



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

12 PATENTSCHRIFT A5

11

635 156

21 Gesuchsnummer: 14271/77

73 Inhaber:
Imperial Chemical Industries Limited, London SW1 (GB)

22 Anmeldungsdatum: 22.11.1977

72 Erfinder:
Brian Townson, Blackley/Manchester/Lancs (GB)
Francis Gowland Hutchinson,
Blackley/Manchester/Lancs (GB)
Martin West, Salford/Lancs (GB)

24 Patent erteilt: 15.03.1983

74 Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.03.1983

54 Tragendes, schallschluckendes Bauelement.

57 Das tragende, schallschluckende Bauelement hat eine Dicke von wenigstens 50 mm. Sein starres, offenzliges Gefüge ist aus einem Ausgangsstoff, wie Sand, Flint oder Granit, und einem härtbaren Bindemittel hergestellt. Der Ausgangsstoff hat eine Teilchengröße zwischen 0,5 und 2 mm. Der Ausgangsstoff und das Bindemittel sind in einem Gewichtsverhältnis von 20:1 bis 60:1 gemischt. Das Gefüge hat eine Porosität im Bereich von 0,15 bis 0,7 und einen Luftströmungswiderstand im Bereich von 10 bis 180 cgs-Einheiten.

Das Bauelement wird hergestellt durch Mischen des Ausgangsstoffes und des Bindemittels und Aushärten dieser Mischung in einer Form.

Das Bauelement kann als Abschirmung, Wand, Fußboden oder Decke ausgebildet sein. Es kann als Gebäudeteil verwendet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Tragendes, schallschluckendes Bauelement mit einer Dicke von wenigstens 50 mm, gekennzeichnet durch ein starres, offenzelliges, durch Bindung eines Ausgangsstoffes hergestelltes Gefüge, wobei das Gefüge eine im Bereich von 0,15 bis 0,7 liegende Porosität und einen im Bereich von 10 bis 180 cgs-Einheiten liegenden Luftströmungswiderstand hat und aus einem Ausgangsstoff mit einer Teilchengröße zwischen 0,5 und 2 mm einem härtbaren Bindemittel gebildet ist und wobei der Ausgangsstoff und das Bindemittel im Gewichtsverhältnis von 20:1 bis 60:1 gemischt sind.
2. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsstoff Sand ist.
3. Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsstoff Flint oder Granit ist.
4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsstoff mit einem härtbaren Harzbindemittel, vorzugsweise einem Polyurethan-, Epoxid- oder ungesättigten Polyesterharz, gebunden ist.
5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgangsstoff mit Natriumsilicat- oder -phosphat-Bindemittel gebunden ist.
6. Bauelement nach Anspruch 1, das im Frequenzbereich von 100 Hz bis 10^4 Hz als Schallabsorptions- sowie Schallisoliermittel brauchbar ist und eine Dicke von wenigstens 100 mm aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Gefüge eine im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegende Porosität und einen im Bereich von 40 bis 180 cgs-Einheiten liegenden Luftströmungswiderstand hat, wobei der Ausgangsstoff mit einem Harzbindemittel gebunden ist, welches in dem erwähnten Schallfrequenzbereich nicht-glasartige Eigenschaften aufweist.
7. Bauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Harzbindemittel ein aus Polypropylenglycol und einem Gemisch aus Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat, dessen Isomeren und Methylengruppen aufweisenden Polymphenylpolyisocyanaten mit mehr als zwei Isocyanatgruppen gewonnenes Polyurethanvorpolymer ist.
8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass es als Abschirmung, Wand, Fußboden oder Decke ausmauerstein- oder plattenförmigen Elementen ausgebildet ist, wobei die Bauelemente durch dünne Schichten eines Mörtels oder eines organischen Bindemittels miteinander verbunden sind.
9. Bauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bindemittel zum Verbinden der einzelnen Elemente miteinander gleich dem zur Herstellung der Elemente selbst verwendeten Bindemittel ist.
10. Bauelement nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass es auf seiner Rückseite eine Schicht aus einem relativ unporösen Material aufweist.
11. Bauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die rückseitige Schicht Gips oder Zement ist.
12. Bauelement nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es in Form eines Sandwichs mit einem anderen Baustoff vorliegt.
13. Bauelement nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der andere Baustoff starrer Polyurethanschaum ist.
14. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man den Ausgangsstoff und das Bindemittel mischt und diese Mischung in einer Form aushärtet.
15. Verwendung eines Bauelementes nach Anspruch 1 als Gebäudeteil.
16. Verwendung nach Anspruch 15 eines Bauelementes nach einem der Ansprüche 2 bis 7.

