente in Form einer Monolage angeordnet und sind ebenfalls in einem Epoxid eingebettet. Beide Ausführungsvarianten zeigen für wenige bestimmte Frequenzen einen Transmissionsgrad T , der deutlich unterhalb dem nach dem Massengesetz erwarteten Transmissionsgrad liegt.

[0006] Aus JP H09-226035 A ist eine schallisolierende Platte bekannt, deren Schalldämpfung besser ist, als nach dem Massengesetz zu erwarten ist. Die Platte umfasst ein aufgeschäumtes Grundmaterial, beispielsweise aus einem Kunststoff wie Polyurethan oder Polyvinylchlorid. In den Blasen des aufgeschäumten Grundmaterials sind Partikel, beispielsweise aus Aluminium, aufgenommen, die sich in den Blasen bewegen können. Das Massenverhältnis von Grundmaterial zu Partikeln be-

trägt von 1:0,2 bis 1:5 und die Größe der Blasen ist so gewählt, dass sich die Partikel innerhalb einer Blase um eine Strecke im Bereich von 1 nm bis 10 μm bewegen können.

5 **[0007]** Eine Aufgabe der Erfindung kann darin gesehen werden ein Verbundmaterial bereitzustellen, welches eine gute Schalldämpfung über einen weiten Frequenzbereich ermöglicht.

10 **[0008]** Gelöst wird die Aufgabe durch ein schalldämpfendes bzw. schallabsorbierendes Verbundmaterial umfassend Partikel, die in einem viskoelastischen Material eingebettet sind, wobei das viskoelastische Material entweder

15 a) als mittlere Schicht zwischen zwei Schichten umfassend ein Hüllmaterial eingebettet ist, wobei das E-Modul der Partikel größer als das effektive E-Modul des Hüllmaterials ist und das E-Modul des Hüllmaterials größer ist als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials oder

20 b) in Form einer Vielzahl von Zellen in einem Matrixmaterial eingebettet ist, wobei die Zellen optional ein Schalenmaterial umfassen, wobei das E-Modul der Partikel größer als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials ist und das E-Modul der Partikel größer als das effektive E-Modul des Matrixmaterials ist. Ist ein Schalenmaterial vorhanden, so ist das effektive E-Modul des Schalenmaterials kleiner als das E-Modul der Partikel und größer als das E-Modul des viskoelastischen Materials und als das E-Modul des Matrixmaterials.

25 **[0009]** Die in das viskoelastische Material eingebetteten Partikel bilden in Kombination mit dem viskoelastischen Material sowie dem Hüllmaterial bzw. dem Schalenmaterial oder dem Matrixmaterial, einen Resonator aus, der mindestens eine Resonanzfrequenz aufweist. Im Fall der Alternative a) bildet jeweils ein Partikel eine schwingfähige Masse, die über das viskoelastische Material als Federelement mit dem feststehenden Hüllmaterial verbunden ist.

30 **[0010]** Im Fall der Alternative b) bildet jede Zelle für sich ein abgeschlossenes System, wobei wiederum jedes in der Zelle enthaltene Partikel eine schwingfähige Masse darstellt. Diese schwingfähige Masse ist über das viskoelastische Material als Federelement mit dem Rand der Zelle verbunden, der je nach Variante durch das Schalenmaterial oder durch den Übergang vom viskoelastischen Material zum Matrixmaterial ausgebildet wird. In einer Zelle kann dabei je nach Ausführungsvariante ein einziges Partikel aufgenommen sein oder es können mehrere Partikel aufgenommen sein.

35 **[0011]** Eine erste Resonanzfrequenz eines solchen Resonators ist gegeben durch die Masse des Partikels und der Federkonstante des viskoelastischen Materials. Diese Federkonstante wiederum bestimmt sich aus dem E-Modul (Elastizitätsmodul) und den geometrischen Ab-

messungen des den Partikel umgebenden viskoelastischen Materials. Durch Anordnung einer Vielzahl solcher Resonatoren wird ein Verbundmaterial geschaffen, welches in Anlehnung an photonische Kristalle als phononischer Kristall bezeichnet werden kann. Dabei muss die Anordnung keine regelmäßige Struktur ausweisen.

[0012] Phononische Kristalle erlauben es, die Ausbreitung von Schall gezielt zu beeinflussen, wobei durch das Erzeugen einer Bandlücke im phononischen Kristall eine Schallausbreitung für bestimmte Frequenzen im Idealfall vollständig unterdrückt wird. Die zur Erzeugung eines phononischen Kristalls normalerweise notwendigen regelmäßigen Strukturen mit einer Gitterkonstante in der Größenordnung der Schallwellenlänge können durch das Ausbilden einer Vielzahl von Resonatoren ersetzt werden, wie in der Veröffentlichung von Z. Liu et al., Science Vol. 289 p. 1734 (8. September 2000) gezeigt wurde. Dort wurden Strukturelemente mit lokaler Resonanz, die jeweils einen Resonator darstellen, mit einer Gitterkonstante von 1,55 cm in Form eines einfachen kubischen Kristallgitters angeordnet. Ein Modell zur Berechnung der Resonanzfrequenzen eines solchen phononischen Kristalls und zur Abschätzung der erwarteten Schalltransmission wird in der Veröffentlichung M. Hirsekorn, APL Vol. 84, p. 3364 (2004) diskutiert.

[0013] Das vorgeschlagene schalldämpfende bzw. schallabsorbierende Verbundmaterial weist eine Vielzahl von Resonatoren auf, die ähnlich wie ein phononischer Kristall zusammenwirken und auf das Verbundmaterial einfallenden Schall dämpfen bzw. absorbieren.

[0014] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Partikel einen Durchmesser kleiner als 5000 μm , bevorzugt kleiner als 500 μm und besonders bevorzugt kleiner als 250 μm aufweisen. Dabei bezieht sich der Durchmesser auf die größte Länge zwischen zwei Punkten auf der kleinsten Projektionsfläche eines Partikels. Hierbei wird lediglich eine obere Grenze für die Größe der Partikel vorgegeben, so dass die verwendeten Partikel nicht notwendigerweise die gleiche Größe aufweisen. Vielmehr ist es möglich und bevorzugt, dass die eingesetzten Partikel eine Partikelgrößenverteilung aufweisen, wobei diese Verteilung oberhalb einer bestimmten Partikelgröße abgeschnitten ist.

[0015] Eine solche maximale Partikelgröße kann beispielsweise durch Sieben definiert werden, wobei alle Partikel oberhalb einer vorgegebenen Größe ausgesiebt werden.

