



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

AT 408 676 B

# PATENTSCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer:

2058/99

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: E04F 17/04

(22) Anmeldefrag:

07.12.1999

(42) Beginn der Patentdauer:

15.06.2001

(45) Ausgabetaq:

25.02.2002

(56) Entgegenhaltungen:

DE 2830606A1 FR 2692021A1 DE 2131410A  
CH 440990A

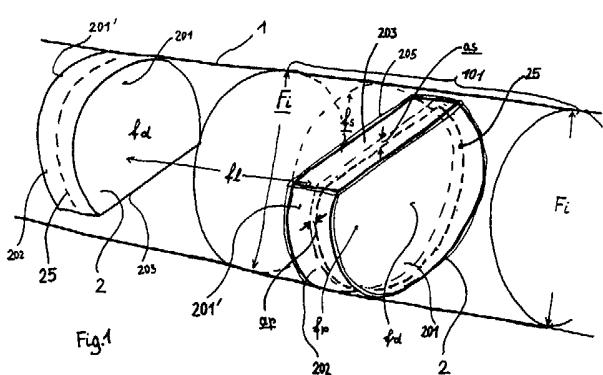
(73) Patentinhaber:

KAMLEITHNER-MALY UTA MAG. ING.  
A-2540 BAD VÖSLAU, NIEDERÖSTERREICH  
(AT).

(54) LÜFTUNGSROHR, INSBESONDERE ZULUFTROHR

AT 408676 B

(57) Die Erfindung betrifft ein Lüftungsrohr, mit zumindest zwei im Abstand voneinander und jeweils zueinander verdreht angeordneten, quer zur Rohrachse sich erstreckenden, scheibenartigen, mit ihren Peripherieflächen (202) an die Lüftungsrohrinnenfläche anliegenden, mehr als 50% der Rohr-Innenquerschnittsfläche (F1) deckenden Schalldämmelementen (2) aus einem schallweichen Material, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass die Schalldämmelemente (2) zuluftstromseitig mindestens eine vom schallweichen Schalldämmmaterial vollflächig bedeckte Schallschluckplatte (25) aus einem Material mit im Vergleich zur Dichte des Schalldämmmaterials höherer Dichte aufweisen, wobei die Schallschluckplatten (25) beabstandet zu den Peripherieflächen der Schalldämmelemente (2), bevorzugt mit einem gleichbleibenden Abstand (ap) angeordnet sind, und wobei weiters bevorzugterweise im Lüftungsrohr (1) zusätzlich zu den genannten Schalldämmelementen (2) ein an sich bekanntes, vom luftein- oder -auslassseitigen Schalldämmelement (2) beabstandetes, vom Differenzdruck zwischen den Lüftungsrohrhenden steuerbares Zuluftregulierorgan (3) sowie gegebenenfalls eine Rückschlagklappe (6), angeordnet ist bzw. sind.



Die Erfindung betrifft ein neues Lüftungs-, insbesondere Zuluftrohr mit in seinem Inneren angeordneten bzw. eingebauten Schalldämm-Elementen, welche verhindern sollen, dass in der Umwelt, insbesondere im Außenraum von Gebäuden od.dgl., also z.B. auf der Straße, bei Verkehrsbauarbeiten, Reparaturarbeiten, durch Gewerbe und Industriebetriebe u.dgl. generierter Lärm bzw. Schall in einem infolge der praktisch freien Durchgängigkeit solcher Lüftungsrohre für Schall im Vergleich zu Wänden, Mauern od.dgl., wesentlich verstärktem Ausmaß in das Innere von Gebäuden, also insbesondere in dessen Innenräume, wie Wohnräume, Büoräume od.dgl., eindringt.

Solche Zuluftrohre weisen in der Regel keine Zwangsluftförder-Einrichtungen, wie z.B. Ventilatoren, auf, vielmehr entsteht der für die Lüftung notwendige Luftstrom infolge der Zugwirkung, die von Luftschächten des Gebäudes, Rauchfängen od.dgl. herrührt.

In der DE 28 03 606 A1 ist ein Schallminderer für Belüftungsrohre beschrieben, bei welchem in einem Mantelrohr eine Mehrzahl von in axialen Abständen und gegeneinander verdreht angeordneten, den Rohr-Innenquerschnitt teilweise füllenden Querwänden aus einem biegeweichen Material angeordnet ist, wobei jeweils aufeinanderfolgende Querwände den freien Querschnitt des Mantelrohres zumindest deckend ausfüllen und selbst mit dem Mantelrohr schallleitend verbunden sind.

Es kommt dort ausdrücklich das Prinzip der Absorptions-Schalldämmung nicht zum Tragen, vielmehr steht dort die Luft- und Körperschalldämmung durch Reflexion im Vordergrund.

Ziel der dort beschriebenen Entwicklung ist es, einen Schallminderer ohne Einsatz von die Hygiene beeinträchtigenden, z.B. porenhaltigen Schallschluckstoffen zu schaffen.

Bei einem anderen Schalldämpfer gemäß DE 21 31 410 A sind in einem Rohr aufeinanderfolgende, quer zur Strömungsrichtung der Luft angeordnete Schalldämm-Elemente vorgesehen, welche ringscheibenartig ausgebildet sind und alle mittig, also rund um die Rohrachse, Durchgangsöffnungen gleicher Querschnittsfläche aufweisen, sodass eine, wie in der vorher erörterten DE 28 03 606 A1 beschriebene gestaffelte Anordnung der Schalldämm-Elemente mit Teilflächen-Überdeckung in Strömungsrichtung dort nicht realisiert ist. Es kann gemäß dieser DE-A1 schallabsorbierendes Material im Bereich der Mittel-Öffnung der Schalldämm-Ringe und im Raum zwischen denselben, diesen Raum z.B. locker füllend, angeordnet sein. Bezuglich der Materialien für die Dämm-Scheiben werden gleichwertig Metall, Kunststoff und Schaumkunststoff nebeneinander genannt.

Der FR 2 692 021 A1 ist grundsätzlich zu entnehmen, dass es für ebenfalls ringscheibenartig und mit zentraler Durchgangsöffnung ausgebildete Schalldämm-Elemente bekannt ist, dieselben mit einem Schalldämmstoff zu bilden, der schalleinwirkungs-abseitig jeweils mit einer Platte aus Metall flächig verbunden ist, wobei diese - ebenfalls ringförmigen - Metallplatten mit ihrem Außenrand an die Lüftungsrohr-Innenwand nicht nur anliegen, sondern vielmehr mit ihr verbunden sind oder sogar einen Teil derselben bilden können.

Schließlich zeigt die CH 440 990 A im wesentlichen bloß auf, dass plattenventil-artige Zuluft-Regulierorgane in Belüftungskanälen ohne Schalldämm-Einbauten zum Stand der Technik gehören.

