

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 092 837 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.08.2003 Patentblatt 2003/35**

(51) Int Cl.7: **E21D 11/38**, E21F 1/00

(21) Anmeldenummer: **00121840.3**

(22) Anmeldetag: **06.10.2000**

### (54) Brandschutzvorrichtung für Tunnel

Fire protection device for tunnels

Dispositif de protection contre l'incendie pour un tunnel

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **11.10.1999 DE 19948885**  
**02.03.2000 DE 10010185**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**18.04.2001 Patentblatt 2001/16**

(73) Patentinhaber: **Liederer + Partner GmbH**  
**85467 Niederneuching (DE)**

(72) Erfinder:

- **Liederer, Karl-Heinz**  
**85551 Kirchheim (DE)**

- **Rauch, Jürgen, Dr.**  
**80637 München (DE)**
- **Pedit, Hermann**  
**9900 Lienz (AT)**

(74) Vertreter: **Schlimme, Wolfram, Dr.-Ing.**  
**Rosenheimer Landstrasse 115**  
**85521 Ottobrunn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| <b>DE-A- 1 946 984</b>  | <b>DE-A- 3 731 124</b> |
| <b>DE-U- 29 601 777</b> | <b>US-A- 4 898 088</b> |
| <b>US-A- 5 470 178</b>  |                        |

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 1 092 837 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Brandschutzvorrichtung für begehbare und/oder befahrbare Hohlräume, insbesondere Tunnels, mit einer Schutzwandung, die von der Wand des Hohlraums beabstandet angeordnet ist, wobei die Schutzwandung ein hochtemperaturfestes Material aufweisende Protektoren von hoher Wärmeleitfähigkeit aufweist, sowie eine Brandschutzwandung und eine aus Brandschutzwandungs-Modulen bestehende Brandschutzwand.

**[0002]** Die begehbaren und/oder befahrbaren Hohlräume können in überirdischen oder in unterirdischen Bauwerken vorgesehen sein, in denen ein potentiell Brandrisiko besteht und die vor Brandeinwirkung zu schützen sind. Zur Vereinfachung wird ein derartiges, einen begehbaren und/oder befahrbaren Hohlraum bildendes Bauwerk nachfolgend beispielhaft als Tunnel bezeichnet, ohne daß dies die vorliegende Patentanmeldung auf unterirdische Tunnels beschränken soll, denn die erfindungsgemäße Brandschutzvorrichtung kann ebenso in Unterführungen, Hoch- oder Tiefgaragen, Fabrikhallen oder anderen von Menschen begehbaren oder befahrbaren Bauwerken angewendet werden.

**[0003]** Üblicherweise besitzen derartige Bauwerke, wie Verkehrstunnels, insbesondere Straßentunnels, eine Betonwandung. Beton ist jedoch ein schlechter Wärmeleiter, so daß beim Auftreten von Bränden die punktuell auf die Betonwandung des Tunnels einwirkende Hitze wegen der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Beton zu hohen Temperaturen im Bereich des Brandes führt. Dadurch kommt es zu einer Verformung der Armierung im Beton mit der Folge, daß der Beton abplatzt und daß große und schwere Betonteile in den Tunnelinnenraum hineinfallen können und dort Menschen verletzen oder Fahrzeuge beschädigen können sowie Fluchtwege und Rettungswege versperren können. Denkbar ist sogar, daß im Extremfall die den Berg stützende Tunnelhaut versagt, so daß bei einem hohen Gebirgsdruck der Tunnel einstürzen kann und damit unpassierbar wird.

**[0004]** In Tunnels können bei Bränden von Fahrzeugen insbesondere Transportfahrzeugen hohe Energien freigesetzt werden, beispielsweise sind dies bei einem Personenkraftwagen 5 MW, bei einem Lastkraftwagen zwischen 20 MW und 30 MW, und bei einem Gefahrguttransport 100 MW oder mehr. Beim Brand eines Personenkraftwagens entstehen über eine Dauer von 30 bis 35 Minuten Temperaturen von ca. 850 °C, bei einem Lastkraftwagen über die gleiche Dauer 1000 °C und bis zu 1200 °C beim Brand eines Gefahrguttransportes.

**[0005]** Ein Problem bei schweren Bränden in Tunnels ist somit, daß diese Wärmemenge über die beschriebene Zeitdauer bei konventionellen Tunnelinnenflächen (in der Regel Beton oder Keramikoberflächen) punktuell auf den Stahlbeton einwirkt und damit vorstehend beschriebene Schäden erzeugt.

**[0006]** Ein weiteres Problem ist der bei einem Brand entstehende Rauch im Tunnel. Viele Straßentunnels sind mit Rauchabsaugungsanlagen versehen, wobei die Luft aus dem Tunnel üblicherweise in Bodennähe abgesaugt wird, da sich dort die Kraftfahrzeugabgase sammeln. Bei einem Brand jedoch sammeln sich die Brandgase im oberen Bereich des Tunnels und werden durch die am Tunnelboden angeordneten Absaugvorrichtungen wieder nach unten gesaugt, wo sie in den Bereich der Atemluft der vor dem Brand flüchtenden Personen gelangen.

**[0007]** Eine gattungsgemäße Brandschutzvorrichtung ist aus der DE 37 31 124 C2 bekannt. Dort besteht die Schutzwandung aus einer selbsttragenden Betonschale, die auf der zum Tunnelinneren gewandten Fläche mit einem Keramikbelag versehen ist. Diese Schutzwandung ist mittels Stahllankern an der Tunnelwand befestigt, wobei eine Brandschutzmatte und eine Keramikfasermatte als Isolierschicht zwischen der Tunnelwand und der Schutzwandung angeordnet sind. Dieser Aufbau einer Brandschutzvorrichtung für Tunnelwände ist sowohl bezüglich der Kosten als auch bezüglich des Gewichts sehr aufwendig.

**[0008]** Aus der DE 296 01 777 U1 ist eine Brandschutzdämmung in Tunnels und Bauwerken bekannt, bei der eine hinterlüftete Lochblechschale im oberen Bereich des Tunnels oder an der Tunneldecke angebracht ist. Die Lochblechschale ist komplett mit Dämmschichtbildnern beschichtet. Beim Auftreten eines Brandes schäumt der Dämmschichtbildner auf und bildet auf diese Weise, mit der so beschichteten Lochblechschale als Trägergerüst, eine wärmeisolierende Schutzwand. Eine derartige wärmeisolierende Schutzwand auf einem umschäumten Lochblech ist jedoch nur bedingt widerstandsfähig gegen hohe Temperaturen. Beim Brand von Kraftfahrzeugen, bei denen zum Teil punktuell sehr hohe Temperaturen auftreten, insbesondere wenn diese Fahrzeuge mit einem brennbaren Gefahrgut beladen sind, kommt es zu einem Verbrennen der Dämmschicht, so daß die hinter der dann nur noch aus dem Lochblech bestehenden Brandschutzwand gelegene Betonwand den durch den Brand verursachten hohen Temperaturen ausgesetzt ist und Schaden nehmen kann. Des weiteren entstehen beim Verbrennen der Dämmschicht gasförmige Verbrennungsrückstände, die die noch verbleibende Atemluft im Tunnel zusätzlich belasten.

**[0009]** Brandschutzwandungen für gattungsgemäße Brandschutzvorrichtungen und aus diesen Brandschutzwandungen gebildete Brandschutzwände dienen dazu, Bauwerksteile, wie beispielsweise Mauern, tragende Teile, Stahlspundwände, Kabelkanäle oder Rohrleitungskanäle, vor unmittelbarer Flammeneinwirkung und vor Wärmeeinwirkung zu schützen. Ein besonderes Anwendungsgebiet für derartige Brandschutzwandungen und Brandschutzwände besteht beispielsweise im Tunnelbau oder im Bau von Unterführungen, Hoch- oder Tiefgaragen, Fabrikhallen oder anderen von Menschen begehbaren oder befahrbaren Bauwerken, in de-

nen die Gefahr besteht, daß ein Brand in diesem Bauwerk die Mauern oder tragenden Teile usw. des Bauwerks durch Wärmeeinwirkung beschädigt, so daß die Statik des Bauwerks unmittelbar gefährdet ist.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Brandschutzvorrichtung anzugeben, die das Risiko der Beschädigung der Wand des Hohlraums beziehungsweise des Tunnels durch Temperatureinwirkung auch bei hochenergiereichen Bränden im Hohlraum beziehungsweise im Tunnel minimiert und die gleichzeitig die zur Verfügung stehende Fluchtzeit für im Hohlraum beziehungsweise im Tunnel befindliche Personen maximiert.

**[0011]** Diese Erfindung wird gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

**[0012]** Diese Konstruktion und Anordnung der Schutzwandung führt dazu, daß ein Großteil der vom Brand verursachten Wärmestrahlung vom hochtemperaturfesten Material reflektiert wird, so daß eine Aufheizung der Protektoren durch die Wärmestrahlung reduziert ist. Des weiteren leiten die gut wärmeleitenden Protektoren die durch den Brand punktuell auftretende Wärme seitlich ab, so daß die punktuell auf die Brandschutzvorrichtung einwirkende Wärme auf einen größeren Bereich der Brandschutzvorrichtung verteilt wird. Zwar erwärmt sich die hinter der Brandschutzvorrichtung gelegene Wand des Hohlraums beziehungsweise des Tunnels ebenfalls, doch treten aufgrund der Wärmeableitung innerhalb der Brandschutzvorrichtung und aufgrund der durch die Hinterlüftung ermöglichten Luftkonvektion keine hohen Temperaturspitzen in der Wand des Hohlraums auf.

**[0013]** Vorzugsweise ist das hochtemperaturfeste Material ein Keramikmaterial, das vorzugsweise faserverstärkt ist, wobei die Protektoren aus diesem Material gebildet sind. Hierdurch werden einstückig fertigbare Protektoren von hoher Wärmeleitfähigkeit und hoher Temperaturbeständigkeit sowie hoher Oberflächenhärte geschaffen. Das Keramikmaterial kann beispielsweise Siliziumcarbid (SiC), Bornitrid (BN), Borcarbid (B<sub>4</sub>C) oder Wolframcarbid (WC) aufweisen. Die Faserverstärkung kann Kohlefasern, Glasfasern oder Fasern aus polymeren Halogenkohlenwasserstoffen aufweisen.

**[0014]** Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Protektoren einen Trägerkörper aus Metall aufweisen und zumindest einseitig mit einem hochtemperaturfesten Material versehen sind, wobei der Schmelzpunkt des hochtemperaturfesten Materials höher ist als der des Metalls des metallenen Trägerkörpers des zugehörigen Protektors und wobei die Protektoren zumindest auf der von der Wand des Hohlraums abgewandten Fläche mit dem hochtemperaturfesten Material versehen sind. Diese Brandschutzvorrichtung ist einfach und auch kostengünstig herzustellen und problemlos auch in schon bestehende Tunnels einbaubar. Das hochtemperaturfeste Material bildet eine beim Heißwerden zähe, nicht verfließende und sich nicht verflüchtigende Schicht, die

weit über dem Schmelzpunkt des Trägermaterials sowie über deren eigenen Schmelzpunkt hinaus ein Verflüssigen oder Verzundern des Trägermaterials verhindert.

**[0015]** Vorzugsweise ist das hochtemperaturfeste Material Email. Diese Emailoberfläche bewirkt, daß das die Emailbeschichtung tragende Metall, beispielsweise Stahl, bei hohen Brandtemperaturen nicht verzundet. Stahlmail ist durch die Emaillierung ein Verbundmaterial mit hoher Glühresistenz, das heißt, daß das emaillierte Stahlblech auch bei äußerst hohen Temperaturen, die oberhalb der Glühtemperatur oder der Schmelztemperatur des Stahlblechs liegen, nicht glüht oder schmilzt. In einer ersten bevorzugten Variante werden hierfür Stahlbleche mit einer Stärke von 1,5 mm bis 2 mm verwendet, wobei die Emailstärke bevorzugterweise 500 µm nicht übersteigt. Das metallene Trägermaterial kann dabei vollständig mit einer Grundemaillierung versehen sein, auf die dann die vorgenannte hochtemperaturfeste Schicht aus Email zusätzlich aufgebracht ist. Ein weiterer Vorteil der Verwendung von emailverklebten Metallplatten ist die einfache Reinigung der Schutzwandung, die gleichzeitig die Innenwandung des Tunnels beziehungsweise des Hohlraums bildet. Vorteilhaft ist zudem, daß sich die Emailoberfläche nicht statisch auflädt.

