



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft den Schallschutz in Räumen und insbesondere eine Raumwandung eines Gebäudes sowie ein Wandbausystem. Ferner betrifft die Erfindung Verfahren zur Sanierung von Raumwandungen zur Verbesserung der Schalldämmung.

**[0002]** Es ist bekannt, daß Schall in einen Raum dadurch eindringen oder aus diesem austreten kann, daß Wände und Decken des Raumes durch benachbarte bzw. in diesem auftretende Schallereignisse in Schwingung versetzt werden. Um dem zu begegnen, werden Wände und Decken häufig zweischalig aufgebaut, wobei eine zwischen den Schalen liegende Luftschicht die Schallübertragung behindern soll. Als Beispiel für eine solche zweischalige Wand sei auf die in dem "Hebel Porenbeton Handbuch" (9. Auflage, Seite 291) gezeigte Außenwand verwiesen.

**[0003]** Eine zweischalige Bauweise wird insbesondere bei Reihen- und Doppelhäusern angewendet, um die Schallübertragung zwischen den einzelnen Gebäudeteilen zu vermindern. Zur Verminderung der Ausbreitung von Körperschall (Längsleitung auf Bauteilen) ist es ferner bekannt, an Wandenden oder Deckenden Trennfugen vorzusehen.

**[0004]** Aus DE 91 16 233 U1 ist eine schallabsorbierende Verglasung bekannt. Bei dieser schallabsorbierenden Verglasung sind eine erste mit Durchbrechung versehene Glasscheibe und eine zweite Glasscheibe vorgesehen, wobei zwischen den beiden Glasscheiben Schallschluckelemente vorgesehen sind. Durch diese Gestaltung soll erreicht werden, daß ein in einem Raum auftretendes Schallerlebnis nur mehr zu einem geringen Teil von der Verglasung reflektiert wird, wodurch in dem Raum eine Schalldämpfung erreicht wird. Dementsprechend wird die schallabsorbierende Verglasung auch als Schallabsorber bezeichnet.

**[0005]** Wie die zuvor genannte DE 91 16 233 U1, befaßt sich auch die AT 352 957 A mit der Schallabsorption. Gemäß AT 352 957 ist eine Schallschutzwand in kastenbauweise mit einer geschlossenen Rückwand und einer Öffnungen aufweisenden Frontwand vorgesehen, wobei die Rückwand und die Frontwand einen luftgefüllten Hohlraum einschließen, in welchen durch die Öffnungen der Frontwand eintretende Schallwellen aufgenommen werden.

**[0006]** Gemäß der US 4 071 989 A ist eine Schalldämpfung vorgesehen, wobei dazu Wandbauquader aus Beton vorgeschlagen werden, in deren Innern in einer Kammer Schalldämpfungsmaterial vorgesehen ist. Die Wandbauquader weisen an einer ihrer die Öffnung begrenzenden Wandung durchgehende Öffnungen auf, die ein Eintreten von Schallwellen in die Kammer ermöglichen, in welcher dann durch das Schalldämpfungsmaterial und durch Interferenzen eine Schalldämpfung erfolgt.

**[0007]** Im Gegensatz zu den zuvor genannten Schriften befaßt sich die AT 390 630 B mit der Schalldämmung. Um eine gute Schalldämmung zu erreichen, werden Bausteine vorgeschlagen, deren Stirnseiten derart konturiert sind, daß sich beim Aufmauern einseitig offene Mörteltaschen bilden, die dann dicht zu vermauern sind.

**[0008]** In der DE 101 25 190 A1 werden zur Schalldämpfung von Gebäudesegmenten Resonatoren vorgesehen, welche im Inneren von Hohlräumen von Bausteinen angeordnet sind. Mit diesen Resonatoren soll eine Schallabsorption von Erregerwellen durch Energidissipation infolge des Mitschwingens der Resonatoren erreicht werden.

**[0009]** In FR 1 379 057 A sind Wandbauelemente und zugehörige Zentriermittel beschrieben, die es erlauben, mit den Wandbauelementen eine versatzlose Wand aufzubauen.

**[0010]** Es hat sich jedoch gezeigt, daß trotz der bisher erzielten Schalldämmung laute Schallereignisse nicht zufriedenstellend abgeschirmt werden können.

**[0011]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Schallschutz zu verbessern.

**[0012]** Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 14, 15, 24, 26 bzw. 28.

**[0013]** Dazu ist gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung bei einer Raumwandung eines Gebäudes mit einer ersten Schale und mit einer von der ersten Schalen beabstandeten, zweiten Schale vorgesehen, in der ersten Schale mindestens einen Schlitz auszubilden, der eine das Schwingungsverhalten beeinflussende Störzone bildet. Schalen im Sinne der Erfindung können sowohl Wände als auch Decken sein.

**[0014]** Im Gegensatz zur bekannten Bauweise mit Trennfugen an den Enden von einschaligen Wänden und Decken ist gemäß der Erfindung ein Schlitz als Störzone in einer der Schalen vorgesehen, wobei dieser vorzugsweise vom Rand der Schale beabstandet ist.

**[0015]** Während also bei bekannten Wandungen sich im wesentlichen identische Schalen oder Wandhälften, die ein im wesentlichen identisches Schwingungsverhalten aufweisen, in einer im wesentlichen parallel verlaufenden Anordnung oder quer zueinander gegenüberstehen, sind die beiden Schalen gemäß der Erfindung durch den mindestens einen Schlitz in einer der Schalen zu einander akustisch verstimmt. Dies bedeutet, daß durch die Verstimmung die Schalen mindestens hinsichtlich einer ersten, vorzugsweise hinsichtlich mehrerer und insbesondere aller Eigenresonanzfrequenzen von einander abweichen. Die mit der Erfindung erzielte Schalldämmung ist so ausgeprägt, daß sie den Effekt einer Schalldämmung nach der Gösele-Formel, die auf einer erhöhten flächenbezogenen Masse der Schalen beruht, übertrifft.

**[0016]** Vorzugsweise sind die erste und die zweite Schale aus dem gleichen Material, insbesondere einem mineralischen Baustoff oder Kunststein mit im wesentlichen gleicher Wandstärke hergestellt. Bei dieser an sich üblichen

Bauweise, die hinsichtlich der Dimensionierung für die zu tragenden Lasten und unter den Gesichtspunkten des Raumverbrauches und des Gewichtes optimal ist, wird durch den mindestens einen vorgesehenen Schlitz dennoch eine hohe Schalldämmung erreicht.

**[0017]** Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der mindestens eine Schlitz zu einer zwischen den Schalen ausgebildeten Fuge hin offen. Da eine zwischen den Schalen befindliche Fuge, insbesondere wenn es sich um eine Fuge zwischen benachbarten Doppelhaushälften oder Reihenhäusern handelt, von der Umgebung getrennt ist, ist es bei dieser Lage des mindestens einen Schlitzes nicht erforderlich, diesen abzudecken oder zu verschließen. Diese Lage führt also zu einem niedrigen Herstellungsaufwand.

**[0018]** Wenn die mit dem mindestens einen Schlitz versehene Schale an der der Fuge gegenüberliegenden Raumseite glatt ausgebildet ist, kann die Schale ohne weitere Maßnahmen, wie sie ist, als Sichtwand verwendet oder mit einem dekorativen Wandbelag versehen werden, was wiederum einen niedrigen Herstellungsaufwand zur Folge hat.

**[0019]** Vorzugsweise ist der Schlitz in einem Schnitt quer dazu an seinen Seitenwänden durch das Material des Wandbildners, insbesondere des Materials von Wandbauquadrern begrenzt. Wandbildner können neben Wandbauquadrern die Seitenwände oder Decken aus Porenbeton oder einen anderen Kunststein sein können, auch am Ort erstellte Betonelemente sein. Durch die Begrenzung des Schlitzes durch Material des Wandbildners wird zum Ausdruck gebracht, daß die Schalldämmung gemäß der Erfindung auch ohne aus dem Stand der Technik bekannte Hohlkammern zur Schalldämpfung Wirkung zeigt. Die Erfindung zielt nämlich auf die Verminderung oder Schallübertragung zwischen Schalen, die durch das Verstärken der Schalen durch die Anordnung mindestens eines Schlitzes erzielt wird.

**[0020]** Eine gute Schalldämmung wird erreicht, wenn der mindestens eine Schlitz sich mindestens über 1/9 der Dicke der ersten Schale, vorzugsweise über 40 bis 60%, insbesondere 50% der Dicke der ersten Schale erstreckt. Vorzugsweise ist also vorgesehen, daß der Schlitz die Schale nicht durchtrennt, sondern sich in diese nur als schmale Störzone hinein erstreckt.

**[0021]** Um die gewünschte Schalldämmung zu erreichen, sollte die Breite des mindestens einen Schlitzes mindestens 1 mm betragen. Da eine solche Dimensionierung sich auf Baustellen nur schwer einhalten läßt, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform zur Erleichterung der Herstellung eine Breite von 5 bis 50 mm, insbesondere 10 mm vorgesehen.

**[0022]** Besonders gute Schalldämmeigenschaften lassen sich erzielen, wenn die Länge des mindestens einen Schlitzes bei vertikaler Erstreckung der Geschoßhöhe und bei horizontaler Erstreckung der Wandlänge entspricht. Dadurch wird die Schale, die den mindestens einen Schlitz aufweist, akustisch in zwei oder - bei mehreren Schlitzten in mehrere Schalen geteilt, deren Schwingungseigenschaften sich deutlich von denen der nicht geschlitzten Schale unterscheiden. Dabei sollte der Schlitz durch eine asymmetrische Lage die eine Schale möglichst in zwei sich unterscheidende akustische Teilschalen unterteilen, um die Wechselwirkung zwischen den akustischen Teilschalen zu minimieren.

**[0023]** Um zu verhindern, daß die mit dem mindestens einen Schlitz versehene Schale durch Feuchtigkeit, Mikroorganismen oder Ungeziefer Schaden nimmt, ist bei weiter bevorzugten Ausführungsformen vorgesehen, daß der mindestens eine Schlitz mit einem schwingungselastischen Material, insbesondere mit einer Versiegelungsmasse mindestens teilweise, vorzugsweise ganz ausgefüllt ist.

**[0024]** Um die vorgenannten Ziele zu erreichen, kann alternativ vorgesehen sein, daß der mindestens eine Schlitz mit einem Gewebe und/oder mit einer Putzschicht abgedeckt ist. Eine Abdeckung mit einem Gewebe und oder mit einer Putzschicht ist auch dann vorteilhaft, wenn der mindestens eine Schlitz in der Sichtseite der Schale vorgesehen ist, was insbesondere dann der Fall sein kann, wenn der Schlitz Teil eines nachträglichen Sanierungsverfahrens ist.

**[0025]** Die Vorteile der Erfindung lassen sich mit besonders geringem Aufwand erzielen, wenn bereits beim Bau eines Gebäudes entsprechende Maßnahmen getroffen werden. Um dies zu erleichtern, werden gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung, für den auch unabhängig Schutz beansprucht wird, Wandbausysteme mit Wandbauquadrern aus Kunststein zur Verfügung gestellt, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sich in einer daraus gebildeten Schale ein Schlitz ergibt.

**[0026]** Insbesondere ist in mindestens einer der Seitenflächen eines Wandbauquaders ein Schlitz ausgebildet ist, der die das Schwingungsverhalten einer aus diesen gebildeten Schale beeinflussende Störzone bildet. Dadurch daß bereits vor der Erstellung einer Schale die erfindungsgemäße Maßnahme zur Schalldämmung berücksichtigt worden ist, läßt sich eine erfindungsgemäße Raumwandung besonders kostengünstig mit den genannten Wandbauquadrern errichten.

**[0027]** Alternativ zu dem vorgenannten wird für ein Wandbausystem mit Wandbauquadrern aus Kunststein und mindestens einem Abstandshalter Schutz beansprucht, wobei die Wandbauquader und der Abstandshalter so aufeinander abgestimmt sind, daß in der Einbausituation zwischen benachbarten Wandbauquadrern ein Schlitz ausgebildet ist, der eine das Schwingungsverhalten einer so gebildeten Schale beeinflussende Störzone bildet.

**[0028]** Die vorgenannten Wandbauquader lassen sich besonders kostengünstig herstellen, wenn der mindestens eine Schlitz bzw. die zur Aufnahme eines Abstandshalters ausgebildete Kontur während der Fertigung eines Rohlings für den Wandbauquader vor dessen Härtung ausgebildet worden ist. In einem solchen Falle läßt sich zum Beispiel ein

Schlitz mit einem glatten Werkzeug einfach aus dem noch weichen Rohling herausstreichen oder eine Kontur durch eine Lehre abziehen oder aufprägen.