Bekanntlich können poröse Materialien, in welchen die Poren durch das gesamte Grundgefüge vollständig durchgehen, beispielsweise offenzellige Polyurethanschäume, Schallenergie absorbieren. Andere schallabsorbierende Materialien sind Mineralfaserstoffe, die gewöhnlich als Fliesen verwendet werden.

In allen diesen Materialien wird die Schallenergie deswegen absorbiert, weil die Luft – als Träger der Schallwelle – in den Poren des Materials Reibungseffekte unterworfen ist. Ein Teil der Energieabsorption kann auch durch mechanische Schwingungen (Resonanz) verursacht sein. Beispielsweise können in Urethanschäumen Zellwandschwingungen auftreten.

Es ist auch ein Material bekannt, das keine Resonanz aufweist und im Bereich von 500 bis 4000 Hz mindestens 50% der einfallenden Schallenergie absorbieren kann. Dieses Material weist wenigstens 90% Sandgries mit einer Partikelgröße von 0,15 bis 0,50 mm und 2–8 Gew.-%, vorzugsweise 5 Gew.-% eines härtbaren Harzes auf. Diese Stoffzusammensetzung wird als Wandverkleidung verwendet, und zwar entweder in Form von Kacheln, Fliesen oder Täfelungen oder aber als ein Überzug der unmittelbar an Ort und Stelle aufgetragen bzw. -geputzt wird.

Bauelemente, die vollständig aus einem schallschlukkenden Material hergestellt und in der Lage sind, in Gebäuden die Funktion tragender Teile zu übernehmen, sind bisher nicht bekannt.

Unter dem Ausdruck «Bauelement» sollen Mauersteine oder Platten verstanden werden, die sich zur Herstellung solcher Abschirmungen, Wände, Fußböden und Decken eignen, die erst an Ort und Stelle als vollständige Einheiten errichtet bzw. hergestellt werden.

Die Erfindung bezieht sich nun auf ein tragendes, schallschluckendes Bauelement mit einer Dicke von wenigstens 50 mm, das gekennzeichnet ist durch ein starres, offenzelliges, durch Bindung eines Ausgangsstoffes hergestelltes Gefüge, wobei das Gefüge eine im Bereich von 0,15 bis 0,7 liegende Porosität und einen im Bereich von 10 bis 180 cgs-Einheiten liegenden Luftströmungswiderstand hat und aus einem Ausgangsstoff mit einer Teilchengröße zwischen 0,5 und 2,0 mm und einem härtbaren Bindemittel gebildet ist und wobei der Ausgangsstoff und das Bindemittel im Gewichtsverhältnis von 20:1 bis 60:1 gemischt sind.

Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Herstellung derartiger Bauelemente, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man den Ausgangsstoff und das Bindemittel mischt und diese Mischung in einer Form aushärtet.

Als Ausgangsstoffe für das erfindungsgemäße Bauelement eignen sich Sand, Flint und Granit. Die Bauelemente können als Abschirmungen, Wände, Fußböden und Decken ausgebildet sein.

Der Ausgangsstoff kann mit verschiedenen anorganischen oder organischen Bindemitteln gebunden werden. Die Beschaffenheit des Bindemittels ist im Hinblick auf die Schallabsorptionseigenschaften des Gefüges unwesentlich. Sie ist nur insoweit von Bedeutung, als das Gefüge eine für den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichende strukturelle Festigkeit haben muss. Geeignete Bindemittel sind beispielsweise härtbare Harze, wie Polyurethane, Epoxydharze und ungesättigte Polyesterharze, Natriumsilicat und «Winnofos»-Phosphatbindemittel, das von der ICI Ltd., Mond Division erhältlich ist, wobei «Winnofos» ein Warenzeichen ist.