[0016] Weiterhin ist es denkbar, bei den verwendeten Partikeln auch eine Mindestgröße vorzugeben. Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Partikel einen Durchmesser vom mehr als 5 μm , bevorzugt von mehr als 25 μm und besonders bevorzugt von mehr als 50 μm aufweisen. Auch diese Mindestgröße der Partikel kann beispielsweise durch Sieben vorgegeben werden, wobei alle Partikel die unterhalb der vorgegebenen Mindestgröße liegen ausgesiebt werden.

[0017] Die Partikelgröße ist für die Funktion des Verbundmaterials bedeutsam, da über die Partikelgröße und

die Dichte des Materials der Partikel die Masse eines Partikels gegeben ist. Diese Masse eines Partikels wiederum ist ein Parameter zur Festlegung mindestens einer Resonanzfrequenz der die Partikel enthaltenden Resonatoren. Somit ist auch eine Verteilung der sich ergebenden Resonanzfrequenzen korreliert mit der Partikelgrößenverteilung.

[0018] Sind alle Partikel gleich groß, so weisen auch die die Partikel aufnehmenden Resonatoren gleiche Resonanzfrequenzen auf, sofern die Eigenschaften des viskoelastischen Materials für jeden Resonator ebenfalls identisch sind. In diesem Fall weist das Verbundmaterial nur für wenige Schallfrequenzen eine Dämpfungswirkung auf, die über der nach dem Bergerschen Massengesetz erwarteten Wirkung liegt.

[0019] Es ist bevorzugt, die Partikelgrößenverteilung so zu wählen, dass die Resonanzfrequenzen der Resonatoren über einen Frequenzbereich verteilt sind, in dem eine hohe Schalldämpfung durch das vorgeschlagene Verbundmaterial gewünscht wird. Dieser Frequenzbereich beträgt beispielsweise von 10 bis 20000 Hz, bevorzugt von 10 bis 10000 Hz. Dabei ist es zum einen denkbar, die Partikelgrößenverteilung als eine Gleichverteilung zu wählen, so dass jede Resonanzfrequenz innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs gleich wahrscheinlich ist. Ebenso ist es denkbar, dass beispielsweise bei tiefen Frequenzen, die zur Dämpfung gemäß dem Bergerschen Massengesetz eine große Flächendichte erfordern, durch das Verbundmaterial stärker gedämpft werden sollen, als hohe Frequenzen. In diesem Beispielfall kann eine Partikelgrößenverteilung gewählt werden, bei der größere Partikel häufiger enthalten sind als kleinere Partikel. Des Weiteren sind beispielsweise bimodale Partikelgrößenverteilungen denkbar, die bei zwei Frequenzen bzw. bei zwei Größen eine erhöhte Häufigkeit aufweisen.

[0020] Die Partikel können unregelmäßig oder regelmäßig geformt sein, wobei als regelmäßige Formen insbesondere eine Kugelform oder eine Plättchenform bevorzugt ist.

[0021] Die Partikel des Verbundmaterials sind in der Regel unregelmäßig geformt und weisen bevorzugt ein Verhältnis von einer größten Dicke zu einer kleinsten Dicke eines Partikels von 1 bis 10000 auf. Besonders bevorzugt wird ein Verhältnis von 1 bis 100 und ganz besonders wird ein Verhältnis von 1 bis 25 bevorzugt. Im Allgemeinen ist es bevorzugt, Partikel mit sehr scharfen Kanten und Ecken zu vermeiden. Runde Partikel sowie abgerundete Partikel werden bevorzugt verwendet.

[0022] Neben Partikeln, die einstückig ausgebildet sind, sind des Weiteren Partikel denkbar, die aus zwei oder mehreren kleineren Teilen zusammengesetzt sind. Bei solchen zusammengesetzten bzw. agglomerierten Partikeln ist es denkbar, dass zwei Teile mit unterschiedlicher Dichte und/oder unterschiedlicher Masse mit Hilfe eines Polymers miteinander verbunden werden. Bei solchen verbundenen Partikeln können die einzelnen Teile gegeneinander mechanische Schwingungen ausführen,

ähnlich wie bei mit einem Dipol. Es stehen somit weitere Resonanzfrequenzen zur Verfügung. Das zum Verbinden zweier Teilchen verwendete Polymer weist bevorzugt ein größeres E-Modul auf, als das viskoelastische Material.

[0023] Bevorzugt ist es, wenn die die Dichte des Materials der Partikel größer als $3,5 \text{ g/cm}^3$ ist. Die Dichte des Materials der Partikel wird bevorzugt größer als die Dichte des viskoelastischen Materials gewählt. Besonders bevorzugt wird eine Dichte des Materials der Partikel von $3,5$ bis 19 g/cm^3 und ganz besonders bevorzugt wird eine Dichte von 6 bis 12 g/cm^3 . Eine Obergrenze für die Dichte ist dabei in der Praxis durch die Dichte von Osmium ($22,6 \text{ g/cm}^3$) gegeben. Das Material der Partikel ist bevorzugt ausgewählt aus Aluminium, Titan, Zirkon, Antimon, Zink, Zinn, Mangan, Eisen, Nickel, Cobalt, Kupfer, Silber, Blei, Gold, Wolfram, einer Legierung der genannten Metalle oder aus einem Derivat der genannten Metalle mit anderen Atomen oder Kombinationen von Atomen der CAS-Gruppen IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, und VIIA des Periodensystems. Besonders bevorzugt sind die Metalle Titan, Zink, Eisen, Kupfer, Blei und Wolfram, entweder rein oder legiert. Ganz besonders bevorzugte Metalle sind Eisen, Kupfer, Blei und Wolfram. Die bevorzugten Atome oder Kombinationen von Atomen, die mit den genannten Metallen kombiniert werden, sind diejenigen der CAS-Gruppen IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, und VIIA der Schalen K, L, M, N und O des Periodensystems und Barium. Beispiele für eine Kombination aus einem Metall mit anderen Atomen sind Aluminiumoxid und Stahl.

[0024] Neben den Eigenschaften eines Partikels sind auch die Eigenschaften des viskoelastischen Materials maßgebend für die Resonanzfrequenz eines das Partikel enthaltenen Resonators. Relevante Materialeigenschaften sind insbesondere das E-Modul sowie der Verlustfaktor.

[0025] Bevorzugt weist das viskoelastische Material ein E-Modul von $0,05$ bis 25 MPa , besonders bevorzugt von $0,5$ bis 5 MPa und ganz besonders bevorzugt von $0,5$ bis 3 MPa auf.

[0026] Das viskoelastische Material weist neben dem reinen elastischen Verhalten auch einen Anteil an nicht-Newtonischem Verhalten auf.