**[0029]** Wenn großformatige Wandbauquader, zum Beispiel geschoßhohe Wandelemente als Material für eine Schale mit einem Schlitz versehen sein sollen, ist es vorteilhaft, wenn der mindestens eine Schlitz bzw. die gestufte Kontur in dem Wandbauquader nach dessen Härtung durch Materialabtrag, insbesondere durch Sägen oder Fräsen ausgebildet ist. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, daß der Rohling für einen solchen Wandbauquader nicht vor der Härtung im Bereich des Schlitzes bricht. Für eine solche Fertigung ist insbesondere Porenbeton geeignet, da dies ein Werkstoff ist, der sich auch nach der Härtung noch leicht verarbeiten läßt.

**[0030]** An den Wandbauquadern sollte sich der mindestens eine Schlitz in einer Einbaulage vertikal erstrecken, um das Tragverhalten der Schale möglichst wenig zu beeinflussen. Die Vorteile, die sich ergeben, wenn an einem Wandbauquader die Breite des mindestens einen Schlitzes bzw. die Tiefe der Stufe mindestens 1 mm, vorzugsweise 5 bis 50 mm, insbesondere 10 mm beträgt, sind bereits im Zusammenhang mit der Beschreibung der Raumwandung erläutert worden, auf welche hiermit verwiesen wird.

**[0031]** Eine kostengünstige Errichtung eines Gebäudes wird erleichtert, wenn erfindungsgemäße Wandbauquader geschoßhoch ausgebildet sind. Solche Wandbauquader, die auch als Systemwandelemente bezeichnet werden können, eignen sich besonders zur schnellen Errichtung von Gebäuden.

**[0032]** Die Herstellung der Wandbauquader selbst wird durch eine Herstellung als Porenbetonstein, Porenbetonelement, Kalksandstein, Kalksandsteinelement, Betonwandelement, Bimsstein, Bimssteinwandelement, Tonziegel oder Tonziegelement erleichtert.

**[0033]** Die erfindungsgemäßen Verfahren zur Analyse der Schalausbreitung und zur Wandsanierung erlauben es, kostengünstig Gebäude mit einem nicht zufriedenstellenden Schallschutz hinsichtlich der Schalldämmung zu verbessern.

**[0034]** Dabei wird bei dem Verfahren zur Analyse der Schallausbreitung die Transferfunktion der Schalen bestimmt. Diese Bestimmung gibt Auskunft darüber, ob das modale Verhalten der Schalen Ursache der ungewünschten Schallübertragung ist.

**[0035]** Ist das modale Verhalten der Schalen als Ursache bestimmt, wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer der beiden Schalen mindestens ein Schlitz ausgebildet, der eine das Schwingungsverhalten beeinflussende Störzone bildet.

**[0036]** Für das erfindungsgemäße Analyseverfahren wird eine Meßausrüstung verwendet, die einen Beschleunigungsaufnehmer, einen Impulshammer oder Schwingungsanreger mit Kraftsensor und einen Akustikanalysator umfaßt. Anstelle eines Akustikanalysators ist auch eine PC-Meßkarte verwendbar.

**[0037]** Das Verfahren wird derart durchgeführt, daß zunächst an der zu analysierenden Wand selbst ein Meßpunkt bestimmt wird, an welchem der Beschleunigungsaufnehmer positioniert wird. Ferner werden Anregepunkte bestimmt, an welchen die zu analysierende Wand durch Schläge mit den Impulshammer oder mittels des Schwingungsanregers in Schwingung versetzt wird. Die so erzeugten Schwingungen werden mit dem Beschleunigungsaufnehmer erfaßt und mit dem Akustikanalysator bzw. der PC-Meßkarte ausgewertet.

**[0038]** Um eine Aussage treffen zu können, ob durch die Einbringung mindestens eines Schlitzes eine verbesserte Schalldämmung möglich ist, müssen die beiden zu einander in akustischer Wechselbeziehung stehenden Schalen in gleicher Weise auf ihr Schwingungsverhalten hin untersucht werden. Stimmen die Frequenzbilder überein, kann mit der Einbringung mindestens eines Schlitzes eine Verbesserung erzielt werden.

**[0039]** Die Anregepunkte können grundsätzlich frei gewählt werden. Vorzugsweise sollten die Anregepunkte jedoch nach einem festen Raster, beispielsweise 3 x 3 oder 4 x 4 Punkte mit einem festen Abstand, insbesondere 500 mm gewählt werden, um bei nachfolgenden Messungen an der gleichen bzw. an der in Wechselwirkung stehenden Schale vergleichbare und wiederholbare Meßergebnisse erzielen zu können.

**[0040]** Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Modalanalyse durchgeführt, in der die Moden der Schalen bestimmt werden. Eine Sanierung ist aussichtsreich, wenn in 3 oder mehr Fällen die Eigenfrequenzen der Moden zusammenfallen, wobei ein Zusammenfallen dann angenommen werden kann, wenn die Abweichung weniger als 10 % beträgt.

**[0041]** Alternativ zu der zuvor beschriebenen kompletten Modalanalyse kann auch der Mittelwert der Transferfunktion ermittelt und bewertet werden. Dabei wird der energetische Mittelwert der Transferfunktionen aufgrund der Messungen aufgrund der Gesamtheit der Anregungen an allen Anregungspunkten ermittelt, wobei lediglich der Frequenzbereich von 50 bis 300 Hz betrachtet wird. Die Sanierung durch die Einbringung mindestens eines Schlitzes ist dann aussichtsreich, wenn

a) in logarithmischer Darstellung in 4/5 des Frequenzbereiches die ermittelten Transferfunktionen um weniger als 5 dB voneinander abweichen, oder wenn

b) die Frequenz und der Wert von 3/4 der Maxima um weniger als 10% in der Frequenz und 5 dB im Wert vonein-

ander abweichen, oder wenn

c) die ersten 5 Maxima um weniger als 10 % in der Frequenz und 5 dB im Wert voneinander abweichen.

5 **[0042]** Sollte eine Sanierung durch die Einbringung mindestens eines Schlitzes erfolgversprechend sein, wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgegangen.

**[0043]** Insbesondere wird zunächst ein etwaiger Wandbelag entfernt. Anschließend wird mit einem Werkzeug, insbesondere einer erfindungsgemäßen Kettensäge ein Schlitz in die Wand eingebracht. Dieser Schlitz wird anschließend mit einem Gewebiband abgedeckt, wonach dann die gesamte Wand erneut mit einem Wandbelag, insbesondere  
10 einem Putz versehen werden kann.

**[0044]** Das vorgenannte Verfahren zur Analyse der Schallausbreitung ist insbesondere bei zweischaligen Raumwandungen mit zwei zueinander im wesentlichen parallel verlaufenden Schalen vorteilhaft einsetzbar.

**[0045]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung im Zusammenhang mit der Zeichnungen.

15 **[0046]** Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung mit vertikal verlaufenden, sich über die gesamte Geschoßhöhe erstreckenden Schlitzten in einer schematischen Darstellung,

20 Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung mit vertikal verlaufenden, sich nur über einen Teil der Geschoßhöhe erstreckenden Schlitzten in einer schematischen Darstellung,

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung mit horizontal verlaufenden, sich über die gesamte Raumbreite erstreckenden Schlitzten in einer schematischen Darstellung,

25 Fig. 4 eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung mit vertikal verlaufenden, sich über die Höhe eines Wandbauquaders erstreckenden Schlitzten in einer schematischen Darstellung,

Fig. 5 einen Schnitt durch die Raumwandung gemäß der Linie V-V in Fig. 1 in einer schematischen Darstellung,

30 Fig. 6 einen dem Schnitt in Fig. 5 entsprechenden Schnitt durch eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer fünften Ausführungsform in einer schematischen Darstellung,

35 Fig. 7 einen dem Schnitt in Fig. 5 entsprechenden Schnitt durch eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer sechsten Ausführungsform in einer schematischen Darstellung,

Fig. 8 eine Detaildarstellung einer bevorzugten ersten Ausführungsform der Versiegelung eines Schlitzes,

40 Fig. 9 eine Detaildarstellung einer bevorzugten zweiten Ausführungsform der Versiegelung eines Schlitzes,

Fig. 10 einen Wandbauquader des erfindungsgemäßen Wandbausystems gemäß einer ersten Ausführungsform in einer schematischen Darstellung im Schnitt,

45 Fig. 11 einen Wandbauquader des erfindungsgemäßen Wandbausystems gemäß einer zweiten Ausführungsform in einer schematischen Darstellung im Schnitt,

Fig. 12 einen Schnitt durch die Raumwandung gemäß der Linie XII - XII in Fig. 4 in einer schematischen Darstellung,

50 Fig. 13 einen dem Schnitt in Fig. 12 entsprechenden Schnitt durch eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer siebten Ausführungsform in einer schematischen Darstellung,

Fig. 14 einen vertikalen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer achten Ausführungsform, bei der jeweils eine erste Schale einen umlaufenden Schlitz aufweist,

55 Fig. 15 eine Ansicht einer der Schalen in Fig. 14 gemäß dem Pfeil XV in Fig. 14,

Fig. 16 ein auf einer Schale angeordnetes Raster aus Anregungspunkten mit einem Meßpunkt,

Fig. 17 ein Diagramm, in welchem die Transferfunktion einer erfindungsgemäßen Raumwandung über der Frequenz dargestellt ist,

Fig. 18 ein Diagramm, in welchem die Transferfunktion einer Raumwandung aus zwei im wesentlichen identischen Schalen über der Frequenz dargestellt ist.

Fig. 19 eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer neunten Ausführungsform,

Fig. 20 eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer zehnten Ausführungsform,

Fig. 21 eine erfindungsgemäße Raumwandung gemäß einer elften Ausführungsform,

Fig. 22 einen Wandbauquader gemäß einer weiteren Ausführungsform, und

Fig. 23 ein erfindungsgemäßes Werkzeug zum Schlitzten von Schalen.

**[0047]** Die in den Fig. 1 und 5 gezeigte erfindungsgemäße Raumwandung 100 gemäß einer ersten Ausführungsform weist eine erste Schale 102 sowie eine zweite Schale 104 auf, wobei die erste Schale 102 die Abschlußwand einer ersten Gebäudehälfte eines Doppelhauses bildet und die zweite Schale 104 die Abschlußwand einer zweiten Gebäudehälfte dieses Doppelhauses bildet. Beide Schalen 102, 104 erstrecken sich zwischen einem Geschoßboden 106 und einer Geschoßdecke 108, wobei sich an den horizontal gegenüberliegenden Enden der Schalen 102, 104 Außenwände 110, 112, 114, 116 der Doppelhaushälften anschließen.

**[0048]** Zwischen der ersten Schale 102 und der zweiten Schale 104 ist eine Luftfuge 118 ausgebildet, welche sich über die gesamte Gebäudehöhe und -breite erstreckt. Durch den beiden Doppelhaushälften gemeinsame Außenwandbekleidungen 120, 122 in Form eines Putzes ist die Fuge, die als Luftfuge 118 ausgebildet ist, gegenüber der Umgebung abgeschlossen, wobei die Außenwandverkleidung 120, 121 jeweils durch ein insbesondere elastisches Fugenprofil 123 unterbrochen sein kann. In der Fuge kann ein Dämmmaterial angeordnet sein.

**[0049]** In der ersten Schale 102 sind vier Schlitzte 124, 126, 128, 130 ausgebildet, welche sich in vertikaler Richtung über die gesamte Geschoßhöhe zwischen dem Boden 106 und der Decke 108 erstrecken. Durch die Schlitzte 124, 126, 128, 130, die jeweils eine Tiefe von 50 % der Wandstärke der ersten Schale 102 und eine Breite von 20 mm aufweisen, wird die erste Schale 102 in fünf akustische Teilschalen unterteilt, so daß die erste Schale 102 und die zweite Schale 104 ein verstimmtes Schwingungssystem aus einem ersten und einem zweiten Schwingkörper bilden, die unterschiedliche Eigenfrequenzen aufweisen. Die Schlitzte 124, 126, 128, 130 bilden dabei Störzonen, die ein Schwingen der ersten Schale 102 entsprechend der zweiten Schale 104 verhindern. Der Schlitzabstand kann an dem Material der Schale 102 orientiert sein und sich an der Stein- oder Elementbreite orientieren, um etwaige Schnitte zu erleichtern.

**[0050]** Beide Schalen 102, 104 sind einstückig als Wandelemente aus Porenbeton gefertigt und weisen eine identische Wandstärke von 175 mm auf. Durch die Herstellung aus Porenbeton können die Sichtseiten 132 und 134 der ersten bzw. zweiten Schale 102, 104 als Sichtwände ohne Verputz verwendet werden, da sie jeweils glatt und ohne Fugen ausgebildet sind.

**[0051]** Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung eine Raumwandung 200 gemäß einer zweiten Ausführungsform, welche sich von der ersten Ausführungsform lediglich dadurch unterscheidet, daß sich die Schlitzte 224, 226, 228, 230 nicht über die gesamte Geschoßhöhe, sondern lediglich über etwa 70 % der Geschoßhöhe erstrecken. Da die Raumwandung 200 gemäß der zweiten Ausführungsform im übrigen der Raumwandung 100 gemäß der ersten Ausführungsform entspricht, wird auf deren Beschreibung hiermit verwiesen.

