

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 87810287.0

51 Int. Cl. 4: **G 10 K 11/16**

22 Anmeldetag: 07.05.87

30 Priorität: 16.05.86 CH 2006/86

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.02.88 Patentblatt 88/05

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT NL SE

71 Anmelder: **MATEC HOLDING AG**
Tollwiesstrasse 36
CH-8700 Küsnacht (CH)

72 Erfinder: **Schneider, Alfred**
Rousseastrasse 52
CH-8037 Zürich (CH)

Tschudi, Hans Rudolf
Im Heugarten 7c
CH-8617 Mönchaltorf (CH)

74 Vertreter: **Seifert, Helmut E.**
RITSCHER & SEIFERT Patentanwälte VSP Auf der Mauer
4
CH-8001 Zürich (CH)

54 Verfahren zum Herstellen eines Luftschall absorbierenden Bauelements.

57 Das Verfahren ermöglicht, für schallabsorbierende Bauelemente aus kompaktem oder geschäumtem Kunststoff mit becherförmigen Ausstülpungen (12) die für eine optimale Schallabsorption erforderliche Dicke (d) und Flächengrösse (A) der Resonanzflächen in Abhängigkeit von der Höhe (h) der Ausstülpungen unter der angestrebten Resonanzfrequenz zu bestimmen.

Die Anwendung dieses Verfahrens ermöglicht weiter, den Frequenzverlauf des Schallabsorptionskoeffizienten des Bauelements an den Frequenzverlauf des Schallpegels einer Lärmquelle anzupassen.

Beschreibung

Verfahren zum Herstellen eines Luftschall absorbierenden Bauelements

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Luftschall absorbierenden Bauelements, das eine Mehrzahl becherförmige Ausstülpungen aufweist, deren Oberflächen von auftreffender Schallenergie zu Schwingungen angeregt werden, wobei die Schallenergie mindestens teilweise absorbiert und in Wärme umgewandelt wird, sowie ein nach diesem Verfahren hergestelltes Bauelement und eine bevorzugte Verwendung dieses Bauelements

Bauelemente der beschriebenen Art werden gewöhnlich aus einer Kunststoffolie hergestellt. Sie haben eine dichte Oberfläche, eine geringe Masse und sind beständig gegen die meisten Säuren, Oele, Lösungsmittel sowie gegen relativ hohe Temperaturen und werden darum vorzugsweise für die Absorption von Luftschall in lärmigen Werkhallen und zum Auskleiden der Gehäuse von Lärmquellen, insbesondere Verbrennungsmotoren, verwendet.

Die bekanntesten Ausführungsformen solcher Bauelemente lassen sich einer von zwei unterschiedlichen Gruppen zuordnen. Bei der einen Gruppe (DE-OS 27 58 041) sind die rückseitigen, d.h. dem einfallenden Schallfeld abgewandten Oeffnungen der Ausstülpungen verschlossen, damit die Masse der schwingenden Deckfläche mit der eingeschlossenen Luft ein physikalisches Masse-Feder-System mit einer deutlichen Resonanzfrequenz bildet. Bei der anderen Gruppe (CH 626 936) sind die rückseitigen Oeffnungen der Ausstülpungen unverschlossen.

Bei der Verwendung werden die Bauelemente beider Gruppen vorzugsweise vor einer schallreflektierenden Wand und von dieser beabstandet angeordnet.

In den Publikationen, die Ausführungsformen dieser beiden Gruppen von Bauelementen betreffen, wird erwähnt, dass die Resonanzfrequenz der Deck- bzw. Resonanzfläche von der Form, der Grösse und der Masse dieser Fläche, von der Höhe der Ausstülpung sowie vom mechanischen Verlustfaktor und dem Elastizitätsmodul des verwendeten Materials abhängig ist. Dazu hat die praktische Erfahrung bestätigt, dass auch relativ geringe Unterschiede der Abmessungen der Ausstülpungen den Verlauf sowohl der Schallabsorption in Abhängigkeit von der Frequenz des auftreffenden Schalls als auch die Stärke der Schallabsorption stark beeinträchtigen. Trotz dieser Erkenntnisse ist bisher noch kein Verfahren zum Herstellen solcher Bauelemente bekannt, das es ermöglicht, die Form und Abmessungen der Resonanzflächen unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften für eine vorgegebene Verwendung zu optimieren.

Bei der Verwendung schallabsorbierender Bauelemente in unmittelbarer Nähe einer Schallquelle ist die maximal zulässige Höhe der Ausstülpungen oft durch die Form und Abmessungen der Schallquelle bzw. deren Verkleidung vorgegeben und ist meistens kleiner als bei den oben erwähnten bekannten Ausführungsformen. Der vorliegenden Erfindung lag darum die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das die Herstellung von Luftschall absorbierenden Bauelementen ermöglicht, die in Abhängigkeit von der zulässigen Höhe der Ausstülpungen optimale Absorptionseigenschaften aufweisen.

