



CH 682553 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 682553 A5

51 Int. Cl.⁵: B 60 R 13/08
G 10 K 11/36
B 62 D 29/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 2844/90

22 Anmeldungsdatum: 03.09.1990

24 Patent erteilt: 15.10.1993

45 Patentschrift veröffentlicht: 15.10.1993

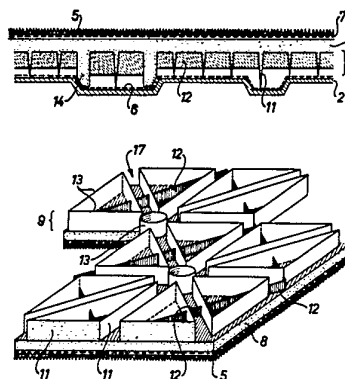
73 Inhaber:
Matec Holding AG, Küsnacht ZH

72 Erfinder:
Fortez, Maurice, Vanves (FR)
Alts, Thorsten, Prof. Dr., Gross-Bieberau (DE)
Ehrlar, Peter, Reinheim 4 (DE)

74 Vertreter:
Ritscher & Seifert, Zürich

54 Schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk.

57 Ein Verbundwerk mit schallisolierender und schalldämpfender Wirkung für Fahrzeuginnenflächen, welches mindestens zwei lose aufeinanderliegende Gruppen von Belägen umfasst. Insbesondere besteht die erste Gruppe aus einem schwingfähigen Bodenteil (2), welcher mit Beschichtungen (6) oder einer Finition versehen ist, wie sie im modernen Fahrzeugbau verwendet werden. Bevorzugterweise besteht die aufgelegte zweite Gruppe von Belägen aus einem Isolationsbelag (8, 9). Dieser Isolationsbelag kann mit einer weiteren Schutzschicht (7) und/oder einer textilen oder textilähnlichen Dekorlage (5) versehen sein. Erfindungsgemäss weist der Isolationsbelag (8, 9) einen anisotropen Luftströmungswiderstand auf. Einfacherweise wird dies durch eine geometrische Struktur resp. eine Trägerschicht (9) mit einer Vielzahl von Abstützelementen (13) erreicht. Diese Abstützelemente (13) werden im wesentlichen aus schmalen Stegen gebildet und sind derart angeordnet, dass sie im Verband mit der ersten Gruppe von Belägen ein komplexes Hohlraumlabirinth bilden und damit eine laterale Luftströmung mit geringem Strömungswiderstand ermöglichen.



CH 682553 A5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk zur Lärmreduktion im Fahrzeugbau, mit mindestens einem schwingfähigen Bodenteil und einem offenporigen Isolationsbelag, sowie einen Isolationsbelag für ein solches Verbundwerk.

Schallisolierende Verbundwerke dieser Bauart aus porösen Materialien finden ihre Anwendung im Automobil- und Fahrzeugbau, wo Bodenbleche, Stirnwände, Kofferräume etc. mit solchen Verbundwerken versehen werden, um den von diesen Karosserieteilen erzeugten Lärmpegel zu reduzieren.

Massnahmen zur Reduktion von Schallimmissionen im Fahrzeuginnenraum sind von besonderer Bedeutung, da die durch Lärm auftretenden Beeinträchtigungen anerkanntermassen zu subjektivem Unwohlsein, beispielsweise Kopfschmerzen, Herzklopfen oder erhöhtem Blutdruck führen. Es ist deshalb das Bestreben der modernen Automobilindustrie, den Geräuschpegel der Fahrzeuge so weit wie möglich zu reduzieren.

Die bekannten Massnahmen zur Reduktion des von vibrierenden Karosserieteilen erzeugten Lärmpegels beschränkten sich im wesentlichen auf zwei Massnahmen:

- Versteifung und Dämpfung der fraglichen Karosserieteile durch aufgeklebte bzw. aufgeschmolzene biegesteife, verlustbehaftete Dämpfungsfolien,
- Belegung der bedämpften oder nackten Karosserieteile mit einem Belag zur Schallsolation aus porösem und elastischem Material (Vlies oder Schaum) mit einer darauf fixierten Schwerschicht.

Üblicherweise wird dieser Belag durch eine Dekor- oder Teppichlage zum Fahrzeuginnenraum hin abgeschlossen.

Diese handelsüblichen Schallsolationssysteme besitzen in Frequenzbereichen der 2. und 3. Ordnung der Motorkräfte und -momente, d.h. in Frequenzbereichen des höchsten Geräuschaufkommens, prinzipbedingte Resonanzeinbrüche mit entsprechend schlechter Schallsolation.

Es ist darum die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk zu schaffen, welches die Nachteile der bekannten Schallsolationssysteme nicht aufweist.

Insbesondere ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk zu schaffen, welches diese Resonanzeinbrüche nicht aufweist. Weitere Aufgaben der vorliegenden Erfindung bestehen darin, ein Verbundwerk zu schaffen, welches gegenüber den herkömmlichen Verbundwerken eine kostengünstigere Montage ohne Verschmutzung der bei der Fertigung von Fahrzeugen verwendeten Farbbäder erlaubt, auch nach längerem Gebrauch seine schallisolierende und schalldämpfende Wirksamkeit unvermindert beibehält und eine einfache Demontage ermöglicht.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mit einem schallisolierenden und schalldämpfenden Verbundwerk der eingangs genannten Art gelöst, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass der Isolationsbelag auf dem Bodenteil lose aufliegt, einen anisotropen Luftströmungswiderstand aufweist und der in Richtung der Auflageebene verlaufende laterale Luftströmungswiderstand kleiner ist als der in Dickenrichtung verlaufende transversale Luftströmungswiderstand.