**[0052]** Bei der in Fig. 3 gezeigten Raumwandung 300 gemäß einer dritten Ausführungsform erstrecken sich vier Schlitzte 324, 326, 328, 330 in horizontaler Richtung zwischen den Außenwänden 310, 312 über die gesamte Breite einer der beiden Schalen 302 einer doppelschaligen Trennwand eines Doppelhauses. Wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen erstrecken sich die Schlitzte wiederum über etwa 50 % der Wandstärke der ersten Schale 302. Die Schlitzte 324, 326, 328, 330 sind wiederum in Tiefenrichtung zu einer Luftfuge (nicht gezeigt) hin offen, so daß ein insgesamt verstimmtes Schwingungssystem aus einer ersten Schale 302 und einer zweiten Schale (nicht gezeigt) gebildet ist.

**[0053]** Die in Fig. 4 gezeigte vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung 400 ist aus Porenbetonblöcken 440 derart aufgebaut, daß zwischen den einzelnen Blöcken 440 jeder Lage durch Abstandhalten Schlitzte 442 entstanden sind, die durch die gesamte erste Schale 402 der Raumwandung 400 in Tiefenrichtung, hindurchgehen. Die einzelnen Schlitzte 442 erstrecken sich bei der ersten Schale 402 dabei nur jeweils über die Höhe der Porenbetonblöcke 440. Die der ersten Schale 402 gegenüber liegende zweite Schale (nicht gezeigt) ist ohne ein Abstandhalten zwischen den entsprechenden Porenbetonblöcken (nicht gezeigt) aufgebaut, so daß die erste und die zweite Schale

ein verstimmtes Schwingungssystem aus einem ersten und einem zweiten Schwingkörper bilden.

**[0054]** Fig. 6 zeigt eine fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung 500, die in einem Reihenoder Mehrfamilienhaus ausgebildet ist, welches zunächst konventionell errichtet worden ist. Zwischen einer ersten Schale 502 aus Ortbeton und einer zweiten Schale 504 aus Ortbeton befindet sich eine Luftfuge 518, welche das gesamte Gebäude durchtrennt. In der ersten Schale ist in einem Sanierungsverfahren ein Schlitz 552 durch Sägen mittels einer Diamantsäge ausgebildet worden, welche sich in Tiefenrichtung über etwa 60 % der Wandstärke der ersten Schale 502 erstreckt und in vertikaler Richtung über die erste Schale 502 verläuft. Um den Schlitz 522 abzudecken und eine optisch ansprechende Sichtseite 532 zur Verfügung zu stellen, ist eine Putzschicht 554 auf der Wand angebracht, welche im Bereich des Schlitzes 522 von einem Gewebeband, insbesondere einen Gittex-Gewebe aus Glasfaser mit einer Maschenweite vom 5 mm abgestützt wird. Durch den Schlitz 552 ist die erste Schale 502 etwa im Verhältnis 2 zu 3 in zwei akustische Teilschalen unterteilt, die ein Gegenüber der zweiten Schale 404 abweichendes Schwindungsverhalten zeigen.

**[0055]** Fig. 7 zeigt eine sechste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Raumwandung 600, wobei die erste Schale 602 aus geschoßhohen Systemwandelementen 660 aus Porenbeton aufgebaut ist, die in einem gegenseitigen Abstand von etwa 20 mm plaziert worden sind. Dadurch weist die erste Schale sich in vertikaler Richtung erstreckende, geschoßhohe Schlitz 662 auf, die sich in tiefen Richtung über die gesamte Wandstärke der ersten Schale 602 erstrecken. Jedes der geschoßhohen Systemwandelemente hat eine Wandstärke von 100, 175 oder 190 mm, wobei die Breite vor einem etwaigen Sägen 625 oder 750 mm beträgt. Bei der ersten Schale parallel gegenüber liegenden zweiten Schale 604, die von der ersten Schale 602 durch eine Luftfuge 618 getrennt ist, sind die Systemwandelemente aus Porenbeton 660 mittels eines Dünnbettmörtels mit einander zu einer akustisch wie ein durchgehendes Element wirkenden Schale verbunden, so daß auch bei der Raumwandung 600 gemäß der sechsten Ausführungsform ein verstimmtes Schwingungssystem gebildet ist.

**[0056]** Wenn sich ein Schlitz 552, 662 wie in den Fig. 6 und 7 gezeigt bis zur Sichtseite einer der Schalen 502, 602 erstreckt und dementsprechend mit einem Putz 554, 664 abgedeckt ist, kann es vorteilhaft sein, anstelle eines Gewebebandes einen dauerelastischen Verschlusskörper 801 vorzugsweise eine Art Dichtschnur zu verwenden, welcher den Schlitz 552, 662 zur Sichtseite hin abschließt und dadurch eine Unterlage für den Putz 554, 664 bildet.

**[0057]** Wenn ein Schlitz 552, 662 lediglich gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, Mikroorganismen oder Ungeziefer geschützt werden soll, ist es gemäß der Erfindung vorteilhaft, einen Verschlusskörper 903 zu verwenden, welcher eine Abdeckleiste 905 und einen elastischen Schlauchabschnitt 907 aufweist. Der elastische Schlauchabschnitt 907, wird dann so in den Schlitz 552, 662 hinein gedrückt, daß er allein aufgrund seiner Reibung an den Wandungen des Schlitzes mit der Schale 502, 602 verbunden ist und dadurch die Abdeckleiste 905 den Schlitz 552, 662 abdeckend hält.

**[0058]** Zur Füllung der Schlitz sind ferner Mineralwolle, Streifen mit Selbstklebebeschichtung, Lufttaschenfolien mit und ohne Klebestreifen, Kunststoffschäume, insbesondere Polyurethanschäume und extrudierte Styroporstreifen, dauerelastische Schaumstoffe und Filze im Rahmen der Erfindung verwendbar.

**[0059]** Fig. 10 zeigt einen Wandbauquader 1000 gemäß einer ersten Ausführungsform. Dieser Wandbauquader 1000 ist ein Modulblock aus Porenbeton mit einer Breite in Richtung des Doppelpfeiles X von etwa 60 cm und einer Dicke in Richtung des Doppelpfeiles Y von 100 mm, 150 mm, 175 mm oder 200 mm. Die Höhe dieses Wandbauquaders 1000 beträgt etwa 600 mm. Während der Wandbauquader 1000 an seiner ersten Stirnseite 1021 im wesentlichen glatt ausgebildet ist, weist er an seiner zweiten Stirnseite 1023 eine Stufe 1025 mit einer Höhe von 20 mm in Richtung des Doppelpfeiles X auf. Werden solche Wandbauquader 1000 zur Errichtung einer ersten Schale einer Raumwandung verwendet, ergibt sich durch die an der Stirnseite 1023 ausgebildete Kontur das in Fig. 4 gezeigte Schlitzmuster.

**[0060]** Fig. 11 zeigt einen erfindungsgemäßen Wandbauquader 2000, welcher im wesentlichen die gleichen Abmaße wie der Wandbauquader 1000 gemäß der ersten Ausführungsform aufweist. Auch dieser Wandbauquader 2000 besteht aus Porenbeton. Im Gegensatz zu dem ersten Wandbauquader 1000 weist der Wandbauquader 2000 jedoch zwei glatte Stirnseiten 2021, 2023 auf. Bei dem Wandbauquader 2000 gemäß der zweiten Ausführungsform ist zur Bildung eines Schlitzes in einer aus solchen Wandbauquadern 2000 zu errichtenden Schale ein Schlitz 2031 vorgesehen, welcher eine Breite von 20 mm und eine Tiefe von 50 % der Dicke des Wandbauquaders 2006 in Richtung des Doppelpfeiles Y aufweist. Zu beachten ist, daß der Schlitz 2031 an seinen Seitenwänden durch das Material des Wandbauquaders begrenzt ist und nicht etwa in eine im Innern des Wandbauquaders ausgebildete Öffnung mündet. Um das Vermauern zu erleichtern, wenn ein Schlitz mit einer Länge über mehrere Wandbauquader 2000 erzeugt werden soll, sind Zentrierdorne (nicht gezeigt) und entsprechende Vertiefungen an gegenüberliegenden Seiten des Wandbauquaders 2000 ausgebildet.

**[0061]** Um eine erfindungsgemäße Raumwandung mit einer einen Schlitz aufweisenden ersten Schale zu erstellen, können auch bekannte Wandbaustoffe unter Verwendung eines Abstandshalters 1251 so mit einander vermauert werden, daß sich wie in Fig. 12 gezeigt ein Schlitz 1253 einstellt, der etwa 20 mm breit ist und sich über etwa 50 % der Wandstärke erstreckt. Um eine erfindungsgemäße Raumwandung zu erstellen, sind ferner erfindungsgemäße Wandbauquader 3000 gemäß einer dritten Ausführungsform verwendbar, die an beiden Stirnseiten 3021, 3023 eine Kontur zur Aufnahme eines Abstandshalters 1351 aufweisen. Ein erfindungsgemäßer Abstandshalter 1351 weist dabei als

zentrales Strukturteil ein mit mineralischem Material gefülltes Rohr auf, wobei sich gezeigt hat, daß sich Kunststoffrohre mit einer Betonfüllung besonders einfach herstellen lassen und zudem wegen ihrer Druckfestigkeit besonders geeignet sind.

**[0062]** Die Fig. 14 und 15 zeigen eine erfindungsgemäße Raumwandung 800 gemäß einer achten Ausführungsform. Bei dieser sind in jedem Geschoß 870, 872 eine erste Schale 102 und eine zweite Schale 104 durch eine Luftfuge 818 von einander getrennt in im wesentlichen paralleler Ausrichtung aufgestellt. Die erste Schale 802 weist einen umlaufenden Schlitz 882 auf, so daß die erste Schale 802 zusammen mit der zweiten Schale 804 ein verstimmtes Schwingungssystem bildet. An der Unterseite der Schale 802 sind jeweils elastische Lager vorgesehen, die die akustische Wirkung des Schlitzes nicht beeinträchtigen.

**[0063]** Fig. 16 zeigt ein auf einer Schale 1602 angeordnetes Raster von Anregungspunkten 1655, an denen eine Schale 1602 mit einem in Impulshammer bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Analyse des Schallausbreitung über eine erste und eine zweite Schale in Gebäuden angeregt wird. An einem mit dem Bezugszeichen 1657 bezeichneten Meßpunkt werden die Schwingungen der Schale 1602 aufgezeichnet. Die Anregungspunkte 1655 liegen zu dem jeweils benachbarten Anregungspunkt bzw. zum Rand der Wand in einem Abstand der sich nach der Formel

$$\text{Abstand} = \text{Wandlänge} / \text{Anzahl der Meßpunkte} + 1 \text{ bzw.}$$

$$\text{Abstand} = \text{Wandhöhe} / \text{Anzahl der Meßpunkte} + 1 \text{ bestimmt.}$$

**[0064]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren feststellbare Meßkurven sind in den Fig. 17 und 18 gezeigt, wobei in Fig. 17 ein verstimmtes Schwingungssystem aus einer ersten, Schlitz aufweisenden Schale und einer zweiten, Schlitz nicht aufweisenden Schale eingetragen ist. Die beiden Kurven weichen hinsichtlich der Lage ihrer Maxima deutlich von einander ab, woraus erkennbar ist, daß eine Schallübertragung von der ersten auf die zweite Schale und umgekehrt gedämpft wird.

**[0065]** Fig. 18 zeigt gemäß Kurven zweier identischer Schalen. Die nahezu identische Lage der Maxima zeigt, daß sich Schall von ersten Schale auf die zweite Schale sehr leicht überträgt. Die Abweichungen der Meßkurven resultieren lediglich aus zufälligen, der Ungenauigkeit beim Bauen geschuldeten Abweichungen zwischen den Schalen.

**[0066]** Bei Schalen aus Porenbeton, die insbesondere aus Steinen oder Wandelementen aufgebaut sind, haben sich insbesondere folgende Kombinationen aus Druckfestigkeitsklasse und Rohdichte als vorteilhaft erwiesen: P4/07, P4/06, P4/055, P2/035, P2/05, P2/0,7, P2/0,8. Die Schalen sollten mindestens eine Wandstärke von 100 mm aufweisen, insbesondere 175 mm oder 190 mm.

**[0067]** Wenn die Schlitz in Wandtafeln aus Beton insbesondere mit einer Wandstärke von 110 mm ausgebildet sein sollen, sollte dieser eine Rohdichte von mindestens 2,0 kg/dm<sup>3</sup>, insbesondere 2,3 kg/dm<sup>3</sup> aufweisen. Die Erfindung läßt sich auch bei der Verwendung von Ortbeton auf der Baustelle realisieren, vorzugsweise dadurch, daß in die Schalung zunächst Rippen eingebracht werden, die nach dem Aushärten des Beton entfernt werden. Bei der Realisation in Decken sind insbesondere Filigrandecken und Betondecken auf die genannten Weisen mit mindestens einem Schlitz zu versehen.