Ausgehend von der Ueberlegung, dass die Schallabsorption eines schwingungsfähigen Systems, bestehend aus biegeschwingenden Flächen und einer dahinterliegenden Luftschicht am grössten ist, wenn die Resonanzfrequenz f_0 reell und ungefähr gleich der spezifischen Impedanz Z_0 der Luft ist, wurden theoretische und experimentelle Untersuchungen durchgeführt, um ein Verfahren zum Herstellen eines schallabsorbierenden Bauelements zu schaffen, bei dem die Schallabsorption für einen den praktischen Anforderungen entsprechenden Bereich der Höhe der Ausstülpungen optimiert ist und im Bereich der Resonanzfrequenz nur eine geringe Frequenzabhängigkeit aufweist.

Diese Aufgabe wurde mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem für eine optimale Schallabsorption durch Resonanzschwingungen die Dicke d der Resonanzflächen entsprechend der Formel

$$3 \cdot \left(\frac{K_1}{f_0} + \frac{K_2}{f_0^2 h} \right) \leq d \leq 5 \cdot \left(\frac{K_1}{f_0} + \frac{K_2}{f_0^2 h} \right)$$

und die Flächengrösse A jeder Resonanzfläche entsprechend der Formel

$$A = K_3 \cdot \frac{d}{f_0} \cdot \sqrt{1 + q}; \quad \text{mit } q = \frac{1}{f_0 h} \cdot \frac{K_2}{K_1}$$

ausgebildet werden, in welcher Formel h die Höhe der Ausstülpungen bzw. der Abstand von einer schallreflektierenden Wand und f_0 die Resonanzfrequenz ist und K_1 , K_2 und K_3 vom Material des Bauelements und von der Schwingungsform der Resonanzfläche abhängige Konstante sind.

Als Schwingungsform $s = 1$ werden nachfolgend solche Schwingungen bezeichnet, die im Längsschnitt durch eine an ihren seitlichen Kanten befestigte Resonanzfläche nur einen Schwingungsbauch aufweisen, als

Schwingungsform $s = 2$ werden Schwingungen bezeichnet, die im gleichen Längsschnitt drei Schwingungsbäuche (und dazwischen zwei Schwingungsknoten) zeigen.

Zahlenwerte für die Konstante K_1 , K_2 und K_3 für zwei gebräuchliche unterschiedliche Materialien und die beiden Schwingungsformen $s = 1$ und $s = 2$ sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Material	Konstante	Schwingungsform	
		$s = 1$	$s = 2$
Kompakte PVC-Folie	K_1 (ms^{-1})	1,1	0,12
	K_2 ($\text{m}^2 \text{s}^{-2}$)	1,6	0,17
	K_3 (ms^{-1})	$4,7 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^4$
geschäumte PP-Folie	K_1 (ms^{-1})	3,2	0,3
	K_2 ($\text{m}^2 \text{s}^{-2}$)	70,6	7,5
	K_3 (ms^{-1})	$1,6 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$

Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht, die für eine wirksame Schallabsorption durch Resonanzschwingungen wichtigen Werte, nämlich die Dicke und die Grösse der Resonanzfläche in Abhängigkeit von der Höhe der Ausstülpung auszubilden und damit bisher nicht oder bestenfalls zufällig erreichte Werte der Schallabsorption systematisch und reproduzierbar zu verwirklichen.

Nachfolgend wird das erfindungsgemässe Verfahren anhand einiger Ausführungsformen von Luftschall absorbierenden Bauelementen und mit Hilfe der Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a die perspektivische Draufsicht auf einen Teil eines typischen zur Absorption von Luftschall geeigneten Bauelements mit pyramidenstumpfförmigen Ausstülpungen,

Fig. 1b den Schnitt durch das in Fig. 1a gezeigte Bauelement längs der Linie X-X,

Fig. 2a die grafische Darstellung der erfindungsgemäss bestimmten Werte für die optimale Dicke d und die optimale Grösse A einer Resonanzfläche aus kompakter PVC-Folie in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung und für eine Resonanzfrequenz von $f_0 = 1000$ Hz,

Fig. 2b die zur Fig. 2a analoge Darstellung für eine Resonanzfläche aus geschäumter Polypropylen-Folie und für eine Resonanzfrequenz von $f_0 = 1600$ Hz,

Fig. 3 den Verlauf des Schallpegels des von einem Verbrennungsmotor erzeugten Lärms in Abhängigkeit von der Frequenz, und

Fig. 4 den Schallabsorptionskoeffizienten für ein Bauelement der bisher bekannten Art und für zwei erfindungsgemässe Bauelemente, ebenfalls in Abhängigkeit von der Frequenz.

Die Figuren 1a und 1b sind der deutlicheren Darstellung wegen nicht massstäblich gezeichnet.