[0027] Das viskoelastische Material weist bevorzugt einen Verlustfaktor über einen Frequenzbereich von 100 Hz bis 10000 Hz von größer als $0,01$, besonders bevorzugt von größer als $0,05$ und ganz besonders bevorzugt von größer als $0,1$ auf. Der Verlustfaktor gibt hierbei an, wie stark eine mechanische Schwingung eines in dem viskoelastischen Material eingebetteten Partikels gedämpft und beispielsweise in Wärme umgewandelt wird.

[0028] Das viskoelastischen Material ist bevorzugt weich, insbesondere ist es weicher als das Material der Partikel. Die Härte des viskoelastischen Materials ist bevorzugt kleiner als 85 Shore A und besonders bevorzugt kleiner als 65 Shore A . ist. Das weiche viskoelastische Material erlaubt es dem darin eingebetteten Partikel, me-

chanische Schwingungen auszuführen. Gleichzeitig ist das viskoelastische Material bevorzugt ausreichend hart, so dass die mittlere Schicht im Fall der Alternative a) bzw. die Zellen im Fall der Alternative b) selbsttragend sind.

[0029] Das viskoelastische Material ist bevorzugt ausgewählt aus vernetzten, teilvernetzten oder unvernetzten Elastomeren oder thermoplastischen Elastomeren und Copolymeren. Besonders bevorzugt ist das viskoelastische Material aus-gewählt aus einem Polysiloxanelastomer, einem Polyurethan, einem olefinbasierenden Copolymer, einem Copolyester Copolymer, einem Polyetherester Copolymer, einem Polyetheramid Copolymer, einem Styrol-Butadien-Styrol Copolymer, einem Styrol-Butadien-Ethylen-Styrol- Copolymer oder einer Kombination mindestens zweier der genannten Materialien. Besonders bevorzugt sind dabei die Familien der Polysiloxanelastomere, der Polyurethane, der olefinbasierenden Copolymere und der Styrol-Butadien-Ethylen-Styrol- Copolymere.

[0030] Bevorzugt ist das viskoelastische Material ein aufgeschäumtes Material bzw. ein Schaumstoff. Dabei kann es sich sowohl um offenzellige als auch um geschlossenzellige Schaumstoffe handeln. Im Fall eines Schaumstoffs weicht das effektive E-Modul des aufgeschäumten Materials von dem E-Modul des dem Schaumstoff zugrundeliegenden Materials ab, wobei für die Eigenschaften des vorgeschlagenen Verbundstoffs das effektive E-Modul des aufgeschäumten Materials relevant ist. Die Porengröße bzw. die Größe der Zellen des entstehenden Schaumstoffs ist bevorzugt so gewählt, dass der Schaumstoff selbsttragend ist.

[0031] Die Eigenschaften des Verbundstoffs sind abhängig vom Anteil der Partikel im Verbundstoff bzw. vom Anteil der Partikel im viskoelastischen Material. Im Fall gemäß der Alternative a) beträgt der Anteil an Partikeln im viskoelastischen Material bevorzugt von 10 bis $90 \text{ vol.}\%$, besonders bevorzugt von 25 bis $75 \text{ vol.}\%$ und ganz besonders bevorzugt von 40 bis $50 \text{ vol.}\%$. Im Fall gemäß Alternative b) beträgt der Anteil an Zellen im Matrixmaterial bevorzugt von 10 bis $90 \text{ vol.}\%$, besonders bevorzugt von 25 bis $75 \text{ vol.}\%$ und ganz besonders bevorzugt von 40 bis $50 \text{ vol.}\%$. Die obere Grenze des Anteils der Partikel im viskoelastischen Material ist dabei bevorzugt so gewählt, dass bei gleichmäßiger Verteilung der Partikel der Abstand zweier Partikel (Rand zu Rand) mindestens einem Viertel des Partikeldurchmessers entspricht.

[0032] Die Partikel sind bevorzugt gleichmäßig im viskoelastischen Material verteilt, wobei diese jedoch keine regelmäßige Struktur wie das Gitter eines Kristalls bilden müssen. Des Weiteren ist es im Fall der Alternative a) denkbar, bei der Verteilung der Partikel im viskoelastischen Material einen Gradienten vorzusehen, so dass beispielsweise auf einer ersten der beiden Hüllschichten zugewandten Seite eine höhere Konzentration von Partikeln im viskoelastischen Material vorliegt, die in Richtung der anderen Seite abnimmt.

[0033] Im Fall der Variante b) ist der Anteil an Partikeln im in einer Zelle aufgenommenen viskoelastischen Material so gewählt, wie für Variante a) beschrieben. Zudem ist es bevorzugt, wenn die Zellen in dem Matrixmaterial gleichmäßig verteilt sind. Des Weiteren ist es denkbar, einen Konzentrationsgradienten vorzusehen.

[0034] Im Fall der Alternative a) ist das viskoelastische Material als mittlere Schicht in einer Sandwichstruktur aufgenommen, wobei die äußeren Schichten der Struktur aus einem Hüllmaterial bestehen. Das Hüllmaterial schließt das viskoelastische Material mit den eingebetteten Partikeln ein. Des Weiteren dient das Hüllmaterial in dem Schichtaufbau der Alternative a) als Anker, wobei die im viskoelastischen Material eingebetteten Partikel mechanische Schwingungen relativ zum Hüllmaterial ausführen können. Zur Verbesserung der Haftung zwischen den einzelnen Schichten der Sandwichstruktur kann optional ein Haftkleber zwischen der mittleren Schicht mit dem viskoelastischen Material und den äußeren Schichten umfassend das Hüllmaterial angeordnet werden.

[0035] Die Schichtdicke der mittlere Schicht umfassend das viskoelastische Material beträgt bevorzugt vom 1,5 fachen des Partikeldurchmessers bis 15 mm, besonders bevorzugt vom 1,5 fachen des Partikeldurchmessers bis 10 mm. Die Schichtdicken der beiden äußeren Schichten, die das Hüllmaterial umfassen, sind so gewählt, dass das Verbundmaterial als Ganzes eine für die gewünschte Anwendung ausreichende Stabilität aufweist.

[0036] Bevorzugt ist das E-Modul des Hüllmaterials größer als 5 MPa und besonders bevorzugt größer als 10 MPa.

[0037] Das Hüllmaterial ist bevorzugt ausgewählt aus einem Polymer, besonders bevorzugt Polyurethan, Polyester, Polyamid, Polystyrol, Polyoxymethylen, Polycarbonat, Polyvinylchlorid oder einem Polyolefin, aus einem Metall, besonders bevorzugt Aluminium, oder aus einer Keramik, oder aus einem Verbund mindestens zweier der genannten Materialien.

[0038] Im Fall der Alternative b) ist das viskoelastische Material mit den darin eingebetteten Partikeln in eine Vielzahl von Zellen eingeschlossen, wobei die Zellen wiederum in einem Matrixmaterial eingebettet sind.