Mit dieser Kombination von technischen Merkmalen wird ein Verbundwerk geschaffen, welches gegenüber den herkömmlichen schalldämpfenden Massnahmen eine erheblich verbesserte akustische Wirksamkeit, insbesondere in den im Automobilbau stark störenden Frequenzbereichen, aufweist. Ausserdem können die hervorragenden akustischen Eigenschaften erhalten werden, ohne die Dicke oder das Flächengewicht des Verbundwerks zu vergrössern.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemässen Verbundwerks liegt in seiner Verwendung bei der Automobilherstellung. Da das vorliegende Verbundwerk nicht aufgeklebt oder aufgeschmolzen wird, kann dieses ins Fahrzeug eingelegt werden, nachdem die Fahrzeugkarosserie ins Tauchbad getaucht und im Ofen getrocknet worden ist. Damit wird vermieden, dass Krümel der üblicherweise verwendeten Dämpfungsfolien das Tauchbad verschmutzen.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemässen Verbundwerks zeigt sich bei der Entsorgung von ausgedienten Fahrzeugen. Im Gegensatz zu den üblicherweise verwendeten Dämpfungsfolien, welche auf die Karosserieteile aufgeschmolzen oder aufgeklebt sind, lassen sich die erfindungsgemässen Verbundwerke ohne jeglichen Aufwand wieder aus den Fahrzeugen entfernen.

Weitere überraschende Wirkungen und Vorteile ergeben sich für den Fachmann aus der folgenden Beschreibung. Durch die Schaffung eines akustisch abgestimmten Systems von offenen Kavitäten, Kanälen und Stegen auf der dem Bodenteil zugewandten Seite des porösen Materials wird nach Auflegen auf das Bodenteil ein Labyrinth von Hohlräumen und Kanälen geschaffen, das zusammen mit den stützenden Stegen eine wesentlich verbesserte und frequenzoptimierte Schallsolation erreicht, als es mit herkömmlichen Isolationssystemen bei gleichem Flächengewicht möglich ist. Insbesondere lässt sich mit dem erfindungsgemässen Verbundwerk bei den im Automobilbau üblichen Abmessungen und Gewichten eine tieffrequente Abstimmung erreichen, so dass eine besonders gute Schallsolation erreicht wird in Frequenzbereichen der 2. und 3. Ordnung der Motorkräfte und Momente bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Die Beseitigung der Resonanzeinbrüche hat ihre Ursache in einer erheblichen Schwingungsdämpfung durch die Anordnung der sich im Schaum- oder Vliesuntergrund abstützenden Stege und einer wesentlichen Luftschalldissipation bei der Bewegung der Luft durch das Labyrinth der Kanäle und Hohlräume. Durch die optimierte Struktur der Stege, Kanäle und Hohlräume werden die dissipativen Mechanismen der Materialdämpfung im viskoelastischen Gerüstmaterial der porösen Schäume

oder im Fasermaterial der Faservliese und die erhöhte Luftschallabsorption bei Mehrfachreflexion zwischen den Stegen und in den Hohlräumen in besonderer Weise im tieffrequenten Bereich angesprochen.

Erfindungsgemäss werden die dissipativen Verluste wie folgt erzwungen:

5 Die Stege tragen die gesamte Last des aufliegenden Belags. Das führt zu grösseren Verformungen in den Stegen selbst und in der Umgebung der Abstützungen in den Schaum- oder Vliesuntergrund, wobei neben Stauchungen auch Scherverformungen stark beteiligt sind. In einigem Abstand von den Abstützungen treten sogar Zugverformungen auf. Bei Schwingungsanregung in Richtung der Stege (= Dickenrichtung) durch das darunterliegende Bodenteil werden insbesondere in der Umgebung der
10 Stegabstützung grössere Wechselverformungen der genannten Art erzeugt. Diese führen zu einer sehr guten Schwingungsdämpfung (Umwandlung von Schwingungsenergie in Wärme) durch viskoelastische Verluste im porösen Gerüstmaterial. Diese Verluste sind wesentlich grösser als bei planer Auflage des kompakten porösen Materials auf dem schwingenden Karosserieteil, da das kompakte Material wegen der gleichmässigen Auflager wesentlich weniger deformiert wird.

15 Eine weitere Form der Schwingungsdämpfung tritt auf bei lateralen Bewegungen des Karosserieteils in der lokalen Tangentialebene. Solche Schwingungsformen sind bei gebogenen Karosserieteilen vorhanden. Im erfindungsgemässen Verbundwerk erzeugen diese Schwingungen – bei Haftung der Stege am Karosserieteil – Scherdeformationen in den Stegen und den Stegabstützungen im Schaum- oder Vliesuntergrund durch Stegdrehungen. Entsprechende Deformationen und viskoelastische Verluste sind
20 im kompakten Material der herkömmlichen Schallisolationen nicht vorhanden.

Ein wesentlicher Beitrag zur Schallisolation ist auf die Strömungsverluste der Luft bei deren Bewegung durch das Porensystem zurückzuführen. Innere Reibung, Wärmeleitung innerhalb der Luft und nicht-elastischer Impulsaustausch der Luft mit den viskoelastischen Porenwänden oder den im Weg stehenden Fasern des offenporigen Materials sorgen für eine teilweise Umwandlung der Bewegungsenergie der Luft in Wärme. In makroskopisch isotropen, offenporigen Materialien wird die Gesamtheit dieser
25 Verluste durch den spezifischen Strömungswiderstand charakterisiert. Dies gilt auch für akustische Schwingungen der Luft im Porensystem. Für eine gute hochfrequente Schallisolation existiert ein Optimum des Strömungswiderstandes. Der Resonanzeinbruch bei tiefen Frequenzen lässt sich allerdings durch Einstellung des sogenannten optimalen Strömungswiderstandes nicht vermeiden.

30 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der Resonanzeinbruch in der Isolationskurve weitgehend vermieden werden kann, wenn die Luftströmung in der Auflageebene wenig behindert wird im Vergleich zur Luftströmung in Dickenrichtung. Das erfordert die Herstellung von anisotropen offenporigen Materialien mit mindestens zwei Strömungswiderständen, wobei der laterale Strömungswiderstand in Auflageebene wesentlich kleiner sein muss, als der transversale Strömungswiderstand in Dickenrichtung. Das gestattet nun die Ausnutzung eines im Innern des Verbundwerks
35 ablaufenden akustischen Kurzschluss effektes.