**[0016]** Das hochtemperaturfeste Material kann vorteilhafterweise auch Keramik sein.

**[0017]** Weiter vorteilhaft ist es, wenn die Protektoren plattenförmige Gestalt aufweisen. Eine derartige plattenförmige Struktur der Schutzwandung ermöglicht den einfachen Aufbau und gleichzeitig auch eine schnelle und preisgünstige Nachrüstmöglichkeit bei vorhandenen Tunnels oder Hohlräumen. Eine derartige Nachrüstung mittels plattenförmiger Protektoren kann sogar in einem Tunnel durchgeführt werden, wenn der Verkehr darin beispielsweise halbseitig oder unter unwesentlicher Reduktion weiter fließt.

**[0018]** In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die die Schutzwandung bildenden plattenförmigen Protektoren an ihren einander benachbarten Kanten mittels der Fugen zwischen den Protektoren ausfüllendem wärmeleitenden Fugenmaterial wärmeleitend miteinander verbunden. Diese wärmeleitende Auskleidung der Fugen verbessert die Wärmeableitung innerhalb der Schutzwandung und sorgt somit für eine weiter verbesserte Wärmeverteilung der punktuell auf einen Bereich der Schutzwandung einwirkenden Wärme auf einen größeren Bereich der Schutzwandung. Das wärmeleitende Fugenmaterial ist vorzugsweise Blei, es kann aber auch Steinwolle sein. Ist das Fugenmaterial Blei oder ein anderes bei niedrigeren Temperaturen als den eingangs genannten Brandtemperaturen schmelzendes, gut wärmeleitendes Material, so dichtet dieses Fugenmaterial im Normalzustand die Fugen zwischen den einzelnen Protektoren ab, sorgt bis zu einer bestimmten Temperatur für eine gute Wärmeableitung, schmilzt dann jedoch auf, um die Fugen freizugeben, damit die Rauchgase durch diese Fugen ab-

gesaugt werden können.

**[0019]** Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn derartige aufschmelzende Dichtungen abwechselnd mit nichtaufschmelzenden gut wärmeleitenden Dichtungen innerhalb einer Fuge vorgesehen sind, so daß auch nach dem Aufschmelzen des schmelzbaren Fugenmaterials über die nichtaufschmelzenden Abschnitte der Fugendichtung eine gute Wärmeleitung zu benachbarten Protektoren möglich bleibt.

**[0020]** Es kann außerdem vorteilhaft sein, wenn die aufschmelzenden Dichtungen nur im Bereich der oberen Protektoren, also im Bereich des Tunnelfirstes, vorgesehen sind, da dort die Rauchgase abzusaugen sind, während im restlichen Bereich der Schutzwandung nichtaufschmelzende Dichtungen vorgesehen sind, um dort eine maximale Wärmeableitung zu erzielen.

**[0021]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltungsform ist im Zwischenraum zwischen der Schutzwandung und der Wand des Hohlraums ein Lüftungskanal gebildet oder ein Raum für Lüftungskanäle vorgesehen. Ein derartiger Lüftungskanal kann im normalen Betriebszustand des Hohlraums beziehungsweise Tunnels zur Zufuhr von Frischluft in den Hohlraum beziehungsweise Tunnel dienen, während im Brandfall durch den Lüftungskanal die Brandgase abgesaugt werden. Weiterhin kann der Lüftungskanal im normalen Betriebszustand auch als Kühlluftkanal zur Kühlung der Schutzwandung dienen, da insbesondere bei sehr tief im Gebirge gelegenen Verkehrstunnels Umgebungstemperaturen von bis zu 55° C herrschen können.

**[0022]** Zusätzlich kann die Rückseite der Schutzwandung, das heißt die der Wand des Hohlraums zugewandte Seite, mit einer Wärmedämmung versehen sein, die im Normalbetrieb des Tunnels die von dem den Tunnel umgebenden Gebirge ausgehende Temperatur von der Schutzwandung abhält und somit die Kühllast der Schutzwandkühlung reduziert, und die im Brandfall eine zusätzliche Wärmeisolierung für die hinter der Schutzwandung gelegene Wand des Tunnels bildet und diese vor hohen lokalen Temperaturspitzen schützt.

**[0023]** Ebenso kann die Wärmedämmung vorzugsweise auf der Innenseite der aus Stahlbeton bestehenden Tunnelwand angebracht sein, so daß auf diese Weise die Rückseite der Schutzwandung im Brandfalle oder zur Erreichung eines gewünschten Temperatureffektes im Tunnelinneren entweder durch Zwangskonvektion oder durch thermisch bedingte Konvektion eine unmittelbare Kühlung erfährt, so daß der verbleibende durch Weiterstrahlung auf die Tunnelwand (beispielsweise aus Stahlbeton) übertragene Wärmeanteil, welcher durch die Konvektion auf der Rückseite der Schutzwandung nicht mehr abtransportierbar ist, nicht zu Schäden an der Betonwand führt.

**[0024]** Einige der Protektoren der Schutzwandung können aus dem die Schutzwandung formenden Verbund zur Bildung einer Öffnung in der Schutzwandung zumindest teilweise herauslösbar sein. Diese Ausgestaltung der Schutzwandung ermöglicht es, daß bei ei-

ner Erhitzung der Protektoren auf eine vorgebbare Auslösetemperatur, beispielsweise auf 400° C, eine lokale Öffnung in der Schutzwandung entsteht, die eine Absaugung der Brandgase durch einen mit der Öffnung verbundenen Lüftungskanal gestattet. Dabei können vorzugsweise die Fugen zwischen den Protektoren geschlossen bleiben. Das Herauslösen der Protektoren kann dabei durch thermisch auslösbare Verriegelungen unter Schwerkraft und/oder Federkraft erfolgen. Hierzu kann beispielsweise ein Protektor als Klappe ausgebildet sein, die an ihrer einen Kante scharnierartig am benachbarten Protektor angelenkt ist und die an zumindest einer anderen Kante mittels einer durch Hitze einwirkung aufschmelzenden oder anderweitig (z.B. mittels eines Bimetalls) eine Freigabe bewirkenden Halterung gesichert ist. Bei dieser Ausgestaltungsform der Brandschutzvorrichtung wird gewährleistet, daß nur im Bereich des Brandes eine Öffnung in der Schutzwandung zur Absaugung der Brandgase gebildet wird. Alle anderen in der Brandschutzvorrichtung vorgesehenen zu öffnenden Protektoren beziehungsweise Entlüftungsklappen bleiben geschlossen, so daß keine Brandgase in andere Tunnelabschnitte gesaugt werden und die Saugkraft der Ventilatoren über die Tunnellänge erhalten bleibt. Die aufschmelzende oder durch thermische Einwirkung auslösende Verriegelung der Klappe gewährleistet zudem einen sicheren und zuverlässigen Betrieb, da keine elektrischen oder elektronischen Steuerungen vorgesehen sein müssen, die in einem Brandfall möglicherweise ausfallen könnten.

**[0025]** Außerdem kann im Zwischenraum hinter zumindest einem herauslösbaren Protektor ein Vorratsbehälter für Löschmittel vorgesehen sein, der sich unter Wärmeeinwirkung selbsttätig zur Freigabe des Löschmittels durch die vom herausgelösten Protektor gebildete Öffnung in den Hohlraum öffnet. Eine derartige automatische Löschvorrichtung gestattet das automatische Ausbringen von Löschmittel, beispielsweise Feuerlöschpulver, unmittelbar auf den Brandherd. Hierzu ist das Löschmittel beispielsweise in einem Kunststoffschlauch aufbewahrt, der hinter dem herauslösbaren Metallprojektor angebracht ist. Nach dem Herauslösen des Protektors aus dem Schutzwandverbund schmilzt der Kunststoffschlauch unter Wärmeeinwirkung auf und das Feuerlöschpulver fällt auf den Brandherd hinunter. Der Vorratsbehälter für Löschmittel kann auch mit einer Druckquelle verbunden sein, die im Brandfall gegebenenfalls thermisch ausgelöst wird und die das Löschmittel unter Druck auf den Brandherd ausbringt.

**[0026]** Sind, wie in einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung, in die Schicht aus Email reflektierende und/oder selbstleuchtende oder nachleuchtende Bestandteile integriert, so kann auf diese Weise eine verwitterungsfeste und feuerfeste Beschilderung von Flucht- und Rettungswegen erfolgen.

**[0027]** Eine bevorzugte Brandschutzwandung für eine gattungsgemäße Brandschutzvorrichtung weist einen zumindest zweischaligen Aufbau aus einer einem

Brandherd oder potentiellen Brandherd zugewandten Vorderschale und einer vom Brandherd oder potentiellen Brandherd abgewandten Hinterschale auf, wobei die Vorderschale und die Hinterschale voneinander beabstandet angeordnet sind und zwischen sich einen Luftraum bilden, und wobei zumindest die Vorderschale auf der dem Brandherd oder potentiellen Brandherd zugewandten Fläche mit dem hochtemperaturfesten Material versehen ist.

**[0028]** Bei dieser zweischaligen Brandschutzwandung, die auch aus Protektorplatten gebildet sein kann, sorgt die Vorderschale für ein Abhalten der Flammen, und die im Luftraum befindliche Luft sorgt für eine wirksame Abfuhr der Wärme von jenem Bereich der Vorderschale, auf den die Flammen unmittelbar einwirken, so daß sich die Hinterschale nur auf eine Temperatur erwärmt, die wesentlich unter der Temperatur der Vorderschale im gleichen Bereich der Brandschutzwandung liegt. Dadurch, daß die dem Brandherd zugewandte Fläche der Vorderschale mit einem hochtemperaturfesten Material versehen ist, wird der Trägerkörper der Vorderschale selbst, beispielsweise ein mit dem hochtemperaturfesten Material versehenes Stahlblech, vor den Flammen geschützt, so daß beispielsweise ein Verzünden des Stahlblechs durch unmittelbare Flammeneinwirkung vermieden wird.

**[0029]** Vorzugsweise ist auch die Hinterschale auf ihrer der Vorderschale zugewandten Fläche mit einem hochtemperaturfesten Material versehen, wodurch auch die Hinterschale vor Schäden durch Temperatureinwirkung, beispielsweise bei langanhaltenden Bränden, geschützt ist.

**[0030]** Das hochtemperaturfeste Material ist bevorzugt Email. Email hat eine sehr hohe Feuer-Widerstandskraft und wird auch bei Temperaturen, die weit über 1.000 °C liegen, wie dies beispielsweise bei Fahrzeugbränden der Fall ist, nicht oder nur in einem seine Wirkung nicht wesentlich einschränkenden Maße beschädigt.

**[0031]** In einer besonderen Ausführungsform ist beziehungsweise sind die Vorderschale und/oder die Hinterschale mit einer auf der jeweiligen zum Brandherd oder potentiellen Brandherd weisenden Vorderseite und/oder auf der Rückseite aufgetragenen Grundemaillierung versehen, auf die auf der Vorderseite eine Deckemaillierung aufgebracht ist. Die Vorderseite ist definitionsgemäß in der Regel dem Bewegungsraum im Bauwerk, also z.B. dem Fahr- bzw. Straßenraum in einem Tunnel zugewandt, d.h. dann auch einem eventuellen Brand in der Regel zugewandt. Dieser Aufbau der Emaillierung schützt das Trägermetall der Vorderschale beziehungsweise der Hinterschale und vermeidet beispielsweise dessen Korrosion, wobei die Deckemaillierung für eine besonders hohe Feuerbeständigkeit sorgt. Die Aufbringung der Emailschiicht(en) verhindert ein Versagen des Stahls selbst bei Temperaturen, die Glüh- und Schmelztemperaturen darstellen, es verhindert des weiteren ein Verzünden.

**[0032]** In einer besonders vorteilhaften Ausbildung der Erfindung sind die Vorderschale und die Hinterschale über im Luftraum befindliche Abstandhalter zu einer "Luftsandwich"-Konstruktion miteinander verbunden. Diese Sandwichkonstruktion ermöglicht eine industrielle oder halbindustrielle Fertigung, so daß auf der Baustelle selbst die vorgefertigten Sandwich-Module nur noch angebracht und miteinander verbunden werden müssen.

**[0033]** Vorzugsweise ist zwischen den Abstandhaltern und der Vorderschale ein thermisch isolierendes Material vorgesehen. Dadurch wird vermieden, daß die Wärme der sich bei Feuereinwirkung erhaltenden Vorderschale über die Abstandhalter auf die Hinterschale übertragen wird.