[0039] Bevorzugt ist die Größe einer Zelle so gewählt, dass das viskoelastische Material ausgehend von der Oberfläche eines eingebetteten Partikels eine Stärke bzw. Dicke vom 1,5 fachen des Partikeldurchmessers bis 15 mm, bevorzugt vom 1,5 fachen des Partikeldurchmessers bis 10 mm aufweist.

[0040] Das Matrixmaterial, in dem die Zellen eingebettet sind, ist bevorzugt ausgewählt aus einem organischen Material, besonders bevorzugt aus einem Acrylat, einem Polyolefin, einem Polyester, einem Polyamid, einem Polyoxymethylen, einem Polycarbonat, einem Polystyrol, einem Polyvinylchlorid, einem Epoxy, einem Polyurethan, einem Melaminharz, oder Cellulose oder aus einem anorganischen Material. Als anorganisches Material

kann beispielsweise Silikagel verwendet werden.

[0041] Im Fall der Alternative b) können die Zellen ein Schalenmaterial umfassen, welches das viskoelastische Material umhüllt. Ausgehend von einem Partikel ergibt sich somit die Materialfolge Partikelmaterial, viskoelastisches Material, Schalenmaterial und Matrixmaterial.

[0042] Bevorzugt ist das E-Modul des Schalenmaterials gemäß Alternative b) größer als 5 MPa, besonders bevorzugt größer als 10 MPa.

[0043] Des Weiteren ist das Schalenmaterial ausgewählt aus einem organischen Material, bevorzugt aus einem Polymer, besonders bevorzugt aus einem Acrylat, einem Polyurethan, oder aus einem anorganischen Material, bevorzugt aus einem Oxid, besonders bevorzugt Siliziumoxid.

[0044] In einer Variante der Erfindung wird ein Verbundmaterial gemäß Variante b) als Teil einer Sandwichstruktur verwendet. Dabei wird das Matrixmaterial, in dem eine Vielzahl von Zellen eingebettet ist, als mittlere Schicht in einer Sandwichstruktur verwendet, wobei als äußere Schichten der Struktur ein Hüllmaterial gemäß Variante a) der Erfindung verwendet wird. Diese Ausführungsvariante stellt somit eine Kombination der Varianten a) und b) dar.

[0045] Die für das Verbundmaterial ausgewählten Materialien können zudem ein oder mehrere Additive enthalten, um deren Materialeigenschaften zu verbessern. Bevorzugt weisen das Hüllmaterial, das Matrixmaterial und/oder das viskoelastische Material ein oder mehrere Additive auf, welche ausgewählt sind aus einem Antioxidans, einem Lichtschutzmittel, einem Metalldeaktivator, einem Stabilisator, einem Füllstoff, einem Flammenschutzmittel, einem Weichmacher, einem Treibmittel, einem Nukleierungsmittel, einem Verarbeitungsmittel, einem Farbstoff, einem Pigment oder einer Kombination von mindestens zwei Additiven.

[0046] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung des vorgeschlagenen Verbundmaterials als schalldämmende Folie, als schalldämmende Platte, als Spritzgussteil, als schalldämmende Beschichtung oder in Form einer Kombination mindestens zweier der genannten Gegenstände. Eine solche Kombination kann beispielsweise eine schalldämmende Platte mit einer darauf aufgebracht Beschichtung sein, wobei sowohl die Platte als auch die Beschichtung aus einem der beschriebenen Verbundmaterialien bestehen oder diese ein erfindungsgemäßes Verbundmaterial als einen Bestandteil umfassen.

[0047] Schalldämmende Folien können beispielsweise in Form von coextrudierten Folien ausgeführt werden, bei denen die Folie eine Sandwichstruktur gemäß Variante a) aufweist. Schalldämmende Platten weisen beispielsweise eine Sandwichstruktur gemäß Variante a) auf, wobei die Schichtdicke des Hüllmaterials zumindest auf einer Seite so gewählt ist, dass die Platte formstabil ist. Des Weiteren können schalldämmende Platten auch gemäß Variante b) ausgeführt sein, wobei das Matrixmaterial mit den eingebetteten Zellen zu einer Platte mit

der gewünschten Stärke bzw. Dicke geformt wird. Spritzgussteile können beispielsweise aus dem Matrixmaterial, welches eingebettete Zellen gemäß Alternative b) enthält, aufgebaut sein. Des Weiteren ist es denkbar, das Verbundmaterial mit weiteren dem Fachmann bekannten formgebenden Verfahren zu behandeln. So können beispielsweise Folien oder Platten durch Umformverfahren wie z. B. Tiefziehen bearbeitet werden, so dass ein schalldämmendes bzw. schallabsorbierendes Bauteil mit jeder gewünschten Form möglich ist.

[0048] Die vorgeschlagenen Verbundmaterialien können auf vielfältige Weise hergestellt werden, wobei im Folgenden beispielhaft ausgewählte Verfahren genannt werden.

[0049] Das schalldämpfende bzw. schallabsorbierende Verbundmaterial kann beispielsweise erhalten werden indem die Partikel zuerst in das viskoelastische Material eingemischt werden. Das Einmischen kann dabei entweder bei Raumtemperatur (typischerweise mit Rührverfahren, z.B. für härtende Elastomere wie Polydimethylsiloxan) oder bei Hochtemperatur (typischerweise mit Banbury-Mischer, Kalenderrollen oder Extruder, z.B. für thermoplastisches Polyurethan) durchgeführt werden.

[0050] In Varianten bei denen das viskoelastische Material ein aufgeschäumtes Material bzw. ein Schaumstoff ist, kann bei der Einmischung zusätzlich ein Treibmittel zugegeben werden, welches endotherm oder exotherm bei Hochtemperatur zur Expansion des viskoelastischen Materials führt.

[0051] Die so erhaltene Mischung kann anschließend direkt als Folie kalandriert oder extrudiert werden. Die entstandene Folie kann dann im Anschluss beidseitig mit dem Hüllmaterial zusammen verpresst werden, entweder bei Raumtemperatur, optional mit Haftkleber, oder bei Hochtemperatur, wobei die Haftung der Schichten thermisch erfolgt, oder optional durch Zusatz eines Haftklebers.

[0052] Alternativ kann die erhaltene Mischung mit Hilfe einer Mehrfachdüse gemeinsam mit dem Hüllmaterial in einen Kalandrierer oder einen Extruder eingegeben werden und direkt als Folie kalandriert oder extrudiert werden. Hierbei wird das viskoelastische Material mit den eingebetteten Partikeln im gleichen Herstellungsschritt beidseitig mit dem Hüllmaterial cokalandriert bzw. coextrudiert.