Das in den Fig. 1a und 1b gezeigte Luftschall absorbierende Bauelement enthält eine Grundfläche 10, deren umlaufender Rand mit einem stabilisierenden Rahmen 11 versehen ist. Die Grundfläche weist eine Mehrzahl gleichartiger pyramidenstumpfförmiger Ausstülpungen auf, von denen einfacherweise nur die Ausstülpung 12 mit einem Bezugszeichen identifiziert ist. Jede Ausstülpung enthält vier seitliche Flächen 13, 14, 15 und 16 und eine Deckfläche 17. Für die vorliegende Erfindung wichtige Grössen der Ausstülpungen sind deren Höhe h sowie die Dicke d und die Grösse A der als bestimmende Resonanzfläche wirksamen Deckfläche. Schallabsorptionsmessungen haben gezeigt, dass der horizontale Abstand zwischen benachbarten Ausstülpungen und der Neigungswinkel der Seitenwände zur Grundfläche den Verlauf des Schallabsorptionskoeffizienten in Abhängigkeit von der Frequenz wenig beeinflussen. Für eine möglichst grosse Gesamtschallabsorption sind darum die Ausstülpungen vorzugsweise so nahe benachbart und die Seitenwände so wenig geneigt auszubilden, wie es das Herstellverfahren und praktische Bedürfnisse ermöglichen.

Zur Herstellung des Bauelements kann einfacherweise eine Kunststoffolie tiefgezogen werden. Es ist aber auch möglich, das Bauelement im Kunststoffspritzguss herzustellen oder aus einzelnen miteinander verbundenen Teilflächen gebildete Ausstülpungen auf eine Trägerfolie zu kleben oder zu schweissen. Geeignete Kunststoffe sind beispielsweise Polyvinylchlorid, Polyäthylen, Polypropylen, Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymerisat oder Polycarbonat, die sowohl in kompakter wie in geschäumter Form verwendet werden können. Ausgehend davon, dass die Wahl eines für einen gegebenen Verwendungszweck bestgeeigneten Kunststoff ebenso wie dessen Verarbeitung im Bereich fachmännischen Könnens liegen, wird auf eine ausführliche Beschreibung der brauchbaren Materialien und deren Verarbeitung ausdrücklich verzichtet.

In den Fig. 2a und 2b sind die Membrandicke d und die Membranfläche A in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung für einen kompakten bzw. einen geschäumten Kunststoff dargestellt.

In Fig. 2a entspricht die Kurve 21 der erfindungsgemäss optimalen Dicke d der als Resonanzfläche wirksamen Deckfläche der Ausstülpung in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung für die Schwingungsform $s = 1$ und einen kompakten PVC-Kunststoff. Die Kurve 22 zeigt ebenfalls die optimale Dicke d der gleichen Fläche in Abhängigkeit von der Höhe h , aber für die Schwingungsform $s = 2$. Beide Kurven gelten für eine optimale Resonanzfrequenz bzw. optimale Schallabsorption im Frequenzbereich $f_0 \approx 1000$ Hz.

Die Kurve 23 entspricht der erfindungsgemäss optimalen Grösse A der Resonanzfläche in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung für die Schwingungsform $s = 1$ und einen kompakten PVC-Kunststoff. Die Kurve 24 zeigt ebenfalls die optimale Fläche A in Abhängigkeit von der Höhe h , aber für die Schwingungsform $s = 2$. Auch diese beiden Kurven gelten für eine Resonanzfrequenz im Bereich $f_0 \approx 1000$ Hz.

In Fig. 2b ist die erfindungsgemässe optimale Dicke d der Resonanzfläche in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung und für die Schwingungsform $s = 1$ durch die Kurve 25 sowie für die Schwingungsform $s = 2$ durch die Kurve 26 für ein Bauelement aus geschäumtem Polypropylen-Kunststoff dargestellt. Beide Kurven gelten für eine Resonanzfrequenz bzw. eine optimale Schallabsorption im Frequenzbereich $f_0 \approx 1600$ Hz.

Weiter zeigt die Kurve 27 die erfindungsgemäss optimale Grösse A der Resonanzfläche in Abhängigkeit von der Höhe h der Ausstülpung für die Schwingungsform $s = 1$ und die Kurve 28 die gleiche Grösse für die Schwingungsform $s = 2$ für einen geschäumten Polypropylen-Kunststoff. Beide Kurven gelten für eine Resonanzfrequenz bzw. eine optimale Schallabsorption im Frequenzbereich $f_0 \approx 1600$ Hz.

Aus diesen Kurven ist zu ersehen, dass die optimale Dicke d der Resonanzfläche kleiner wird, wenn die Höhe h der Ausstülpung grösser wird. Die Kurven bestätigen, dass die Dicke d der Resonanzfläche in dem für die praktische Verwendung des Bauelements wichtigen Bereich der Höhe h der Ausstülpung, d.h. zwischen 10 und 35 mm am stärksten von dieser Höhe abhängig ist. Die Kurven bestätigen weiter, dass für Schwingungsformen $s = 2$ Ausstülpungen mit Höhen im gezeigten Bereich von 10 bis 50 mm die optimale Dicke d auf Werte sinkt, bei denen die geforderte mechanische Stabilität des fertigen Bauelements nicht mehr gewährleistet ist.