**[0034]** Vorzugsweise ist zwischen den Abstandhaltern und der Hinterschale ein thermisch isolierendes Material vorgesehen. Dieses kann alternativ oder zusätzlich zu dem thermisch isolierenden Material zwischen den Abstandhaltern und der Vorderschale vorgesehen sein und verbessert die thermische Entkopplung der Hinterschale von der Vorderschale. Ist das thermisch isolierende Material nur zwischen den Abstandhaltern und der Hinterschale vorgesehen, so können die Abstandhalter zusätzlich als Kühlkörper für die Vorderschale verwendet werden.

**[0035]** Alternativ kann auch der Abstandhalter selbst aus thermisch isolierendem Material bestehen oder ein derartiges Material aufweisen.

**[0036]** Ist die Luftsandwichkonstruktion in einem unteren Abschnitt mit Lufteintrittsöffnungen und in einem oberen Abschnitt mit Luftaustrittsöffnungen für den Luftraum versehen, so kann innerhalb des Luftraums ein Luftaustausch stattfinden, wodurch eine bessere Wärmeabfuhr von der Rückseite der Vorderschale aufgrund der dann verbesserten thermischen Konvektion erfolgt. Diese Brandschutzwand ermöglicht es, die sowohl unmittelbare von einem Brand ausgehende Flammeneinwirkung als auch Wärmeeinwirkung von hinter der Brandschutzwandung gelegenen Bauwerksteilen fernzuhalten.

**[0037]** Vorzugsweise sind die Lufteintrittsöffnungen in einem unteren Bereich der Hinterschale ausgebildet, so daß von der Rückseite der Hinterschale kältere Luft angesaugt werden kann und nicht die heiße Luft aus dem Brandraum in den Luftraum zwischen der Vorderschale und der Hinterschale eintritt. Die Luftsandwiches können so gekoppelt sein, daß die Schalenzwischenbereiche (Lufträume) auch seitlich durch Luftraumverbindungen miteinander in Fluidverbindung stehen, so daß insbesondere im Bereich eines großen Brandes von den Seiten, das heißt z.B. in Tunnellängsrichtung aus entfernteren Bereichen Luft zuströmen kann, die zur Kühlung der Brandschutzwandung beiträgt. Diese Verbindungen der Lufträume bestehen vorzugsweise untereinander, aber die Lufträume stehen vorzugsweise nicht mit dem möglichen Brandbereich bzw. Brandraum in Fluidverbindung.

**[0038]** Die Luftaustrittsöffnungen sind vorzugsweise in einem oberen Bereich der Hinterschale ausgebildet, so daß die im Luftzwischenraum aufsteigende, erwärmte Luft nicht in den Brandraum sondern in den hinter der Brandschutzwand gelegenen Raum austritt und von dort über ein vorhandenes Tunnel-Entlüftungssystem abgeführt wird.

**[0039]** Eine Brandschutzwand ist vorzugsweise aus erfindungsgemäßen Brandschutzwandungs-Modulen gebildet. Ein derartiger modularer Aufbau einer kompletten Brandschutzwand gestattet die industrielle oder halbindustrielle Vorfertigung der sandwichartig aufgebauten Brandschutzwandungs-Module, die auf diese Weise vorgefertigt zur Baustelle transportiert und dort vor Ort zu der Brandschutzwand zusammengesetzt werden können.

**[0040]** Vorzugsweise sind bei einer derartigen Brandschutzwand die Brandschutzwandungs-Module so miteinander verbunden, daß die Lufträume der einzelnen Brandschutzwandungs-Module miteinander in Fluidverbindung stehen. Diese Fluidverbindung kann sowohl in horizontaler Richtung als auch in vertikaler Richtung zwischen einzelnen Modulen bestehen, so daß ein reger Luftaustausch innerhalb der Lufträume benachbarter Brandschutzwandungs-Module stattfinden kann, wodurch der konvektionsbedingte Wärmeabtransport aus dem Luftraum und von der Rückseite der Vorderschale verbessert wird. Insbesondere wird ein Aufbau bevorzugt, bei dem vertikal übereinander angeordnete Brandschutzwandungs-Module eine vertikale Luftströmung innerhalb ihrer miteinander in Fluidverbindung stehenden Lufträume gestatten.

**[0041]** Vorteilhaft ist es auch, wenn die jeweiligen Vorderschalen und/oder die jeweiligen Hinterschalen benachbarter Brandschutzwandungs-Module thermisch leitend miteinander verbunden sind. Hierdurch wird bei lokaler Feuereinwirkung auf ein Brandschutzwandungs-Modul die auf dieses Modul punktuell einwirkende Wärme durch Wärmeleitung in die Vorderschalen benachbarter Brandschutzwandungs-Module abgeleitet. Auf die gleiche Weise können auch die jeweiligen Hinterschalen miteinander verbunden sein, um auch dort eventuell auftretende hohe punktuelle thermische Belastungen durch längere Brandeinwirkung auf die Hinterschalen benachbarter Brandschutzwandungs-Module abzuleiten.

**[0042]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigt:

**Fig. 1a** einen Vertikalschnitt durch ein Tunnelprofil eines Tunnels, der mit der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung ausgerüstet ist;

**Fig. 1b** einen Vertikalschnitt durch ein alternatives Tunnelprofil eines Tunnels, der mit der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung ausgerüstet ist;

**Fig. 2** eine Ansicht einer Schutzwandung einer erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung in Richtung des Pfeiles II in Fig. 1a;

**Fig. 3** eine vergrößerte geschnittene Ansicht einer Schutzwandung entlang der Linie III-III in Fig. 2 und Fig. 9;

**Fig. 4** eine zu Fig. 3 analoge Schnittansicht mit einer alternative Gestaltung der Schutzwandung;

**Fig. 5** eine vergrößerte Schnittansicht eines Protectors gemäß dem Detail V in Fig. 3;

**Fig. 6** eine geschnittene Ansicht eines Ausschnitts eines Tunnels mit einer erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung und

**Fig. 7** einen Längsschnitt durch einen Straßentunnel mit einer erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung gemäß der Ansicht VII-VII in Fig. 1a.

**Fig. 8a** einen Querschnitt durch eine mit einer erfindungsgemäßen doppelwandigen Brandschutzwandung ausgestattete Tunnelröhre,

**Fig. 8b** einen Querschnitt durch eine alternative mit einer erfindungsgemäßen doppelwandigen Brandschutzwandung ausgestattete Tunnelröhre,

**Fig. 8c** einen Querschnitt durch eine weitere alternative mit einer erfindungsgemäßen doppelwandigen Brandschutzwandung ausgestattete Tunnelröhre,

**Fig. 9** einen Vertikalschnitt durch eine erfindungsgemäße Brandschutzwandung gemäß der Einzelheit IX in den Fig. 8a, 8b und 8c,

**Fig. 10** einen Horizontalschnitt durch eine erfindungsgemäße Brandschutzwandung gemäß der Linie X-X in Fig. 9,

**Fig. 11** eine Ansicht einer erfindungsgemäßen Brandschutzwandung in Richtung des Pfeiles XI in den Fig. 8a, 8b und 8c und

**Fig. 12** eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung mit selbsttragender Brandschutzwandung.

**[0043]** In Fig. 1a ist ein Vertikalschnitt durch ein Tunnelprofil eines mit einer erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung 1 ausgestatteten Tunnels 2 gezeigt. Der Tunnel 2 ist als Straßentunnel mit einer Fahrbahn 3 und mit einer Tunnelwand 4 ausgebildet. Innerhalb des Tunnels 2 ist ein Hohlraum 5 gebildet, der den von Fahrzeugen 30 befahrbaren Tunnelinnenraum bestimmt und der auch Bewegungsraum, Straßenraum, Fahrwegraum oder Fahrbahnraum genannt wird. Der Tunnel kann auch als Bahntunnel ausgebildet sein.

**[0044]** Die Brandschutzvorrichtung 1 umfaßt eine von der Innenseite der Tunnelwand 4 beabstandete Schutzwandung 6. Zwischen der Tunnelwand 4 und der Schutzwandung 6 ist ein Zwischenraum 7 ausgebildet, der durch die Schutzwandung 6 vom Hohlraum oder Tunnelinnenraum 5 im wesentlichen hermetisch abgetrennt ist.

**[0045]** Die Schutzwandung 6 ist mittels in Fig. 1a und Fig. 1b nur schematisch dargestellter, hitzebeständiger Halterungen 8 an der Tunnelwand 4 verankert. Die Halterungen 8 sind hochtemperaturfest und als thermische Isolatoren ausgebildet, so daß keine Wärme durch die Halterungen von der Schutzwandung 6 in die Tunnelwand 4 geleitet wird.

**[0046]** Fig. 1b zeigt ein alternatives Tunnelprofil, bei dem die Schutzwandung 6 im oberen Bereich im wesentlichen waagerecht ausgebildet ist, wodurch im oberen Tunnelbereich ein Raum 7' für Lüftungskanäle und andere Installationen geschaffen ist. Zudem ist in dieser Figur gezeigt, wie eine Dämmschicht 9 auf der Rückseite der Schutzwandung 6 angebracht sein kann.

**[0047]** Der Aufbau der Schutzwandung 6 wird nachfolgend anhand der Fig. 2 beschrieben. Die Fig. 2, die eine Ansicht der Schutzwandung 6 in Richtung des Pfeiles II in Fig. 1a darstellt, zeigt einen Ausschnitt der Schutzwandung 6, die aus einer Vielzahl von plattenartigen Protektoren 10 gebildet ist. Diese Protektoren 10 sind kachelartig zur Schutzwand 6 zusammengesetzt, wobei die Kontur der einzelnen Protektoren 10 derart ist, daß sie sich der Krümmung der Tunnelwand 4 anpassen, wie in Fig. 1a zu erkennen ist. Die einzelnen Protektoren 10 sind mittels lose angebrachter Fangseile 11 an der Tunnelwand 4 gesichert, so daß die Protektoren 10 bei einem brandbedingten Auflösen der Schutzwandung 6 nicht auf die Fahrbahn 3 herabfallen können.

**[0048]** Zwischen den einzelnen Protektoren 10 sind Längsfugen 12 und Querfugen 14 gebildet, die mit einem gut wärmeleitenden Fugenmaterial 13 abgedichtet sind, wie in Fig. 3 zu erkennen ist. Das Fugenmaterial 13 ist entweder Blei oder ein anderes abdichtendes und gut wärmeleitendes Material, wie beispielsweise Steinwolle. Wird Blei als Fugenmaterial verwendet, so kann dies von Vorteil sein, da bei einem Brand das Blei aus den Fugen herauschmilzt und so im Brandbereich die Fugen als Entlüftungsöffnungen freigibt, durch die Rauch vom Tunnelinnenraum 5 in den Zwischenraum 7 zwischen der Schutzwand 6 und der Tunnelwand 4 ab-

gesaugt werden kann, wenn der Zwischenraum 7 nach Auftreten eines Brandes durch Umkehrung der diesen Zwischenraum 7 im Normalbetrieb mit Frischluft beschickenden Gebläse unter Unterdruck versetzt wird.

**[0049]** Die Protektoren 10 sind allseitig grundemailiert und zusätzlich an ihrer von der Tunnelwand 4 abgewandten Oberfläche, das heißt an der Oberfläche, die dem Tunnelinnenraum 5 zugewandt ist, mit einer Schicht 10C aus einem hochtemperaturfesten Material 10B, beispielsweise Email, versehen, wie weiter unten in Verbindung mit der Fig. 5 erläutert wird.

**[0050]** Fig. 4 zeigt eine alternative Ausgestaltungsform des Aufbaus der Schutzwandung 6', bei der die Kanten der einzelnen plattenartigen Protektoren 10' nicht stumpf aneinander anstoßen, sondern einander geringfügig überlappen. Das Fugenmaterial 13' ist in diesem Fall zwischen der dem Tunnelinnenraum 5 zugewandten Vorderseite des oberen Protektors und der der Tunnelwand 4 zugewandten Rückseite des darunter gelegenen Protektors im Überlappungsbereich abdichtend angeordnet. Durch diese schuppenartige Überlappung der einzelnen übereinandergelegenen Protektoren wird vom Berg herabtropfendes oder herabfließendes Wasser seitlich an der Schutzwandung 6' abgeleitet, so daß es nicht durch Undichtigkeiten im Längsfugenbereich in den Tunnelinnenraum 5 eintreten kann. Auch im Bereich der in Fig. 4 nicht gezeigten Querfugen 14 kann eine ähnliche Überlappung vorgesehen sein, die ein Eintreten von Gebirgswasser in den Tunnelinnenraum 5 durch die Querfugen 14 verhindert.