Allgemein ist noch festzuhalten, dass Lüftungsrohre mit Schalldämm-Einlagen bekannt sind, welche mit zumindest zwei im Abstand voneinander und jeweils gegenseitig - bevorzugt um 180°C - verdreht angeordneten, quer, insbesondere senkrecht, zur Rohrachse sich erstreckenden, im wesentlichen scheibenartigen, mit ihren Peripherflächen an die Innenfläche des Lüftungs-Rohres zumindest satt anliegenden, bevorzugt unter Eigenspannungsdruck angepressten, mehr als 50%, bevorzugt 55 bis 65%, der Rohr-Innenquerschnittsfläche flächenfüllend deckenden und eine etwa segmentartige Rest-Querschnittsfläche für den Luftdurchgang freilassenden Schalldämm-Elementen aus einem akustisch nachgiebigen bzw. schallweichen Material, bevorzugt aus einem Polymer- bzw. Elastomerschaum, ausgestattet sind.

Es wurde gefunden, dass die Schalldämmwirkung der bekannten, mit Schalldämm-Elementen ausgerüsteten Lüftungsrohre durch eine neue Art der Ausgestaltung und mittels eines wenig kostenaufwendigen Umbaus der Schalldämm-Elemente in beträchtlichem Ausmaß gesteigert werden kann, ohne dass die Struktur der mit derartigen Schalldämm-Elementen ausgestatteten Lüftungsrohre oder die äußere Gestalt der Schalldämm-Elemente geändert zu werden braucht.

Weiters wurde gefunden, dass durch zusätzliche Anordnung eines, wie z.B. in der o.a. CH 440 990 A beschriebenen Zuluft-Regulierorgans die Schalldämmwirkung noch weiter verbessert werden kann.

sert werden kann und gleichzeitig eine sehr effektive Sicherung der Lüftungsanlage im Falle von starkem Winddruck, also z.B. bei Sturm, erzielt werden kann.

Demgemäß ist Gegenstand der Erfindung ein, wie oben näher beschriebenes Lüftungs-, insbesondere Zuluftrohr, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass

- 5 - die im Lüftungsrohr angeordneten Schalldämm-Elemente in an sich bekannter Weise zuluftstromseitig mindestens eine vom genannten schallweichen Schalldämm-Material vollflächig bedeckte Schallschluck-Platte aus einem Material mit im Vergleich zur Kompakt-Materialdichte des Schalldämm-Materials höherer Dichte, bevorzugt aus Metall, aufweisen,
- 10 - wobei die Schallschluck-Platten der Schalldämm-Elemente beabstandet zu den Peripher-Flächen der Schalldämm-Elemente, bevorzugt mit einem gleichbleibenden Abstand, angeordnet sind, und
- 15 - wobei es weiters bevorzugt ist, dass im Lüftungsrohr zusätzlich zu den genannten Schalldämm-Elementen ein an sich bekanntes, vom lufteinlass- oder vom luftauslassseitigen Schalldämm-Element beabstandetes, vom Differenzdruck zwischen den Lüftungsrohr-Enden steuerbares Zuluft-Regulierorgan mit Regulierplatte
- sowie gegebenenfalls weiters eine an sich bekannte Rückschlagklappe, angeordnet ist bzw. sind.

Mit der erfindungsgemäßen Ausbildung der Schalldämm-Elemente ist dafür Sorge getragen, dass die an sich rigiden Schallschluck-Platten mit der Rohrwandung überhaupt nicht in Kontakt kommen oder kommen können, womit eine Brücke für eine unerwünschte Schall-Übertragung zwischen Lüftungsrohr und Schalldämm-Element vermieden ist.

Es hat sich gezeigt, dass sich durch die Kombination von schallweichem Schalldämm-Material und der neuen, nicht bis an die Peripherfläche des Schalldämm-Elementes heranreichenden Schallschluck-Platte aus einem Material höherer Dichte, bevorzugt mit einer Dichte von über 25  $3g/cm^3$  eine Steigerung der Schalldämm-Wirkung im Ausmaß von 4 bis 6 Dezibel, bei etwa 40 bis 50 Dezibel, die eine bisherige Schalldämmung bringt, zu erreichen ist, wobei durch das bevorzugterweise zusätzlich vorgesehene Zuluft-Regulierorgan ein zusätzlicher Schalldämm-Effekt im Ausmaß von mindestens 1 und bis zu 2 Dezibel hinzugewonnen werden kann.

Was den oben verwendeten Ausdruck "Kompakt-Materialdichte" des Schalldämm-Materials betrifft, so ist damit die Dichte des Kunststoff-Vollmaterials, welches die Porenwandungen und die verbindenden Stege zwischen den Poren bildet, gemeint.

Um zu gewährleisten, dass die Schallschluck-Platte an keiner Stelle bis an die Außenflächen des Schalldämm-Elementes heranreicht oder dieselbe womöglich gar überragt und dadurch bedingt vom eindringenden Schall in Schwingungen versetzt werden kann, ist eine Ausführungsform gemäß Anspruch 2 von Vorteil, bei welcher die Schallschluck-Platte rundum in einem gewissen Abstand sowohl von der Peripher-, als auch von der Segmentfläche des Schalldämm-Elementes beabstandet endet, wobei hier einige Millimeter Abstand durchaus genügen.

Es wurde gefunden, dass es nicht unbedingt nötig ist, die Schallschluck-Platte in das Innere des einzelnen Schalldämm-Elementes zu integrieren, sondern, dass auch eine Anordnung in der Weise, dass die Schallschluck-Platte an der der Schallquelle abgewandten Seite der einzelnen Schalldämm-Elemente angeordnet ist, wie dies aus Anspruch 3 hervorgeht, einen durchaus beachtlichen Schalldämm-Effekt ergibt.

Wesentlich ist jedenfalls, dass der Schall auf seinem Weg von der Schallquelle her zuerst in das schallweiche Material des einzelnen Dämmelementes eindringen und dasselbe durchdringen muss, dabei wesentlich geschwächt wird und dann erst an die Barriere mit der schallenergievernichtend erhöhten Material-Dichte der Schallschluck-Platte gelangt und dieser Vorgang sozusagen nach Art von Kaskaden zu einer potentiellen Verringerung des Schalldurchtrittes führt.

Es ist allerdings nicht zu leugnen, dass die Schalldämmung dann besonders effektiv ist, wenn die Schallschluck-Platten jeweils beidseitig vom schallweichen Material des Schalldämm-Elementes bedeckt sind. Eine einfache Ausführungsform kann z.B. ein Aufschneiden eines, wie bisher bekannten, Schalldämm-Elementes in zwei scheibenartige Hälften, ein Einlegen der Schallschluck-Platte zwischen die beiden Halb-Scheiben aus dem Schalldämm-Material etwa nach Art eines Sandwich und ein Zusammenkleben des Ensembles umfassen. Zu dieser Variante sei im einzelnen auf den Anspruch 4 verwiesen.