Werden als Ausgangsstoffe Flint und Sand verwendet und diese mit Polyurethan oder Epoxydharz gebunden, kann man eine Druckfestigkeit bis zu 140 kp/cm² (2000 p.s.i.) erreichen.

Unter «Porosität» soll das Verhältnis des im Gefüge vorhandenen freien Raumes zum Gesamtvolume des Gefüges

verstanden werden. Bei einem offenzelligen erfindungsgemäßen Gefüge kann die Porosität leicht bestimmt werden, beispielsweise durch die Flüssigkeitsaufsaugleistung.

Der Ausdruck «Luftströmungswiderstand» stellt ein Mass für das Hindernis dar, welches ein Gefüge in der Dicke einer Einheit einem durch dieses Gefüge hindurchzublasenden Luftstrom entgegensetzt. Der Luftströmungswiderstand R ist durch folgende Gleichung definiert:

$$1. R = p/d/u \text{ cgs-Einheiten},$$

wobei p = die Druckdifferenz in dyn/cm², die an einem Gefüge der Dicke d cm gemessen wird, wenn Luft durch das Gefüge mit einer Strömungsgeschwindigkeit von u cm/sec geblasen wird. Eine zur Messung dieser Parameter mittels bekannter Techniken geeignete Vorrichtung ist bekannt; im übrigen kann eine derartige Vorrichtung auch leicht gebaut werden.

Die Porosität des Gefüges beeinflusst dessen strukturelle Festigkeit. Im allgemeinen gilt, dass mit grösser werdender Porosität das Gefüge schwächer wird. Ein Gefüge mit einer über 0,7 liegenden Porosität eignet sich nicht als Bauelement, welches tragende Funktionen übernehmen kann. Ist die Porosität jedoch kleiner als 0,15, dann hat das Gefüge keine gute Schallabsorption. Die erfindungsgemäßen Bauelemente zeigen eine gute Schallabsorption für alle Schallwellen mit im Hörbereich liegenden Frequenzen. Für ein Bauelement mit vorgegebener Dicke und Porosität gibt es jedoch für den Luftströmungswiderstand einen optimalen Wert, der eine maximale Schallabsorption für beliebige Frequenzen sicherstellt. Dieser optimale Wert kann empirisch ermittelt werden.

Die Werte für den Luftströmungswiderstand und die Porosität hängen von der Teilchengrösse und Form des Ausgangsstoffes sowie vom Ausgangsstoff/Bindemittel-Verhältnis ab; dies ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Stoffart	Siebgrösse	Stoff/ Bindemittel- Verhältnis	Luft- strömungs- widerstand (cgs-Ein- heiten)	Porosität
«Garside»	Sieb- grösse (mm)	% zurück- gehaltener Sand	30:1	154
21 Sand	1,0	-		0,2
	0,71	0,8		
	0,5	34,6		
	0,355	47,5		
	0,25	13,6		
	0,15	3,1		
	0,106	0,3		
«Garside»	Sieb- grösse (mm)	% zurück- gehaltener Sand	60:1	154
21 Sand	1,0	-		0,3
	0,71	0,8		
	0,5	34,6		
	0,355	47,5		
	0,25	13,6		
	0,15	3,1		
	0,106	0,3		
Flint	(18 mesh) 0,852 mm	30:1	42	0,45
Flint	(30 mesh) 0,5 mm	30:1	72	0,45

Stoffart	Siebgrösse	Stoff/ Bindemittel- Verhältnis	Luft- strömungs- widerstand (cgs-Ein- heiten)	Porosität
5 Sand	97% zurückgehalten bei (20 mesh) 0,82 mm	20:1	14	0,3
10 Sand	97% zurückgehalten bei (20 mesh) 0,82 mm	60:1	14	0,4

15 Um ein Gefüge mit einem Luftwiderstand zu erhalten, der zwischen zwei beliebigen in der Tabelle angegebenen Werten liegt, müssen entweder die Teilchengrösse des verwendeten Stoffes oder die verwendeten Stoffmischungen verändert werden. Die Porosität kann durch Veränderung des Stoff/Bindemittel-Verhältnisses variiert werden. Das Stoff/Bindemittel-Verhältnis liegt gewöhnlich zwischen 20:1 und 60:1.