Aus der Darstellung ist ersichtlich, dass sich die optimale Grösse A der Resonanzfläche ungefähr proportional zur Resonanzflächendicke d verhält. Die Kurven zeigen ferner, dass die optimale Fläche A für die Schwingungsform $s = 2$ kleiner ist als für die Schwingungsform $s = 1$ und dass die dem erfindungsgemässen Verfahren entsprechenden Werte der Dicke d und der Grösse A der Resonanzfläche wesentlich unter den Werten liegen, die bisher gebräuchlich waren und in den eingangs genannten Publikationen aufgeführt sind.

Schliesslich zeigt der Vergleich der Kurven in den Fig. 2a und 2b, dass die Abhängigkeit der für eine optimale Schallabsorption bestimmten Dicke und Grösse der Resonanzfläche von der Höhe der Ausstülpung für eine Resonanzfläche aus geschäumtem Kunststoff sehr viel stärker ist als für eine Resonanzfläche aus kompaktem Kunststoff.

Die Fig. 3 zeigt den typischen Verlauf des Schallpegels in Abhängigkeit von der Frequenz für einen Verbrennungsmotor (Viertakt-Ottomotor) mit vier Zylindern und im Leerlauf bei etwa 800 Umdrehungen/Minute. Dabei versteht sich, dass der genaue Verlauf dieser Kurve nicht nur von der genannten Motorenart, der Umdrehungszahl und der Belastung, sondern auch von spezifischen Konstruktionsmerkmalen, der Betriebstemperatur und weiteren Parametern bestimmt wird. Messungen an unterschiedlichen Motoren bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen haben jedoch gezeigt, dass der Verlauf der Kurve 30 einem Mittelwert entspricht. Die Kurve 30 zeigt, dass der Schallpegel bei Frequenzen bis 1000 Hz klein ist, mit zunehmenden Frequenzen ansteigt, bei 1600 Hz den Maximalwert erreicht, bis etwa 2500 Hz langsam und bei noch höheren Frequenzen rasch absinkt.

Die Fig. 4 zeigt die Stärke der Schallabsorption in Abhängigkeit von der Frequenz des auftreffenden Schalls für drei verschiedene Ausführungsformen von Luftschall absorbierenden Bauelementen. Alle drei Bauelemente weisen rückseitig offene, pyramidenstumpfförmige Ausstülpungen auf, wie es in den Fig. 1a und 1b gezeigt ist. Bei allen drei Ausführungsformen wurden die Kunststoff-Folien derart tiefgezogen, dass die Seitenflächen um ca. 20° gegenüber der Senkrechten geneigt sind und die Ausstülpungen in der Ebene der Grundfläche einen Abstand von 5 mm haben.

Die Höhe der Ausstülpungen und die Grösse der Resonanzflächen ist für alle drei Ausführungsformen gleich und beträgt 30 mm bzw. 35 cm^2 . Die Resonanzflächen sind bei diesen Ausführungsformen rechteckig und weisen ein Seitenverhältnis von etwa $0,8 : 1$ auf.

Die Kurve 41 zeigt die Schallabsorption eines Bauelements aus geschäumtem Polyäthylen, bei dem die Dicke der Resonanzfläche 1,5 mm beträgt. Diese Kurve steigt von Werten geringer Schallabsorption bei niedrigen Frequenzen gleichmässig an bis zu einer maximalen Schallabsorption entsprechend $\alpha_s \sim 0,8$ bei 1000 Hz, fällt dann bis zu Frequenzen von etwa 1250 Hz nur wenig und danach bis etwa 1500 Hz steil ab auf $\alpha_s \sim 0,3$.

Die Kurve 42 zeigt die Schallabsorption eines Bauelements aus kompakten PVC, bei dem die Dicke der Resonanzfläche 0,15 mm beträgt. Die Kurve beginnt bei höheren Frequenzen als die Kurve 41, steigt steil an und erreicht für eine Frequenz von 1000 Hz einen relativ schmalen Maximalwert von $\alpha_s \sim 0,9$ und fällt danach wieder steil ab bis $\alpha_s \sim 0,45$ bei 1500 Hz.

Die Kurve 43 zeigt die Schallabsorption eines Bauelements aus geschäumtem Polypropylen, bei dem die

Dicke der Resonanzflächen 3 mm beträgt. Diese Kurve steigt bis zu Frequenzen von etwa 1250 Hz ähnlich an wie die Kurve 41, steigt dann aber weiter bis zu einem Maximalwert von mehr als 0,95 im Frequenzbereich um 1500 Hz und fällt danach flacher als die Kurven 41 und 42 ab und erreicht einen Wert von $\alpha_s \sim 0,5$ bei einer Frequenz von 4000 Hz.

Die gezeigten Kurven machen deutlich, dass die Schallabsorption von geschäumtem Kunststoff höhere Werte erreicht und in einem breiteren Frequenzbereich wirksam ist als diejenige von kompaktem Kunststoff und dass ein Bauelement mit erfindungsgemäss dimensionierten Ausstülpungen (Kurve 43) eine Schallabsorptionskurve aufweist, die sehr gut mit dem Schallpegel eines Verbrennungsmotors (Fig. 3) übereinstimmt.