**[0068]** Wenn der mindestens eine Schlitz in einer Schale, die aus Tonziegeln aufgebaut ist, realisiert sein soll, sollte schon bei der Herstellung der Rohlinge eine entsprechende Formgebung erfolgen, da sich ausgehärteter Ton im Verhältnis zu Porenbeton nur sehr schwer bearbeiten läßt.

**[0069]** Bei einer Wandung mit einer ersten Schale und einer zweiten Schale, die jeweils aus Porenbeton gefertigt sind und eine Wandstärke von 175 mm mit einer dazwischen liegenden Fuge von 50 mm aufweist, läßt sich durch einen sich über die halbe Wandstärke einer der Schalen erstreckenden Schlitz, der unverfugt ist, eine Schalldämmung von  $R_w \text{ (dB)} = 70,3$  erreichen, was einer Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik ohne Schlitz in einer der Schalen von 3,2 dB entspricht.

**[0070]** Bei einer Wandung mit einer ersten Schale und einer zweiten Schale, die jeweils aus Porenbeton gefertigt sind und eine Wandstärke von 175 mm mit einer dazwischen liegenden Fuge von 70 mm aufweist, läßt sich durch einen durch die gesamte Wand durchgehenden Schlitz, der elastisch verfugt ist, eine Schalldämmung von  $R_w \text{ (dB)} = 74,4$  erreichen.

**[0071]** Wenn die Fuge zwischen den zuvor beschriebenen Schalen eine Breite von 50 mm aufweist, beträgt Schalldämmung  $R_w \text{ (dB)} = 74,1$  erreichen, was einer Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik bei der genannten Fugenbreite ohne Schlitz in einer der Schalen von 7,0 dB entspricht

**[0072]** Bei dem gleichen Schalenaufbau, jedoch mit überputztem Schlitz, beträgt die Schalldämmung  $R_w \text{ (dB)} = 70,8$ .

**[0073]** Alle zuvor beschriebenen Ausführungsformen von Wandungen mit einer, durch mindestens einen vertikalen Schlitz in ihrem Schwingungsverhalten beeinflusster Schale erfüllen die Anforderungen an einen erhöhten Schallschutz



von  $R_W(\text{dB}) > 67,0 \text{ dB}$ .

**[0074]** Die Raumwandung 1900 gemäß einer neunten Ausführungsform, bei der die Merkmale des Anspruchs 4 verwirklicht sind, weist eine erste Schale 1902, eine zweite Schale 1904 sowie eine dritte Schale 1905 auf, die in einem Kreuz-Stoß aufeinander treffen. Dabei ist die zweite Schale 1904 durchlaufend ausgebildet, wohingegen die erste Schale 1902 und die dritte Schale 1905 gegen die zweite Schale 1904 stoßen. In der ersten Schale 1902 ist ein Schlitz 1992 vorgesehen, der sich über die gesamte Höhe der Schale erstreckt. In Tiefenrichtung erstreckt sich dieser etwa über vierzig Prozent der Wandstärke der ersten Schale 109.

**[0075]** Die in Figur 20 gezeigte erfindungsgemäße Raumwandung 1920 gemäß einer zehnten Ausführungsform, bei der wiederum die Merkmale des Anspruchs 4 verwirklicht sind, weist eine erste Schale 1922 und eine zweite Schale 1924 auf, die in einem T-Stoß miteinander verbunden sind. Schlitz 1993, 1994 in der ersten und in der zweiten Schale zerlegen die jeweilige Schale in Teilschalen, wodurch die gesamte Raumwandung 1920 ein verstimmtes System darstellt.

**[0076]** Figur 21 zeigt eine Raumwandung 1930 gemäß einer elften Ausführungsform, bei der wiederum die Merkmale des Anspruchs 4 verwirklicht sind und bei der eine erste Schale 1932 und eine zweite Schale 1934 ein verstimmtes Schwingungssystem bilden. Während die Schalen 1932 und 1934 eine Gebäudeseitenwand sind, ist die Schale 1936 eine Geschossdecke, die auf der Schale 1934 aufliegt. In der ersten Schale 1932 ist ein Schlitz 1995 ausgebildet, um die erste Schale 1932 gegenüber der zweiten Schale 1934 zu verstimmen. Die gezeigten Schalen 1932 und 1934 bestehen aus Porenbeton P2/035 mit einer Wandstärke von 36,5 cm oder Porenbeton P2/0,4 mit einer Wandstärke von 30 cm. Die Decke 1935 ist mit einer Wandstärke von 18 cm aus Stahlbeton hergestellt, wobei die Rohdichte  $2,3 \text{ kg/dm}^3$  beträgt. Es hat sich bei der neunten bis elften Ausführungsform gezeigt, daß der Schlitz, obwohl er keine körperliche Trennung von Schalen darstellt, die Ausbreitung von Körperschall dämpft.

**[0077]** Fig. 22 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wandbauquaders 4000, welcher als Porenbetonstein ausgebildet ist und einen Schlitz 4031 aufweist. Dieser Schlitz 2034 ist wie der Schlitz 2031 bei der zweiten Ausführungsform eines Wandbauquaders an seinen Seiten 4090, 4092, die spitz auf einander zulaufen, durch das Material des Raumquaders begrenzt. Der Schlitz 4031 erstreckt sich also wie der Schlitz 2031 lediglich als schmale Störzone in den Wandbauquader 4000 hinein, ohne daß sich an den Schlitz einen Hohlraum im Innern des Wandbauquaders 4000 anschließen würde.

**[0078]** In Figur 23 ist ein erfindungsgemäßes Werkzeug 5000 zur Erzeugung von Schlitten gezeigt. Dieses Werkzeug, welches nach Art einer handgeführten Kettensäge aufgebaut ist, weist eine Antriebseinheit 5002 sowie eine von der Antriebseinheit 5002 angetriebene Schneidkette 5004 auf, welche um ein Führungsblatt 5006 geführt ist. Um bei der Erzeugung von Schlitten gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Wandsanierung Schlitz mit einer definierten Tiefe bis

200 mm erzeugen zu können, ist ein Tiefenanschlag 5008 vorgesehen, welcher in Richtung des Doppelpfeiles X verstellbar ist und gegenüber dem Führungsblatt 5006 mittels einer Arretiervorrichtung 5010 festgestellt werden kann. Der Tiefenanschlag 5008 weist eine gekrümmte Kontur auf, um bei einem Schwenken des Werkzeuges 5000 in Richtung des Doppelpfeiles Y eine gleichmäßige Tiefe zu gewährleisten. Es hat sich gezeigt, dass das erfindungsgemäße Werkzeug insbesondere bei der Anwendung auf Porenbeton vorteilhaft ist, da die Kette 5004 nicht nur eine ausreichende Schlitzbreite von etwa 10 mm erzeugt, sondern zudem auch bei der Erzeugung des Schlitzes gelöstes Material einer Schale sicher aus dem Schlitz ausfördert.

**[0079]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Analyse der Schallausbreitung werden vorzugsweise mit einem Akustik-Analysator der Firma Larson Davis Typ 2900 die Schalen gemessen. Dazu gehe man wie folgt vor:

1. Lege auf der Wandschale einen Aufnahmepunkt und ein vorzugsweise regelmäßiges Gitter von 3x3 oder 4x4 Anregepunkten fest.
2. Schließe Beschleunigungsaufnehmer und Impulshammer an den Akustik Analysator, Typ Larson Davis 2900 an.
3. Setze den Beschleunigungsaufnehmer (Accelerometer) auf den Aufnahmepunkt.
4. Rege die Wandschale mit einem kurzen Schlag mit dem Impulshammer am ersten Anregepunkt an.
5. Wiederhole Schritt 4 z. B. 8 mal und mittele die Messungen.
6. Speichere die so gewonnene Transferfunktion.
7. Wiederhole die Schritte 4. bis 6. für jeden Anregepunkt.

**[0080]** Anschließend erfolgt die energetische Mittelung der Transferfunktionen.

**[0081]** Die Transferfunktion (auch Übertragungsfunktion) ist das Verhältnis von Reaktion zu auslösender Kraft im Amplitude und Phase im Frequenzdarstellung (im Gegensatz zur Zeitdarstellung). Die Reaktion kann Weg, Schnelle oder Beschleunigung sein. Schnelle ist üblich. Vorzugsweise wird die Beschleunigung verwendet. Die Transferfunktion wird in dB, also als Logarithmus des Verhältnisses angegeben. Energetische Mittelung bedeutet nicht das arithmetische Mittel der dB-Werte zu verwenden, sondern die Zahlenwerte zu Potenzieren, arithmetisch zu mitteln und dann wieder durch logarithmieren einen dB-Wert daraus zu bilden.

Beispiel:

**[0082]** 10 dB, 20 dB, 15 dB und 100 dB.

$$\text{Arithmetischer Mittelwert} = (10+20+15+100)/4 = 36$$

Energetisches Mittel: ca. 94 dB

**[0083]** Die Transferfunktionen können einer Modalanalyse unterzogen werden. Dies geschieht vorzugsweise mittels einer Software.

**[0084]** Vorläufer ist die Schwingungsformanalyse. Dabei wird einfach die Bewegung der Schale bei einer fixierten frei wählbaren Frequenz grafisch dargestellt (Amplitude übertrieben und in Zeitlupe).

**[0085]** Bei der Modalanalyse wird den in den Transferfunktionen feststellbaren Resonanzfrequenzen die jeweilige Mode zugeordnet. Diese lassen dann wie oben beschrieben erkennen, ob die erfindungsgemäße Wandsanierung möglich ist.

## Patentansprüche

1. Raumwandung eines Gebäudes, mit einer ersten Schale (102; 202; 302; 402; 502; 602; 702; 802; 1902; 1922; 1932) und mit einer von der ersten Schale (102; 202; 302; 402; 502; 602; 702; 802; 1902; 1922; 1932) beabstandeten zweiten Schale (104, 504; 604; 804; 1904; 1924; 1934), wobei die erste und die zweite Schale (102, 104; 202; 302; 402; 502, 504; 602, 604; 702; 802, 804; 1902, 1904; 1922, 1924; 1932, 1934) mindestens abschnittsweise ein Schwingungssystem aus einem ersten bzw. einem zweiten Schwingkörper bilden,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die erste Schale (102; 202; 302; 402; 502; 602; 702; 802; 1902; 1922; 1932) in ihrer Fläche mindestens einen Schlitz (124, 126, 128, 130; 224, 226, 228, 230; 324, 326, 328, 330; 442; 552; 662; 772; 882; 1992; 1993; 1995) aufweist, der eine das Schwingungsverhalten beeinflussende Störzone bildet.

2. Raumwandung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste und die zweite Schale (102, 104; 202; 302; 402; 502, 504; 602, 604; 702; 802, 804) aus dem gleichen Material mit im wesentlichen gleicher Wandstärke hergestellt sind.

3. Raumwandung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste und die zweite Schale einander im wesentlichen parallel verlaufend gegenüberliegend angeordnet sind.

4. Raumwandung nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste und die zweite Schale zu einander quer verlaufend, insbesondere im wesentlichen rechtwinklig zu einander angeordnet sind.

5. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schlitz in einem Schnitt quer dazu an seinen Seitenwänden durch das Material des Wandbildnes, insbesondere durch das Material von Wandbauquadern begrenzt ist.

6. Raumwandung nach einen der Ansprüche 1 bis 3 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (124, 126, 128, 130; 224, 226, 228, 230; 324, 326, 328, 330; 442; 662; 772; 882) zu einer zwischen den Schalen ausgebildeten Fuge (118; 518; 618, 818) hin offen ist.

7. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mit dem mindestens einen Schlitz versehene Schale (102; 202; 302) an der, der Fuge (118) gegenüberliegenden Raumseite glatt ausgebildet ist.

8. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (124, 126, 128, 130; 224, 226, 228, 230; 324, 326, 328, 330; 442; 662; 772; 882) sich mindestens über 1/9 der Dicke der ersten Schale, vorzugsweise über 40 bis 60%, insbesondere 50% der Dicke der ersten Schale erstreckt.
- 5 9. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite des mindestens einen Schlitzes (124, 126, 128, 130; 224, 226, 228, 230; 324, 326, 328, 330; 442; 662; 772; 882) mindestens 1 mm, vorzugsweise 5 bis 50 mm, insbesondere 10 mm beträgt.
- 10 10. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Länge des mindestens einen Schlitzes (124, 126, 128, 130; 324, 326, 328, 330; 662; 882) bei vertikaler Erstreckung der Geschoßhöhe, bei horizontaler Erstreckung der Wandlänge entspricht.
- 15 11. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (552; 662) mit einem schwingungselastischen Material (801), insbesondere mit einer Versiegelungsmasse mindestens teilweise, vorzugsweise ganz ausgefüllt ist.
- 20 12. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (552; 662) mit einem Gewebe und/oder mit einer Putzschicht (554; 664) abgedeckt ist.
- 25 13. Raumwandung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Raumwandung eine Wand oder Decke ist.
- 30 14. Wandbausystem mit Wandbauquadern (2000) aus Kunststein, welche in mindestens einer ihrer Seitenflächen einen Schlitz (2031) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schlitz (2031) eine das Schwingungsverhalten einer aus diesen gebildeten Schale beeinflussende Störzone bildet.
- 35 15. Wandbausystem mit Wandbauquadern aus Kunststein und mindestens einem Abstandshalter, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine der Stirnseiten (3021, 3023) des Wandbauquaders eine Kontur zur Aufnahme eines Abstandshalters (1351) aufweist, so daß in der Einbausituation zwischen benachbarten Wandbauquadern (3000) ein Schlitz (772) ausgebildet ist, der eine das Schwingungsverhalten einer so gebildeten Schale beeinflussende Störzone bildet.
- 40 16. Wandbausystem nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (2031) bzw. die Kontur während der Fertigung eines Rohlings für den Wandbauquader (1000, 2000, 3000) vor dessen Härtung ausgebildet worden ist.
- 45 17. Wandbausystem nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz bzw. die Kontur in dem Wandbauquader nach dessen Härtung durch Materialabtrag, insbesondere durch Sägen oder Fräsen ausgebildet ist.
- 50 18. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine Schlitz (2031) derart ausgebildet ist, daß er sich in einer Einbaulage vertikal erstreckt.
- 55 19. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dadurch gekennzeichnet, daß** die Breite des mindestens einen Schlitzes (2031) mindestens 1 mm, vorzugsweise 5 bis 50 mm, insbesondere 10 mm beträgt.
20. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schlitz (2031) geschoßhoch ausgebildet ist.
21. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **gekennzeichnet durch** eine Herstellung der Wandbauquader (2000, 3000) als Porenbetonstein, Porenbetonelement, Kalksandstein, Kalksandsteinelement, Betonwandelement, Bimsstein, Bimssteinwandelement, Tonziegel oder Tonziegelement.
22. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstandshalter durch eine Profilierung auf eine stirnseitige Kontur (3021) des Wandbauquaders (3000) abgestimmt ist.
23. Wandbausystem nach Anspruch 22, **durch gekennzeichnet, daß** als zentrales Strukturteil des Abstandshalters

ein mit einem mineralischen Material gefülltes Rohr (1351), insbesondere ein Kunststoffrohr vorgesehen ist.

24. Wandbausystem nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **durch gekennzeichnet, daß** der Schlitz in einem Schnitt quer dazu an seinen Seitenwänden durch das Material des Wandbildnes, insbesondere durch das Material von Wandbauquadern begrenzt ist.

25. Verfahren zur Analyse der Schallausbreitung über eine erste und eine zweite Schale in Gebäuden, bei dem

- a) an einem Meßpunkt einer ersten Schale ein Beschleunigungsaufnehmer positioniert wird,
- b) an mindestens einem Anregungspunkt der ersten Schale eine Anregung erfolgt,
- c) die Transferfunktion oder die Moden bestimmt werden,
- d) an einem Meßpunkt einer zweiten Schale ein Beschleunigungsaufnehmer positioniert wird,
- e) an mindestens einem Anregungspunkt der zweiten Schale eine Anregung erfolgt,
- f) die Transferfunktion oder die Modalen bestimmt werden,
- g) die in den Schnitten c) und f) ermittelten Transferfunktion bzw. Modalen miteinander verglichen werden.

26. Verfahren zur Wandsanierung bei Raumwandungen, bei dem in einer der beiden Schalen mindestens ein Schlitz ausgebildet wird, der eine das Schwingungsverhalten beeinflussende Störzone bildet.

27. Verfahren nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor der Ausbildung des mindestens einen Schlitzes ein Verfahren zur Analyse der Schallausbreitung über eine erste und eine zweite Schale in Gebäuden durchgeführt wird, bei dem

- a) an einem Meßpunkt einer ersten Schale ein Beschleunigungsaufnehmer positioniert wird,
- b) an mindestens einem Anregungspunkt der ersten Schale eine Anregung erfolgt,
- c) die Transferfunktion oder die Moden bestimmt werden,
- d) an einem Meßpunkt einer zweiten Schale ein Beschleunigungsaufnehmer positioniert wird,
- e) an mindestens einem Anregungspunkt der zweiten Schale eine Anregung erfolgt,
- f) die Transferfunktion oder die Modalen bestimmt werden,
- g) die in den Schritten c) und f) ermittelten Transferfunktion bzw. Modalen miteinander verglichen werden.

28. Werkzeug zum Einbringen von Schlitz in Schalen von Raumwandungen, mit einem Tiefenanschlag (5008), mit welchem Schlitztiefen bis 200 mm einstellbar sind.