20 Das Stoff/Bindemittel-Verhältnis des verwendeten Gemisches kann also auf den vorgesehenen Verwendungszweck, d.h. auf die zu absorbierende Schallfrequenz und die Last, der das Bauelement ausgesetzt werden soll, abgestimmt werden. Ein Bauelement, dessen Dicke 50 mm nicht überschreitet, absorbiert bei einem Luftwiderstand des Gefüges von weniger als 10 Einheiten im cgs-System den Schall im Hörbereich nur ungenügend. Das gleiche gilt für ein Bauelement mit einem Luftwiderstand von über 180 Einheiten im cgs-System, und zwar unabhängig von dessen Dicke.

25 Dem Bauelement kann durch Verwendung eines gefärbten Grundstoffes ein ansprechenderes Äusseres gegeben werden. Dies wird dadurch erreicht, dass der Ausgangsstoff mit einem gefärbten Harz vor seiner Weiterverarbeitung überzogen wird. Es können auch Ausgangsstoffe mit unterschiedlichen Farben verwendet werden.

30 Schallisolation und Schallabsorption sind unterschiedliche Eigenschaften eines vorgegebenen Materials. Ein guter Schallschlucker ist nicht notwendig ein guter Schallisolator, da die Eigenschaften der Absorption und Isolation von unterschiedlichen Parametern abhängen.

Bei gegebener Frequenz steigt im allgemeinen die Schallisolation eines Bauelementes mit dessen Massenzunahme; darüber hinaus ist jedoch auch das für das Bauelement verwendete Material von Bedeutung.

35 Die Schallgeschwindigkeit in Luft ist für alle Frequenzen gleich gross; dies gilt jedoch nicht für die Geschwindigkeit von Biegewellen in einem Bauelement, welche mit steigender Frequenz zunimmt. Dies liegt daran, dass Biegewellen ein vollständig anderes Verhalten als die durch Luft übertragenen Kompressionswellen haben. Biegewellen können wegen der geringen molekularen Anziehungskräfte der Luftmoleküle in Luft nicht auftreten. In Festkörpern können sie dagegen Schall sehr gut weiterleiten bzw. übertragen.

40 Da die Geschwindigkeit der Biegewellen sich bei gegebenem Material mit der Frequenz ändert, gibt es eine bestimmte Frequenz, bei welcher die Geschwindigkeit der Biegewellen gleich der Geschwindigkeit der Schallwellen in Luft ist. Diese Frequenz ist als «kritische Frequenz» bekannt und liegt gewöhnlich im oberen Hörbereich. Unter Berücksichtigung, dass die Frequenz der beiden unterschiedlichen Wellentypen in beiden Stoffen, nämlich in Luft und im Festkörper, gleich ist, folgt aus der Gleichheit der Geschwindigkeiten der genannten Wellen, dass auch die Wellenlänge in Luft genau gleich der Wellenlänge der Biegewelle im Bauelement ist. Diese genaue Übereinstimmung der Wellenlängen ist als «Koinzidenzeffekt» bekannt und führt dazu, dass die

Schallenergie von der Luft besser in das Bauelement übertragen wird, und demgemäß das Bauelement eine geringere Isolationswirkung hat. Je geringer die Biegefestigkeit (dynamischer Modul) eines Elementes ist, um so höher ist dessen kritische Frequenz.

Die Ausbildung eines Bauelementes zu einem guten Schallisolator hängt demnach nicht nur davon ab, dass die Masse des Bauelementes genügend gross ist, sondern auch davon, dass dessen dynamischer Modul so klein wie möglich gehalten wird, so dass die kritische Frequenz möglichst hoch liegt. (Eine Verringerung des dynamischen Moduls führt auch dazu, dass die Frequenz, bei welcher die im sehr tiefen Frequenzbereich auftretende [«Federmasse bzw. spring mass»] Resonanz liegt, ebenfalls herabgedrückt wird. Dieser Effekt ist jedoch nur von Bedeutung, wenn eine Isolation von unter 100 Hz liegenden Frequenzen verlangt wird.)