[0053] Im Falle der Coextrusion kann, der Mischung aus dem viskoelastischen Material und den Partikeln ein Expansionsgas (z.B. Pentan) zugegeben werden, um diese Schicht beim Austreten aus der Extrusionsdüse zu einem Schaumstoff zu expandieren.

[0054] Als Alternativverfahren können die Partikel in ein aufschäumendes Präparat (typischerweise Mischung aus Polyol und Isocyanat) zugemischt werden, welches dann expandiert wird. Das aufschäumende Präparat bzw. dessen Bestandteile stellen hierbei Vorläufer-substanzen des viskoelastischen Materials dar. Der erhaltene Schaumblock kann anschließend gespalten werden, beispielsweise mit einer Klinge, einem Heißdraht

oder einem Wasserstrahl, und die erhaltene Schicht mit Hüllmaterial cokalandriert, coextrudiert oder zusammen verpresst werden.

[0055] Die Partikel können auch in einem Enkapsulierungsverfahren mit dem viskoelastischen Material umhüllt werden, z.B. mit einem Microfluidicsverfahren, wobei nach dem Auftragen des viskoelastischen Materials ein Schalenmaterial direkt aufgegeben wird. Das viskoelastische Material bzw. das Schalenmaterial können auch durch ein Suspensionspolymerisationsverfahren, ein Emulsionspolymerisationsverfahren, ein Sprühtrocknungsverfahren, im Wirbelsinterbettverfahren, in einem Ausscheidungsverfahren, oder in einem Sol-gel-Verfahren, entweder im gleichen Schritt, oder in nachfolgenden Schritten, zugegeben werden. Bei diesen Verfahren kann auch die Vernetzung einer oder mehrerer Schicht(en) erfolgen, entweder thermisch oder photolytisch.

[0056] Die erhaltenen Zellen können anschließend bei Raumtemperatur oder Hochtemperatur in ein Matrixmaterial eingearbeitet (z.B. zugemischt oder zugegossen) werden. Optional kann dieses so erhaltene Verbundmaterial zwischen Hüllmaterialschichten cokalandriert, coextrudiert oder verpresst werden.

[0057] Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung der Zellen besteht darin, die Partikel zuerst in das viskoelastische Material einzumischen, entweder bei Raumtemperatur (typischerweise mit Rührverfahren, z.B. für härtende Elastomere wie Polydimethylsiloxan) oder bei Hochtemperatur (typischerweise mit Banbury-Mischer, Kalenderrollen oder Extruder, z.B. für thermoplastisches Polyurethan). Das so erhaltene viskoelastische Material mit darin eingebetteten Partikeln wird anschließend zermahlen, was trocken oder nass sowie entweder bei Raumtemperatur oder unter Kryobedingungen durchgeführt werden kann. Auch in dieser Variante kann das Mischen optional mit einem Treibmittel erfolgen, welches endotherm oder exotherm bei Hochtemperatur zur Expansion des viskoelastischen Materials führt.

[0058] Als Alternativverfahren können die Zellen aus einer Mischung aus Partikeln und viskoelastischem Material einem aufschäumenden Präparat, welches typischerweise eine Mischung aus Polyol und Isocyanat ist, zugemischt werden. Die Mischung wird expandiert und im Anschluss zermahlen, was trocken oder nass sowie entweder bei Raumtemperatur oder unter Kryobedingungen erfolgen kann. Die so erhaltenen Zellen können dann bei Raumtemperatur oder Hochtemperatur in ein Matrixmaterial eingearbeitet (z.B. zugemischt oder zugegossen) werden. Das so erhaltene Verbundmaterial kann optional zwischen Hüllmaterialschichten cokalandriert, coextrudiert oder verpresst werden.

[0059] Alternativ können die erhaltenen Zellen, die je nach Variante aufgeschäumt oder nicht aufgeschäumt sind, zusammen mit einem Matrixmaterial als Beschichtung oder in einer Beschichtung auf einem Grundmaterial appliziert werden, z.B. durch Aufsprühen oder Ausfällen, und optionalem anschließenden Vernetzungs- bzw. Auf-

wärmungsschritt. Optional kann die aufgetragene, die Zellen enthaltende Schicht durch eine weitere Schicht bedeckt werden, z.B. durch Aufsprühen oder durch andere Beschichtungstechniken.

[0060] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen:

- Figur 1 eine erste Ausführungsform des Verbundmaterials,
- Figur 2 eine zweite Ausführungsform des Verbundmaterials,
- Figur 3 eine Verwendung des Verbundmaterials als Beschichtung,
- Figur 4 eine erste Variante einer Zelle,
- Figur 5 eine zweite Variante einer Zelle und
- Figur 6 eine dritte Variante einer Zelle.

[0061] In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der Erfindung werden gleiche oder ähnliche Komponenten und Elemente mit gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen bezeichnet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Komponenten oder Elemente in Einzelfällen verzichtet wird. Die Figuren stellen den Gegenstand der Erfindung nur schematisch dar.

[0062] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform des Verbundmaterials.

[0063] In Figur 1 ist eine Ausführungsform des Verbundmaterials 10 gemäß Variante a) dargestellt, welche eine Sandwichstruktur mit einer mittleren Schicht und zwei diese umgebende äußere Schichten aufweist. Die mittlere Schicht umfasst ein viskoelastisches Material 12, indem eine Vielzahl von Partikeln 14 eingebettet ist. Die Partikel 14 sind in der Figur 1 dargestellten Beispiel gleichmäßig im viskoelastischen Material 12 verteilt, die Partikel 14 bilden jedoch keine regelmäßigen Strukturen aus. Das Material der Partikel 14 weist eine höhere Dichte als das viskoelastische Material auf und auch das E-Modul der Partikel 14 ist größer als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials 12.

[0064] Die beiden äußeren Schichten des Verbundmaterials 10 umfassen jeweils ein Hüllmaterial 16. Das Hüllmaterial 16 weist ein größeres effektives E-Modul als das viskoelastische Material 12, jedoch ein kleineres effektives E-Modul als die Partikel 14 auf.

[0065] Jedes der Partikel 14 bildet in dem Verbundmaterial 10 einen mechanischen Resonator aus, wobei die Partikel 14 die schwingende Masse des Resonators und das viskoelastische Material 12 das Federelement darstellt. Das Hüllmaterial 16, welches das viskoelastische Material 12 umgibt, stellt hierbei eine Art Anker dar, wobei die Partikel 14 relativ zum Hüllmaterial 16 mechanische Schwingungen ausführen können. Jeder der Resonatoren weist zumindest eine Resonanzfrequenz auf.