Die hauptsächliche Schallabstrahlung im Krafffahrzeug, in Schienenfahrzeugen und Maschinen wird durch Biegeschwingungen der Karosseriebleche erzeugt. Im darauffliegenden anisotropen porösen Material wird dann oberhalb der aufschwingenden Bereiche der Bodenteile Überdruck erzeugt während in
40 den daneben befindlichen oberhalb der abschwingenden Bereiche Unterdruck erzeugt wird. Bei nicht wesentlich behindertem Quertransport kommt es nahezu momentan zum Druckausgleich durch Strömung der Luft in der Auflageebene. Das hinwiederum bedingt einen wesentlich geringeren Druckaufbau in der Luftsäule oberhalb der aufschwingenden Bereiche und eine verminderte Beschleunigung der im Verbundwerk aufliegenden Isolationsschicht. Entsprechendes gilt für die Schicht oberhalb der abschwingenden Karosseriebereiche. Der Gesamteffekt ist eine verminderte Biegebeschleunigung der Isolationsschicht mit entsprechend verminderter Schallabstrahlung in den Fahrzeuginnenraum.
45

Es hat sich gezeigt, dass das erfindungsgemässe anisotrope Verbundwerk eine ausgezeichnete hochfrequente Schallisolation besitzt und gleichzeitig den Resonanzeinbruch im Bereich der tiefen Frequenzen vollständig beseitigt.

50 Die Herstellung von anisotropen Schäumen und Vliesen mit einem kleinen Strömungswiderstand in der Ebene des porösen Materials und einem vergleichsweise grossen Strömungswiderstand senkrecht dazu in Dickenrichtung, ist produktionstechnisch noch nicht zufriedenstellend gelöst.

Gute Resultate ergeben sich aus der erfindungsgemässen Konstruktion einer geometrischen Struktur, welche das für die akustische Isolation notwendige anisotrope Strömungsverhalten unter Ausnutzung
55 des akustischen Kurzschlusses erzeugt. Die erfindungsgemässe geometrische Struktur aus komplexen Hohlräumen, Kanälen und Stegen schafft die notwendige effektive Strömungsanisotropie und ist auf die Vermeidung des tieffrequenten Resonanzeinbruches der Isolationskurve des Verbundwerkes abgestimmt. Die Stege, offenen Hohlräume und Kanäle sind so angeordnet, dass sie die laterale Luftschallausbreitung auf Grund des Kurzschlusses durch Mehrfachreflexion und Absorption an den Stegen etwas behindern und dass der transversale effektive Strömungswiderstand vergleichsweise gross ist.
60

Darüberhinaus wird noch folgender Strömungseffekt wirksam, der sich zusätzlich günstig auf das Isolationsverhalten des erfindungsgemässen Verbundwerkes auswirkt.

Durch das Eindringen der Stege in das offenporige Material wird lokal eine Druckerhöhung in der an den Fussbereichen befindlichen Luft erzeugt. Dadurch entsteht im Porenbereich eine Luftströmung, die
65 auf Umwegen und zeitlich verzögert in die offenen Kammern und Kanäle zurückfliesst. Das funktioniert

aber nur bei offenen Kammern und Kanälen (welche ja ebenfalls durch die Abnahme der effektiven Steghöhe komprimiert werden), deren Druckerhöhung durch den akustischen Kurzschluss bereits vermindert worden ist. Es ist klar, dass bei geschlossenen Kammern dieser zusätzliche Verlustmechanismus nicht entsteht.

5 Neben den oben dargestellten, durch Konstruktion des erfindungsgemässen Verbundwerkes erzwungenen, dissipativen Mechanismen, sind noch weitere Material- und Systemparameter zu beachten. Dies sind die Dicke d des Verbundwerkes, dessen Masse pro Flächeneinheit m_F und der effektive Elastizitätsmodul E , sowie der Schubmodul G . Darüberhinaus haben die Geometrie und die Abmessungen des Systems der offenen Hohlräume, Kanäle und Stege eine entscheidende Bedeutung für den Frequenzverlauf der Isolationskurve.

10 Alle bisherigen Verbundwerke zur Schallisolation sind in ihrer prinzipiellen Wirkungsweise Feder-Masse-Systeme und besitzen als solche grundsätzlich Resonanzeinbrüche im Frequenzverlauf der Isolationskurve. Am stärksten ausgeprägt ist immer der Resonanzeinbruch bei der tiefsten Eigenfrequenz

15
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E}{d \cdot m_F}} \quad (E = \text{Elastizitätsmodul, } d = \text{Dicke, } m_F = \text{Masse pro Flächeneinheit}) \text{ für}$$

einfache Hubschwingungen des Systems.

20 Die Resonanzeinbrüche anderer Schwingungsformen (wie die unterschiedlichen Biegeschwingungen, die Torsionsschwingungen, die Scherschwingungen) liegen bei höheren Frequenzen und sind wegen der vorhandenen Materialdämpfung im Frequenzverlauf der Isolationskurve weniger stark ausgeprägt.

Im Automobilbau sind die Dicke des gesamten Isolationssystems und die Massenbelegung normalerweise in engen Grenzen vorgegeben. Eine gute hochfrequente Schallisolation kann also nur durch einen möglichst kleinen Elastizitätsmodul des porösen Materials (Federschicht) erreicht werden. Damit aber erzeugt man einen tiefen Resonanzeinbruch der Isolationskurve in der Frequenzumgebung der Hubschwingungsresonanz, und das im tieffrequenten Bereich der 2. und 3. Motorordnung der Automobile, d.h. dem Bereich mit dem stärksten Lärmangebot.