29. Werkzeug nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Schneidkette (5004) vorgesehen ist.

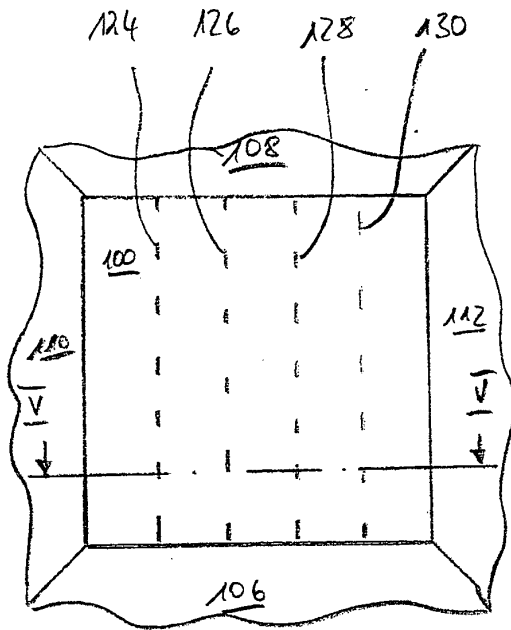


Fig. 1

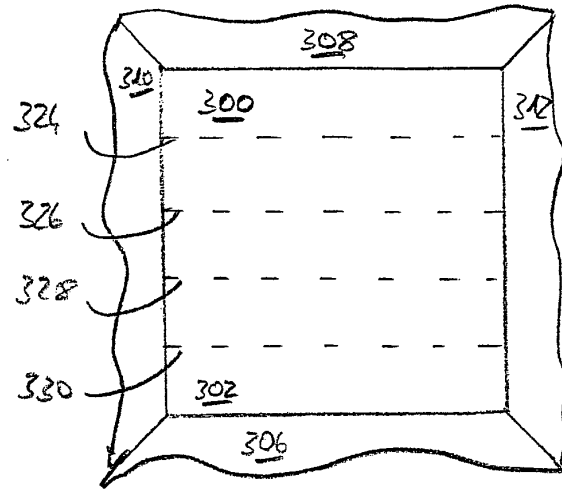


Fig. 3

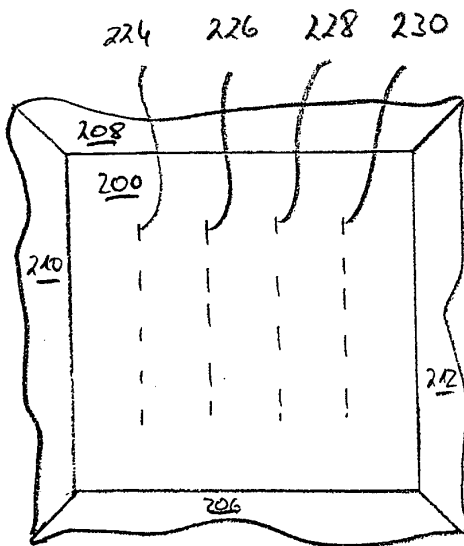


Fig. 2

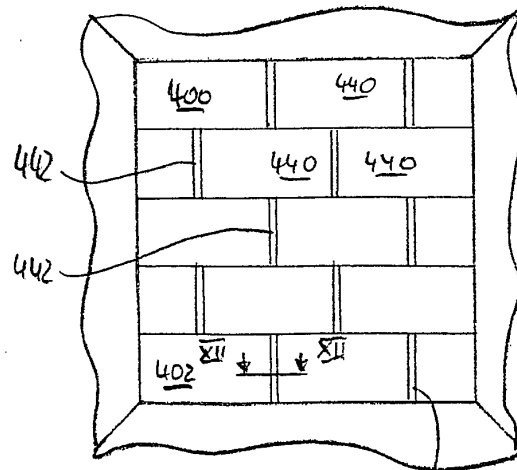
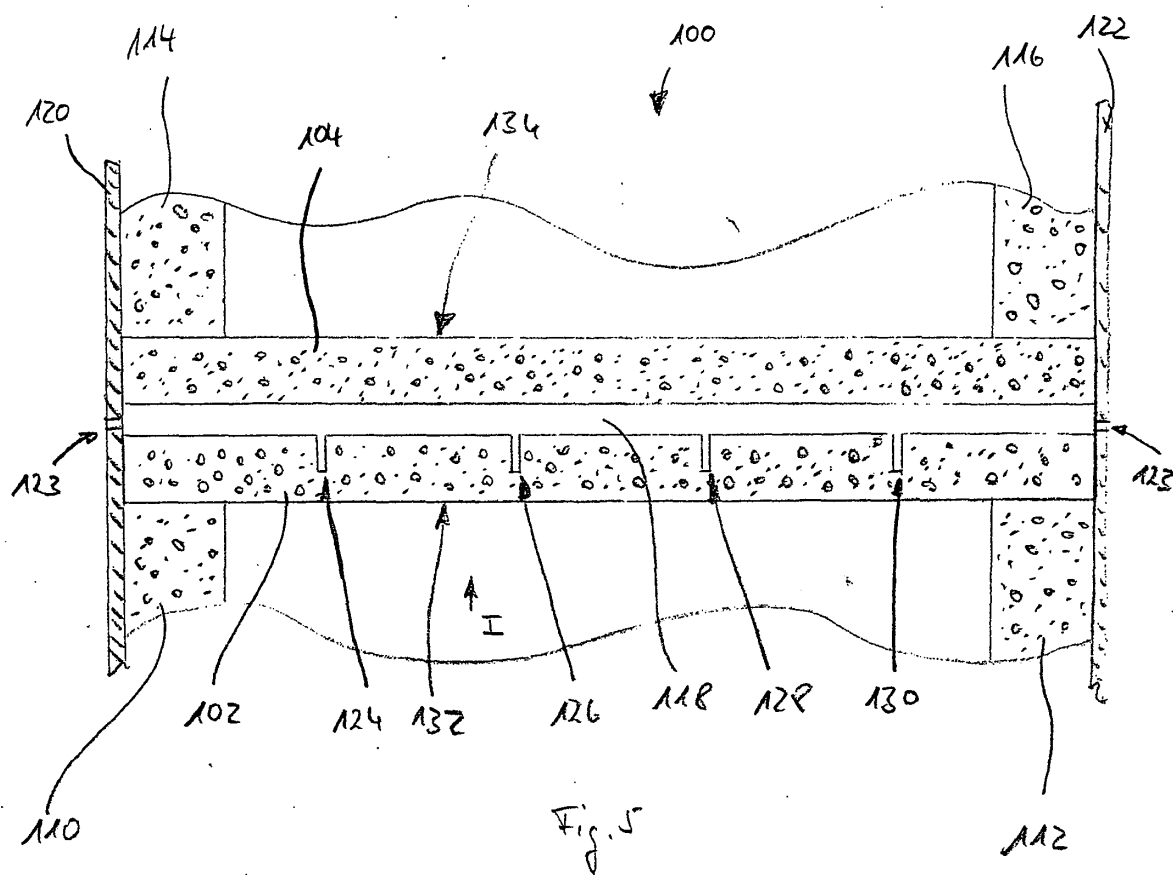
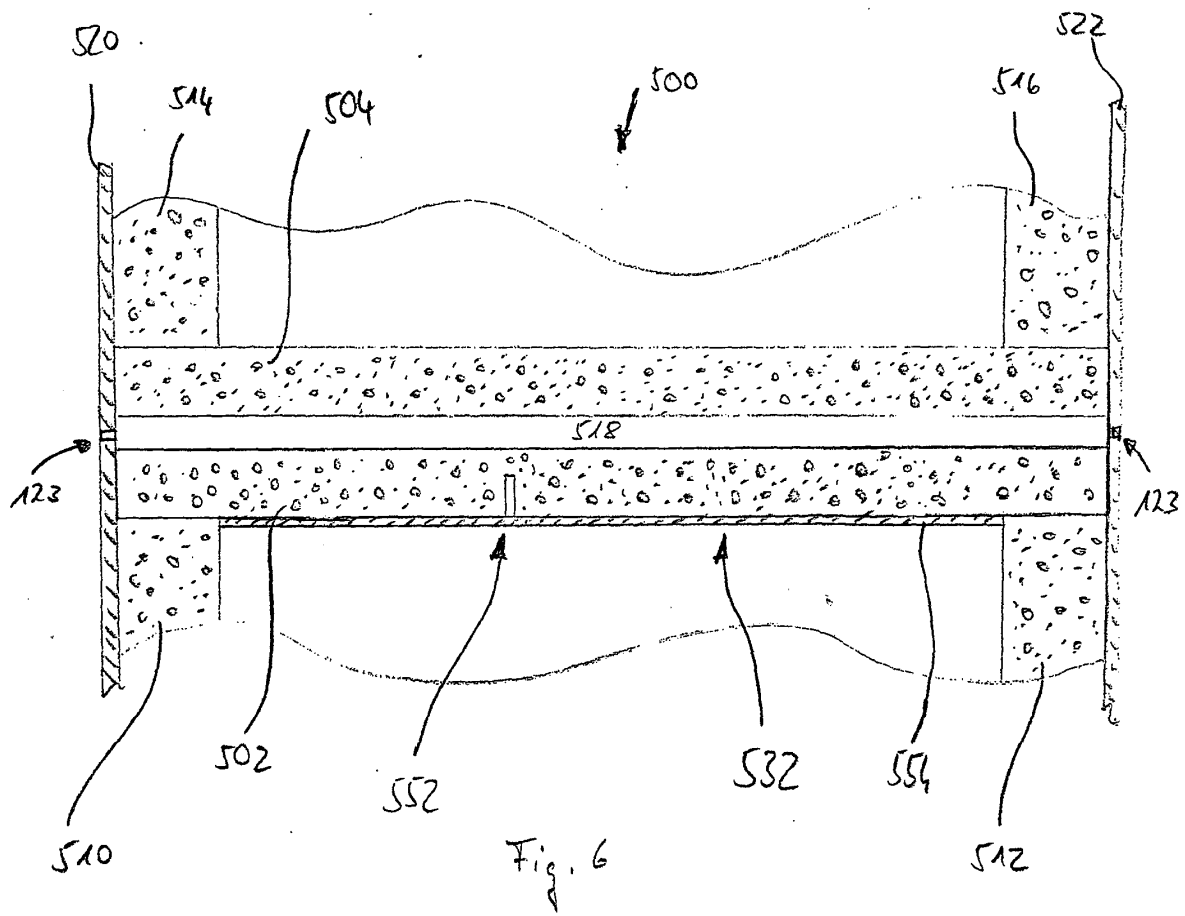
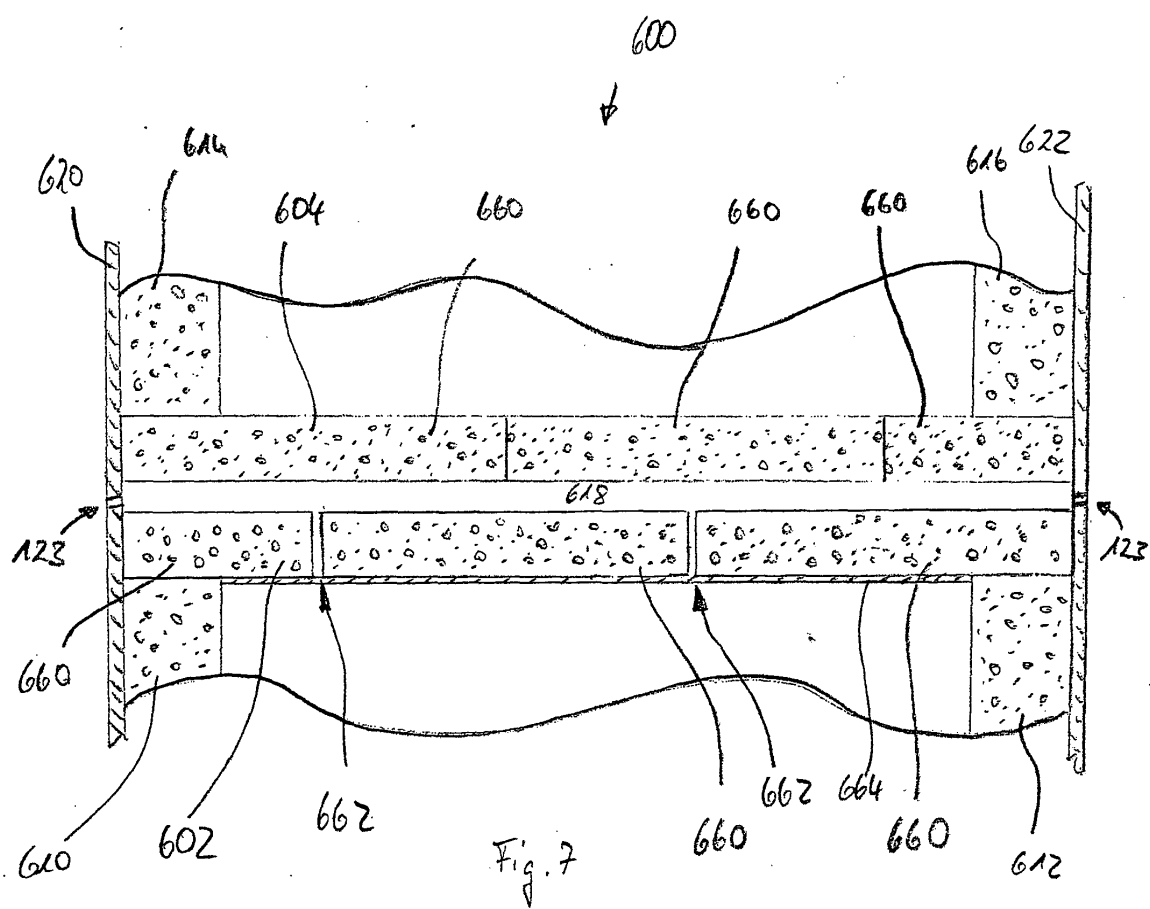


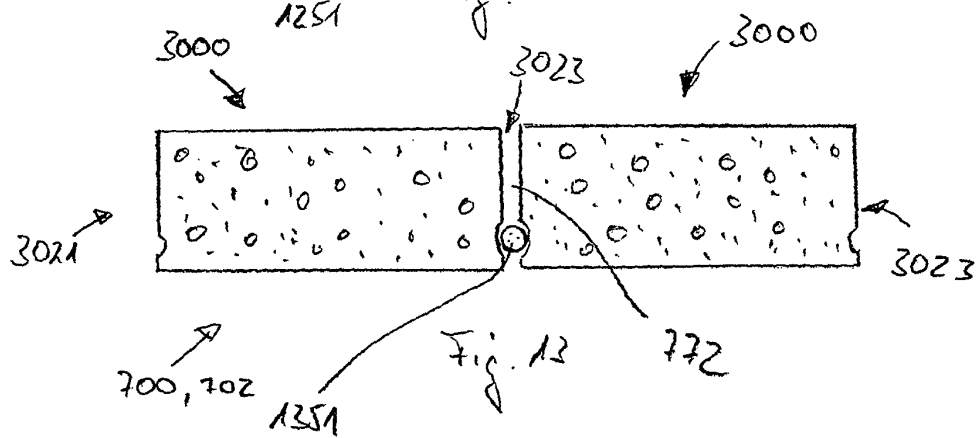
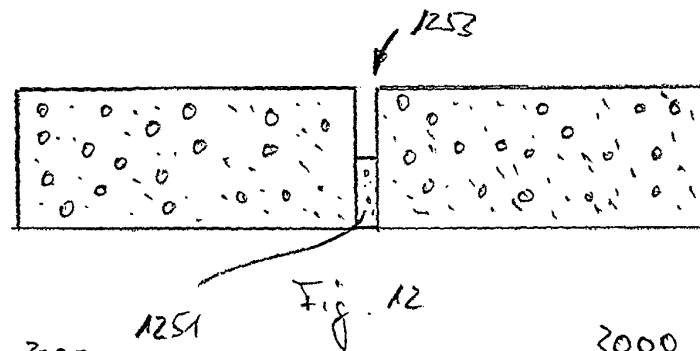
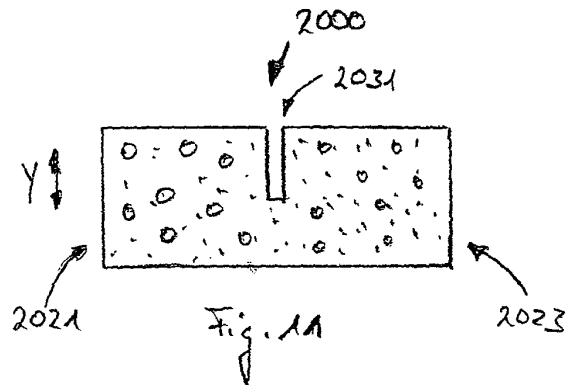
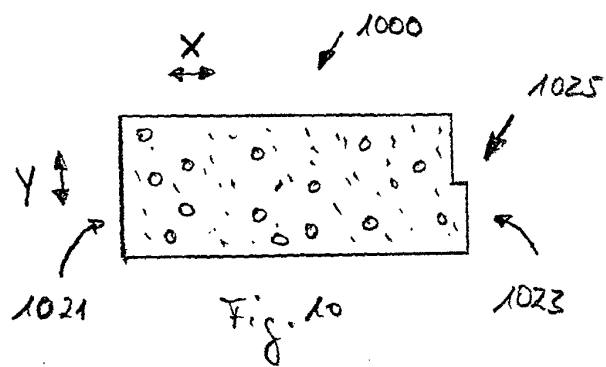
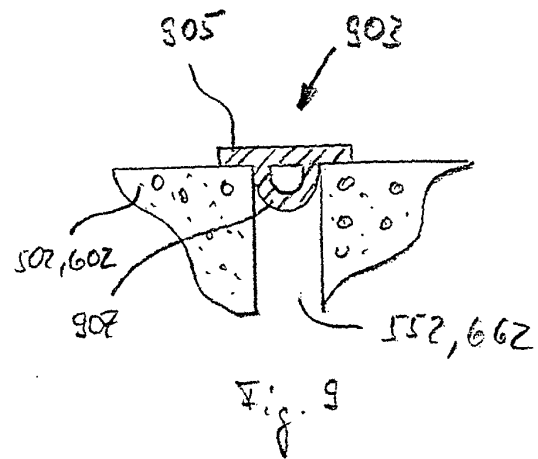
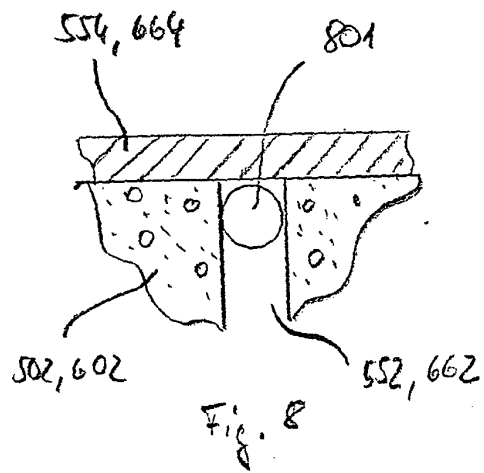
Fig. 4