[0066] Aufgrund der durch die vielen Partikel 14 auftretenden lokalen Resonanzen im Inneren des Verbundmaterials 10 stellt sich für Schall mit einer Frequenz, die im Bereich einer Resonanzfrequenz liegt, eine größere

Dämpfungswirkung ein, als gemäß dem Bergerschen Massengesetz für ein homogenes Material mit einer Flächenmasse, die der des Verbundmaterials 10 entspricht, zu erwarten ist.

[0067] Die in der Figur 1 dargestellte Ausführungsform kann beispielsweise als schalldämpfende bzw. schallabsorbierende Folie ausgeführt werden, indem die einzelnen Schichten des Verbundmaterials 10 entsprechend dünn und flexibel ausgestaltet werden. Wird hingegen mindestens eine der äußeren Schichten so dick ausgeführt, so dass diese nicht mehr flexibel ist, so lässt sich das Verbundmaterial 10 als schalldämmende bzw. schallabsorbierende Platte ausgestalten.

[0068] Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform des Verbundmaterials.

[0069] In Figur 2 ist eine zweite Ausführungsform des Verbundmaterials 10 dargestellt. Das viskoelastische Material 12 mit den Partikeln 14 ist hierbei im Inneren von Zellen 20 eingeschlossen, vergleiche hierzu die Figuren 4 bis 6. Die Zellen 20 wiederum sind in einem Matrixmaterial 24 eingebettet. In der Figur 2 ist das Verbundmaterial 10 in Form eines Quaders dargestellt, das Matrixmaterial 24 mit den darin aufgenommenen Zellen 20 kann jedoch jede beliebige Form annehmen und insbesondere mittels Spritzguss oder anderen formgebenden Verfahren verarbeitet werden.

[0070] Jeder der Zellen 20 stellt in dem Verbundmaterial 10 in Abhängigkeit der Anzahl der im inneren der Zelle 20 aufgenommenen Partikel 14 einen Resonator oder mehrere Resonatoren dar. Die Schalldämpfungswirkung des Verbundstoffs 10 ist aufgrund der auftretenden lokalen Resonanzen größer als gemäß dem Bergerschen Massengesetz für ein homogenes Material mit einer Flächenmasse, die der des Verbundmaterials 10 entspricht, zu erwarten ist.

[0071] Figur 3 zeigt die Verwendung des Verbundmaterials als Beschichtung.

[0072] In Figur 3 ist ein Grundmaterial 32 dargestellt, dessen schalldämpfenden bzw. schallabsorbierenden Eigenschaften verbessert werden sollen. Dazu ist auf dem Grundmaterial 32 das Verbundmaterial 10 in Form einer Beschichtung 30 aufgetragen. Das Verbundmaterial 10 weist gemäß Alternative b) ein Matrixmaterial 24 auf, in dem eine Vielzahl von Zellen 20, vergleiche Figuren 4 bis 6, eingebettet ist.

[0073] Zum Ermöglichen eines leichten Aufbringens der Beschichtung 30 kann das Matrixmaterial 24 zunächst in einem flüssigen Zustand vorliegen, wobei die Zellen 20 in dem noch flüssigen Matrixmaterial 24 dispergiert sind. Nach dem Auftragen auf das Grundmaterial 32 härtet das Matrixmaterial 24 aus, so dass sich das Verbundmaterial 10 mit seinen schalldämpfenden bzw. schallabsorbierenden Eigenschaften ausbildet.

[0074] Figur 4 zeigt eine erste Variante einer Zelle.

[0075] In Figur 4 ist eine Zelle 20 dargestellt, welche in ein Matrixmaterial 24, vergleiche hierzu Figuren 2 und 3, eingebettet werden kann. Die Zelle 20 umfasst ein oder mehrere Partikel 14, wobei in der in Figur 4 gezeig-

ten Variante genau ein Partikel 14 in der Zelle 20 enthalten ist. Das einzelne Partikel 14 bzw. die Partikel 14 sind in das viskoelastische Material 12 eingebettet. Ein Schalenmaterial 22 umgibt das viskoelastische Material 12 und schließt die Zelle 20 nach außen ab. Sowohl das einzelne Partikel 14 als auch die gesamte Zelle 20 sind in dieser Ausführungsform kugelförmig ausgestaltet. Es ist jedoch auch denkbar, die Partikel 14 und/oder die Oberfläche der Zelle 20 auch unregelmäßig auszugestalten.

[0076] Figur 5 zeigt eine zweite Variante einer Zelle.

[0077] In Figur 5 ist eine Zelle 20 dargestellt, welche in ein Matrixmaterial 24, vergleiche hierzu Figuren 2 und 3, eingebettet werden kann. Die in Figur 5 dargestellte Zelle 20 entspricht der bereits mit Bezug zu Figur 4 beschriebenen Zelle 20, jedoch weist die Zelle 20 der Figur 5 kein Schalenmaterial 22 auf. Die Oberfläche der Zelle 20 wird hier durch die Oberfläche des viskoelastischen Materials 12 ausgebildet.

[0078] Figur 6 zeigt eine dritte Variante einer Zelle.

[0079] In Figur 6 ist eine Zelle 20 dargestellt, welche in ein Matrixmaterial 24, vergleiche hierzu Figuren 2 und 3, eingebettet werden kann. Die in Figur 6 dargestellte Zelle 20 umfasst das viskoelastische Material 12 in das in der in Figur 6 dargestellten Ausführungsform mehrere Partikel 14 eingebettet sind. Das viskoelastische Material 12 wird vom Schalenmaterial 22 eingeschlossen, welches in dieser Ausführungsform die Oberfläche der Zelle 20 ausbildet. Die Partikel 14 sind wie auch die gesamte Zelle 20 unregelmäßig geformt.

[0080] Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

Bezugszeichenliste

[0081]

10	Schalldämpfendes Material
12	Viskoelastisches Material
14	Partikel
16	Hüllmaterial
20	Zelle
22	Schalenmaterial
24	Matrixmaterial
30	Beschichtung
32	Grundmaterial

Patentansprüche

1. Verbundmaterial (10) zum Dämpfen und/oder Absorbieren von Schall umfassend Partikel (14), die in

einem viskoelastischen Material (12) eingebettet sind, wobei das viskoelastische Material (12) entweder

5 a) als mittlere Schicht zwischen zwei Schichten umfassend ein Hüllmaterial (16) eingebettet ist, wobei das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des Hüllmaterials (16) ist und das E-Modul des Hüllmaterials (16) größer ist als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials (12) oder

10 b) in Form einer Vielzahl von Zellen (20) in einem Matrixmaterial (24) eingebettet ist, wobei die Zellen optional ein Schalenmaterial (22) umfassen,

wobei das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des viskoelastischen Materials (12) ist, das E-Modul der Partikel (14) größer als das effektive E-Modul des Matrixmaterials (24) ist und gegebenenfalls das effektive E-Modul des Schalenmaterials (22) kleiner ist als das E-Modul der Partikel und größer ist als das E-Modul des viskoelastischen Materials (12) und des Matrixmaterials (24), wobei die Partikel (14) einen Durchmesser kleiner als 5000 µm aufweisen.