30 Durch Wahl eines vergrößerten E-Moduls lässt sich die tiefste Resonanzfrequenz f_0 des Isolationssystems aus dem Frequenzbereich der 2. und 3. Motorordnung (bei Pkw's bis 300 Hz) auf die hochfrequente Seite schieben. Man erreicht so eine bessere tieffrequente Schallisolation, muss aber eine wesentliche Verschlechterung im hochfrequenten Bereich hinnehmen.

Mit dem erfindungsgemässen Verbundwerk wird durch seine spezielle Konstruktion das oben erwähnte herkömmliche technische Handeln bei der Optimierung der Isolationssysteme aufgehoben. Durch Wahl eines relativ harten Schaumes oder eines verdichteten Vlieses mit grossem E-Modul wird die Resonanzfrequenz für Hubschwingungen in den höherfrequenten Bereich verschoben, wo die durch Konstruktion erzwungenen verstärkten Dämpfungsmechanismen den Resonanzeinbruch kompensieren und somit auch hochfrequent eine gute Isolation erreicht wird. Das erfindungsgemässe Verbundwerk zur Schallisolation besitzt damit einen frequenzabhängigen effektiven E-Modul (wirksame Federkonstante), der bei tiefen Frequenzen relativ gross ist und mit anwachsender Frequenz stark abnimmt. Dies hat seine Ursache in der speziellen Struktur und Konstruktion der Hohlräume, Kanäle und Stege.

45 Die erprobten Isolationsverbundwerke mit hochgefülltem offenporigem und relativ steifem Polyurethan-Schaum und mit angeschäumten Oberflächenstrukturen auf der einen Seite sowie angeschäumtem Teppich bzw. angeschäumter PVC-Schicht auf der anderen Seite, besitzen neben der guten Schallisolation – auf Grund des relativ grossen statischen E-Moduls – auch noch hervorragende lasttragende Eigenschaften. Sie sind deshalb besonders gut geeignet in Transportfahrzeugen, in denen die Ladefläche schallisoliert werden muss. Eine hohe Trittfestigkeit dieser Systeme ist auch aus psychologischen Gründen von der Automobilindustrie in hohem Masse gefordert.

50 Solche aus Schwertschaum hergestellten erfindungsgemässen Verbundwerke besitzen neben der Schallisolation bei direkter Auflage auf das Karosserieblech auch noch dämpfende Eigenmassnahmen am Blech selbst weitgehend verzichten kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die geometrische Struktur des Isolationsbelags aus Abstützelementen gebildet, welche im wesentlichen aus im Dreieck stehenden Stegen bestehen. Zwischen diesen Abstützelementen befinden sich Sperrstege, welche einerseits den lateralen Luftströmungswiderstand im Hohlraumlabirinth erhöhen und andererseits die mechanische Stabilität der Trägerschicht verbessern. Es versteht sich, dass für die Bildung des komplexen Hohlraumlabirinth beliebige Anordnungen der Abstützelemente in Betracht kommen können.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen und Merkmale des erfindungsgemässen Verbundwerks ergeben sich für den Fachmann aus den Ansprüchen.

60 Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und mit Hilfe der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: Eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein erfindungsgemässes Verbundwerk,

65

Fig. 2: in perspektivischer Darstellung eine schematische Unteransicht des erfindungsgemässen Isolationsbelags,

Fig. 3: eine Darstellung mit Vergleichsmessungen der frequenzabhängigen Lärmisolationwirkung,

Fig. 4: eine Messkurve der frequenzabhängigen Isolationswirkung eines geometrisch optimierten, erfindungsgemässen Verbundwerks.

5

Das in Fig. 1 dargestellte Verbundwerk umfasst mehrere Beläge, welche sich erfindungsgemäss in zwei lose aufeinanderliegende Gruppen zusammenfassen lassen. Die erste Gruppe umfasst einen schwingfähigen Bodenteil 2, welcher mit den im Fahrzeugbau üblichen Beschichtungen 6, insbesondere Farbbeschichtung, Korrosionsschutz, oder eine textile oder textilähnliche Finition versehen sein kann, und welche Gruppe erfindungsgemäss schallisolierend und schalldämpfend mit der zweiten Gruppe von Belägen verbunden wird.

10

Die zweite Gruppe von Belägen umfasst im wesentlichen einen Isolationsbelag 8, 9 mit einem anisotropen Luftströmungswiderstand. Diese Anisotropie ist der Gestalt, dass die von der ersten Gruppe zu Schwingungen angeregte Luft in lateraler Richtung wenig gehindert strömen kann, während sie in Dickenrichtung des Verbundwerks nur stark gehindert strömen kann. Die damit erzielten Wirkungen sind oben bereits detailliert beschrieben. In der vorliegenden Darstellung weist dieser Isolationsbelag zwei Schichten auf, eine Trägerschicht 9 und eine Deckschicht 8. Erfindungsgemäss umfasst die Trägerschicht 9 eine Vielzahl Abstützelemente 13, welche aus schmalen Stegen 11 oder aus breiten Anlegeelementen 14 gebildet sind. Dabei versteht es sich für den Fachmann von selbst, diese Abstützelemente 13 der Topografie des Untergrundes entsprechend zu dimensionieren.

15

20

In einer weiteren Ausführungsform kann die Trägerschicht 9 andere Materialeigenschaften aufweisen als die Deckschicht 8. Insbesondere können sich diese Schichten in ihrer Härte unterscheiden und kann die Trägerschicht aus einem nichtporösen Material bestehen.

25

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Trägerschicht 9 quer zu den Stegen 11 oder Anlegeelementen 14 liegende Sperrstege 12 auf, deren Höhe geringer ist als die Höhe der Abstützelemente 13. Durch Variation der Höhe dieser Sperrstege 12 kann die Anisotropie des Luftströmungswiderstandes den gewünschten Verhältnissen optimal angepasst werden.