55 Eine weitere Erhöhung der Schalldämm-Wirkung in einem mit den neuen Schalldämm-

Elementen ausgestatteten Lüftungsrohr lässt sich erzielen, wenn, wie gemäß Anspruch 5 vorgesehen, die Schallschluck-Platten an ihren Rändern rundum vom Schalldämm-Material umgeben sind, sie also gänzlich in das Schalldämm-Material des Schalldämm-Elementes "eingepackt", also insbesondere eingeschäumt sind.

5 Es wurde weiters gefunden, dass die Schalldämm-Wirkung durch eine das vielzellig und bevorzugt geschlossenporöse Schalldämm-Material, also insbesondere Schaumstoff, der einzelnen Schalldämm-Elemente umgebenden Hülle aus textil- oder vliesartigem Material unter Umständen sogar geringfügig weiter gesteigert werden kann. Auf eine derartige Ausführungsform richtet sich insbesondere der Gegenstand des Anspruches 6.

10 Es ist auf diese Weise das porige Schalldämm-Material nicht als solches direkt dem das Lüftungsrohr durchziehenden Luftstrom ausgesetzt. Es können dann die Poren nicht mehr durch Staub oder Partikel zugesetzt werden und dann im sich immer mehr verdichtenden Zustand selbst zu einer unerwünschten Steigerung der Schall-Leitung der Schalldämm-Elemente beitragen. Die genannte Hülle des Schalldämm-Elementes kann als freier Überzug desselben ausgebildet sein, 15 sie kann aber auch an das Schalldämm-Material des Schalldämm-Elementes angeklebt sein oder das Schalldämm-Material kann direkt an die genannte Hülle angeschäumt sein od.dgl.

Bevorzugt ist, siehe dazu im besonderen Anspruch 7, eine mittige Anordnung der Schallschluck-Platte, und zwar bevorzugterweise parallel zu den beiden Deckflächen des Schalldämm-Elementes, was insbesondere auch fertigungsökonomisch vorteilhaft ist.

20 Es ist jedoch an sich nichts gegen eine etwaige "schräge" Anordnung der Schallschutz-Platten in den Schalldämm-Elementen einzuwenden, da infolge der ja notwendigen gegenseitigen "Verdrehung" mehrerer Schalldämm-Elemente hintereinander ein integraler Ausgleich der vom Schall zu durchdringenden Schichtdicken des schallweichen Materials der neuen Schalldämm-Elemente eintritt.

25 Fertigungstechnisch aufwendiger ist es, anstelle von ebenen Schallschluck-Platten Well-Platten aus dem Material höherer Dichte in die Schalldämm-Elemente einzubauen, wie gemäß Anspruch 8 vorgesehen, allerdings kann damit eine gewisse weitere Reduktion des Schall-durchgangs durch das neue Schalldämm-Lüftungsrohr erreicht werden.

Was die im Anspruch 9 angegebene, besonders bevorzugte Materialstärke der Schallschluck-Platten betrifft, hat sich gezeigt, dass eine Materialstärke von unter 1 mm wenig Effekt gegenüber völlig unbewehrten Schalldämm-Elementen bringt und dass Plattendicken von über 3 mm kaum mehr relevante Steigerungen bezüglich der Schalldämm-Wirkung bringen können.

30 An dieser Stelle sei zur Dimensionierung der neuen Schalldämm-Elemente ausgeführt, dass sie z.B. bei Innenweiten des Lüftungsrohres im Bereich zwischen 80 und 135 mm und bei einer Anzahl von 3 bis 5 üblicherweise eine Dicke im Bereich von 25 bis 50 mm, insbesondere von 35 30 bis 40 mm aufweisen. In gewissem Ausmaß gilt die Regel, dass - bei etwa gleicher Schalldämm-Wirkung - bei kleinerer Anzahl der Schalldämm-Elemente pro Lüftungsrohr, deren "Dicke" im einzelnen entsprechend höher sein muss, sodass sich in etwa eine Faustregel gemäß Anspruch 10 aufstellen lässt.

40 Bevorzugte Materialien für die Schallschluck-Platte der neuen Schalldämm-Elemente, siehe dazu insbesondere Anspruch 11, sind Metalle bzw. Metallegierungen mit Dichten von mindestens 3 g/cm<sup>3</sup>, wobei rostfreier Stahl mit einer Dichte von etwa 7,5 g/cm<sup>3</sup>, insbesondere wegen seiner Korrosionsfestigkeit besonders bevorzugt sein kann.

45 Letztlich gilt der Grundsatz, für die Schallschluck-Platte ein Metall mit möglichst hoher Dichte einzusetzen, wobei sich in diesem Sinne besonders Blei und Zink anbieten würden, was allerdings umwelt-technische Bedenken hervorruft. Im wesentlichen lässt sich also die Forderung aufstellen, als Material für die Schallschluck-Platte ein sogenanntes "Schwermetall" zu verwenden.

Was die, bezogen auf den Zweck, optimale Anzahl der in einem üblichen Lüftungsrohr unterzubringenden neuen Schalldämm-Elemente betrifft, so ist, siehe auch Anspruch 12, davon auszugehen, dass weniger als drei solche Elemente zu wenig Schalldämmung bringen, da hiebei der Weg des Schalles noch zu direkt ist, und dass bei mehr als sechs solchen Schalldämm-Elementen die Relation von Schalldämm-Effekt und Aufwand nicht mehr "stimmt". Generell lässt sich sagen, dass bei gleicher Schalldämm-Wirkung ein mit vier bis fünf bisher üblichen Schalldämm-Elementen ausgerüstetes Rohr um zumindest ein neues Schalldämm-Element weniger, 50 also bloß drei bis vier solche Elemente benötigt.

Insbesondere in Hinblick auf den durch die Einbauten in das Lüftungsrohr in jedem Fall behinderten Luftaustausch und um die Generierung von Geräuschen innerhalb des Lüftungsrohres etwa wegen zu hoher lokaler Luftströmgeschwindigkeiten zu vermeiden, ist es günstig, die Strömungsquerschnitte innerhalb des Lüftungsrohres, also jeweils um die Schalldämm-Elemente herum und zwischen denselben sowie dort, wo sie einen Teil des Rohrquerschnittes freilassen, möglichst gleichmäßig zu halten, wozu im einzelnen auf Anspruch 13 zu verweisen ist.

Um die in diesem Sinne richtige Positionierung in Rohr-Längsachsen-Richtung und letztlich auch Lagehaltung der neuen Schalldämm-Elemente über lange Zeit zu gewährleisten, kann für diesen Zweck mit entsprechenden "Maß-Lehren" gearbeitet werden, mit deren Hilfe die jeweilige Einschubtiefe der neuen Schalldämm-Elemente von einer Rohrseite her genau einstellbar ist. Allerdings ist damit ein beträchtlicher Aufwand bei der Ausrüstung der neuen Rohre gegeben, wobei jedoch dennoch keine volle Sicherheit gegen Verrutschen oder gegenseitige Versetzungen der Schalldämm-Elemente in Rohrachsen-Richtung zu erzielen ist.