2. Verbundmaterial (10) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichte des Materials der Partikel (14) größer als 3,5 g/cm³ ist

3. Verbundmaterial (10) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material der Partikel (14) ausgewählt ist aus Aluminium, Titan, Zirkon, Antimon, Zink, Zinn, Mangan, Eisen, Nickel, Cobalt, Kupfer, Silber, Blei, Gold, Wolfram, einer Legierung der genannten Metalle oder aus einem Derivat der genannten Metalle mit anderen Atomen oder Kombinationen von Atomen der CAS-Gruppen IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, und VIIA des Periodensystems.

4. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das viskoelastische Material (12) ein E-Modul von 0,05 bis 25 MPa, bevorzugt von 0,5 bis 5 MPa und besonders bevorzugt von 0,5 bis 3 MPa aufweist.

5. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel (14) jeweils aus zwei oder mehreren Teilen zusammengesetzt sind.

6. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das viskoelastische Material (12) ausgewählt ist aus vernetzten, teilvernetzten oder unvernetzten Elastomeren oder thermoplastischen Elastomeren und Copoly-

- meren, bevorzugt ist das viskoelastische Material ausgewählt aus einem Polysiloxanelastomer, einem Polyurethan, einem olefinbasierenden Copolymer, einem Copolyester Copolymer, einem Polyetherester Copolymer, einem Polyetheramid Copolymer, einem Styrol-Butadien-Styrol-Copolymer, einem Styrol-Butadien-Ethylen-Styrol-Copolymer oder einer Kombination mindestens zweier der genannten Materialien.
7. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das viskoelastische Material (12) ein aufgeschäumtes Material ist.
8. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei im Fall gemäß der Alternative a) der Anteil an Partikeln (14), im viskoelastischen Material (12) von 10 bis 90 vol.% beträgt und im Fall gemäß Alternative b) der Anteil an Zellen (20) im Matrixmaterial (24) von 10 bis 90 vol.% beträgt.
9. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das E-Modul des Hüllmaterials (16) gemäß Alternative a) größer als 5 MPa ist und dass das E-Modul des Schalenmaterials (22) gemäß Alternative b) größer als 5MPa ist.
10. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei gemäß Alternative a) das Hüllmaterial (16) ausgewählt ist ausgewählt ist aus einem Polymer, bevorzugt Polyurethan, Polyester, Polyamid, Polystyrol, Polyoxymethylen, Polycarbonat, Polyvinylchlorid oder einem Polyolefin, aus einem Metall, bevorzugt Aluminium, oder aus einer Keramik, oder aus einem Verbund mindestens zweier der genannten Materialien.
11. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei gemäß Alternative a) die mittlere Schicht umfassend das viskoelastische Material (12) eine Dicke vom 1,5 fachen des größten Partikeldurchmessers bis 15 mm beträgt und wobei gemäß Alternative b) die Stärke des viskoelastischen Materials ausgehend von der Oberfläche eines eingebetteten Partikels vom 1,5 fachen des größten Partikeldurchmessers bis 15 mm beträgt.
12. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schalenmaterial (22) ausgewählt ist aus einem organischen Material, bevorzugt einem Polymer, bevorzugt einem Acrylat, einem Polyurethan, oder aus einem anorganischen Material, bevorzugt einem Oxid, besonders bevorzugt Siliziumoxid.
13. Verbundmaterial (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 11 bis 12, wobei das viskoelastische Material gemäß Alternative b) in eine Vielzahl von Zellen eingeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Matrixmaterial ausgewählt ist aus einem organischen Material, bevorzugt Acrylat, Polyolefin, Polyester, Polyamid, Polyoxymethylen, Polycarbonat, Polystyrol, Polyvinylchlorid, einem Epoxy, einem Polyurethan, aus Melaminharz, oder aus Cellulose, oder aus einem anorganischen Material.
14. Verfahren zur Herstellung eines Verbundmaterials (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei in einem ersten Schritt die Partikel (14) mit dem viskoelastischen Material (12) oder dessen Vorläufersubstanzen vermischt werden und anschließend das viskoelastische Material (12) zusammen mit dem Hüllmaterial (16) coextrudiert oder cokalandriert wird oder das viskoelastische Material (12) zermahlen wird und anschließend mit dem Matrixmaterial (24) vermischt wird oder die Partikel (14) in einem ersten Schritt in dem viskoelastischen Material (12) und optional in dem Schalenmaterial (22) eingekapselt werden und anschließend mit dem Matrixmaterial (24) vermischt werden.
15. Verwendung eines Verbundmaterials (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 als schalldämmende Folie, als schalldämmende Platte, als Spritzgussteil, als schalldämmende Beschichtung (30) oder in einer Kombination mindestens zweier der genannten Gegenstände.