Leider ist aber ein kleiner dynamischer Modul nicht vereinbar mit guten strukturellen Eigenschaften. Es ist jedoch möglich, des Koinzidenzeffekt durch interne Dämpfung, d.h. durch Verwendung eines Materials mit hohem Dämpfungsfaktor, manchmal auch als Verlustfaktor bezeichnet, zu verringern.

Die Patentinhaberin hat nun herausgefunden, dass man ein Bauelement mit guter Schallisolation und -absorption erhält, wenn man die Dicke des erforderlichen Bauelements auf wenigstens 100 mm erhöht und ein nicht-glasartiges Harzbindemittel verwendet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erhält man demnach ein als tragendes Teil verwendbares Bauelement, das sich im Frequenzbereich von 100 Hz bis 10^4 Hz sowohl als Schallschlucker als auch als Schallisolator eignet, eine Dicke von wenigstens 100 mm hat und ein starres, offenzelliges Gefüge aus einem gebundenen Stoff mit einer im Bereich von 0,2 bis 0,7 liegenden Porosität und einem im Bereich von 40 bis 180 Einheiten im cgs-System liegenden Luftströmungswiderstand (gemäß obiger Definition) aufweist, wobei der Stoff mit einem Harzbindemittel gebunden ist, welches sich nicht glasartig im Schallfrequenzbereich, dem die Wand ausgesetzt werden soll, verhält.

Das Bauelement zeichnet sich weiterhin durch eine im Bereich zwischen 1,5 bis 2,0 g/cm³ liegende Dichte, einen im Bereich zwischen 0,02 bis 0,10 liegenden Verlustfaktor und einen im Bereich zwischen 10^6 bis 10^8 Einheiten im cgs-System liegenden (noch definierten) dynamischen Modul aus.

Der Verlustfaktor stellt einen bekannten Ausdruck dar. Bei einem Resonanzpeak kann der Verlustfaktor η aus der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$2. \quad \eta = Df_n/f_n,$$

wobei Df_n die Bandbreite bei den Halbwertpunkten (3 dB Punkten) und f_n die Resonanzfrequenz ist. Der Index n gibt die Ordnung der Resonanz bzw. die Mode-Zahl an.

Der «dynamische Modul» ist ebenfalls ein bekannter Ausdruck. Er kann mit Hilfe des Frequenzgangverfahrens (Verfahren zur Bestimmung des Ansprechvermögens auf unterschiedlicher Frequenzen bzw. Frequency Response Method) bestimmt werden, wobei der Gefügeprüfling mit Hilfe einer sinusförmigen Erregerkraft unterschiedlicher Frequenz in Biegeschwingungen versetzt wird. Die Amplitude der ange regten bzw. hervorgerufenen Schwingungen wird dann als Funktion der Frequenz aufgetragen. Aus der so erhaltenen Kurve kann bei einem Resonanzpeak der dynamische Modul E aus folgender Gleichung errechnet werden:

$$3. \quad E = 4 \cdot \pi^2 \cdot f_0 \cdot I \cdot M / A,$$

wobei gilt:

f_0 = Resonanzfrequenz
 1 = Dicke des Gefügeprüflings
 M = Gesamtlast; und
 A = Oberfläche des Gefügeprüflings.

5 Die Bestimmung des Verlustfaktors und des dynamischen Moduls ist ausführlich in «Mechanical Vibrations and Shock Measurements» von Jens Trampe Broch, veröffentlicht von Brüel und Kjaer, beschrieben.

10 Der Verlustfaktor und der dynamische Modul des Bauelements werden stark durch die Eigenschaften des Harzbindemittels beeinflusst. Um für das Bauelement einen Bereich zwischen 0,02 bis 0,1 liegenden Verlustfaktor zu erhalten, muss der Harz selbst einen zwischen 0,1 und 0,5 liegenden Verlustfaktor (Spitzenwerte) haben. Diesen Anforderungen genügen nicht-glasartige Harze. Glasartige Harze haben dagegen einen in der Größenordnung von 0,001 liegenden Verlustfaktor.