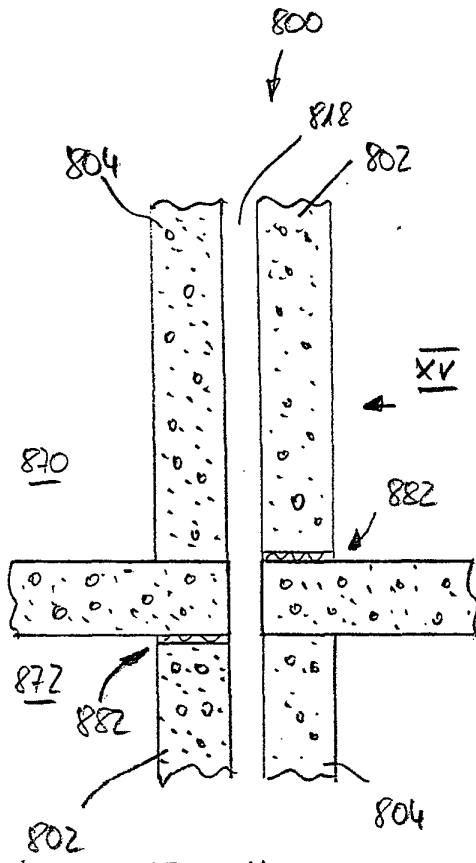


Fig. 14

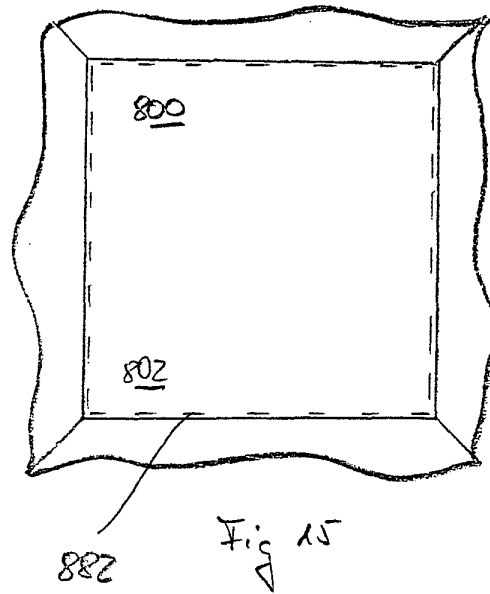


Fig. 15

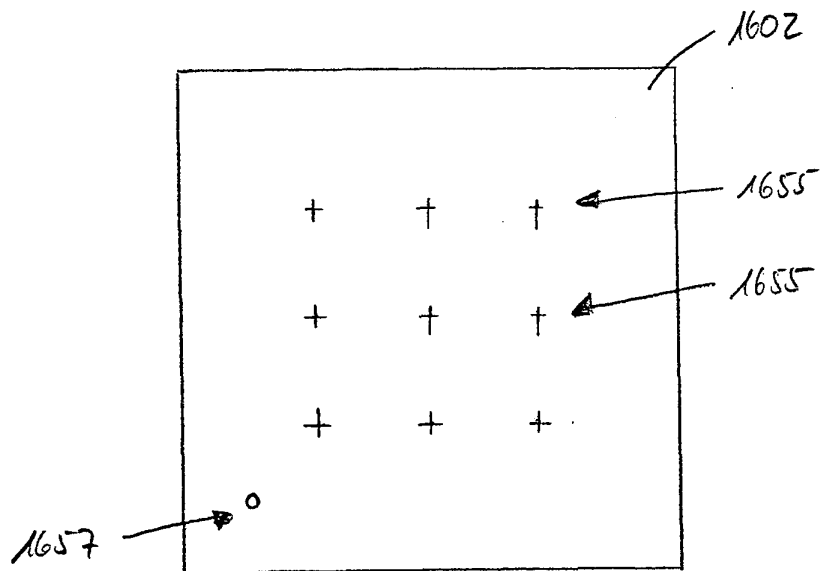


Fig. 16

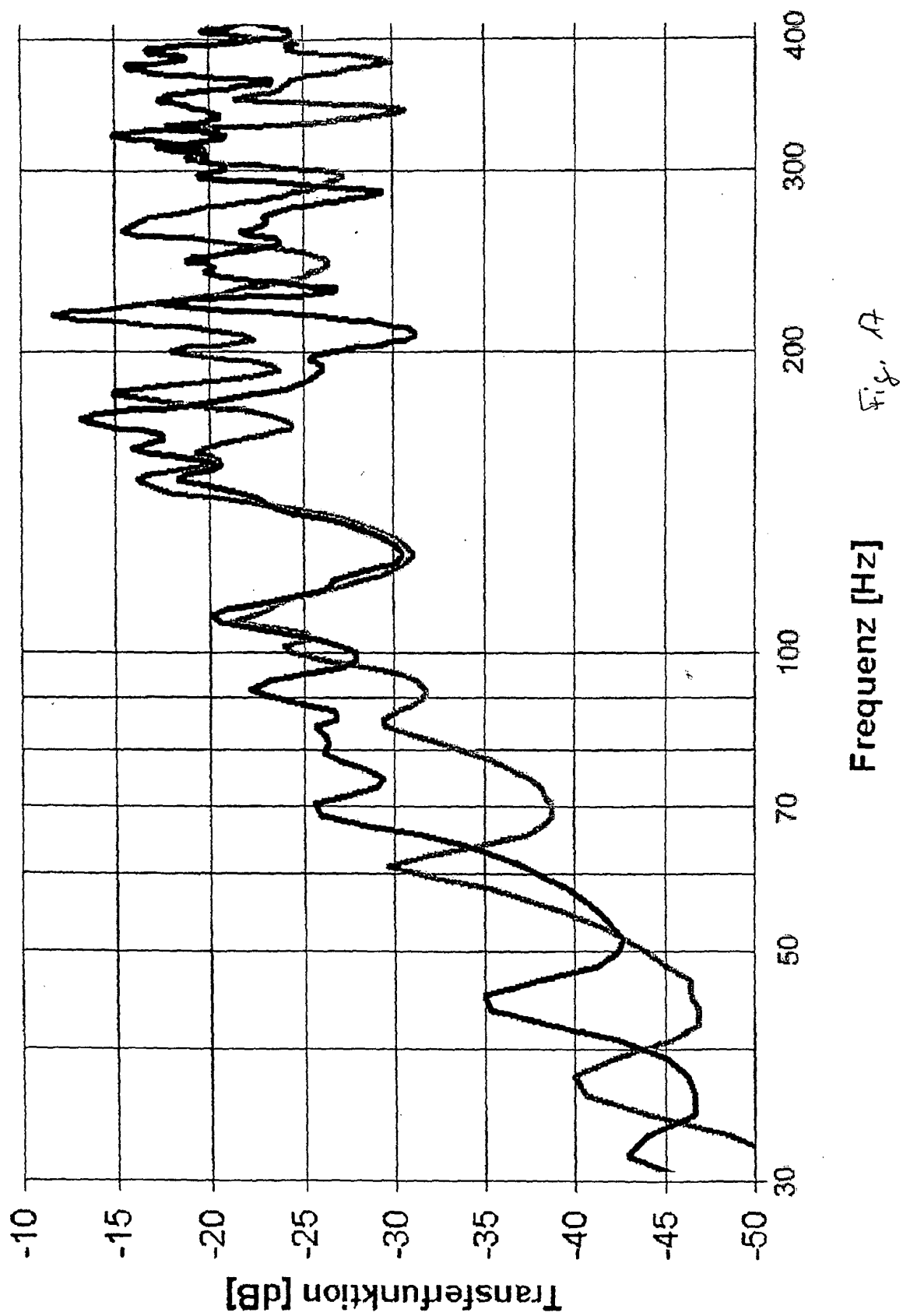


Fig. 17

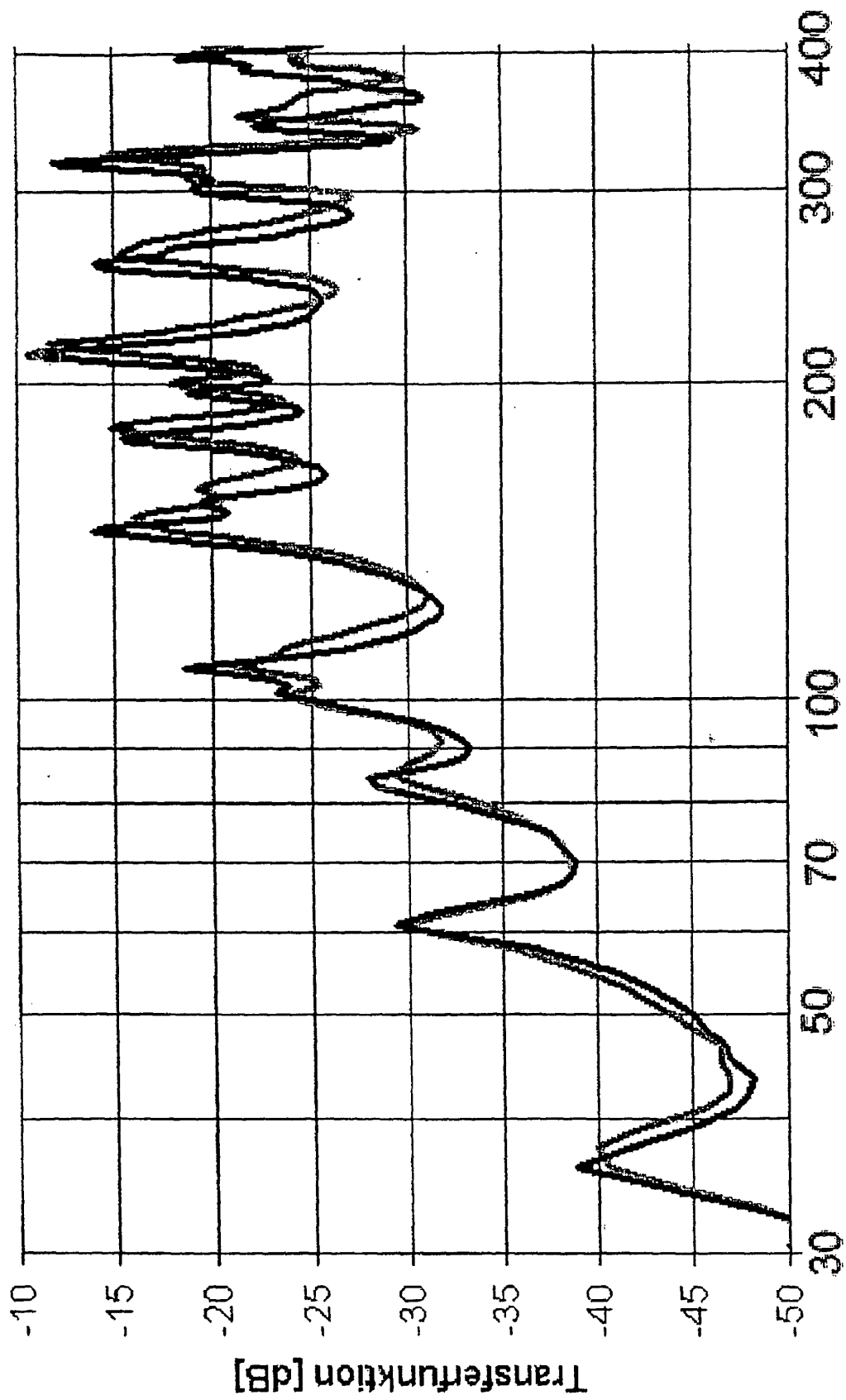
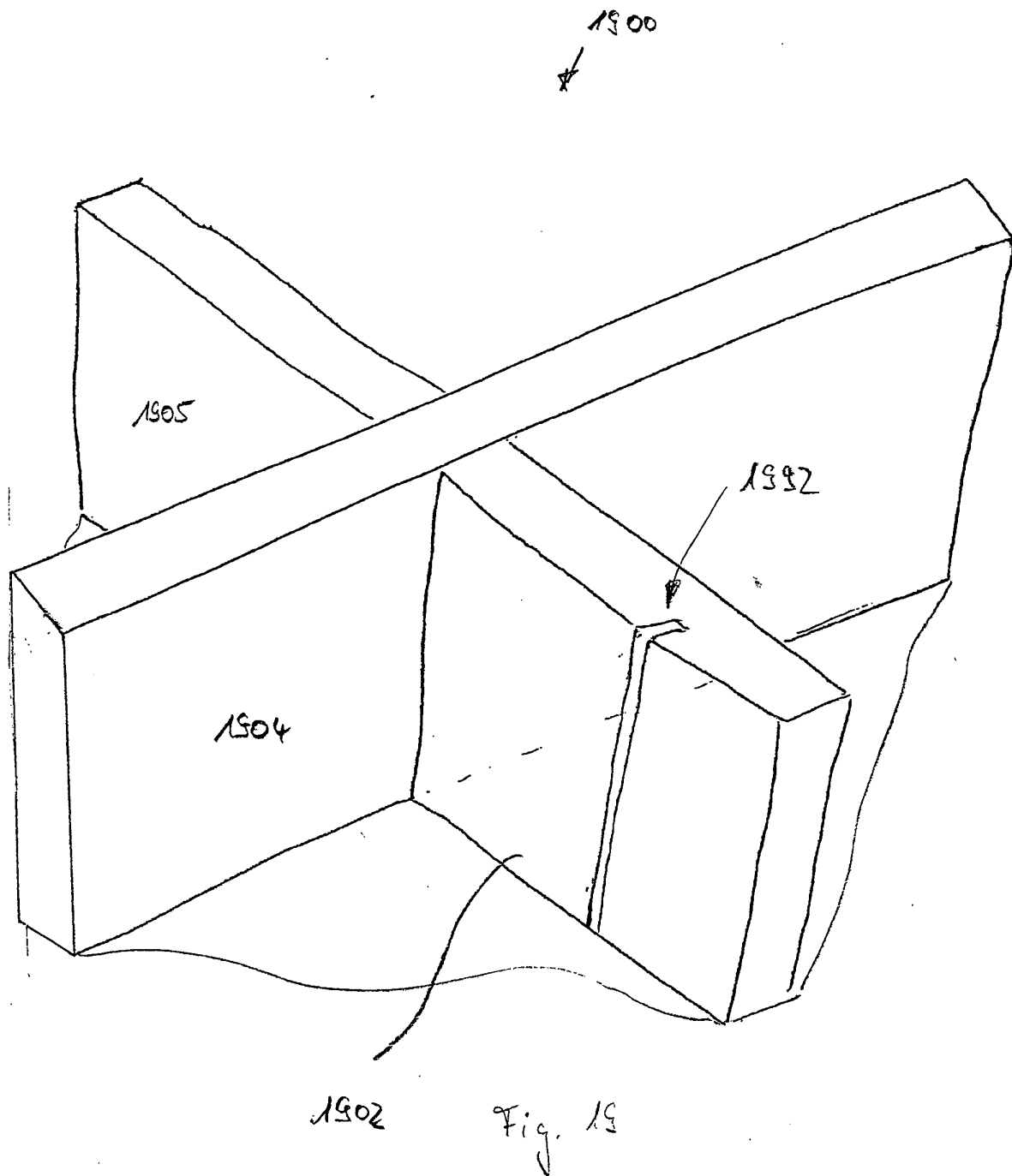