Es versteht sich, dass das erfindungsgemässe Verfahren und ein nach diesem Verfahren hergestelltes Bauelement an spezielle Arbeitsbedingungen oder Verwendungen angepasst werden kann. Es wurde bereits erwähnt, dass anstelle der für die beschriebenen Ausführungsbeispiele verwendeten Folien auch andere Kunststoff-Folien mit ähnlichen Eigenschaften verwendet werden können. Es ist auch möglich, das Bauelement anders als die beschriebene einfache, mit Ausstülpungen versehene Kunststoff-Folie auszubilden. Für bestimmte Verwendungen kann es vorteilhaft sein, die Rückseite des Bauelements mit einem porösen, schallschluckenden Material zu belegen oder in bzw. auf die rücksseitigen Öffnungen der Ausstülpungen einen "Deckel" aus solchem Material ein- oder aufzusetzen. Weiter ist es möglich, mit zwei Bauelementen der beschriebenen Art ein kombiniertes Bauelement herzustellen. Von den dafür verwendeten einfachen Bauelementen ist das eine mit Ausstülpungen zu versehen, die etwas höher und deren Grundfläche etwas grösser ist als bei dem anderen. Diese Ausbildung der Ausstülpungen ermöglicht, die Bauelemente derart aufeinanderzulegen, dass nur die zwischen den Ausstülpungen angeordneten Stege der Grundflächen aufeinanderliegen. Dann bilden die übereinanderstehenden Ausstülpungen einen geschlossenen und einen rückwärtig offenen Resonanzraum, womit die Schallabsorption und deren Frequenzbereich nochmals verbessert bzw. erweitert werden können. Schliesslich ist es auch möglich, aus mehr als zwei Bauelementen ein kombiniertes Bauelement herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Luftschall absorbierenden Bauelements, das eine Mehrzahl becherförmige Ausstülpungen aufweist, deren als Resonanzflächen wirksame Deckflächen von auftretender Schallenergie zu Schwingungen angeregt werden, wobei die Schallenergie mindestens teilweise absorbiert und in Wärme umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass für eine optimale Schallabsorption durch Resonanzschwingungen die Dicke d der Resonanzflächen entsprechend der Formel

$$3 \cdot \left(\frac{K_1}{f_0} + \frac{K_2}{f_0^2 h} \right) \leq d \leq 5 \cdot \left(\frac{K_1}{f_0} + \frac{K_2}{f_0^2 h} \right)$$

und die Flächengrösse A jeder Resonanzfläche entsprechend der Formel

$$A = K_3 \frac{d}{f_0} \sqrt{1 + q}$$

$$\text{mit } q = \frac{1}{f_0 h} \cdot \frac{K_2}{K_1}$$

ausgebildet werden,

in welchen Formeln h die Höhe der Ausstülpung und f_0 die Resonanzfrequenz ist und K_1 , K_2 und K_3 vom Material des Bauelements und von der Schwingungsform der Resonanzfläche abhängige Konstante sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Bauelement aus kompaktem Kunststoff und Resonanzschwingungen im Bereich von 1000 Hz sowie die Schwingungsform $s = 1$ der Wert für die Konstante $K_1 = 1,1 \text{ ms}^{-1}$, für die Konstante $K_2 = 1,6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ und für die Konstante $K_3 = 4,7 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$ ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Bauelement aus kompaktem Kunststoff und Resonanzschwingungen im Bereich von 1000 Hz sowie der Schwingungsform $s = 2$ (Oberschwingung) der Wert für die Konstante $K_1 = 0,12 \text{ ms}^{-1}$, für die Konstante $K_2 = 0,17 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ und

für die Konstante $K_3 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ ms}^{-1}$ ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Bauelement aus geschäumtem Kunststoff und der Schwingungsform $s = 1$ der Wert für die Konstante $K_1 = 3,2 \text{ ms}^{-1}$, für die Konstante $K_2 = 70,6 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ und für die Konstante $K_3 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$ ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Bauelement aus geschäumtem Kunststoff und der Schwingungsform $s = 2$ der Wert für die Konstante $K_1 = 0,34 \text{ ms}^{-1}$, für die Konstante $K_2 = 7,5 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ und für die Konstante $K_3 = 7,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$ ist.

6. Nach dem Verfahren gemäss Anspruch 1 hergestelltes Luftschall absorbierendes Bauelement, gekennzeichnet durch mindestens eine kompakte oder geschäumte Kunststoffolie, aus der die becherförmigen Ausstülpungen einstückig ausgeformt sind.

7. Bauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehrer Kunststoffolien mit unterschiedlicher Höhe und Grundfläche der Ausstülpungen derart aufeinandergelegt werden, dass nur die zwischen benachbarten Ausstülpungen angeordneten Stege der Grundflächen sich berühren.

8. Bauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Deck- oder Resonanzflächen der Ausstülpungen die Form eines Rechtecks, eines Trapezes, eines Parallelogramms, eines Kreises oder eines regulären Vielecks haben.

9. Bauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die becherförmigen Ausstülpungen in Richtung der Deckfläche verjüngt sind.

10. Bauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die inneren Oeffnungen der becherförmigen Ausstülpungen mit einer Schicht aus porösem Material verschlossen sind.