Um einen im Bereich zwischen 10^6 und 10^8 Einheiten im 20 cgs-System liegenden dynamischen Modul zu erreichen, muss das Harz im geforderten Frequenzbereich nicht-glasartiges Verhalten zeigen. Entsprechende Hinweise bzw. Richtlinien für die Auswahl der Harze erhält man aus den Glasüber gangstemperaturen.

25 Polyurethan-Vorpolymer-Bindemittel, gewonnen aus Polypropylenglycol und «rohem MDI» (rohes MDI erhält man durch Phosgenieren der Polyamine, die durch Kondensieren von Formaldehyd mit Anilin in Gegenwart von Salzsäure entstehen, und besteht aus Diphenylmethan-4,4'-diiso 30 cyanat, dessen Isomere und Methylengruppen aufweisenden Polyphenylpolyisocyanaten mit mehr als 2 Isocyanatgruppen), stellen geeignete nicht-glasartige Bindemittel dar, die im Frequenzbereich von 100 Hz bis 10^4 Hz ihren nicht-glasartigen Zustand beibehalten.

35 Bauelemente in Form von Abschirmungen, Wänden, Fussböden oder Decken können an Ort und Stelle dadurch hergestellt bzw. vergossen oder geformt werden, dass man in einer Verschalung bzw. zwischen Verschalungsbrettern ein Ausgangsstoff/Bindemittel-Gemisch, welches zuvor sorgfältig,

40 beispielsweise in einem Zementmischer, durchgemischt worden ist, feststampft. Statt dessen können die Abschirmungen, Wände, Fussböden oder Decken auch als vorge formte bzw. -gegossene Mauersteine oder Platten hergestellt werden. Diese Mauersteine oder Platten können miteinander verbunden werden.

Untersuchungen der Patentinhaberin haben auch gezeigt, 45 dass die Schallisoliereigenschaften der Bauelemente oder Abschirmungen, Wände, Fussböden oder Decken gemäß der Erfindung durch Hinterlegen bzw. -kleiden der Elemente mit einer Schicht aus einem relativ unporösen Material verbessert werden können. Gips und Zement haben sich hierfür als geeignete Materialien erwiesen. Die hierdurch erzielte Verbesserung der Schallisolation könnte durch die Wirkung innerer Mehrfachreflexionen, die an der relativ unporösen Rück schicht stattfinden und mit dem durch die absorbierende Fläche veränderten Raumschall in Wechselwirkung stehen, erhalten werden.

Die Bauelemente, Abschirmungen, Wände, Fussböden oder Decken können auch bei Schichtkonstruktionen, be spielsweise mit anderen Baumaterialien, verwendet werden. Als Beispiel für eine derartige Schichtkonstruktion kann ein

55 Laminat mit starren Polyurethanschäumen dienen. Aus einem derartigen Laminat können leichte Platten mit guter Schallabsorption (und ggf. Isolation) und gleichzeitiger guter thermischer Isolation hergestellt werden.

Im folgenden werden jetzt Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert, wobei sämtliche Mengen und Prozentangaben auf das Gewicht bezogen sind.

Beispiel 1

«Flintag 5» (6000 Teile), ein Flintausgangsstoff mit einer Teilchengröße von 850μ , und ein Vorpolymer (200 Teile), das aus Polypropylenglycol (M.G. 1000) und «rohem MDI» gewonnen wurde und einen Isocyanatgehalt von 20% aufwies, wurde in einem Hobart-Mischer sorgfältig durchmischt. Das Gemisch wurde in eine Metallform gegossen bzw. gestampft und konnte dort 24 st aushärten. Der Metallform wurde dann ein Bauelement mit einer Dicke von 50 mm entnommen. Das Bauelement hatte eine Porosität von 0,45,

einen Luftströmungswiderstand von 42 Einheiten im cgs-System und folgende physikalische und akustische Eigenchaften.