Fig. 1

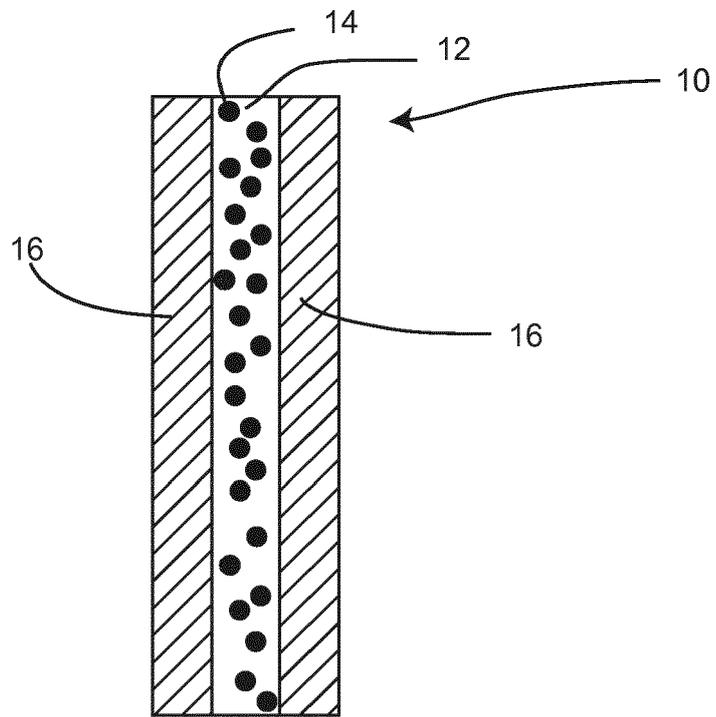


Fig. 2

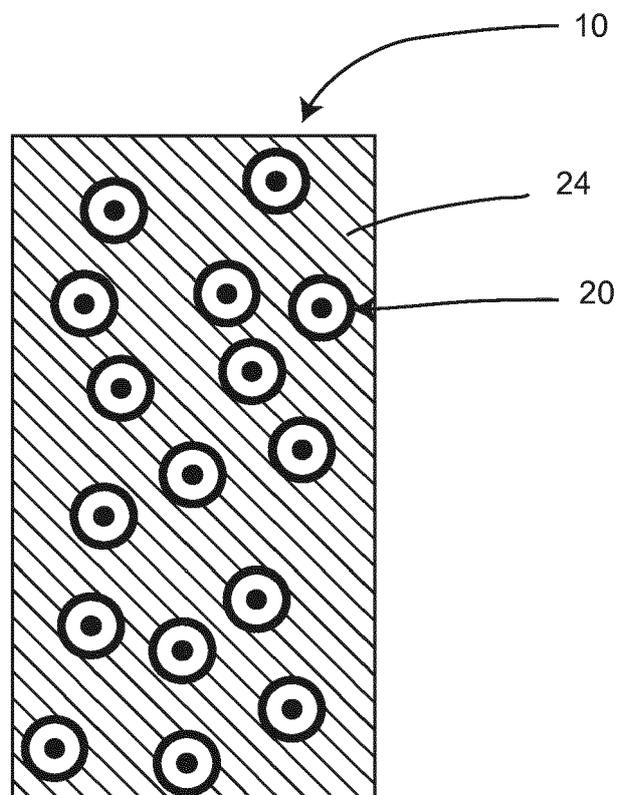


Fig. 3

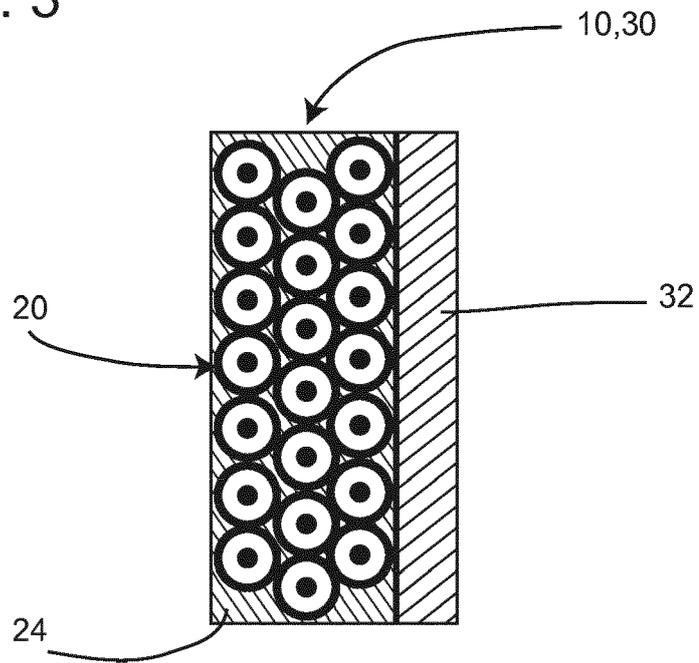


Fig. 4

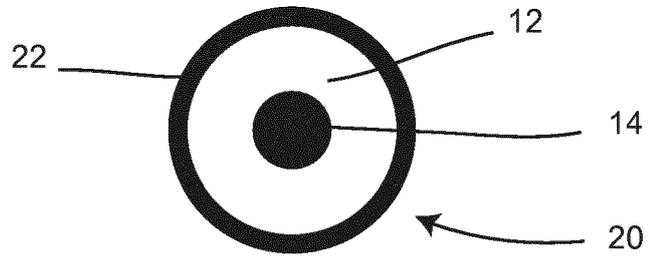


Fig. 5

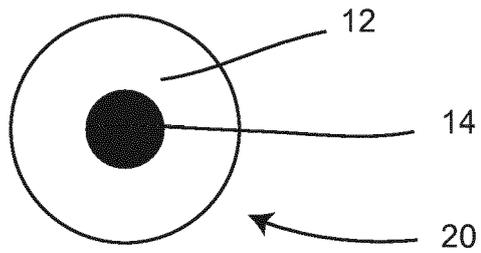
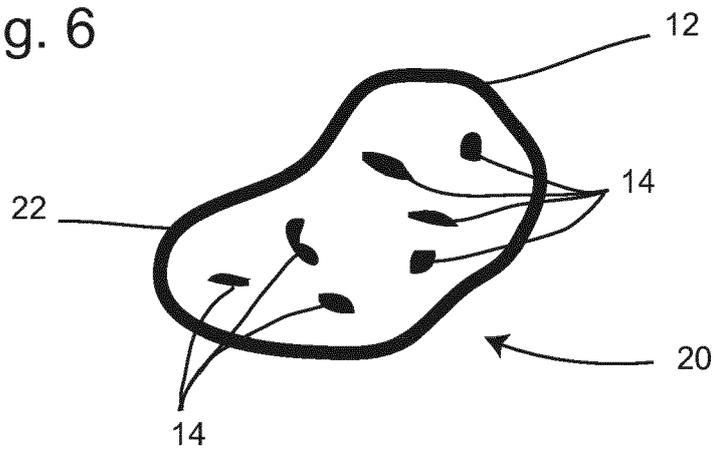


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 15 0827

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	US 7 205 043 B1 (SPERO ARTHUR C [US] ET AL) 17. April 2007 (2007-04-17) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 * * Spalte 3, Zeilen 4-36 * -----	1-3,5, 7-15	INV. G10K11/165 G10K11/168
X	EP 0 509 603 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD [JP]) 21. Oktober 1992 (1992-10-21) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildungen 8,10,11,15 * * Spalte 1, Zeilen 27-39 * * Spalte 5, Zeilen 25-30 * * Spalte 7, Zeilen 33-47 * * Spalte 8, Zeilen 17-31 * -----	1,4-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G10K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. Juli 2015	Prüfer Fernandes, Paulo
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 15 15 0827

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.

02-07-2015

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 7205043	B1	17-04-2007	KEINE	

EP 0509603	A1	21-10-1992	DE 69232053 D1	18-10-2001
			DE 69232053 T2	06-06-2002
			EP 0509603 A1	21-10-1992
			US 5304415 A	19-04-1994

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP H09226035 A [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Z. LIU et al.** Locally Resonant Sonic Materials. *Science*, 08. September 2000, vol. 289, 1734 [0005]
- **Z. LIU et al.** *Science*, 08. September 2000, vol. 289, 1734 [0012]
- **M. HIRSEKORN.** *APL*, 2004, vol. 84, 3364 [0012]