30

Erfindungswesentlich ist, dass zwischen den beiden lose aufeinanderliegenden Gruppen von Belägen ein komplexes Hohlraumlabirinth, d.h. ein zusammenhängendes System aus verschiedenen Kanälen und Kammern gebildet wird. Es versteht sich, dass vereinzelt auch in sich geschlossene Kammern gebildet werden können, welche aber erfindungsgemäss wegen des lose aufliegenden Verbundes und der Porosität des Materials als Teile des komplexen Hohlraumlabirinth mit erhöhtem Luftströmungswiderstand zu betrachten sind.

35

In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Isolationsbelag 8, 9 einen textilen oder textilähnlichen Dekorbelag 5 auf. Insbesondere ist die Deckschicht 8 mit einer Schutzschicht 7 versehen.

40

Dem Fachmann sind geeignete Materialien für jede dieser Schichten und Beläge hinlänglich bekannt. Bei den erprobten Ausführungsbeispielen sind die Trägerschicht 9 und die Deckschicht 8 einstückig aus hochgefülltem, relativ steifem PUR-Schaum geformt und besteht die Schutzschicht aus einer dünnen PVC-Folie.

45

Bei anderen erprobten Ausführungsformen wurde für den Isolationsbelag 8, 9 ein verpresstes Faservlies verwendet, wie es in der Automobilindustrie hinlänglich bekannt und beispielsweise in der FR-A2 265 147 beschrieben ist.

50

Dieses Faservlies besteht im wesentlichen aus natürlichen tierischen oder pflanzlichen Fasern, wie Schafswoll-, Baumwoll-, Kokos- oder Seidefasern, und kann mit Kunstfasern angereichert sein. Die Fasern sind untereinander mit thermohärtenden Kunstharztropfen verbunden. Eine geeignete mikroporöse wasser- und ölundurchlässige Imprägnierung, wie sie beispielsweise in obiger französischer Patentschrift offenbart ist, schützt das Vlies vor Feuchtigkeit und Verschmutzung.

55

Insbesondere wurde für die vorliegende Erfindung ein solches Faservlies mit einer Dichte von 60 kg/m^3 und einem spezifischen Luftströmungswiderstand von $1,2 \times 10^4 \text{ Ns/m}^4$ verwendet, was bei einem 20 mm dicken Vlies einem absoluten Luftwiderstand von ca. 200 Ns/m^4 entspricht.

60

Fig. 2 zeigt schematisch in perspektivischer Darstellung die Unterseite eines beschichteten Isolationsbelags. Deutlich zu erkennen sind die Abstützelemente 13, welche hohlprismaförmig und hohlzylinderförmig ausgebildet sind.

65

In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die hohlprismaförmigen Abstützelemente 13 eine Hypotenusen-Kantenlänge von 42,4 mm und eine Katheten-Kantenlänge von jeweils 30 mm auf. Bei den hohlzylinderförmigen Abstützelementen beträgt der Aussendurchmesser 30 mm. Die Höhe der diese Abstützelemente 13 bildenden Stege 11 beträgt 10 mm. Der Querschnitt dieser Stege 11 ist bevorzugt trapezförmig und ist an seiner Basis respektive deckschichtseitig 3 mm breit, während die freie Kante 1,8 mm beträgt.

70

Obwohl die bevorzugte Ausführungsform im wesentlichen hohlprismaförmige Abstützelemente 13 zeigt, liegen für den Fachmann auch hohlquaderförmige oder andersförmige Abstützelemente 13 im Bereich seines technischen Handelns. Solche hohlquaderförmige Abstützelemente können beispielsweise eine Kantenlänge von 26 mm aufweisen. Aus verfahrenstechnischen Gründen weisen die inneren Ecken der Abstützelemente 13 eine Rundung von ca. 2 mm Radius auf. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, wie

75

durch geeignete Anordnung der Abstützelemente 13, Kanäle 17 gebildet werden. In der bevorzugten Ausführungsform weisen diese Kanäle 17 eine Breite von 20 mm resp. eine solche von 14 mm auf. Deutlich erkennbar sind auch die quer in den Kanälen 17 liegenden Sperrstege 12, deren Höhe gegenüber den Stegen 11 erfindungsgemäss geringer ist. In der bevorzugten Ausführungsform beträgt die Höhe dieser Sperrstege 12 ca. 5 mm. Solche Sperrstege können auch im Innern der Stützelemente 13 liegen und verbessern damit die Stabilität der Trägerschicht 9 und die Trittfestigkeit des gesamten Verbundwerks. Es versteht sich, dass die poröse Trägerschicht 9 und die Deckschicht 8 aus elastischen Schäumen bestehen, wie sie jedem Fachmann auf dem Gebiet der Schallisolation bekannt sind. Insbesondere können beide Schichten 8, 9, inklusive der Querstege 12, aus dem gleichen Material geformt sein. Als besonders geeignet dafür hat sich offenporiger, hochgefüllter und relativ steifer Polyurethanschaum (PUR-900) erwiesen.

Die Dicke des Isolationsbelags 8, 9 aus Trägerschicht 9 und Deckschicht 8 beträgt in einer ersten Ausführungsform 15 mm. Bei dieser Ausführungsform wurde ein Schwerschaum mit einem effektiven Raumgewicht von $\rho = 630 \text{ kg/m}^3$ verwendet. Das Flächengewicht der gesamten Isolationschicht, inklusiv Schutzschicht 7 und Dekorschicht 5, betrug $m_F = 10,7 \text{ kg/m}^2$.

In einer zweiten Ausführungsform mit hohlquaderförmigen Auflageelementen beträgt die Dicke des unbeschichteten Isolationsbelags 17 mm, das effektive Raumgewicht des verwendeten Schwerschaums (PUR-900) $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$. Das Flächengewicht des gesamten Isolationsbelags 8, 9, einschliesslich Teppichschicht, beträgt $m_F = 14,5 \text{ kg/m}^2$.