5	Physikalische Eigenschaften:											
	Druckfestigkeit: 95 kp/cm^2 (1338 p.s.i.)											
	Kompressionsmodul: $0,35 \cdot 10^4 \text{ kp/cm}^2$ ($4,94 \cdot 10^4$ p.s.i.)											
	Biegefestigkeit: 53 kp/cm^2 (750 p.s.i.)											
	(Flexural strength)											
10	Biegemodul: $0,22 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2$ ($3,2 \cdot 10^5$ p.s.i.)											
	(Flexural modulus)											
	Zugfestigkeit: 30 kp/cm^2 (432 p.s.i.)											
	(Tensile strength)											
	Zugmodul: $0,22 \cdot 10^3 \text{ kp/cm}^2$ ($3,2 \cdot 10^3$ p.s.i.)											
	is (Tensile modulus)											

Akustische Daten:

Statistischer Absorptionskoeffizient berechnet aus Rohrmessungen ⁺	-	-	-	0,47	-	0,65	-	0,82	0,87	0,75	0,87	-
Nachhallraumtest	0,05	0,26	0,48	0,65	0,76	0,85	0,86	-	0,85	0,85	0,90	0,95
Frequenz (Hz)	100	200	300	400	500	600	700	800	1K	2K	3K	4K

⁺ (Calculated Random Absorption Coefficient from tube measurement) Dies ist ein Breitbandabsorber.

Beispiel 2

Ein Bauelement mit einer Dicke von 100 mm wurde aus dem im Beispiel 1 angegebenen Gemisch in ähnlicher Weise wie das Bauelement mit 50 mm Dicke hergestellt. Das 100 mm dicke Bauelement war ein guter Schallschlucker und -isolator. Es hatte einen im Bereich von 0,02 bis 0,10 liegenden Verlustfaktor und einen im Bereich von 10^6 bis 10^8 Einheiten im cgs-System liegenden dynamischen Modul.

spiel 3 verwendeten Gemisch in ähnlicher Weise wie das 30 50 mm dicke Bauelement hergestellt.

Das 100 mm dicke Bauelement hatte gute Schallabsorptions- und -isolationseigenschaften. Es hatte einen Verlustfaktor im Bereich von 0,02 bis 0,10 und einen dynamischen Modul im Bereich von 10^6 bis 10^8 Einheiten, gemessen im 35 cgs-System.

Beispiel 3

Das in Beispiel 1 angegebene Herstellungsverfahren wurde wiederholt, wobei jedoch anstelle von «Flintag 5» der Stoff «Flintag 6», ein Flint mit einer Teilchengröße von 500μ . verwendet wurde.

Beispiel 5

Das dadurch erhaltene 50 mm dicke Bauelement hatte eine Porosität von 0,45, einen Luftströmungswiderstand von 72 Einheiten, gemessen im cgs-System, und folgende physikalische und akustische Daten:

Garside-8/16-Sand (1600 Teile) und ein Zweikomponen-40 tenepoxydharz-System (80 Teile) wurden sorgfältig in einem Hobart-Mischer gemischt. Das Zweikomponentenepoxydharz-System wurde aus «Epiphen» EL5 (100 Teile) und dem Härter (Hardener EHT3) (70 Teile) gewonnen, wobei die Substanzen von der Firma «Border Chemical Co., U.K., 45 Ltd.» erhältlich sind und «Epiphen» ein Warenzeichen ist. Das Gemisch wurde in eine Metallform gegossen bzw. gestampft und konnte 24 st aushärten. Sodann wurde der Form ein Bauelement entnommen, das 50 mm dick war. Das Bauelement hatte eine Porosität von 0,3, einen Luftströ-50 mungswiderstand von 14 cgs-Einheiten und folgende physikalische und akustische Daten:

Physikalische Eigenschaften:

Druckfestigkeit:	134 kp/cm^2 (1903 p.s.i.)
Kompressionsmodul:	$0,28 \cdot 10^4 \text{ kp/cm}^2$ ($4 \cdot 10^4$ p.s.i.)
Biegefestigkeit:	62 kp/cm^2 (879 p.s.i.)
Biegemodul:	$0,23 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2$ ($3,3 \cdot 10^5$ p.s.i.)
Zugfestigkeit:	21 kp/cm^2 (300 p.s.i.)
Zugmodul:	$0,26 \cdot 10^3 \text{ kp/cm}^2$ ($3,7 \cdot 10^3$ p.s.i.)