Fig. 18



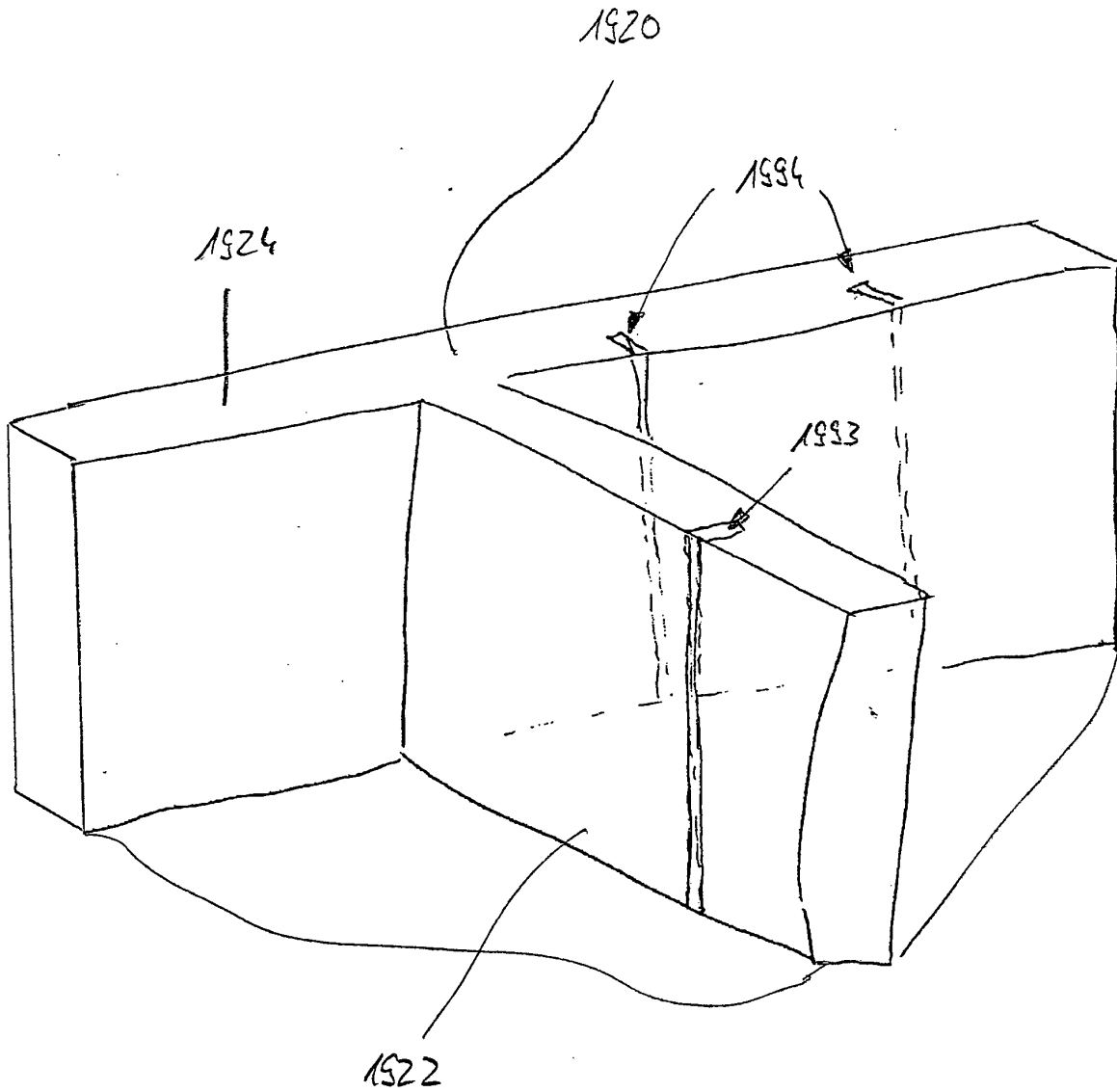


Fig. 20

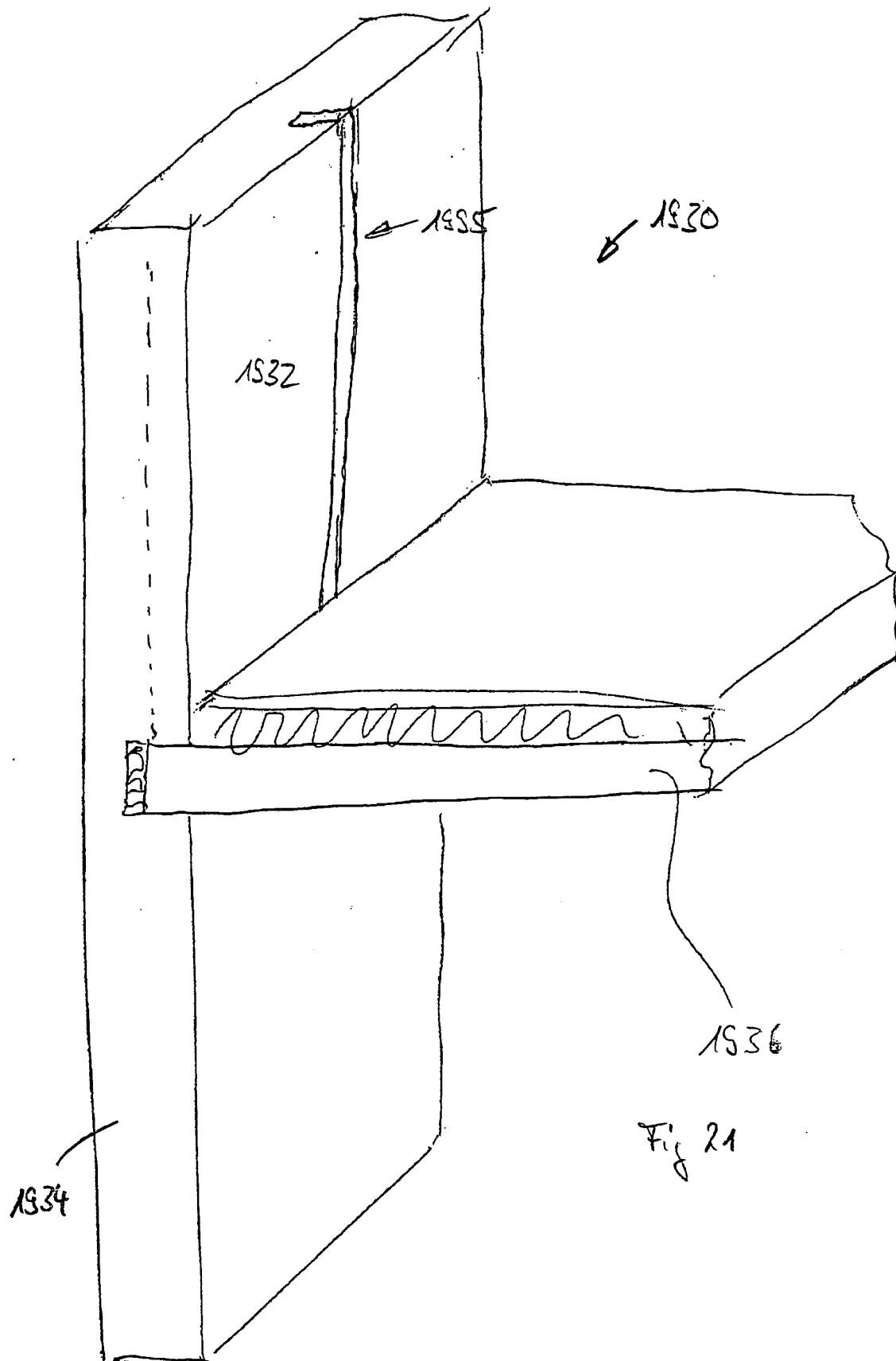


Fig 21

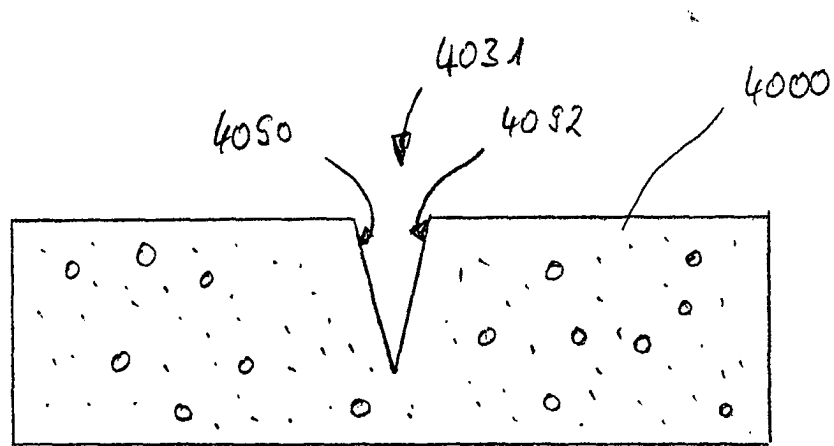


Fig. 22



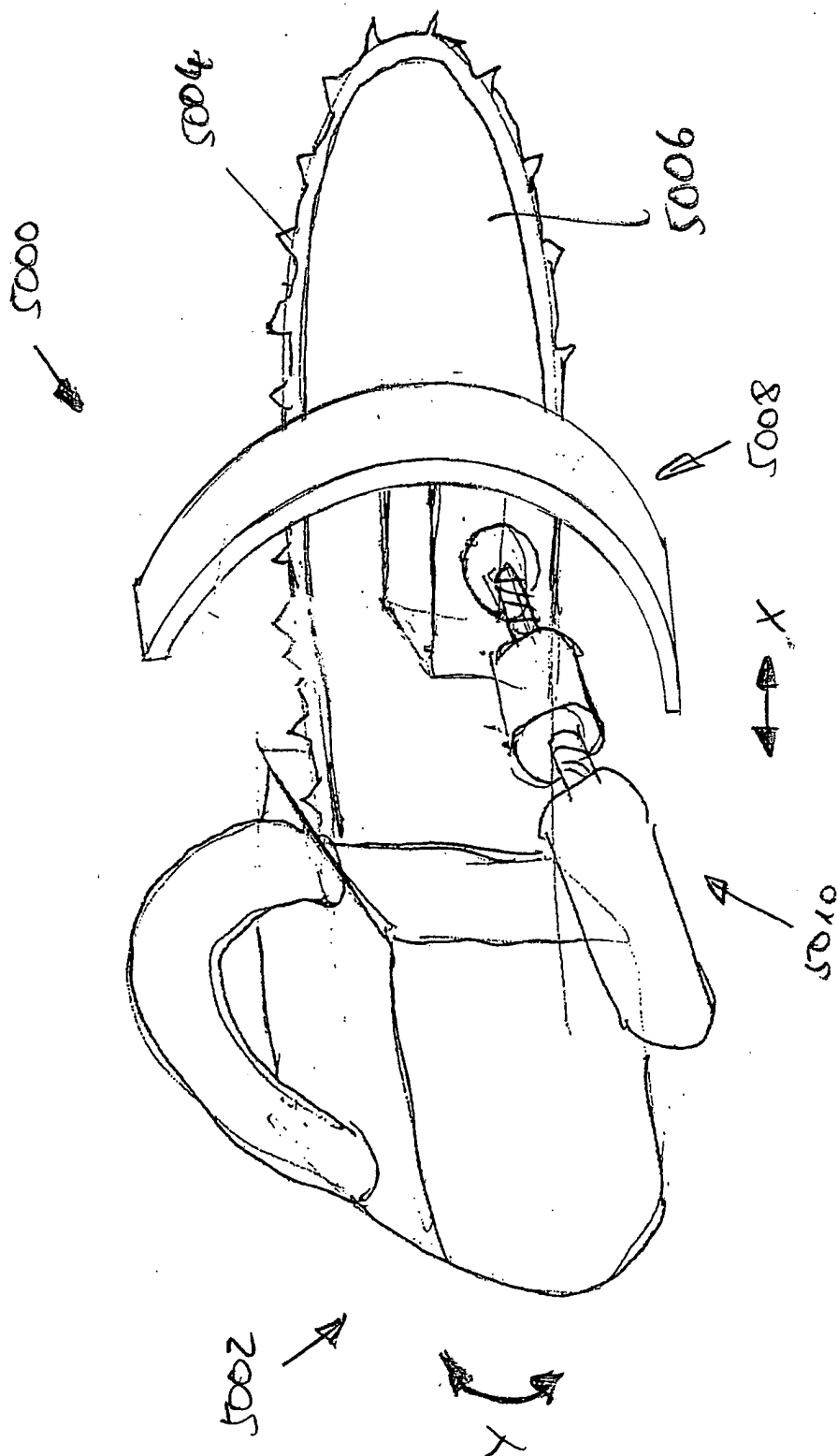


Fig. 23