In einer weiteren erprobten Ausführungsform wurde ein lokal unterschiedlich tief verpresstes Faservlies verwendet. Die Stegbreite und -höhe bei dieser Ausführungsform beträgt ca. 4 mm, während das Hohlraumlabirinth Kanäle mit einer Breite von ca. 16 mm aufweist. Dieses Faservliesteil weist eine Dicke von ca. 20 mm auf und trägt eine Schwerschicht von ca. $4,5 \text{ kg/m}^2$. Vergleichsmessungen dieser Ausführungsform mit einem flach aufliegenden Vlies zeigen die Wirkung des erfindungsgemäss erzeugten akustischen Kurzschlusses:

Dichte	dyn. Elastizitätsmodul des flachen Vlieses	dyn. Elastizitätsmodul des erf.gem. Vlieses
60 kg/m^3	$0,10 \text{ daN/cm}^2$	$0,06 \text{ daN/cm}^2$
80 kg/m^3	$0,38 \text{ daN/cm}^2$	$0,25 \text{ daN/cm}^2$
130 kg/m^3	$0,85 \text{ daN/cm}^2$	$0,34 \text{ daN/cm}^2$

Fig. 3 zeigt den durch das erfindungsgemässe Verbundwerk erzielten Effekt anhand zweier Messkurven. Die Messkurve b) zeigt den frequenzabhängigen Verlauf der Isolationswirkung für ein klassisches Isolationssystem, bestehend aus einer metallischen Bodenplatte, einer aufgeklebten Faservlieschicht und einer darauf befestigten Schwerschicht mit einem Flächengewicht von 10 kg/m^2 . Die Dicke dieses gesamten klassischen Isolationssystems ohne Teppichschicht, betrug 18 mm. Diese Messkurve zeigt die hervorragende Isolationswirkung dieses System in höherfrequentem Bereich und weist einen deutlichen Resonanzeinbruch bei ca. 200 Hz auf. Bei tieferen Frequenzen nimmt die akustische Wirksamkeit dieses Systems wieder zu. Dem gegenüber zeigt die Kurve a) das frequenzabhängige Verhalten eines erfindungsgemässen Verbundwerks aus Schwerschaum und mit einem Flächengewicht von $9,8 \text{ kg/m}^2$.

Obwohl die Flächengewichte dieser beiden Isolationssysteme vergleichbar sind, tritt mit dem erfindungsgemässen Verbundwerk der oben genannte Resonanzeinbruch überraschend deutlich nicht mehr auf.

Eine weitere Verbesserung der akustischen Wirksamkeit wird, wie aus Fig. 4 ersichtlich, mit einem erfindungsgemässen Verbundwerk mit dreieckförmigen Stützelementen erzielt. Der für diese Messkurve verwendete Isolationsbelag besteht aus einer Trägerschicht mit dreieckförmigen Abstützelementen 13 und einer Deckschicht, beide aus PUR-900 mit einer Shore-Härte von 50. Damit wirkt dieser Teil des Isolationsbelags als akustische Feder, während ein auf dieses System aufgeschäumter Teppich als akustische Masse wirkt. Das Gesamtgewicht beträgt wiederum 10 kg/m^2 . Diese Messkurve zeigt keinen Resonanzeinbruch auf und erzeugt eine Isolationswirkung von $10 \text{ dB} \pm 3 \text{ dB}$ in einem weiten Bereich von 25 bis 2500 Hz.

Es versteht sich, dass zur Frequenzanpassung und Optimierung vorgenommene Änderungen im Bereich des fachmännischen Könnens liegen. Insbesondere bestehen solche Änderungen in der gezielten Auswahl von Materialdaten, wie Elastizitätsmodul, Schubmodul und Verlustfaktor. Änderungen des Strömungswiderstandes können durch folgende Parameter erzielt werden: Dicke des porösen Isolationssystems, Höhe und Grundabmessungen sowie Oberflächenbeschaffenheit der Hohlräume des komplexen Hohlraumlabirinth, sowie Änderungen der Geometrie der Abstützelemente.

Patentansprüche

1. Schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk zur Lärmreduktion im Fahrzeugbau mit

mindestens einem schwingfähigen Bodenteil (2) und einem offenporigen Isolationsbelag (8, 9), dadurch gekennzeichnet, dass

- der offenporige Isolationsbelag (8, 9) auf dem Bodenteil (2) lose aufliegt,
- einen anisotropen Luftströmungswiderstand aufweist

5 - und der in Richtung der Auflageebene verlaufende laterale Luftströmungswiderstand kleiner ist als der in Dickenrichtung verlaufende transversale Luftströmungswiderstand.

2. Verbundwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des anisotropen Luftströmungswiderstandes der Isolationsbelag (8, 9) bodenteilsseitig eine geometrische Struktur aufweist, welche zusammen mit dem Bodenteil (2) ein aus zusammenhängenden Kanälen und Kammern gebildetes Hohlraumlabirinth bildet.

10 3. Verbundwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei vorgegebener Dicke d und Masse pro Flächeneinheit m_F des Isolationsbelags (8, 9) der Elastizitätsmodul E dieses Belags einen

15 Wert aufweist, bei welchem die tiefste Eigenfrequenz $f_0 = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{E}{d \cdot m_F}}$ im Frequenzbe-

reich liegt, in welchem die von der geometrischen Struktur des Hohlraumlabirinthes erzeugten dissipativen Dämpfungs- und Strömungsverluste akustisch wirksam sind.

4. Verbundwerk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationsbelag (8, 9) fahrgastseitig einen Dekorbelag (5) umfasst.

5. Verbundwerk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das komplexe Hohlraumlabirinth mindestens partiell eine weitere Beschichtung (6) aufweist.

6. Offenporiger Isolationsbelag für ein schallisolierendes und schalldämpfendes Verbundwerk nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der offenporige und auf dem Bodenteil lose aufliegende Isolationsbelag mindestens aus einer Deckschicht (8) und einer eine Vielzahl Abstützelemente (11) aufweisenden Trägerschicht (9) besteht.