Um derartige Gefahren bezüglich Positionierung bei und nach einem Einbringen der Schalldämm-Elemente in das neue Lüftungsrohr von vornherein zu vermeiden, ist es günstig, gleich beim Einschieben der Schalldämm-Elemente jeweils entsprechende Abstandshalter zwischen denselben anzuordnen, wie aus dem Anspruch 14 hervorgeht. Der Vorgang beim Bestücken des Lüftungsrohrs mit den neuen platten-bewehrten Schalldämm-Elementen ist dann etwa so, dass ein erstes Element in seiner vorgegebenen Position, also z.B. mit seiner Segmentfläche nach oben eingeschoben wird, wonach ein Abstandshalte-Ring geringer Materialstärke eingebracht wird, der am besten an der Rohr-Innenfläche anliegt und vorteilhafterweise aus eben dem gleichen Material bestehen kann, wie die Schalldämm-Elemente selbst, was Reflexionen des Schalles an der Rohrwandung vermindert. Dann wird wieder ein Schalldämm-Element, danach ein Abstandshalte-Ring in das Rohr eingeschoben usw.

Eine geringe Materialstärke der Abstandhalte-Ringe, ist insbesondere deswegen günstig, weil dann durch die genannten Ringe keine wesentliche Verminderung der für den Luftstrom zur Verfügung stehenden Querschnittsfläche des Lüftungsrohres eintritt.

Gemäß der dem Anspruch 15 zu entnehmenden, insbesondere brandsicherungs-technisch günstigen Ausführungsform der Erfindung ist die Anordnung eines Brandschutzlaminat-Rings im Lüftungsrohr, der im wesentlichen an jeder Stelle desselben angeordnet sein kann, von besonderem Vorteil.

Weiters hat es sich als günstig erwiesen, das mit den neuen "platten-armierten" Schalldämm-Elementen ausgestattete Lüftungsrohr mit einem im wesentlichen seinen gesamten Querschnitt deckenden und vom gesamten Luftstrom durchströmten Filter gegen das Eindringen und das Eintragen von Stäuben u.dgl. auszustatten, wie gemäß Anspruch 16 vorgesehen.

Um ein Eindringen von Kleingetier, Blättern od.dgl. zu verhindern, ist es weiters vorteilhaft, das Lüftungsrohr an beiden Enden, aber jedenfalls zumindest außenseitig mit einem Lüftungsgitter od.dgl. abzuschließen, wie aus dem Anspruch 17 hervorgeht.

Eine wegen ihrer Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an verschiedene, vom Lüftungsrohr zu durchsetzende Mauer- bzw. Gebäudewandstärken besonders bevorzugte Ausführungsform des neuen Lüftungsrohres gemäß Anspruch 18 sieht dessen modularartige Teilung in, bevorzugt gleichartige, gleichdimensionierte Rohrstücke bzw. Rohrsegmente vor, welche bevorzugterweise über Steckverbindungen zu einem Lüftungsrohr zusammengesetzt werden können, dessen eigene Wandstärke über die gesamte Länge des Lüftungsrohres konstant ist.

Gemäß einer weiteren und auf die Schalldämmungs-Aufgabe gezielt ausgerichteten Ausbildungsform der Erfindung ist es günstig, die genannten Rohrstücke gleich selbst als einbaufertige Funktionsmodule zur Verfügung zu stellen, also insbesondere gleich von vornherein mit jeweils einem der neuen Schalldämm-Elemente ausgestattet, das Zuluft-Regulierorgan und/oder den Brandschutzlaminat-Ring beherbergend u.dgl., wozu im Detail auf den Anspruch 19 und auf den Anspruch 20 zu verweisen ist.

Günstigerweise können, siehe dazu im einzelnen die Ansprüche 21, 22 und 23, als Rohrabschlüsse in das Rohr einschiebbare, das Lüftungsgitter und/oder zusätzlich das Luftfilter und/oder zusätzlich den Brandschutzlaminat-Ring tragende Rohr-Abschlußstützen vorgesehen sein.

Wie schon eingangs erwähnt, lässt sich beim erfindungsgemäßen Schalldämm-Lüftungsrohr

nicht nur in Bezug auf von außen eindringendem Schall und dessen Dämmung ein besonders hoher Lüftungskomfort mit Hilfe eines fakultativ bzw. zusätzlich zu den schallschluck-platten-bewehrten Schalldämm-Elementen im Rohr vorgesehenen Zuluft-Regulierorgans erzielen. Der Sitz für das Plattenventil hat vorteilhafterweise einen Durchmesser, der zwar kleiner als der Rohr-Innendurchmesser ist, aber dennoch möglichst groß ist, sodass der Luftdurchtritt bei geöffnetem Zustand nur wenig eingeengt ist. Bei erhöhter Druckdifferenz zwischen Außenseite und Innenseite des Lüftungsrohrs, also z.B. im Falle von Sturm, Böen od.dgl., wird der Ventilteller gegen die Kraft einer auf dem Ventilsitz-Ring verankerten Kreisfeder in den Ventilsitz gedrückt und sperrt das Zuluft-Regulierorgan gegen ein Eindringen von Luft mit hoher Strömungsgeschwindigkeit. Um aber zu vermeiden, daß bei längeren Zeiten eines Verschließens infolge permanent hoher Druckdifferenzen das Zuluft-Regulierorgan die Belüftung völlig behindert, ist es vorteilhaft - siehe dazu den Anspruch 24 - im Ventilteller eine Not-Lüftungsöffnung für eine zwar wesentlich gedrosselte, aber dennoch nicht völlig unterbundene Luftzufuhr vorzusehen.

Nicht zuletzt soll der Vorteil der erfundungsgemäßen Schalldämm-Lüftungsrohre anhand der Ergebnisse konkreter Versuche erläutert werden:

Die Lüftungsrohre können für Luftdurchsätze von bis zu 70 m<sup>3</sup>/h gebaut sein. Bevorzugte Materialien für die Schalldämm-Elemente sind Polystyrol, und für die Schallschluck-Platten Edelstahl.

Zwei im Abstand voneinander im Dämm-Element untergebrachte Schallschluck-Platten mit 1 mm Dicke bringen im wesentlichen den gleichen Effekt wie eine einzige solche Platte mit 2 mm Materialstärke.

Der Einbau eines Brandschutzlaminat-Ringes in derartige Schalldämm-Lüftungsrohre ist neu und erhöht die Sicherheit wesentlich.