11. Verwendung des Bauelements gemäss dem Anspruch 6 zur mindestens teilweisen Innenverkleidung der Verschalung einer Maschine, insbesondere eines Verbrennungsmotors.

12. Verwendung des Bauelementes gemäss dem Anspruch 6 zur mindestens teilweisen Innenverkleidung eines Raumes.

0255473

Fig. 1a

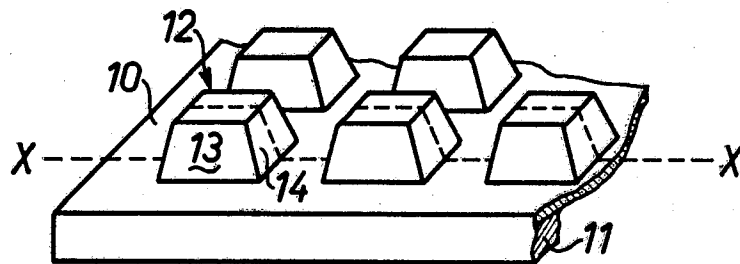


Fig. 1b

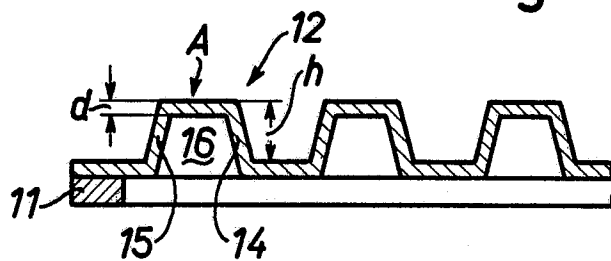


Fig. 2b

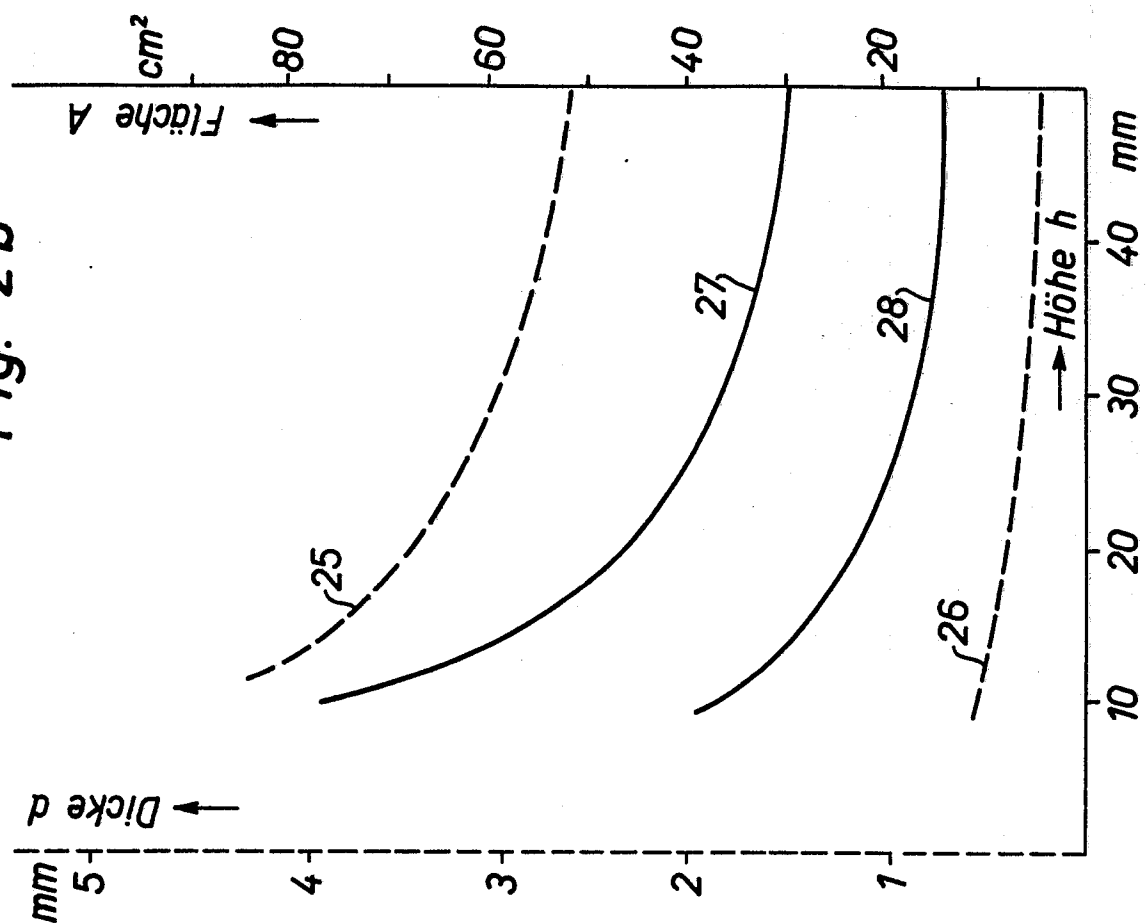
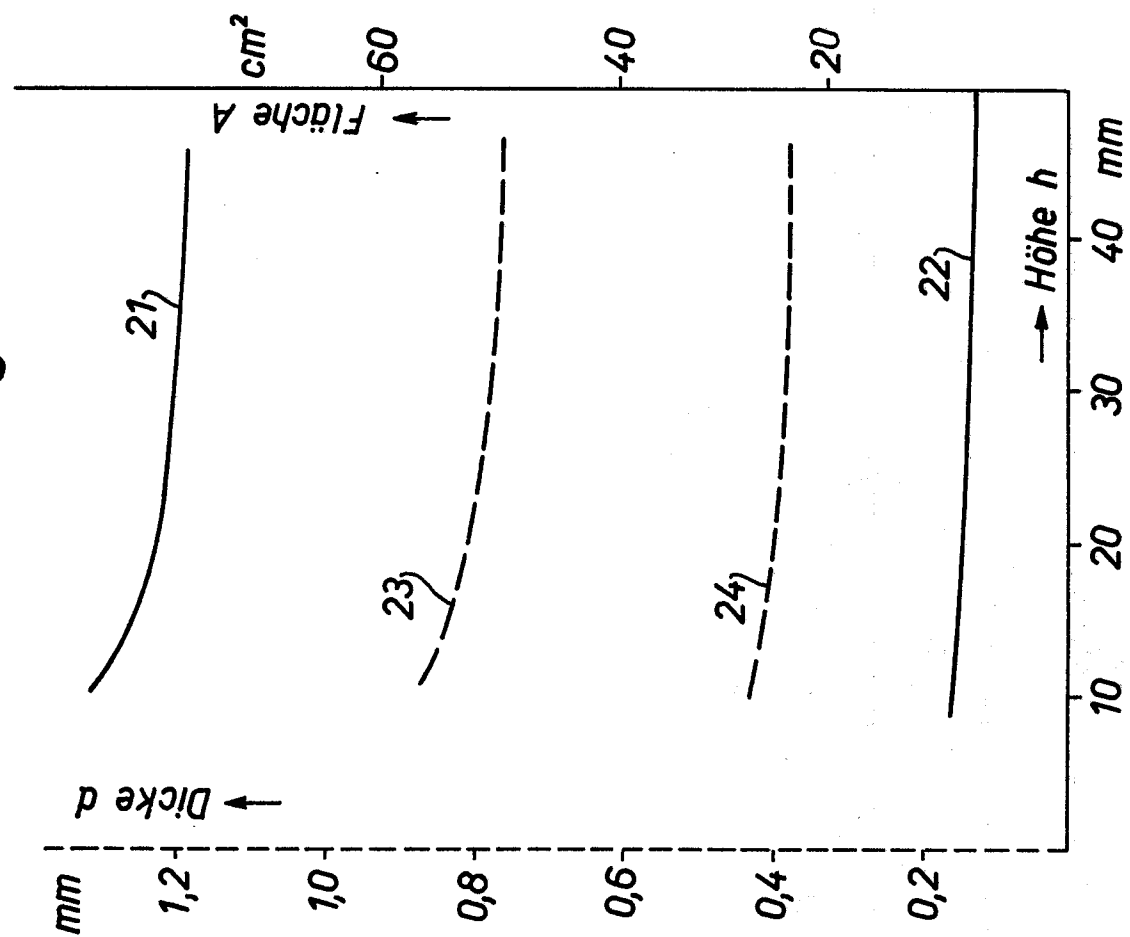
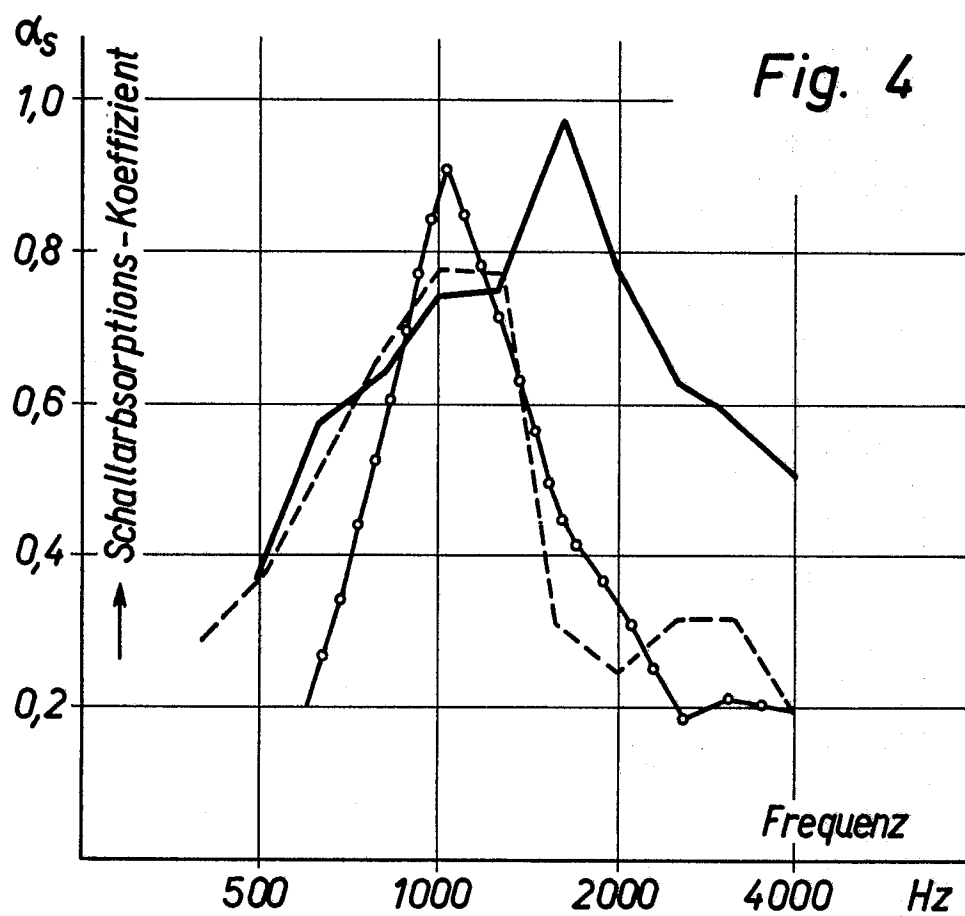
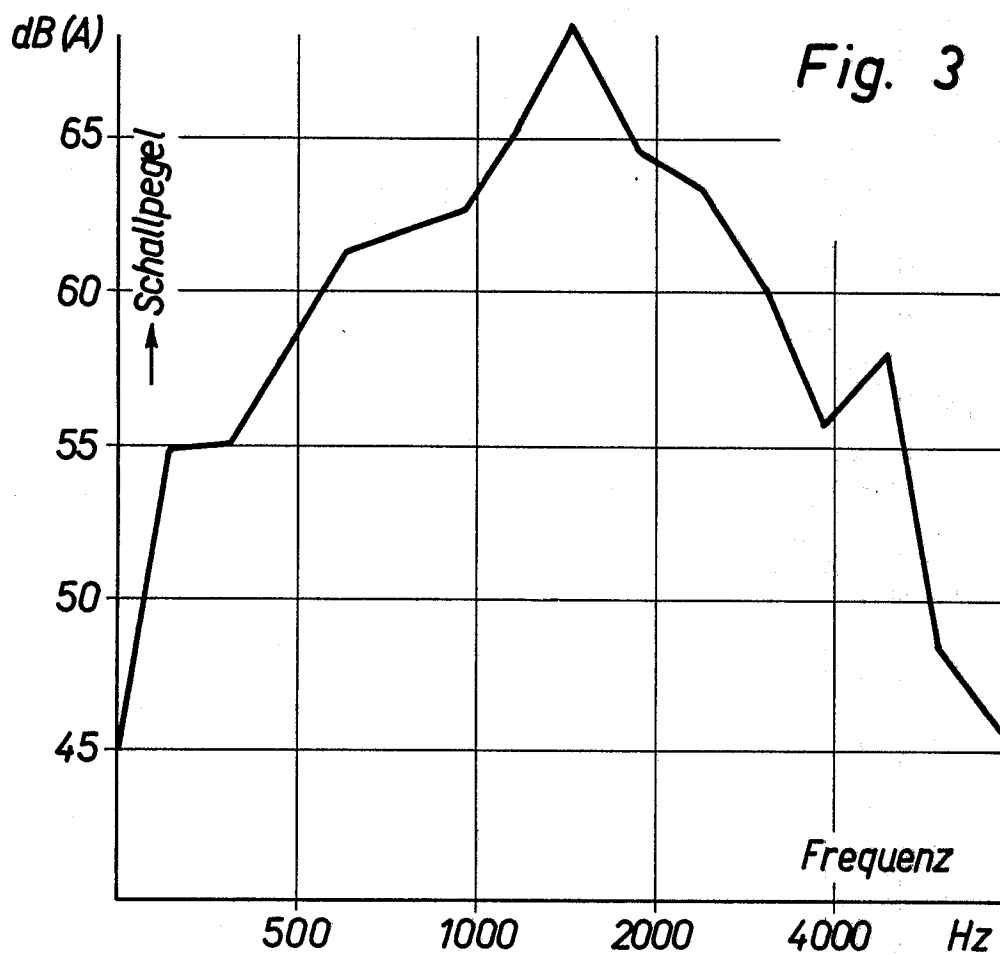


Fig. 2a







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 81 0287

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE																	
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)														
A,D	DE-A-2 758 041 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT) * Figur 1 *	1	G 10 K 11/16														
A,D	CH-A- 626 936 (MATEC HOLDING) * Figuren 2a,2b *	1															
A	ACUSTICA, Band 47, 1981, Seiten 83-88, Hirzel S. Verlag, Stuttgart, DE; F. MECHEL et al.: "Schallabsorber aus Kunststoff-Folie" * Zusammenfassung *	1															
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)														
			G 10 K E 04 B B 60 R														
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-08-1987	Prüfer ANDERSON A. TH.														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</td><td>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : mündliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td></td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : mündliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : mündliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur																	
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																