7. Isolationsbelag nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass quer zwischen den Abstützelementen (11) liegende Sperrstege (12) angeordnet sind, deren Höhe geringer ist als die Höhe der Abstützelemente (11).

8. Isolationsbelag nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstützelemente aus Stegen (13) gebildet werden, deren Höhe der Topographie des Bodenteils angepasst ist, so dass die Deckschicht (8) parallel zum Bodenteil (2) liegt.

9. Isolationsbelag nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht (8) und die Trägerschicht (9) verschiedene Materialeigenschaften aufweisen.

10. Isolationsbelag nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationsbelag (8, 9) fahrgastseitig mit einer Schutzschicht (7) versehen ist.

11. Isolationsbelag nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Abstützelementen (11) der Trägerschicht (9) mindestens teilweise ein offenporiges Material liegt.

40

45

50

55

60

65

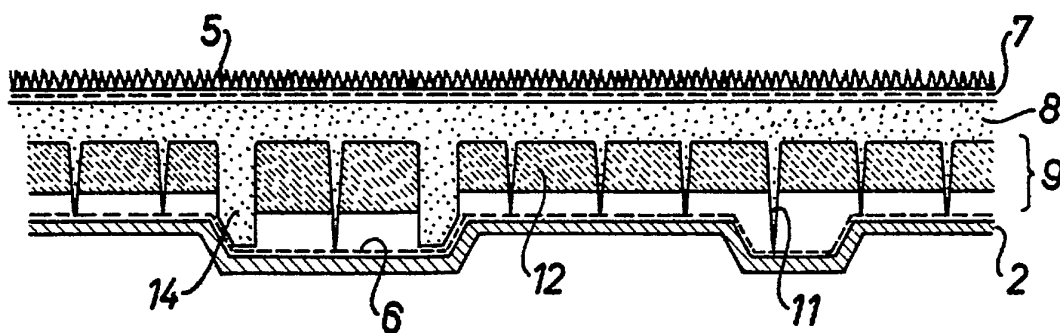


Fig. 1

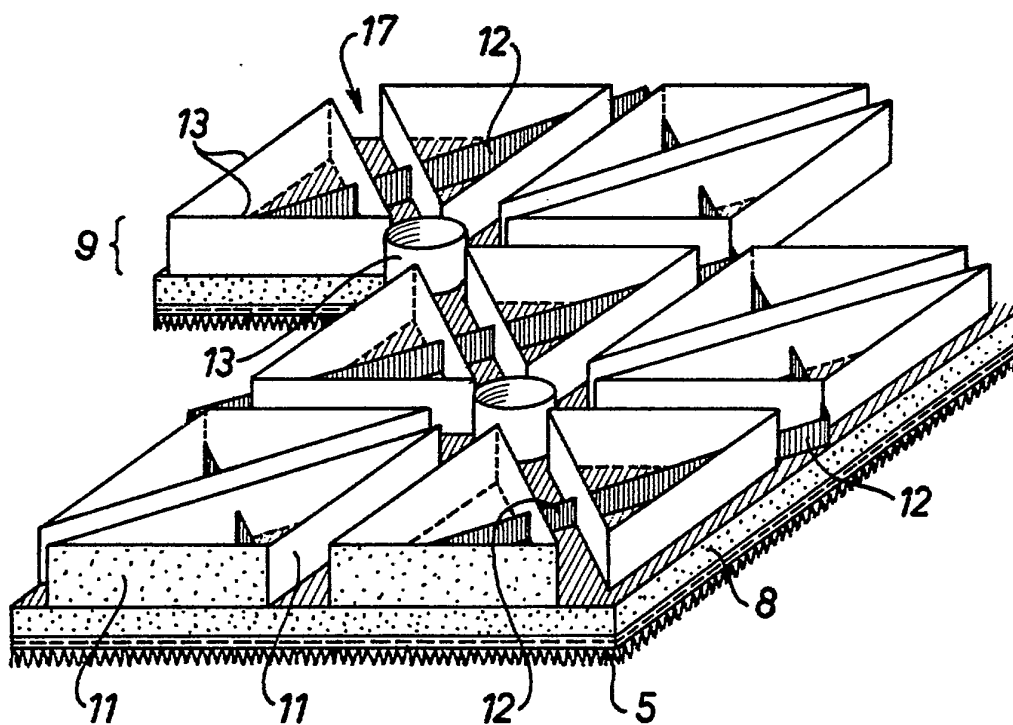


Fig. 2

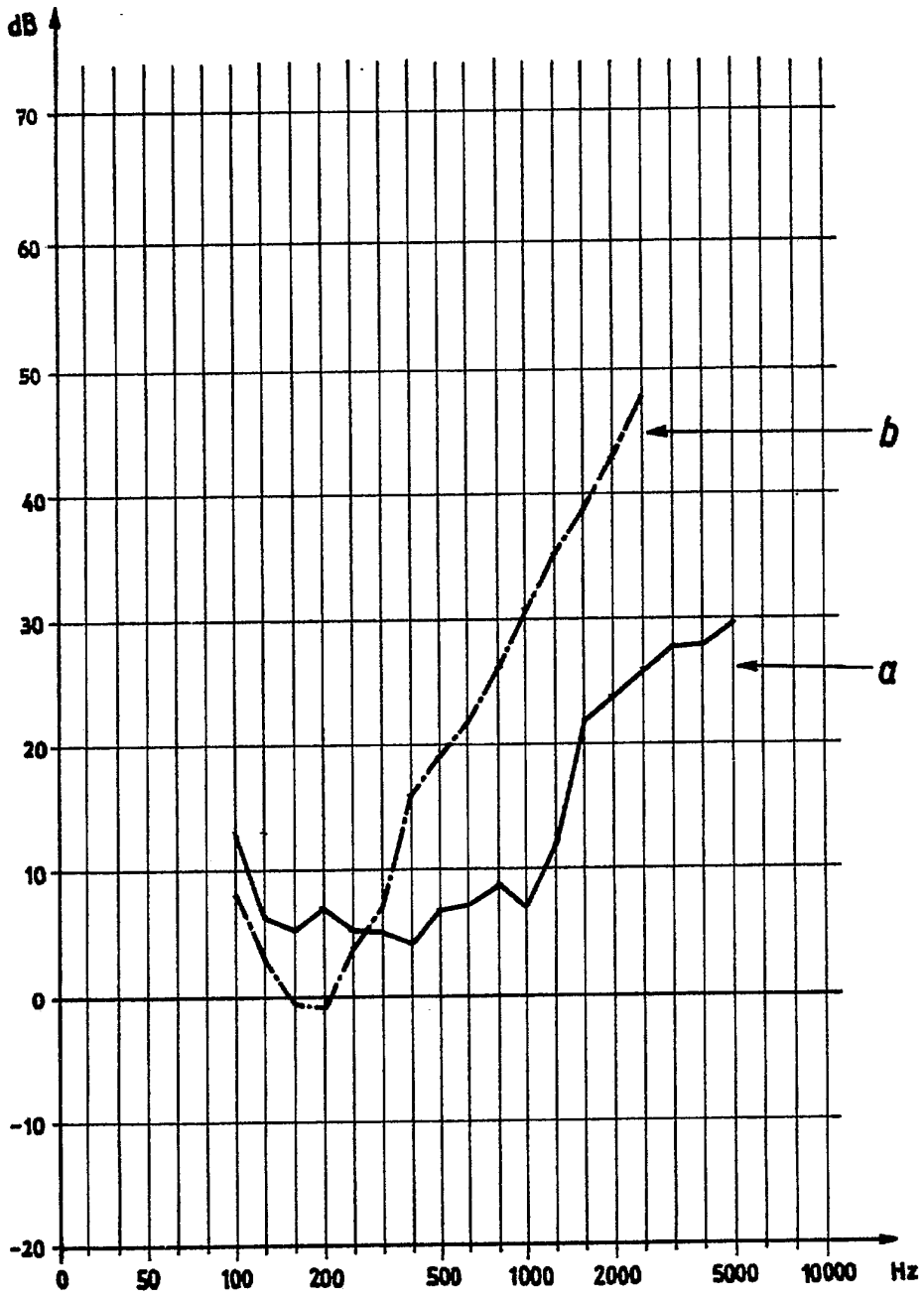


Fig. 3

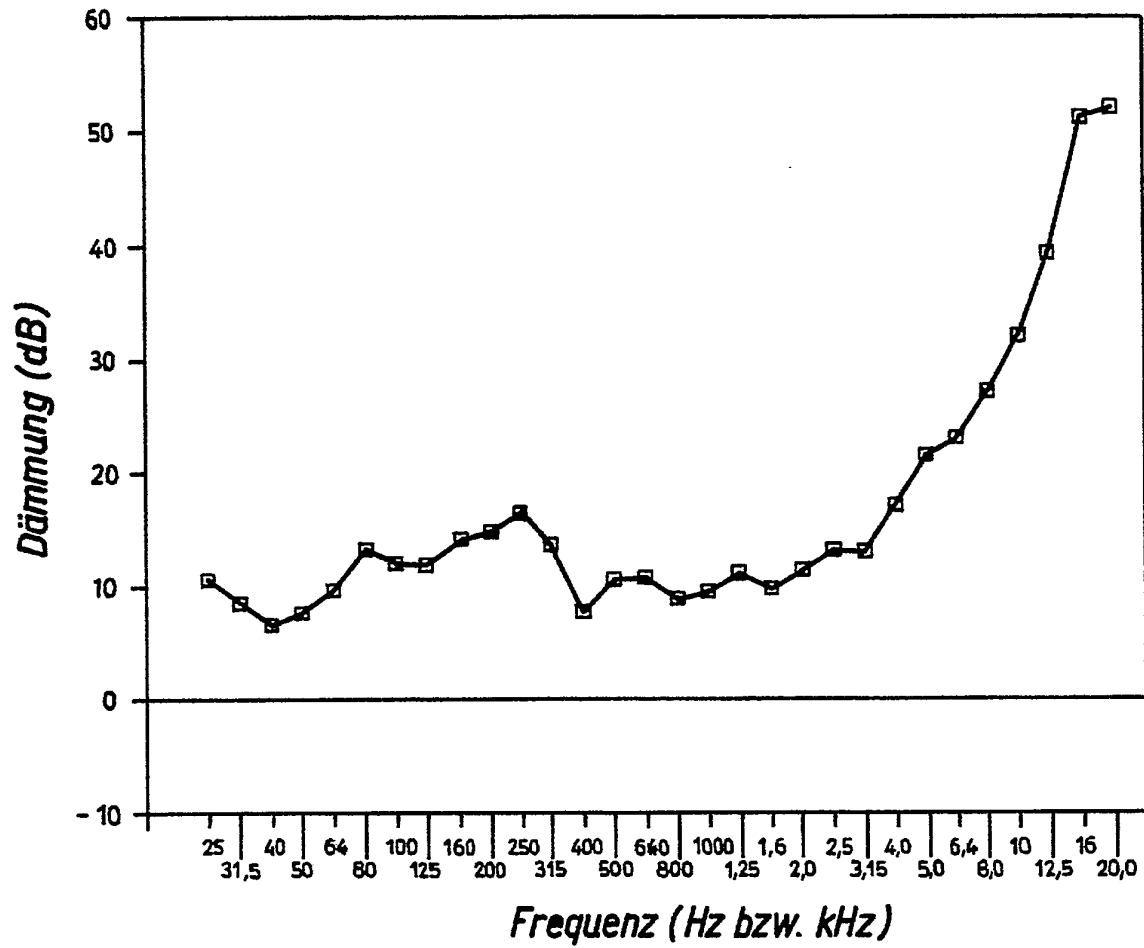


Fig. 4