Folgender Vergleich anhand von jeweils zwei konkreten, untereinander identischen Lüftungsrohren (3 Dämm-Elemente, Rohrdurchmesser 100 mm), von welchen eines konventionell nur mit Polystyrol-Schaum ausgebildet und das andere mit den neuen Schalldämm-Elementen mit je einer 2 mm dicken Schallschluck-Platte ausgerüstet war, welche 4 mm Randabstand zur Außen-Kontur des Schalldämm-Elementes aufwies, zeigt die erfundungsgemäß zu erzielenden Effekte:

		Schalldämm-Effekt	
30	1. konventionell ausgestattetes Lüftungsrohr	41 dB	44 dB
35	2. erfundungsgemäß ausgestattetes Lüftungsrohr	46 dB	49 dB
40	3. zusätzlich mit Zuluft-Regulierorgan ausgestattetes Lüftungsrohr gemäß 2.	48 dB	50,7 dB

Die Schallschluck-Platten erbringen also einen zusätzlichen Dämmeffekt von zumindest 5 dB, welcher durch den zusätzlichen Einbau eines Zuluft-Regulierorgans noch auf etwa 7 dB steigerbar ist. Eine Vlies-Kaschierung der Schalldämm-Elemente kann dann unter Umständen noch bis zu 1 dB zusätzlich bringen.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 die Schrägaansicht eines der in ein erfundungsgemäß ausgestattetes Lüftungsrohr einzubauenden neuartigen Schalldämm-Elemente, die Fig. 2 ein mit drei derartigen Schalldämm-Elementen ausgestattetes Lüftungsrohr in einer Schnittansicht, die Fig. 3 und 4 die Schnittansichten zweier mit sechs bzw. drei neuen Schalldämm-Elementen und einem Zuluft-Regulierorgan sowie mit einem Luftfilter ausgestatteten, erfundungsgemäß Lüftungsrohrs, die Fig. 5 die Schnittansicht eines anderen, mit drei neuen Schalldämm-Elementen und ebenfalls mit einem Luftfilter und einem Zuluft-Regulierorgan ausgestattetes Lüftungsrohr, die Fig. 6 die Schnittansicht eines mit drei Schalldämm-Elementen, Luftfilter, Zuluft-Regulierorgan und Branschutzlaminat-Ring ausgestattetes Lüftungsrohr und schließlich die Fig. 7 die Schnittansicht einer weiteren Ausführungsvariante des erfundungsgemäß Lüftungsrohres mit drei Schalldämm-Elementen, einem Zuluft-Regulierorgan und einem Luftfilter ohne Branschutzlaminat-Ring.

Das in Fig. 1 im Schrägriß gezeigte, an die Innenfläche des Lüftungsrohres 1 angepreßte Schalldämm-Element 2 ist etwa scheibenförmig ausgebildet und hat etwa kreissegmentartige Kontur, wobei das Kreissegment eine Fläche  $fd$  von mehr als 50% der kreisförmigen Rohr-Innenquerschnittsfläche  $fi$  bedeckt und eine Segmentfläche  $fs$  des Rohr-Innenquerschnitts  $fi$  für die Lustströmung freiläßt. Das Dämm-Element 2 weist zwei Deckflächen 201, 201', eine an die Rohr-Innenwand angrenzende Peripherfläche 202 und eine Segmentfläche 203 auf. Angedeutet ist noch, wie der Kern des Dämm-Elementes 2 aus einem Schalldämm-Material, insbesondere aus einem Polymerschaum, mit einer Überzugshülle 205, beispielsweise aus einem Vliesmaterial, umgeben ist. Diese Hülle kann an sich lose, aber gespannt um den Kern angeordnet sein, sie kann aber auch an das Schaummaterial des Schalldämm-Elementes 2 angeklebt, angeschäumt, angeschmolzen od.dgl., sein. Der Vorteil der Hülle 205 liegt darin, daß der mit der Zuluft mitgeführte Staub nicht in die Poren des Schalldämm-Materials gelangen kann und so ein Zuwachsen derselben vermieden wird. Durch ein solches Zuwachsen würde letztlich der, insbesondere durch die Porenstruktur der Schalldämm-Elemente 2 zustandekommende Schalldämm-Effekt nach längerer Betriebsdauer stark absinken. Gezeigt ist weiters, wie im Inneren des Schalldämm-Elementes 2 eine Schallschluck-Platte 25 eingebaut ist, welche von der Rohr-Innenwandung bzw. von der Peripherfläche 202 und von der Segmentfläche 203 des Schalldämm-Elementes 2 einen Abstand  $ap=as$  aufweist, also rundum nicht bis an die Außenseite bzw. die äußeren Flächen 202, 203 des Schalldämm-Elementes 2 heranreicht und somit eine geringere Plattenfläche  $fp$  aufweist als die Fläche  $fd$  des Schalldämm-Elementes 2. In der Fig. 1 angedeutet ist noch, wie das Lüftungsrohr 1 mit einzelnen ineinandergesteckten Rohrmodulen 101 gebildet ist, und wie jeweils pro Modul 101 ein Schalldämm-Element, am besten über seine Peripherfläche 203 lagegebunden angeordnet ist.

In einem weiteren Rohrstück 101 ist ebenfalls ein Schalldämm-Element 2 mit Schallschluck-Platte 25 angedeutet, das aber in einer im Vergleich zum oben näher erläuterten Dämm-Element um 180° "verdrehten" Lage positioniert ist. Zwischen den beiden gezeigten Elementen 2 ist eine in Rohrachsen-Richtung gelegene Zwischenelement-Luftdurchzugs-Querschnittsfläche  $fl$  angedeutet. Es ist günstig, wenn die oberhalb bzw. unterhalb der Segmentflächen 203 der Schalldämm-Elemente 2 in Rohrachsen-Richtung für den Luftdurchgang freibleibende Rest-Querschnittsfläche  $fs$  zumindest größenumordnungsmäßig etwa gleich ist der gerade erläuterten Fläche  $fl$  zwischen den einzelnen Schalldämm-Elementen 2.

Die Schnittansicht des eine Wand, Mauer 9 od.dgl. durchsetzenden; erfindungsgemäßen Lüftungsrohrs 1 in der Ausführungsform gemäß Fig. 2 zeigt ebenfalls, wie das Lüftungsrohr 1 mit einzelnen, ineinandergesteckten Rohrstücken 101 gebildet ist, wobei von links gesehen, das dritte, vierte und fünfte Rohrstück 101 jeweils ein - relativ zum nächsten, um 180° "verdrehtes" - Schalldämm-Element 2 mit Einlageplatte 25 beherbergt. Von den beiden Enden des Lüftungsrohrs 1 her ist jeweils ein - ein Lüftungsgitter 11 bzw. eine fixe derartige Jalousie und eine dasselbe umgebende Abdeckrossette 111 aufweisender - Rohrstützen 112 eingeschoben. In den Rohrstützen 112 ist weiters ein - dessen gesamte freie Querschnittsfläche füllendes und sich am Lüftungsgitter 11 abstützendes, gegen das Eindringen von Staub wirksames Luftfilter 5 angeordnet. Der Rohrstützen 112 des linksseitigen Lüftungsgitters 11 trägt einen innen anliegenden Ring 4 aus einem Brandschutzlaminat, welches bei Hitzeeinwirkung im Brandfall aufzuschäumen beginnt und in kürzester Zeit das Lüftungsrohr 1 mit einem hoch-feuerfesten Schaum ausfüllt.