**[0051]** Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch einen Protektor 10 gemäß dem Ausschnitt V in Fig. 3. Der Protektor 10 umfaßt einen Trägerkörper 10A aus einem tragfähigen und gut wärmeleitenden Metall, beispielsweise aus Stahlblech, dessen Dicke  $d_A$  etwa 1,5 bis 2 mm beträgt. Auf seiner dem Tunnelinnenraum oder Hohlraum 5 zugewandten Seite ist der Trägerkörper 10A mit einer feuerfesten Schicht bildenden hochtemperaturfesten Material 10B versehen. Dieses hochtemperaturfeste Material 10B ist vorzugsweise Email. Die Dicke  $d_C$  dieser feuerfesten Schicht 10C aus beispielsweise Email beträgt bis zu 500  $\mu\text{m}$ .

**[0052]** Fig. 6 zeigt eine Zusatzausstattung der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung, nämlich eine sich bei Brandeinwirkung automatisch öffnende Abluftklappe 16 sowie einen darüber angeordneten Vorratsbehälter 18 für Feuerlöschmittel 20.

**[0053]** Im oberen Tunnelbereich 2' (Fig. 1a, Fig. 1b) ist unter der dort die Tunneldecke bildenden Tunnelwand 4 im Zwischenraum 7 ein schlauchartiger Vorratsbehälter 18 verlegt, der Feuerlöschmittel 20 enthält. Dieser Vorratsbehälter 18 weist zumindest in seinem unteren Bereich 18' eine Wandung aus unter thermischer Einwirkung schmelzendem Material auf, beispielsweise aus einem Kunststoff, der bei üblichen Brandtemperaturen schmilzt, so daß sich der schlauchartige Vorratsbehälter 18 an der Brandstelle in seinem unteren Bereich 18' öffnet und das Feuerlöschmittel 20

nach unten herausfallen kann.

**[0054]** Unterhalb des Vorratsbehälters 18 ist ein klappenartiger Protektor 16 in der Schutzwandung 6 vorgesehen, der in seinem Aufbau den fest verankerten Protektoren 10 gleicht, insbesondere also auch die feuerfeste Schicht aus hochtemperaturfestem Material 10B an seiner dem Tunnelinnenraum beziehungsweise Hohlraum 5 zugewandten Oberfläche aufweist. Auch dieser Protektor 16 ist mittels eines lose angebrachten Fangseils 17 an der Tunnelwand 4 gesichert, wodurch zwar ein Herunterklappen des Protektors 26 gestattet wird, jedoch vermieden wird, daß er auf die Fahrbahn 3 hinabfällt.

**[0055]** Der klappenartige Protektor 16 ist an seiner einen Längskante mit einem Scharnier 22 an einem benachbarten Protektor 10 gelenkig gelagert, so daß er nach unten verschwenken kann, wie die gestrichelte Darstellung und der Pfeil C in Fig. 6 zeigen.

**[0056]** Im normalen Betriebszustand ist der klappenartige Protektor 16 in der in Fig. 6 gezeigten durchgezogenen geschlossenen Stellung mittels einer Verriegelung 24 an einem anderen benachbarten Protektor 10 gehalten. Die den klappenartigen Protektor 16 umgebenden Fugen sind allerdings nicht mit Blei verschlossen sondern enthalten lediglich ein nicht mit den benachbarten Protektoren 10 oder dem klappenartigen Protektor 16 eine mechanische Verbindung eingehendes Fugenmaterial. Beispielsweise sind die Fugen mit Steinwolle 26 verstopft, so daß ein Öffnen des klappenartigen Protektors 16 möglich ist.

**[0057]** Die Verriegelung 24 kann sich unter Wärmeeinwirkung (zum Beispiel bei einer Temperatur von 300 °C bis 400 °C) öffnen, beispielsweise durch Vorsehen einer Bimetall-Verriegelung oder durch Vorsehen eines Abschnitts aus aufschmelzendem Kunststoff. Hierdurch wird ermöglicht, daß der klappenartige Protektor 16 bei einer von einem Brand ausgehenden Erwärmung aufgrund seines Eigengewichtes selbsttätig nach unten verschwenkt und somit eine Entlüftungsöffnung 28 im Firstbereich der Schutzwandung 6 am Brandort freigibt. Hierdurch können einerseits die beim Brand entstehenden Rauchgase aus dem Tunnelinnenraum 5 in den Zwischenraum 7 und aus diesem nach außen aus dem Tunnel heraus abgesaugt werden und andererseits kann die vom Brandherd nach oben aufsteigende Wärme beziehungsweise nach oben abgegebene Wärmestrahlung unmittelbar auf den unteren Bereich 18' des mit Feuerlöschmittel 20 gefüllten Vorratsbehälters 18 einwirken, so daß dieser untere Bereich 18' aufschmelzen kann und das Feuerlöschmittel auf den Brandherd hinabfallen kann.

**[0058]** Unterhalb des Vorratsbehälters 18 für das Feuerlöschmittel 20 kann aber auch ein analog aufgebauter klappbarer Protektor 16' vorgesehen sein, der lediglich eine Löschöffnung 29 freigibt, die gegenüber dem Zwischenraum 7 so abgedichtet ist, daß das Feuerlöschmittel 20 frei durch diese Löschöffnung 29 hinabfallen kann, ohne dabei durch entgegengesetzt strö-

mende Brandgase oder Rauchgase behindert zu werden.

**[0059]** In Verbindung mit Fig. 7 wird nachfolgend die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung bei einem Fahrzeugbrand in einem Tunnel beschreiben.

**[0060]** Fig. 7 zeigt einen Längsschnitt durch einen Straßentunnel entlang der Linie VII-VII in Fig. 1a, wobei nur ein Tunnelausschnitt dargestellt ist. Im Tunnel 2 ist ein Kraftfahrzeug 30 in Brand geraten und die Fahrzeuginsassen 32, 34 flüchten vom Brandort. Durch die beim Fahrzeugbrand entstehende Temperatur haben sich oberhalb des Brandortes gelegene, von klappenartigen Protektoren 16, 16' gebildete Entlüftungsklappen geöffnet und die Brandgase sowie der beim Brand entstehende Rauch werden durch die so gebildeten Entlüftungsöffnungen 28 in den Zwischenraum 7 und durch diesen nach außen abgesaugt.

**[0061]** Weiterhin hat sich der im Zwischenraum 7 oberhalb des klappenartigen Protektors 16 angeordnete rohrförmige Vorratsschlauch oder Vorratsbehälter 18 für das Feuerlöschmittel 20 durch die beim Brand entstandene Wärme geöffnet und das Feuerlöschmittel 20 fällt durch die Entlüftungs- und Löschöffnung 29 nach unten auf das brennende Fahrzeug 30. Durch die Brandtemperatureinwirkung haben sich auch einige der Längs- und Querfugen 12', 14' im oberen Bereich der Schutzwandung oberhalb des Brandherdes durch Heraus-schmelzen des Fugenmaterials geöffnet, so daß auch durch diese geöffneten Fugen 12', 14' Brandgase und Rauch in den Zwischenraum 7 abgesaugt werden. Im brandfernen Bereich bleiben die klappenartigen Protektoren 16" und die Fugen dicht verschlossen.

**[0062]** In Fig. 8a ist ein Vertikalschnitt durch ein Tunnelprofil eines mit einer Brandschutzvorrichtung 100 ausgestatteten Tunnels 2 gezeigt, die eine alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brandschutzwandung 106 aufweist.

**[0063]** Die Brandschutzvorrichtung 100 umfaßt eine von der Innenseite der Tunnelwand 4 beabstandete zweischalige Brandschutzwandung 106. Zwischen der Tunnelwand 4 und der Brandschutzwandung 106 ist ein Zwischenraum 7 ausgebildet, der durch die Brandschutzwandung 106 vom Hohlraum oder Tunnelinnenraum 5 abgetrennt ist. Die Brandschutzwandung 106 ist mittels in Fig. 8a, 8b und 8c nur schematisch dargestellter, hitzebeständiger oder Hitzeeinwirkung abbauender Halterungen 8 an der Tunnelwand 4 verankert. Die Halterungen 8 sind auch bei dieser Ausführungsform hochtemperaturfest und als thermische Isolatoren ausgebildet, so daß keine Wärme durch die Halterungen von der Brandschutzwandung 106 in die Tunnelwand 4 geleitet wird oder zumindest die Wärmeeinleitung mit starker Verzögerung und stark vermindert auftritt.

**[0064]** Im oberen Bereich des in Fig. 8a und 8b gezeigten Tunnels ist die Brandschutzwandung 106 im wesentlichen waagerecht ausgebildet, wodurch dort, wie in Fig. 8b zu sehen ist, ein Raum für einen Zuluft-

kanal 7" und einen Abluftkanal 7'" sowie für andere Installationen geschaffen ist.

**[0065]** Die Brandschutzwandung 106 ist auch im Beispiel der Fig. 8c waagrecht ausgebildet. Dort sind Raumkammern 7", 7'" für Zuluft und Abluft durch eine Stahlbetonzwischendecke gebildet und vom Fahrstraßenraum (Fahrwegraum) abgetrennt. In diesem Fall ist die waagerechte Brandschutzwandung 106 oder -wand aus Modulen auch ein Schutz dieser aufgrund reduzierter Dicke bei Brand möglicherweise besonders einsturzgefährdeten Betonkonstruktion.

**[0066]** In Fig. 9 ist ein Ausschnitt einer vertikal geschnittenen erfindungsgemäßen Brandschutzwandung 106 gezeigt. Die zweisechalige Brandschutzwandung besteht aus einer zum Tunnelinnenraum, dort wo ein möglicher Brand auftreten kann, weisenden Vorderschale 60 und einer von dieser beabstandeten, zur Tunnelwand 4 weisenden Hinterschale 62. Zwischen der Vorderschale 60 und der Hinterschale 62 ist ein Luftraum 64 ausgebildet. Der Abstand zwischen der Vorderschale und der Hinterschale beträgt beispielsweise zwischen 1 cm und 5 cm; in einem Versuchsbeispiel wurde ein Abstand von 3 cm gewählt.

**[0067]** Die Hinterschale 62 ist in ihrem unteren Abschnitt 70 etwas kürzer ausgebildet als die Vorderschale 60 und reicht nicht wie diese bis zum darunter liegenden Boden, sodaß auf diese Weise eine vorzugsweise durchgehende Lufteintrittsöffnung 72 gebildet ist, durch die kühlere Luft, die aus dem Zuluftkanal 7" auch in den Zwischenraum 7 strömt, aus dem Zwischenraum 7 von unten in den Luftraum 64 eintreten kann. In ihrem oberen Abschnitt 74 weist die Hinterschale 62 eine vorzugsweise durchgehende oder mehrere einzelne Luftaustrittsöffnungen 76 auf, die ein Austreten der innerhalb des Luftraums 64 erwärmten und aufgestiegenen Luft aus dem Luftraum 64 ermöglichen. Die Luftaustrittsöffnungen 76 sind, wie in Fig. 8b gezeigt, bevorzugt über Verbindungskanäle 76' mit dem Abluftkanal bzw. der Abluft-Raumkammer 7'" des Tunnels verbunden.

**[0068]** Die Vorderschale 60 und die Hinterschale 62 sind im gezeigten Beispiel über Abstandhalter 66 zu einer Sandwich-Konstruktion zusammengefaßt. In Fig. 9 ist ein beispielhafter Aufbau einer derartigen Abstandhalterung gezeigt, wobei zwischen der Rückseite der Vorderschale 60 und dem Abstandhalter 66 eine Lage aus thermisch isolierendem Material 65 eingebracht ist. Eine ebensolche Lage aus thermisch isolierendem Material 67 ist zwischen dem Abstandhalter 66 und der Vorderseite der Hinterschale 62 angeordnet. Zur Befestigung ist der Abstandhalter 66 mit der Vorderschale 60 und der Hinterschale 62 über Niete 61, 63 verbunden. Die in Fig. 9 dargestellte Vernietung ist lediglich ein Beispiel einer Befestigung. Hier können selbstverständlich auch alle anderen bekannten mechanischen Befestigungsarten wie beispielsweise Schrauben oder Kleben Verwendung finden.

**[0069]** Der Abstandhalter 66 besteht im dargestellten Beispiel aus einem Metallprofil, das entsprechend der

gewünschten Krümmung der Brandschutzwand beziehungsweise des Tunnelprofils gebogen und an den Lüftungs- und luftströmungstechnisch erforderlichen bzw. optimalen Abstand zwischen der Vorder- und der Hinterschale angepaßt ist. Ein horizontaler Querschnitt der Brandschutzwandung ist in Fig. 10 dargestellt und wird weiter unten in Verbindung mit dieser Figur näher beschrieben.