Physikalische Eigenschaften:

Druckfestigkeit:	122 kp/cm^2 (1730 p.s.i.)
Kompressionsmodul:	$0,56 \cdot 10^4 \text{ kp/cm}^2$ ($7,9 \cdot 10^4$ p.s.i.)
Biegefestigkeit:	56 kp/cm^2 (793 p.s.i.)

Zugfestigkeit: 28 kp/cm^2 (403 p.s.i.)

Akustische Daten:

Statistischer Absorptionskoeffizient (Rohr)	0,55	0,67	0,69	0,67	0,78	0,80
Frequenz (Hz)	400	600	800	1K	2K	3K

Akustische Daten:

Statistischer Absorptionskoeffizient (Rohr)	0,26	0,48	0,79	0,93	0,54	0,80
Frequenz (Hz)	400	600	800	1K	2K	3K

Dies ist ein Breitbandabsorber.

Dies ist ein Schmalbandabsorber.

Beispiel 4

Ein Bauelement mit 100 mm Dicke wurde aus dem im Bei-

Beispiel 6

Garside 21-Sand (3000 Teile) und das in Beispiel 1 verwendete Vorpolymer (100 Teile) wurden sorgfältig in einem Hobart-Mischer gemischt. Das Gemisch wurde in eine Metallform gegossen bzw. gestampft und konnte 24 st aushärteten. Dieser Form wurde sodann ein Bauelement entnommen, das 50 mm dick war. Das Bauelement hatte eine Porosität von 0,2, einen Luftströmungswiderstand von 154 cgs-Einheiten und die folgenden physikalischen und akustischen Eigenschaften:

Physikalische Eigenschaften:

Druckfestigkeit:	132 kp/cm^2 (1874 p.s.i.)
Kompressionsmodul:	$0,32 \cdot 10^4 \text{ kp/cm}^2$ ($4,6 \cdot 10^4$ p.s.i.)
Biegefesteitigkeit:	73 kp/cm^2 (1038 p.s.i.)
Biegemodul:	$0,19 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2$ ($2,76 \cdot 10^5$ p.s.i.)
Zugfestigkeit:	29 kp/cm^2 (406 p.s.i.)
Zugmodul:	$0,44 \cdot 10^3 \text{ kp/cm}^2$ ($6,3 \cdot 10^3$ p.s.i.)

Akustische Daten:

Statistischer Absorptionskoeffizient (Rohr)	0,53	0,57	0,58	0,59	0,67	0,70
Frequenz (Hz)	400	600	800	1K	2K	3K

Dies ist ein Breitbandabsorber.

Beispiel 7

Ein Bauelement mit einer Dicke von 100 mm wurde aus dem in Beispiel 6 verwendeten Gemisch in ähnlicher Weise wie das 50 mm dicke Bauelement hergestellt. Das 100 mm dicke Bauelement war ein guter Schallschlucker und -isolator. Es hatte einen Verlustfaktor im Bereich von 0,02 bis 0,10 und einen dynamischen Modul im Bereich von 10^6 bis 10^8 Einheiten, gemessen im cgs-System.

10

Beispiel 8

Eine $3,3 \text{ m}^2$ grosse Testwand wurde in eine Standard-Prüöffnung in einer Nachhalleinheit errichtet. Die Nachhalleinheit wurde aus $200 \times 50 \times 100$ mm grossen Mauersteinen, die gemäss Beispiel 1 hergestellt worden sind, aufgebaut. Mit dieser Messvorrichtung wurde der Schallreduktionsindex bei verschiedenen Frequenzen gemessen. Die Ergebnisse ergeben sich aus der grafischen Darstellung in Fig. 1. Bei 500 Hz wurde ein Schalldämmungsindex von 17 dB gefunden; dieser Wert liegt unter dem mittleren Schallisolutionswert.

Der Versuch wurde mit einer rückseitig hinterlegten bzw. -kleideten Wand wiederholt, wobei die Wandverkleidung aus einer etwa 12 mm dicken Schicht eines aufgeputzten «Carlite»-Gipses bestand. Die mit dieser Testwand erzielten Ergebnisse sind in Fig. 2 dargestellt. Hierbei wurde bei einer Frequenz von 500 Hz ein Schalldämmungsindex von 43 dB erreicht. Dies ist eine gute Schallisolation.