In der Fig. 2 angedeutet ist noch die oberhalb der Segmentfläche 203, die des Schalldämm-Elementes 2 für die Luft-Durchströmung zur Verfügung stehende noch freie segmentartige Querschnittsfläche  $fs$  jeweils oberhalb und unterhalb der einzelnen Schalldämm-Elemente 2, sowie die zwischen den einzelnen Schalldämm-Elementen 2 freibleibende Luftdurchzugsfläche  $fl$ . Günstig ist es, wenn die Querschnittsfläche  $fs$  im freibleibenden Rohrsegment und jene  $fl$  zwischen den Schalldämm-Elementen 2 etwa in gleicher Größenordnung vorliegen.

Bei der Erläuterung der Fig. 2 nicht nochmals erwähnte Bezugszeichen haben dieselbe Bedeutung, wie in Fig. 1.

Das in der Fig. 3 bei gleichbleibenden sonstigen Bezugszeichenbedeutungen gezeigte, ebenfalls aus Rohrstücken 101 modularig zusammengesetzte Lüftungsrohr 1 mit endseitigen Lüftungsgittern 11 weist sechs, jeweils um 180° gegeneinander verdrückte, im Vergleich zu den Schalldämm-Elementen 2 der Fig. 2 wesentlich geringere Materialstärke aufweisende Schalldämm-Elemente 2 auf, deren Gesamt-Materialstärke jedoch im wesentlichen im Bereich der Summe der

Materialstärken der drei in der Fig. 2 gezeigten Schalldämm-Elemente 2 liegt. In dem in dieser Figur gezeigten Lüftungsrohr 1 ist zusätzlich ein Zuluft-Regulierorgan 3 mit Ventilsitz-Ring 31, mit Ventilsitz 310, sich an dem Ring 31 abstützender Spiral-Kreisfeder 33 und einem von derselben im Abstand vom Ventilsitz 310 gehaltenen Ventilteller 32 angeordnet. In der Mitte weist der Ventilteller 32 eine "Not-Durchgangsöffnung" 321 für einen Rest-Luftstrom im Falle eines Verschließens des Zuluft-Regulierorganes 3 auf. Den Abschluß der Einbauten des Lüftungsrohres 1 bildet ein in den Rohrstutzen 112 des Lüftungsgitters 11 eingebautes Luftfilter 5. Bei dem in dieser Fig. gezeigten Lüftungsrohr 1 ist kein Brandschutzlaminat-Ring vorgesehen.

Das Lüftungsrohr gemäß Fig. 4 weist nur drei erfindungsgemäße Schalldämm-Elemente 2 auf und ist sonst im wesentlichen gleich aufgebaut wie das soeben erläuterte Lüftungsrohr gemäß Fig. 3.

Die Fig. 5 zeigt - bei sonst gleichbleibenden Bezugszeichen-Bedeutungen - eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Lüftungsrohres 1 mit drei Schalldämm-Elementen 2 mit jeweils mittiger Schallschluck-Platte 25, einem linksseitig angeordneten Zuluft-Regulierorgan 3, einem sich links daran anschließenden, gegen das Rohrende hin erstreckenden, relativ breiten Brandschutzlaminat-Ring 4 und schließlich mit einem im Rohrstutzen 112 des Lüftungsgitters 11 angeordneten, sich am Gitter 11 abstützenden Luftfilter 5. In dieser Figur ist gezeigt, wie zwischen den Schalldämm-Elementen 2 jeweils ein Abstandshalte-Ring 8, am günstigsten aus dem selben Material, wie die Schalldämm-Elemente 2 selbst, angeordnet ist, der dafür sorgt, daß die Positionierung der Schalldämm-Elemente 2 nach erfolgtem Einbau relativ zueinander nicht mehr veränderbar ist. Weiters ist gezeigt, wie die oberhalb und unterhalb der Schalldämm-Elemente 2 für den Luftstrom freibleibenden Flächen  $f_s$  und die zwischen den Elementen 2 freibleibenden Zwischen-Element-Flächen  $f_l$  einander im wesentlichen gleichen. Angedeutet ist weiters noch der gebäu-deinnenseitige Druck  $P_i$  und der gebäudeaußenseitige Druck  $P_a$ , wobei bei großer Druckdifferenz, also  $P_a$  minus  $P_i$ , eine Sperrung des Zuluft-Regulierorgans 3 durch Bewegung der Regulierplatte 32 gegen den Druck der Feder 33 in den Ventilsitz 310 erfolgt.

Die Schnittansicht der Fig. 6 zeigt- bei sonst gleichbleibenden Bezugszeichen-Bedeutungen - wiederum ein aus mehreren Rohrstücken 101 zusammengesetztes Lüftungsrohr 1, wobei das linksseitig erste Rohrstück 101 das Zuluft-Regulierorgan 3, das dritte, vierte und fünfte Rohrstück 30 jeweils eines der erfindungsgemäßen Schalldämm-Elemente 2 mit Schallschluck-Platte 25 trägt und der Rohrstutzen 112 des linksseitigen Gitters 11 weiters einen Brandschutzlaminat-Ring 4 und jener des rechtsseitigen Gitters 11 ein Luftfilter 5 trägt.

Schließlich ist das Lüftungsrohr 1 gemäß Fig. 7 - ebenfalls bei gleichbleibenden Bezugszeichen-Bedeutungen - noch zusätzlich zu den eben für Fig. 5 beschriebenen Einbauten mit einer Luftrückschlagklappe 6 ausgestattet.