**[0070]** Die Vorderschale 60 ist als Protektor 10 ausgebildet, der einen Trägerkörper 10A aus einem tragfähigen und gut wärmeleitenden Metall, beispielsweise aus Stahlblech, aufweist, dessen Dicke  $d_A$  in einem Bereich von vorzugsweise 0,3 mm bis 0,6 mm liegt. Der Aufbau der Vorderschale 60 entspricht dabei prinzipiell dem in Fig. 3 dargestellten Aufbau. Auf der dem Tunnelinnenraum oder Hohlraum 5 zugewandten Vorderseite, also auf der einem potentiellen Brand zugewandten Seite, ist der Trägerkörper 10A mit einer feuerfesten Schicht bildenden hochtemperaturfesten Material 10B versehen. Dieses hochtemperaturfeste Material 10B ist vorzugsweise Email. Die Dicke  $d_C$  dieser feuerfesten Schicht 10C aus beispielsweise Email liegt vorzugsweise zwischen 100 µm und 300 µm. Sowohl die Vorderseite als auch die Hinterseite des Trägerkörpers 10A können mit einer Grundemaillierung versehen sein, auf die dann auf der Vorderseite eine Deckemaillierung aufgebracht wird. Auch die Hinterschale 62 kann in derselben Weise aufgebaut sein. Die Hinterschale kann jedoch auch aus Edelstahl oder aus nicht-emailliertem, gegen Rost behandeltem, aber gegen große Hitze beständigem Metall gebildet sein.

**[0071]** In dem Horizontalschnitt der Fig. 10 entlang der Linie X-X in Fig. 9 ist die Anordnung der Abstandhalter 66 zu erkennen. Der Abstandhalter 66 ist als hutprofilartiger Vertikalträger ausgebildet, dessen beiden seitlichen Schenkel mit der Hinterschale 62 mittels Nieten 63 verbunden sind, wobei zwischen den seitlichen Schenkel des hutprofilartigen Trägers 66 und die Hinterschale 62 eine Lage 67 aus thermisch isolierendem Material eingebracht ist. Der Mittelabschnitt des Hutprofils 66 ist, ebenfalls unter Einbindung einer Lage 65 aus thermisch isolierendem Material, mit der Vorderschale 60 mittels Nieten 61 verbunden.

**[0072]** Im Inneren des Hutprofils 66 ist ein sich in Vertikalrichtung erstreckender Luftraum 64' gebildet, in dem ebenfalls eine von unten nach oben gerichtete Luftströmung zur konvektiven Abführung der von außen eingebrachten Wärme entstehen kann. Öffnungen 66' in den Seitenflächen der hutprofilartigen Abstandhalter 66 ermöglichen einen lateralen Luftaustausch zwischen dem Luftraum 64 zwischen der Vorderschale 60 und der Hinterschale 62 sowie dem Luftraum 64' innerhalb des Hutprofils.

**[0073]** Die Anordnung des Hutprofils zwischen der Vorderschale 60 und der Hinterschale 62 in der in Fig. 10 dargestellten Form ist lediglich beispielhaft; es ist auch möglich, daß das Hutprofil umgekehrt eingebaut wird, das heißt, daß die seitlichen freien Schenkel des

hutprofilartigen Abstandhalters 66 mit der Vorderschale 60 und der Mittelabschnitt des hutprofilartigen Abstandhalters mit der Hinterschale 62 verbunden ist.

**[0074]** Fig. 11 zeigt einen Längsschnitt durch einen Abschnitt eines Straßentunnels in Blickrichtung des Pfeiles XI in den Fig. 8a, 8b, 8c. Im Tunnel 2 ist ein Kraftfahrzeug 30 in Brand geraten und die Fahrzeuginsassen 32, 34 flüchten vom Brandort. Durch die beim Fahrzeugbrand entstehende Temperatur haben sich oberhalb des Brandortes gelegene, von klappbaren Brandschutzwandungs-Elementen gebildete Entlüftungsklappen geöffnet und die Brandgase sowie der beim Brand entstehende Rauch werden durch die so gebildeten Entlüftungsöffnungen 28 in den Zwischenraum 7" und durch diesen nach außen abgesaugt.

**[0075]** In Fig. 11 ist auch zu erkennen, daß die gesamte Brandschutzwand aus vertikalen, bahnenartigen Brandschutzwandungs-Modulen 110 gebildet ist, die miteinander verbunden sind und die jeweils zumindest eine Protektorplatte aufweisen. Derartige Brandschutzwandungs-Module 110 können in einer beispielhaften Ausführungsform eine Breite von 1,2 m und eine Höhe von beispielsweise 4 m oder 5 m aufweisen.

**[0076]** Die Abluftführung und die Zuluftführung sind in den Figuren nur beispielhaft und schematisch dargestellt. Jedwede Zuluftoder Abluftführung soll die Konvektionswirkung in den Luftzwischenräumen 64, 7 zwischen der Vorderschale 60 und der Hinterschale 62 sowie hinter der Hinterschale 62 und die Konvektion aus diesen Zwischenräumen heraus nicht behindern oder kurzschließen.

**[0077]** Fig. 12 zeigt eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung, wobei die Brandschutzvorrichtung hier nachträglich in einen Tunnel freistehend und statisch eigenständig und unabhängig von der Tunnelwand 4 eingesetzt ist. Die Schutzwandung 206 der Brandschutzvorrichtung 200 ist, wie die Ausführungsform gemäß der Fig. 8a, zweischalig ausgebildet mit einer Vorderschale 260 und einer Hinterschale 262, die zwischen sich einen Luftraum 264 bilden. Im Bereich der Hinterschale 262 ist die Schutzwandung 206 an einer die statische Eigenständigkeit bewirkenden Unterkonstruktion 280 befestigt. Die Unterkonstruktion 280 umfaßt linke und rechte Vertikalstützen 282 sowie jeweils eine linke und eine rechte Vertikalstütze 282 verbindende Firstbögen 284. Die Vertikalstützen 282 und die Firstbögen 284 sind über thermisch isolierende Elemente an der Schutzwandung 206 befestigt. Die Vertikalstützen 282 sind am oder im Tunnelboden 3' verankert.

**[0078]** Diese Ausgestaltung mit freistehender Brandschutzwandung besitzt den Vorteil, daß die Brandschutzwandung nicht an der Tunnelwand verankert werden muß, allenfalls nur an einigen wenigen unkritischen Punkten der Tunnelwand fixiert werden kann. Diese Ausgestaltungsform bietet sich insbesondere dann an, wenn alte Tunnels mit einer erfindungsgemäßen Brandschutzvorrichtung nachgerüstet werden sollen und

wenn dabei die Tunnelwand nicht angegriffen werden darf oder nur an sehr wenigen Stellen angegriffen werden darf. Beispiel für derartige Tunnelwände sind Ziegelwände in alten Tunnels sowie Stahlspundwände von Unterwassertunnels, die nicht angebohrt werden dürfen und die auch nicht mit aufgeschweißten Bolzen versehen werden dürfen, um eine Verletzung der Stahlspundwand und damit ein Eindringen von Wasser zu vermeiden. Denkbar ist aber auch, daß eine Betonwand des Tunnels oder eine Zwischendecke nicht mehr mit zusätzlichen statischen Lasten versehen werden darf und deshalb eine Verankerung der Brandschutzvorrichtung an der Tunnelwand nicht möglich ist, so daß auch in diesem Fall vorzugsweise die freistehende Version der Brandschutzvorrichtung eingesetzt wird.

**[0079]** Die Erfindung ist nicht auf das obige Ausführungsbeispiel beschränkt, das lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dient. Im Rahmen des Schutzzumfangs kann die erfindungsgemäße Vorrichtung vielmehr auch andere als die oben beschriebenen Ausgestaltungsformen annehmen. Die Vorrichtung kann hierbei insbesondere Merkmale aufweisen, die eine Kombination aus den jeweiligen Einzelmerkmalen der Ansprüche darstellen.

**[0080]** Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

#### 30 Bezugszeichenliste

#### **[0081]**

|        |                                           |
|--------|-------------------------------------------|
| 1      | Brandschutzvorrichtung                    |
| 35 2   | Tunnel                                    |
| 2'     | Oberer Tunnelbereich                      |
| 3      | Fahrbahn                                  |
| 3'     | Tunnelboden                               |
| 4      | Tunnelwand                                |
| 40 5   | Hohlraum                                  |
| 6      | Schutzwandung                             |
| 6'     | Schutzwandung                             |
| 7      | Zwischenraum                              |
| 7'     | Raum für Lüftungskanäle                   |
| 45 7"  | Zuluftkanal                               |
| 7'''   | Abluftkanal                               |
| 8      | Halterungen                               |
| 9      | Dämmaterialschicht                        |
| 10     | Protektoren                               |
| 50 10' | Protektoren                               |
| 10A    | Trägerkörper                              |
| 10B    | Hochtemperaturfestes Material             |
| 10C    | Schicht aus hochtemperaturfestem Material |
| 11     | Fangseil                                  |
| 55 12  | Längsfugen                                |
| 12'    | Längsfugen                                |
| 13     | Fugenmaterial                             |
| 14     | Querfugen                                 |

|                |                                 |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------|---------------------------------|----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14'            | Querfugen                       |    |    | (10A) aus Metall enthalten, der zumindest einseitig mit einem hochtemperaturfesten Material (10B) versehen ist, und                                                                                                                                                                                                                                     |
| 16             | Klappenartiger Protektor        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16'            | Klappenartiger Protektor        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16"            | Klappenartiger Protektor        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 17             | Fangseil                        | 5  |    | - daß die Schutzwandung (6, 106) unter Ausbildung eines Zwischenraums (7) von der Wand (4) des Hohlraums (5) beabstandet angeordnet ist,                                                                                                                                                                                                                |
| 18             | Vorratsbehälter                 |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 18'            | Unterer Bereich                 |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 20             | Feuerlöschmittel                |    |    | - wobei die Schutzwandung (6, 106) mittels hochtemperaturfester Halterungen (8) an der Wand (4) des Hohlraums (5) verankert ist, die eine Wärmeeinleitung in die Wand (4) verhindern oder zumindest stark verzögern und stark vermindern.                                                                                                               |
| 22             | Scharnier                       |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 24             | Halterung                       | 10 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 26             | Steinwolle                      |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 28             | Entlüftungsöffnung              |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 29             | Löschöffnung                    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 30             | Kraftfahrzeug                   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 32             | Fahrzeuginsassen                | 15 | 2. | Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 1, <b>dadurch gekennzeichnet,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 34             | Fahrzeuginsassen                |    |    | <b>daß</b> der Schmelzpunkt des hochtemperaturfesten Materials (10B) höher ist als der des Metalls des metallenen Trägerkörpers (10A) des zugehörigen Protektors (10, 16, 16') und daß die Protektoren (10, 16, 16') zumindest auf der von der Wand (4) des Hohlraums (5) abgewandten Fläche mit dem hochtemperaturfesten Material (10B) versehen sind. |
| 60             | Vorderschale                    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 61             | Niete                           |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 62             | Hinterschale                    |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 63             | Niete                           | 20 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 64             | Luftraum                        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 64'            | Luftraum                        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 65             | thermisch isolierendes Material |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 66             | Abstandhalter                   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 66'            | Öffnungen                       | 25 | 3. | Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, <b>dadurch gekennzeichnet,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 67             | thermisch isolierendes Material |    |    | <b>daß</b> das hochtemperaturfeste Material (10B) eine feuerfeste Schicht (10C) aus Email oder Keramikmaterial aufweist.                                                                                                                                                                                                                                |
| 70             | unterer Abschnitt               |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 72             | Luft Eintrittsöffnung           |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 74             | oberer Abschnitt                |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 76             | Luftaustrittsöffnung            | 30 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 76'            | Verbindungs Kanäle              |    | 4. | Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 3, <b>dadurch gekennzeichnet,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 100            | Brandschutzvorrichtung          |    |    | <b>daß</b> in die Schicht (10C) aus Email reflektierende und/oder selbstleuchtende oder nachleuchtende Bestandteile integriert sind.                                                                                                                                                                                                                    |
| 106            | Brandschutzwandung              |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 110            | Brandschutzwandungs-Modul       |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 200            | Brandschutzvorrichtung          | 35 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 206            | Brandschutzwandung              |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 260            | Vorderschale                    |    | 5. | Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, <b>dadurch gekennzeichnet,</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 262            | Hinterschale                    |    |    | <b>daß</b> das hochtemperaturfeste Material ein vorzugsweise faserverstärktes Keramikmaterial ist.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 264            | Luftraum                        |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 280            | Unterkonstruktion               | 40 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 282            | Vertikalstütze                  |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 284            | Firstbogen                      |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| d <sub>A</sub> | Dicke von 10A                   |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| d <sub>C</sub> | Dicke von 10C                   | 45 | 6. | Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, <b>dadurch gekennzeichnet,</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                |                                 |    |    | <b>daß</b> die Schutzwandung (6, 106) auf ihrer vom Hohlraum (5) abgewandten Seite mit einer Dämmschicht (9) zur Wärmedämmung versehen ist.                                                                                                                                                                                                             |

## Patentansprüche

- Brandschutzvorrichtung (1) für begehbare und/oder befahrbare Hohlräume (5), insbesondere für Tunnels, mit einer von der Wand (4) des Hohlraums (5) beabstandet angeordneten Schutzwandung (6, 106),  
**dadurch gekennzeichnet,**
  - daß** die Schutzwandung (6, 106) Protektoren (10, 16, 16') aufweist, die einen Trägerkörper
- Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die Schutzwandung (6, 106) auf ihrer der Wand (4) des Hohlraums (5) zugewandten Seiten hinterlüftet ist.
- Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Protektoren (10, 16, 16') einen zumindest zweischaligen Aufbau aufweisen aus einer einem Brandherd oder potentiellen Brandherd zugewandten Vorderschale (60) und einer vom Brandherd oder potentiellen Brandherd abgewandten Hinterschale (62), wobei die Vorderschale (60) und die Hinterschale (62) voneinander beabstandet angeordnet sind und zwischen sich einen Luftraum (64) bilden und wobei zumindest die Vorderschale (60) auf der dem Brandherd oder potentiellen Brandherd zugewandten Fläche (10C) mit dem hochtemperaturfesten Material (10B) versehen ist.

9. Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** auch die Hinterschale (62) auf ihrer der Vorder- schale (60) zugewandten Fläche mit dem hochtemperaturfesten Material versehen ist.

10. Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Vorderschale (60) und/oder die Hinterschale (62) mit einer auf der jeweiligen zum Brandherd oder potentiellen Brandherd weisenden Vorderseite und/oder auf der Rückseite aufgebrachten Grundmaillierung versehen ist beziehungsweise sind, auf die auf der Vorderseite eine Deckmaillierung aufgebracht ist.

11. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Vorderschale (60) und die Hinterschale (62) über im Luftraum (64) befindliche Abstandhalter (66), die bevorzugt aus thermisch isolierendem Material bestehen oder ein derartiges Material aufweisen, zu einer Luftsandwichkonstruktion miteinander verbunden sind, wobei vorzugsweise zwischen den Abstandhaltern (66) und der Vorderschale (60) und/oder zwischen den Abstandhaltern (66) und der Hinterschale (62) ein thermisch isolierendes Material (65) vorgesehen ist.

12. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Luftsandwichkonstruktion in einem unteren Abschnitt (70) mit Lufteintrittsöffnungen (72) und/oder in einem oberen Abschnitt (74) mit Luftaustrittsöffnungen (76) für den Luftraum versehen ist, wobei die Lufteintrittsöffnungen (72) bevorzugt in einem unteren Bereich der Hinterschale (62) ausgebildet sind und wobei die Luftaustrittsöffnungen (76) bevorzugt in einem oberen Bereich der Hinterschale (62) ausgebildet sind.

13. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Protektoren (10, 16, 16') plattenförmige Gestalt aufweisen, wobei vorzugsweise die die Schutzwandung (6, 106) bildenden plattenförmigen Protektoren (10, 16, 16') an ihren einander benachbarten Kanten mittels die Fugen (12, 14) zwischen den Protektoren (10, 16) ausfüllendem wärmeleitenden Fugenmaterial (13, 26), wie beispielsweise Blei, wärmeleitend miteinander verbunden sind.

14. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** im Zwischenraum (7) zwischen der Schutzwandung (6, 106) und der Wand (4) des Hohlraums (5) ein Lüftungskanal gebildet ist oder ein Raum für Lüftungskanäle vorgesehen ist.

15. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Protektoren (10, 16, 16') als Brandschutzwandungs-Module (110) ausgebildet sind, wobei die Brandschutzwandungs-Module (110) vorzugsweise so miteinander verbindbar sind, daß die Lufträume (64) der einzelnen Brandschutzwandungs-Module (110) miteinander in Fluidverbindung stehen.

16. Brandschutzvorrichtung nach Anspruch 14,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die jeweiligen Vorderschalen (60) benachbarter Brandschutzwandungs-Module thermisch leitend miteinander verbindbar sind und/oder die jeweiligen Hinterschalen (62) benachbarter Brandschutzwandungs-Module thermisch leitend miteinander verbindbar sind.

17. Brandschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** die Vorderschale und die Hinterschale thermisch nichtleitend miteinander verbunden sind.

18. Brandschutzvorrichtung (1) für begehbare und/oder befahrbare Hohlräume (5), insbesondere für Tunnels, mit einer von der Wand (4) des Hohlraums (5) beabstandet angeordneten Schutzwandung (206),

**dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** die Schutzwandung (206) Protektoren (10, 16, 16') aufweist, die einen Trägerkörper (10A) aus Metall enthalten und zumindest einseitig mit einem hochtemperaturfesten Material

- (10B) versehen sind, und
- daß die Schutzwandung (206) unter Ausbildung eines Zwischenraums (7) von der Wand (4) des Hohlraums (5) beabstandet angeordnet ist,

5

wobei die Schutzwandung (206) an einer Unterkonstruktion (280) befestigt ist und so eine statisch eigenständige Konstruktion bildet, die ohne Verankerung an der Wand (4) des Hohlraums (5) freistehend einbaubar ist.

10

## Claims

1. Fire protection device (1) for cavities (5) negotiable by pedestrians and/or vehicles, in particular for tunnels, comprising a protective wall (6, 106) disposed at a spacing from the wall (4) of the cavity (5),  
**characterized in**

15

- that the protective wall (6, 106) has protectors (10, 16, 16'), which comprise a carrier body (10A) made of metal and provided at least on one side with a high-temperature-resistant material (10B), and
- that the protective wall (6, 106) is disposed at a spacing from the wall (4) of the cavity (5) so as to form an intermediate space (7),
- wherein the protective wall (6, 106) is anchored to the wall (4) of the cavity (5) by means of high-temperature-resistant fixing devices (8), which prevent or at least extensively retard and extensively reduce heat transfer into the wall (4).

25

30

35

2. Fire protection device according to claim 1,  
**characterized in**  
that the melting point of the high-temperature-resistant material (10B) is higher than the melting point of the metal of the metal carrier body (10A) of the associated protector (10, 16, 16') and that the protectors (10, 16, 16') are provided with the high-temperature-resistant material (10B) at least on the surface remote from the wall (4) of the cavity (5).

40

45

3. Fire protection device according to claim 1 or 2,  
**characterized in**  
that the high-temperature-resistant material (10B) comprises a refractory layer (10C) of enamel or ceramic material.

50

4. Fire protection device according to claim 3,  
**characterized in**  
that reflective and/or luminous or phosphorescent components are integrated into the layer (10C) of enamel.

55

5. Fire protection device according to one of the pre-

ceding claims,

**characterized in**

that the high-temperature-resistant material is a preferably fibre-reinforced ceramic material.

6. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

that the protective wall (6, 106) is provided at its side remote from the cavity (5) with an insulating material layer (9) for heat insulation purposes.

7. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

that the protective wall (6, 106) is back-ventilated at its side facing the wall (4) of the cavity (5).

8. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

that the protectors (10, 16, 16') are of an at least two-shell construction comprising a front shell (60) facing a fire source or potential fire source and a rear shell (62) remote from the fire source or potential fire source, wherein the front shell (60) and the rear shell (62) are spaced from one another and between them form an air space (64) and wherein at least the front shell (60) is provided with the high-temperature-resistant material (10B) on the surface (10C) facing the fire source or potential fire source.

9. Fire protection device according to claim 7,

**characterized in**

that the rear shell (62) is also provided with the high-temperature-resistant material on its surface facing towards the front shell (60).

10. Fire protection device according to claim 8,

**characterized in**

that the front shell (60) and/or the rear shell (62) are/is provided with a ground coat of enamel, which is applied to the respective front side directed towards the fire source or potential fire source and/or to the rear side and onto which on the front side a cover coat of enamel is applied.

11. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

that the front shell (60) and the rear shell (62) are connected to one another to form an air sandwich structure by means of spacers (66), which are situated in the air space (64) and are preferentially made from thermally insulating material or comprise such a material, wherein a thermally insulating material (65) is preferably provided between the spacers (66) and the front shell (60) and/or between

the spacers (66) and the rear shell (62).

12. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

**that** the air sandwich structure is provided in a lower portion (70) with air inlet openings (72) and/or in an upper portion (74) with air outlet openings (76) for the air space, wherein the air inlet openings (72) are formed preferentially in a lower region of the rear shell (62) and wherein the air outlet openings (76) are formed preferentially in an upper region of the rear shell (62).

13. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

**that** the protectors (10, 16, 16') are of a plate-shaped design, wherein preferably the plate-shaped protectors (10, 16, 16') forming the protective wall (6, 106) are connected to one another at their mutually adjacent edges in a heat-conducting manner by means of heat-conducting joint material (13, 26), such as e.g. lead, which fills the gaps (12, 14) between the protectors (10, 16).

14. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

**that** in the space (7) between the protective wall (6, 106) and the wall (4) of the cavity (5) a ventilation duct is formed or a compartment for ventilation ducts is provided.

15. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

**that** the protectors (10, 16, 16') are designed as fire protection wall modules (110), wherein the fire protection wall modules (110) are preferably connectable to one another in such a way that the air spaces (64) of the individual fire protection wall modules (110) are flow-connected to one another.

16. Fire protection device according to claim 14,

**characterized in**

**that** the respective front shells (60) of adjacent fire protection wall modules are connectable in a heat-conducting manner to one another and/or the respective rear shells (62) of adjacent fire protection wall modules are connectable in a heat-conducting manner to one another.

17. Fire protection device according to one of the preceding claims,

**characterized in**

**that** the front shell and the rear shell are connected in a thermally non-conducting manner to one another.

er.

18. Fire protection device (1) for cavities (5) negotiable by pedestrians and/or vehicles, in particular for tunnels, comprising a protective wall (206) disposed at a spacing from the wall (4) of the cavity (5),

**characterized in**

- **that** the protective wall (206) has protectors (10, 16, 16'), which comprise a carrier body (10A) made of metal and provided at least on one side with a high-temperature-resistant material (10B), and
- **that** the protective wall (206) is disposed at a spacing from the wall (4) of the cavity (5) so as to form an intermediate space (7),

wherein the protective wall (206) is fastened to a substructure (280) and hence forms a statically independent structure, which is installable in a stand-alone manner without anchoring to the wall (4) of the cavity (5).

## Revendications

1. Dispositif de protection anti-incendie (1) pour des cavités (5) accessibles à des personnes et/ou à des véhicules, en particulier pour des tunnels, comprenant une paroi de protection (6, 106) agencée à distance du mur (4) de la cavité (5),
- caractérisé en ce que :**

- la paroi de protection (6, 106) comprend des protecteurs (10, 16, 16') qui contiennent un corps porteur (10A) en métal, lequel est doté au moins sur un côté d'un matériau (10B) résistant à haute température, et
- la paroi de protection (6, 106) est agencée à distance du mur (4) de la cavité (5) en formant un espace intermédiaire (7),
- ladite paroi de protection (6, 106) est ancrée au mur (4) de la cavité (5) au moyen de supports (8) résistants à haute température, qui empêchent un apport de chaleur dans le mur (4), ou qui tout au moins retardent fortement et réduisent fortement un tel apport.

2. Dispositif de protection anti-incendie selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le point de fusion du matériau (10B) résistant à haute température est supérieur à celui du métal du corps porteur métallique (10A) du protecteur associé (10, 16, 16'), et **en ce que** les protecteurs (10, 16, 16') sont pourvus du matériau (10B) résistant à haute température, au moins sur la surface détournée du mur (4) de la cavité (5).

3. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** le matériau résistant à haute température (10B) comporte une couche (10C) réfractaire en émail ou en matériau céramique. 5
4. Dispositif de protection anti-incendie selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** des composants réfléchissants et/ou auto-luminescents ou post-luminescents sont intégrés dans la couche (10C) en émail. 10
5. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau résistant à haute température est un matériau céramique de préférence renforcé par des fibres. 15
6. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la paroi de protection (6, 106) est dotée d'une couche de matériau isolant (9) sur son côté détourné de la cavité (5) pour assurer une isolation thermique. 20
7. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la paroi de protection (6, 106) reçoit une aération postérieure sur ses côtés tournés vers le mur (4) de la cavité (5). 25
8. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les protecteurs (10, 16, 16') présentent une structure composée par au moins deux coques, formées par une coque antérieure (60) tournée vers un foyer d'incendie ou un foyer d'incendie potentiel, et par une coque postérieure (62) détournée du foyer d'incendie ou du foyer d'incendie potentiel, ladite coque antérieure (60) et ladite coque postérieure (62) étant agencées à distance l'une de l'autre et formant entre elles un intervalle d'air (64), ladite coque antérieure (60) au moins étant pourvue du matériau résistant à haute température (10B) sur sa surface (10C) tournée vers le foyer d'incendie ou le foyer d'incendie potentiel. 30
9. Dispositif de protection anti-incendie selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la coque postérieure (62) également est pourvue du matériau résistant à haute température sur sa surface tournée vers la coque antérieure (60). 35
10. Dispositif de protection anti-incendie selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la coque antérieure (60) et/ou la coque postérieure (62) est/sont pourvu(e)s d'une couche d'émail de base appliquée sur la face antérieure respective tournée vers le 40
- foyer d'incendie ou vers le foyer d'incendie potentiel et/ou sur la face postérieure, sur laquelle est appliquée une couche d'émail de couverture sur la face antérieure. 45
11. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la coque antérieure (60) et la coque postérieure (62) sont reliées l'une à l'autre pour former une construction sandwich incluant de l'air, au moyen d'entretoises (66) qui se trouvent dans l'intervalle d'air (64) et qui sont réalisées en un matériau thermiquement isolant soit contiennent un tel matériau, et **en ce qu'un** matériau thermiquement isolant (65) est de préférence prévu entre les entretoises (66) et la coque antérieure (60) et/ou entre les entretoises (66) et la coque postérieure (62). 50
12. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la construction sandwich incluant de l'air est dotée d'ouvertures d'entrée d'air (72) dans un tronçon inférieur (70) et/ou d'ouvertures de sortie d'air (76) dans un tronçon supérieur (74) pour l'intervalle d'air, les ouvertures d'entrée d'air (72) étant réalisées de préférence dans une zone inférieure de la coque postérieure (62) et les ouvertures de sortie d'air (76) étant réalisées de préférence dans une zone supérieure de la coque postérieure (62). 55
13. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les protecteurs (10, 16, 16') présentent une forme en plaque, et **en ce que** les protecteurs (10, 16, 16') en forme de plaque qui constituent la paroi de protection (6, 106) sont de préférence reliés les uns aux autres de manière thermoconductrice au niveau de leurs arêtes mutuellement voisines, au moyen d'un matériau de jointoiement thermoconducteur (13, 26), comme par exemple du plomb, qui remplit les jointures (12, 14) entre les protecteurs (10, 16).
14. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans l'espace intermédiaire (7) entre la paroi de protection (6, 106) et le mur (4) de la cavité (5), il est formé un canal d'aération ou il est prévu un espace pour des canaux d'aération.
15. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les protecteurs (10, 16, 16') sont réalisés sous forme de modules de paroi anti-incendie (110), lesdits modules de paroi anti-incendie (110) pouvant être de préférence reliés les uns aux autres de telle façon que les intervalles d'air (64) des modules de paroi anti-incendie (110) individuels communiquent

les uns avec les autres vis-à-vis des fluides.

16. Dispositif de protection anti-incendie selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** les coques antérieures respectives (60) de modules de paroi anti-incendie voisins sont susceptibles d'être reliées les unes aux autres de manière thermoconductrice et/ou **en ce que** les coques postérieures respectives (62) de modules de paroi anti-incendie voisins sont susceptibles d'être reliées les unes aux autres de manière thermoconductrice. 5 10
17. Dispositif de protection anti-incendie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les coques antérieures et les coques postérieures sont reliées les unes aux autres d'une manière non thermoconductrice. 15
18. Dispositif de protection anti-incendie (1) pour des cavités (5) accessibles à des personnes et/ou à des véhicules, en particulier pour des tunnels, comprenant une paroi de protection (206) agencée à distance du mur (4) de la cavité (5), **caractérisé en ce que** : 20 25
- la paroi de protection (206) comprend des protecteurs (10, 16, 16'), qui contiennent un corps porteur (10A) en métal et qui sont dotés au moins sur un côté d'un matériau (10B) résistant à haute température, et 30
  - la paroi de protection (206) est agencée à distance du mur (4) de la cavité (5) en formant un espace intermédiaire (7), ladite paroi de protection (206) est fixée sur une sous-structure (280) et forme ainsi une structure autonome sur le plan statique, susceptible d'être érigée de manière autoportante sans ancrage sur le mur (4) de la cavité (5). 35 40