#### PATENTANSPRÜCHE:

- 40 1. Lüftungs-, insbesondere Zuluftrohr, mit zumindest zwei im Abstand voneinander und jeweils gegenseitig - bevorzugt um 180°C - verdreht angeordneten, quer, insbesondere senkrecht, zur Rohrachse sich erstreckenden, im wesentlichen scheibenartigen, mit ihren Peripherflächen (202) an die Innenfläche des Lüftungs-Rohres (1) zumindest satt anliegenden, bevorzugt unter Eigenspannungsdruck angepressten, mehr als 50%, bevorzugt 55 bis 65%, der Rohr-Innenquerschnittsfläche (F<sub>i</sub>) flächenfüllend deckenden und eine etwa segmentartige Rest-Querschnittsfläche (f<sub>s</sub>) für den Luftdurchgang freilassenden Schalldämm-Elementen (2) aus einem akustisch nachgiebigen bzw. schallweichen Material, bevorzugt aus einem Polymer- bzw. Elastomerschaum, dadurch gekennzeichnet, dass
  - die im Lüftungsrohr (1) angeordneten Schalldämm-Elemente (2) in an sich bekannter Weise zuluftstromseitig mindestens eine vom genannten schallweichen Schalldämm-Material vollflächig bedeckte Schallschluck-Platte (25) aus einem Material mit im Vergleich zur Kompakt-Materialdichte des Schalldämm-Materials höherer Dichte, bevorzugt aus Metall, aufweisen,
  - wobei die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) beabstandet zu den Peripher-Flächen (202) der Schalldämm-Elemente (2), bevorzugt mit einem gleichblei-

- 5 benden Abstand (ap), angeordnet sind, und
- wobei es weiters bevorzugt ist, dass im Lüftungsrohr (1) zusätzlich zu den genannten Schalldämm-Elementen (2) ein an sich bekanntes, vom lufteinlass- oder vom luftauslassseitigen Schalldämm-Element (2) beabstandetes, vom Differenzdruck zwischen den Lüftungsrohr-Enden steuerbares Zuluft-Regulierorgan (3) mit Regulierplatte (32)
- 10 - sowie gegebenenfalls weiters eine an sich bekannte Rückschlagklappe (6), angeordnet ist bzw. sind.
- 15 2. Lüftungsrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) eine im Vergleich zu deren Querschnittsfläche (fd) geringere Fläche (fp) aufweisen und zusätzlich auch gegen deren Segmentflächen (203) hin durchgehend in einem, bevorzugt gleichbleibenden, und insbesondere dem Abstand (ap) von den Peripherflächen (202) gleichenden, Abstand (as) enden.
- 20 3. Lüftungsrohr nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) jeweils auf der der Richtung des in das Lüftungsrohr (1) eindringenden Schalls entgegengesetzten Seite, bevorzugt durch Klebung, flächig an das Schalldämm-Material, die Schalldämm-Elemente (2) gebunden sind.
- 25 4. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) zwischen zwei, bevorzugt hälftigen, Teilen der einzelnen Schalldämm-Elemente (2) angeordnet, bevorzugt eingeklebt, eingeschäumt oder eingeschmolzen, sind.
- 30 5. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) von deren Schalldämm-Material allseitig umschäumt sind.
- 35 6. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Deckflächen (201, 201') und die Segmentfläche (203) der einzelnen Schalldämm-Elemente (2) mit einer - bevorzugterweise mit deren Schalldämm-Material, insbesondere Schaum-Polymer - verbundenen, textil- und/odervliesartigen, flexiblen Hüllschicht (205) versehen sind.
- 40 7. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1, 2, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) in den Schalldämm-Elementen (2) mittig, und bevorzugterweise parallel zu deren Deckflächen (201, 201'), angeordnet sind.
- 45 8. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) mit einem Wellmaterial gebildet sind.
- 50 9. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) eine Materialstärke von 1 bis 3 mm, bevorzugt eine solche im Bereich von 2 mm, aufweisen.
- 55 10. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im wesentlichen unabhängig von der Zahl der im Lüftungsrohr (1) angeordneten Schalldämm-Elemente (2) die gesamte Materialstärke des sie bildenden Schalldämm-Materials in Rohrerstreckungsrichtung im wesentlichen konstant ist.
11. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallschluck-Platten (25) der Schalldämm-Elemente (2) aus Stahl, Edelstahl, Kupfer, Blei, Zink oder deren Legierungen gebildet sind.
12. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in demselben (1) zumindest drei, bevorzugt jedoch 3 bis 6 Schalldämm-Elemente (2), mit Schallschluck-Platten (25) angeordnet sind.
13. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen jeweils zwei benachbarten, voneinander beabstandeten Schalldämm-Elementen (2) im Bereich von deren überlappender Deckung vorhandenen Luftdurchzugsräume in Rohrachsen-Richtung eine Querschnittsfläche (fl) aufweisen, welche mit der von den einzelnen Schalldämm-Elementen (2) für den Luftdurchgang jeweils freigelassenen Segment-Querschnittsfläche (fs) des Lüftungsrohres (1) im wesentlichen identisch ist.
14. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den einzelnen Schalldämm-Elementen (2), sowie gegebenenfalls weiters zu einem Zuluft-Regulierorgan (3) und/oder zu einem Luftfilter (5) und/oder zu den Lüftungsgittern (11) hin,

vorzugsweise aus schallweichem Material gefertigte, bevorzugt Ringform aufweisende, Abstandhalter (8) angeordnet sind.

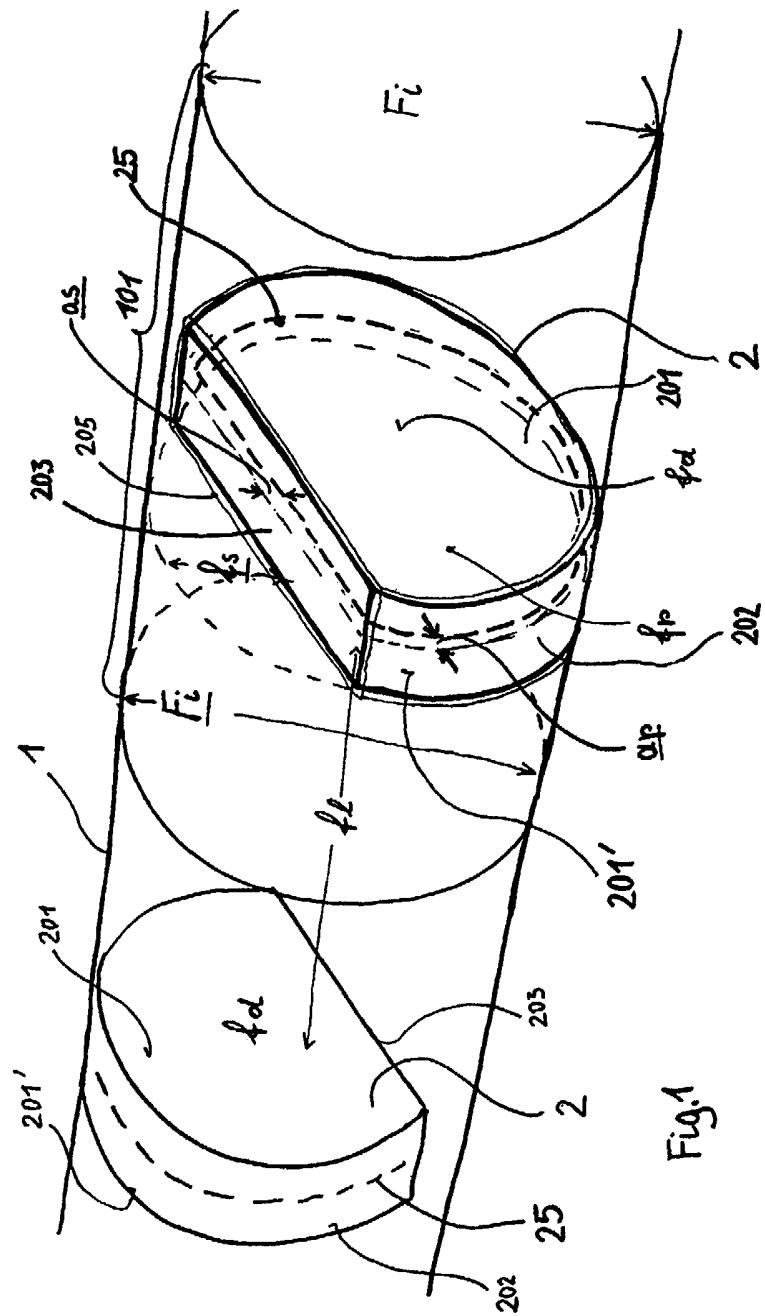
- 5 15. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in demselben zusätzlich zu den Schallschluck-Elementen (2) ein an dessen Innenwand anliegend gehaltener Ring (4) aus einem bei Erhitzung im Brandfall volumszunehmend aufschäumenden und das Lüftungsrohr (1) querschnitts-füllenden Brandschutz-Laminat angeordnet ist.
- 10 16. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in demselben zusätzlich ein im wesentlichen dessen Innen-Querschnittsfläche (F1) deckendes Luftfilter (5) angeordnet ist.
- 15 17. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass es zumindest an einem, bevorzugt jedoch an jedem seiner beiden Enden mit einem Lüftungsgitter (11), einer Lüftungsjalousie od.dgl., ausgestattet ist.
- 20 18. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es mehrteilig mit, bevorzugt miteinander steckverbindbaren bzw. - verbundenen, insbesondere ineinander steckbaren bzw. - gesteckten, Rohrstücken (101), Rohrsegmenten od.dgl., ausgebildet ist.
- 25 19. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest zwei Rohrstücken (101) des Lüftungsrohres (1) jeweils ein Schalldämm-Element (2) mit Schallschluck-Platte (25), bevorzugt z.B. durch Preßklemmung, Klebung od.dgl., lagefixiert angeordnet ist.
- 30 20. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass in eines der Rohrstücke (101) desselben das Zuluft-Regulierorgan (3) und/oder in ein anderes die Rückschlagklappe (6) eingebaut ist.
- 35 21. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Lüftungsgitter (11) jeweils in bzw. auf einem, jeweils von Enden des Lüftungsrohres (1) her einschiebbaren bzw. eingeschobenen, Rohrstutzen (112) od.dgl. angeordnet oder mit demselben einstückig ausgebildet sind.
- 40 22. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Luftfilter (5) in einem das Lüftungsgitter (11) tragenden Rohrstutzen (112), bevorzugt sich am genannten Lüftungsgitter (11) abstützend, angeordnet ist.
23. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (4) aus einem Brandschutz-Laminat in einem der die Belüftungsgitter (11) tragenden Rohrstutzen (112) angeordnet ist.
24. Lüftungsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass es ein plattenventil-artiges Zuluft-Regulierorgan (3) mit einem im Lüftungsrohr (1) bzw. in einem seiner es bildenden Rohrstücke (101) eingebauten Ventilsitz-Ring (31) und mit einem von demselben mittels Druckfeder, insbesondere Spiral- bzw. Kreisfeder (33), im Abstand gehaltenen Ventilteller (32) mit einer Öffnung (321) für die Aufrechterhaltung eines Mindestluftdurchgangs durch das Zuluft-Regulierorgan (3) in dessen geschlossenem Zustand aufweist.

HIEZU 7 BLATT ZEICHNUNGEN

45

50

55



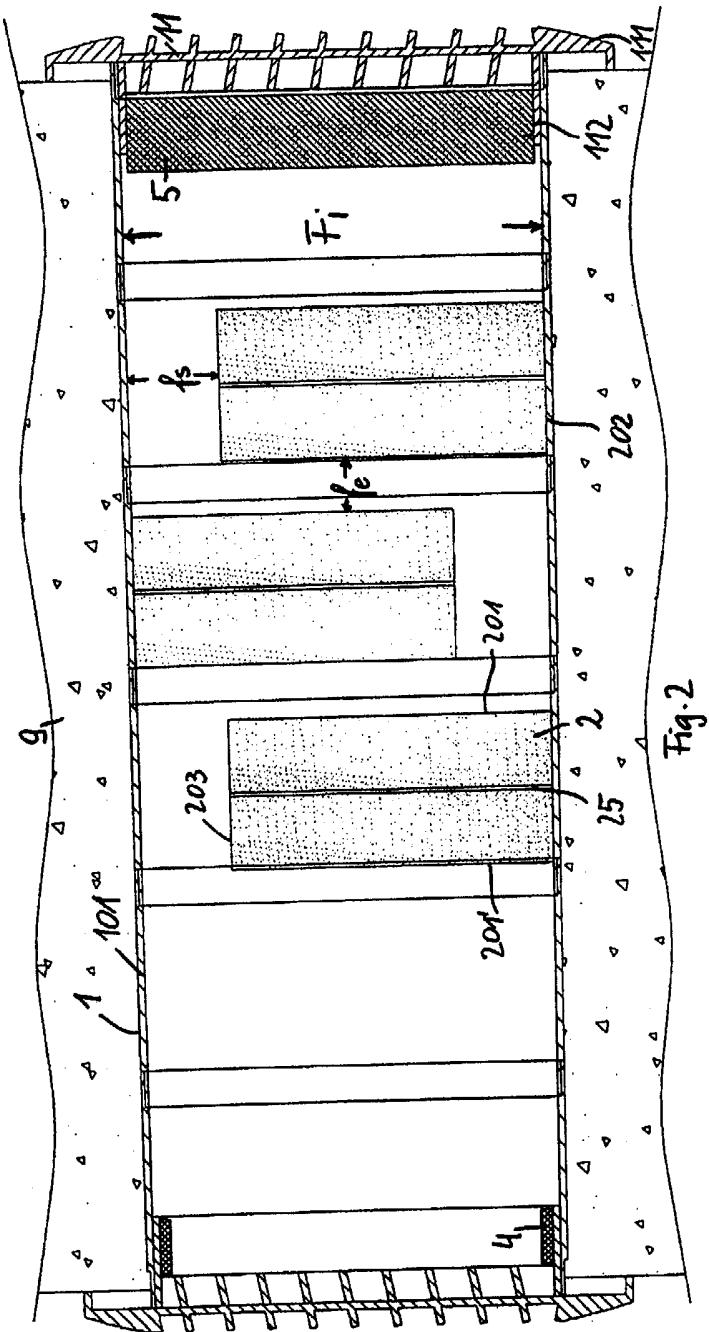


Fig. 2