45

50

55

Fig. 1a

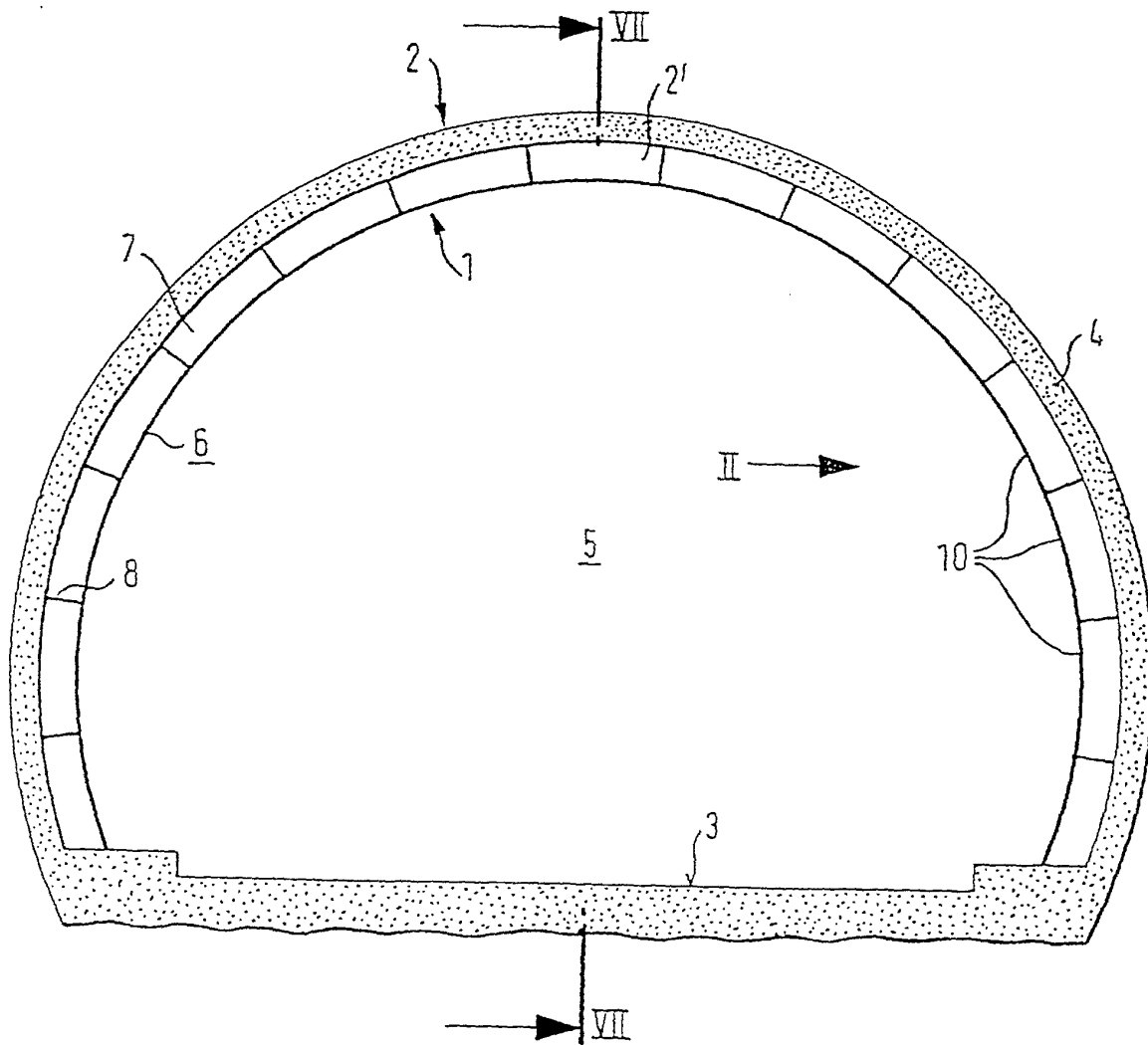


Fig. 1b

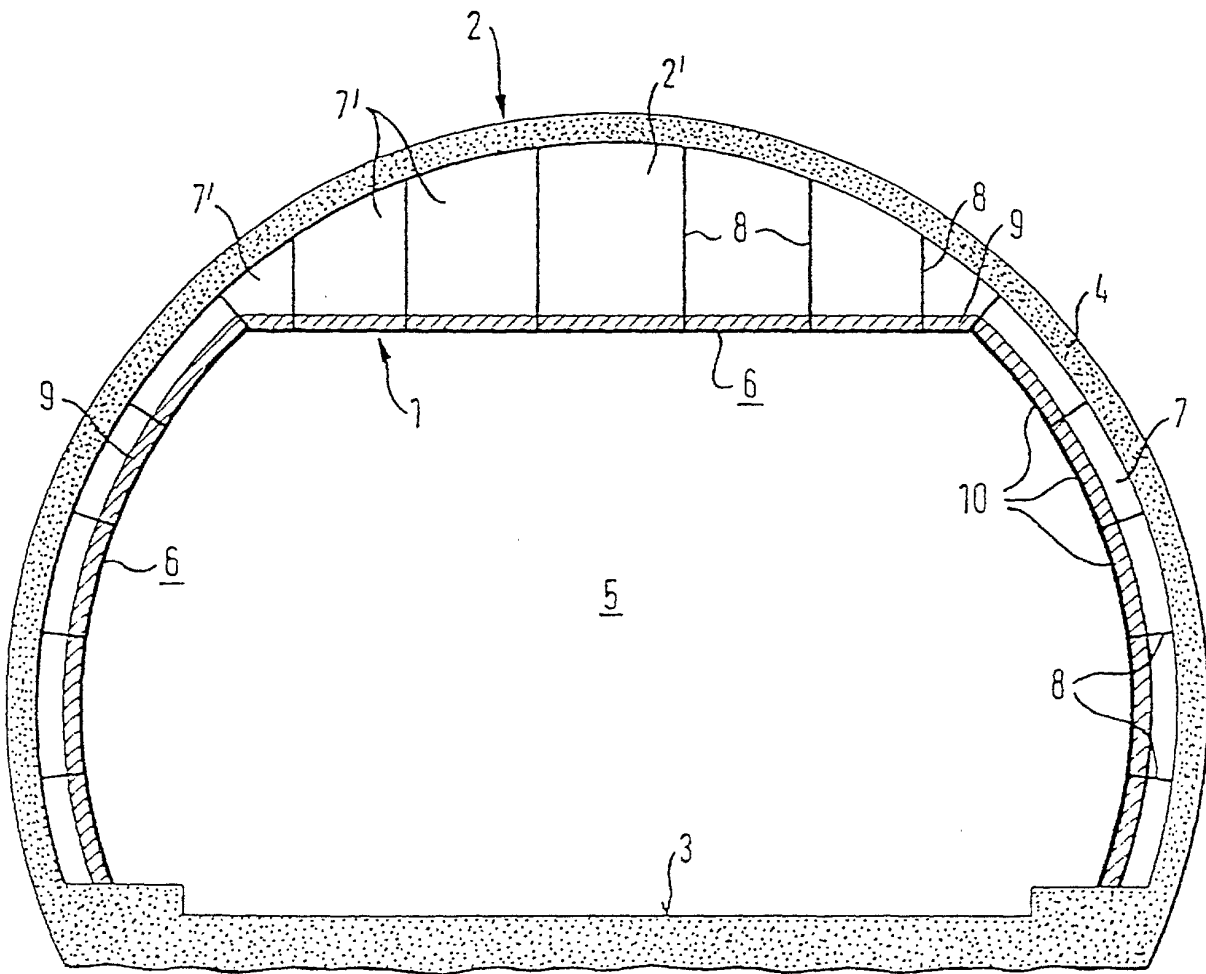


Fig. 2

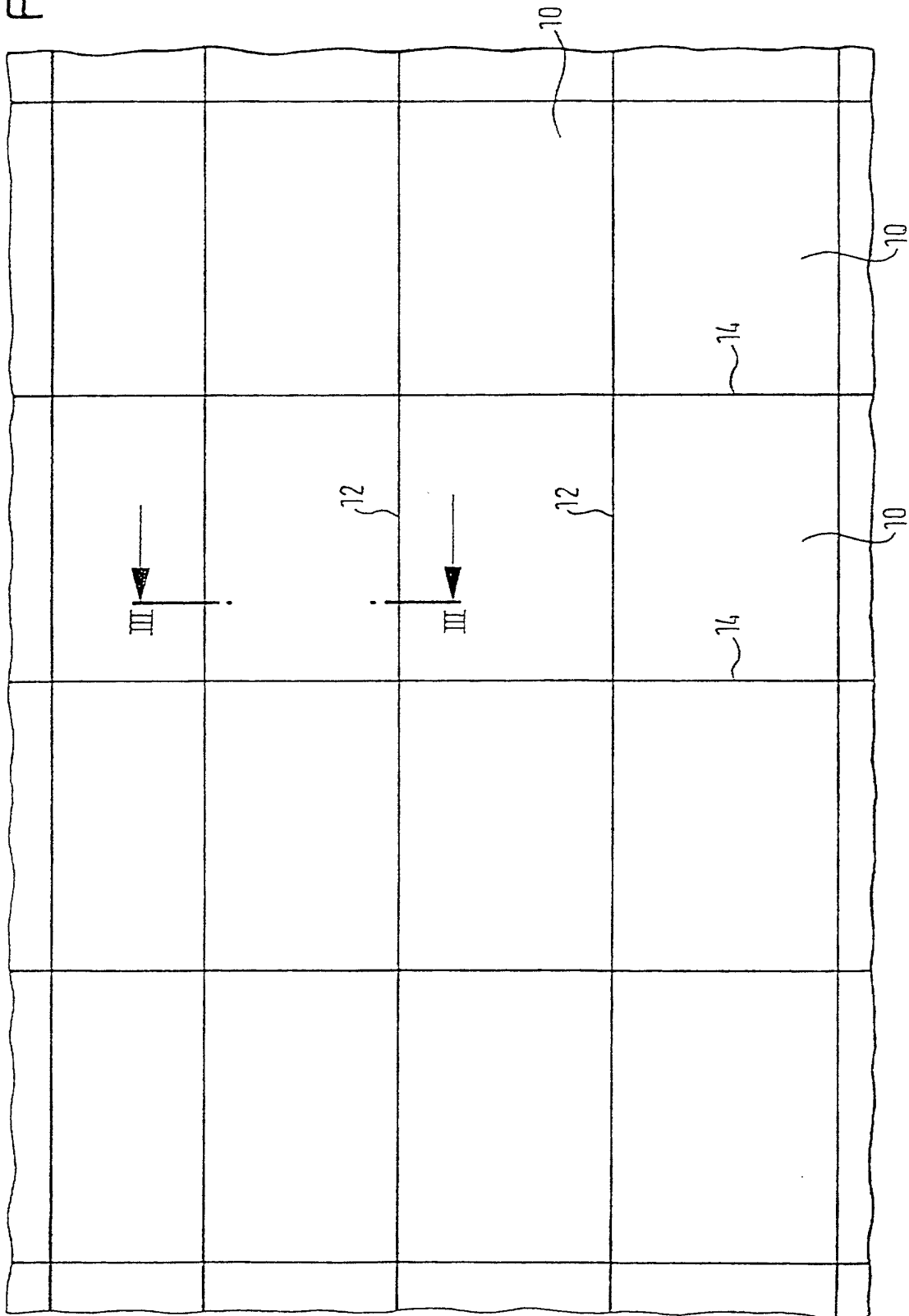


Fig. 3

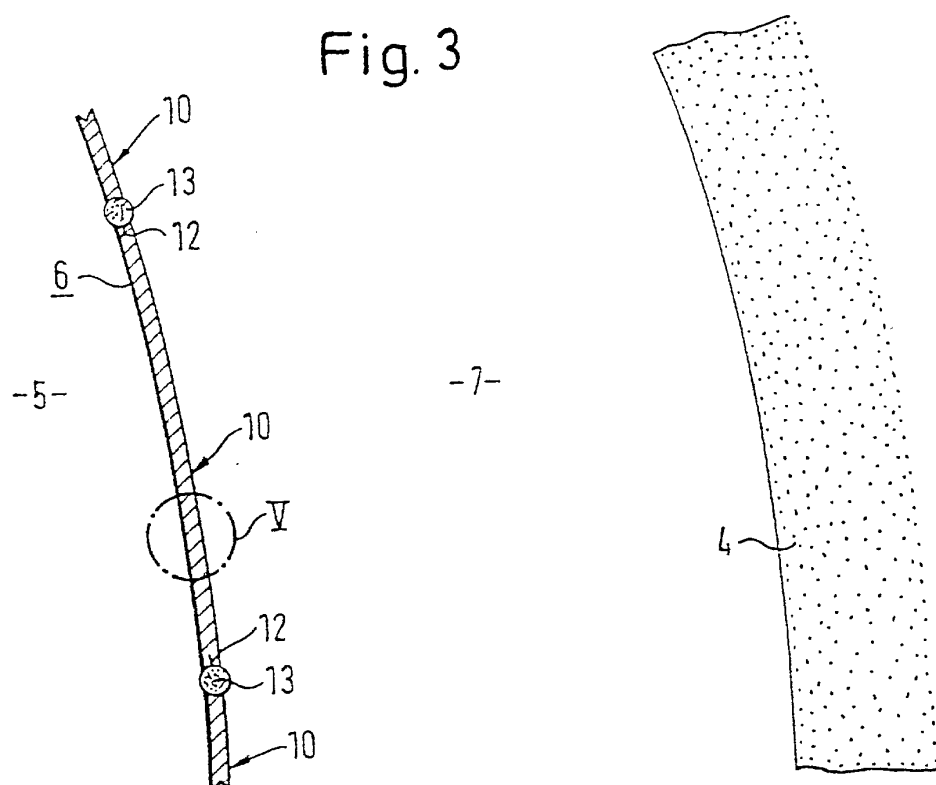


Fig. 4

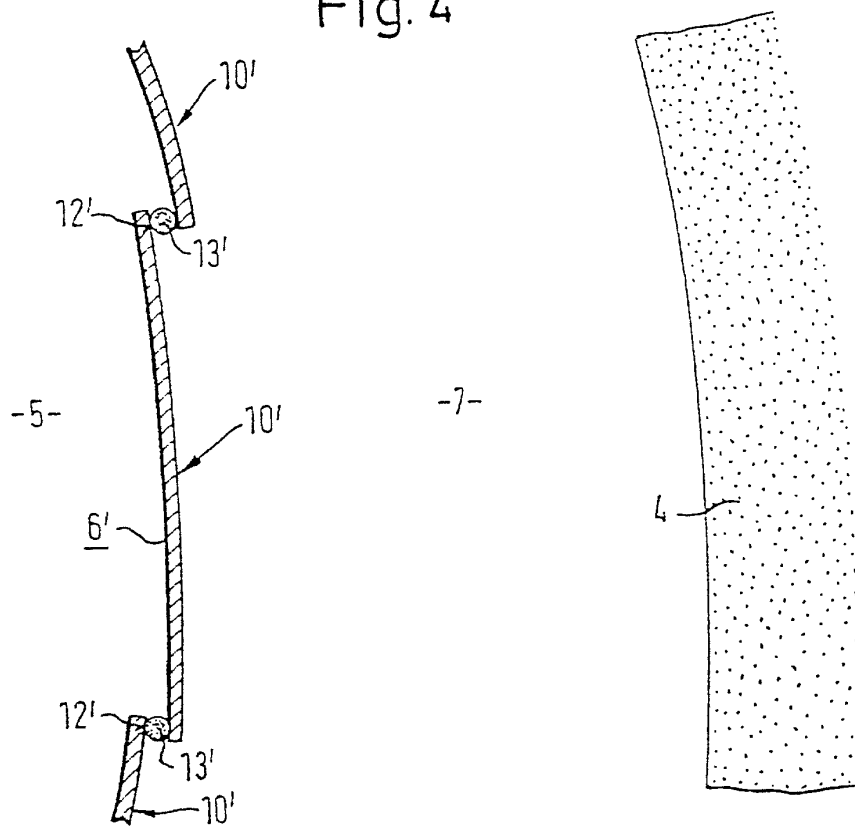


Fig. 5

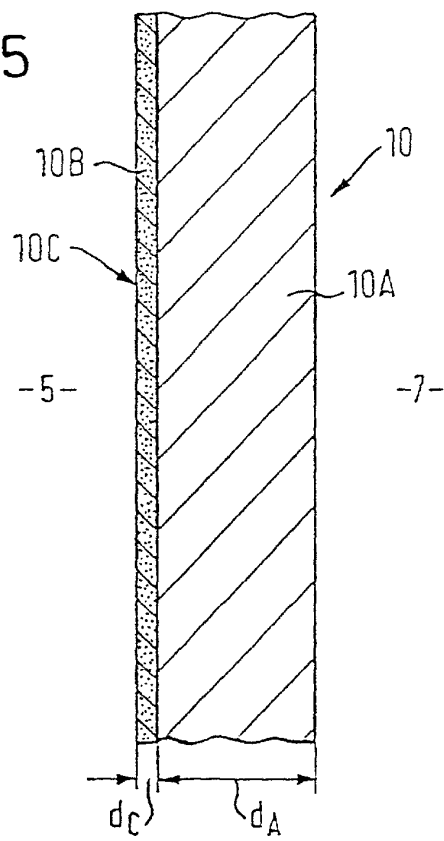


Fig. 6

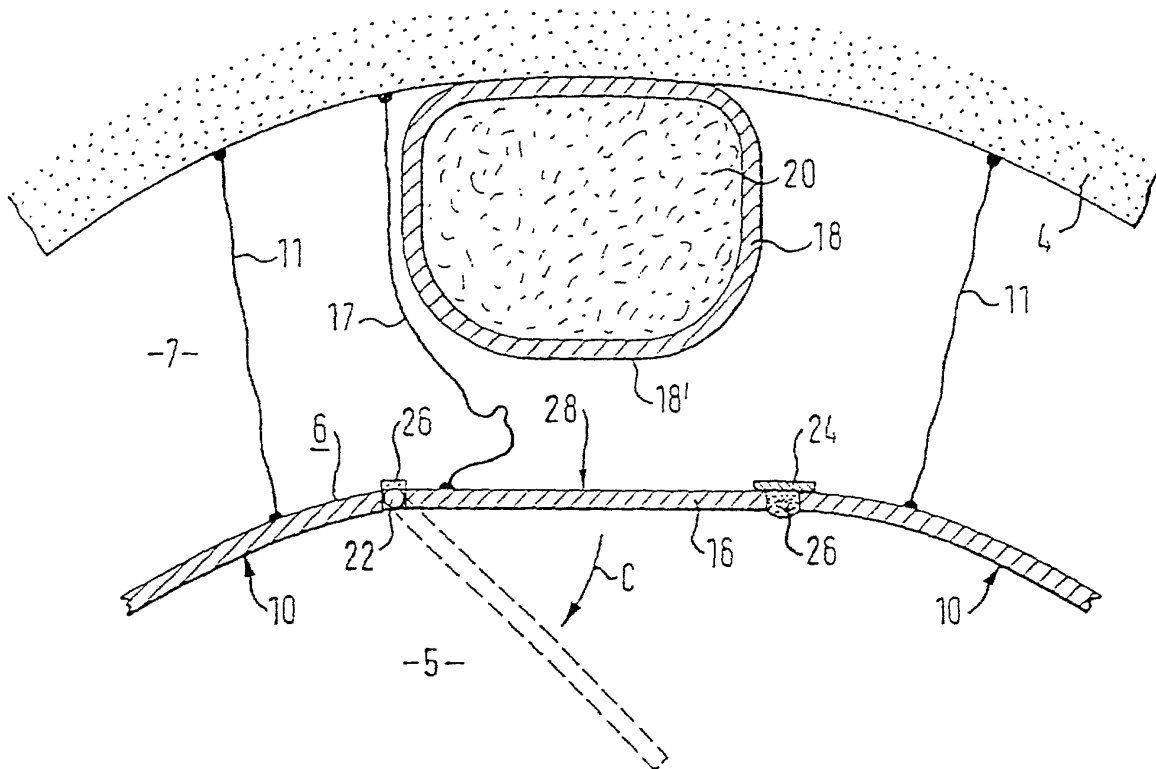


FIG. 7

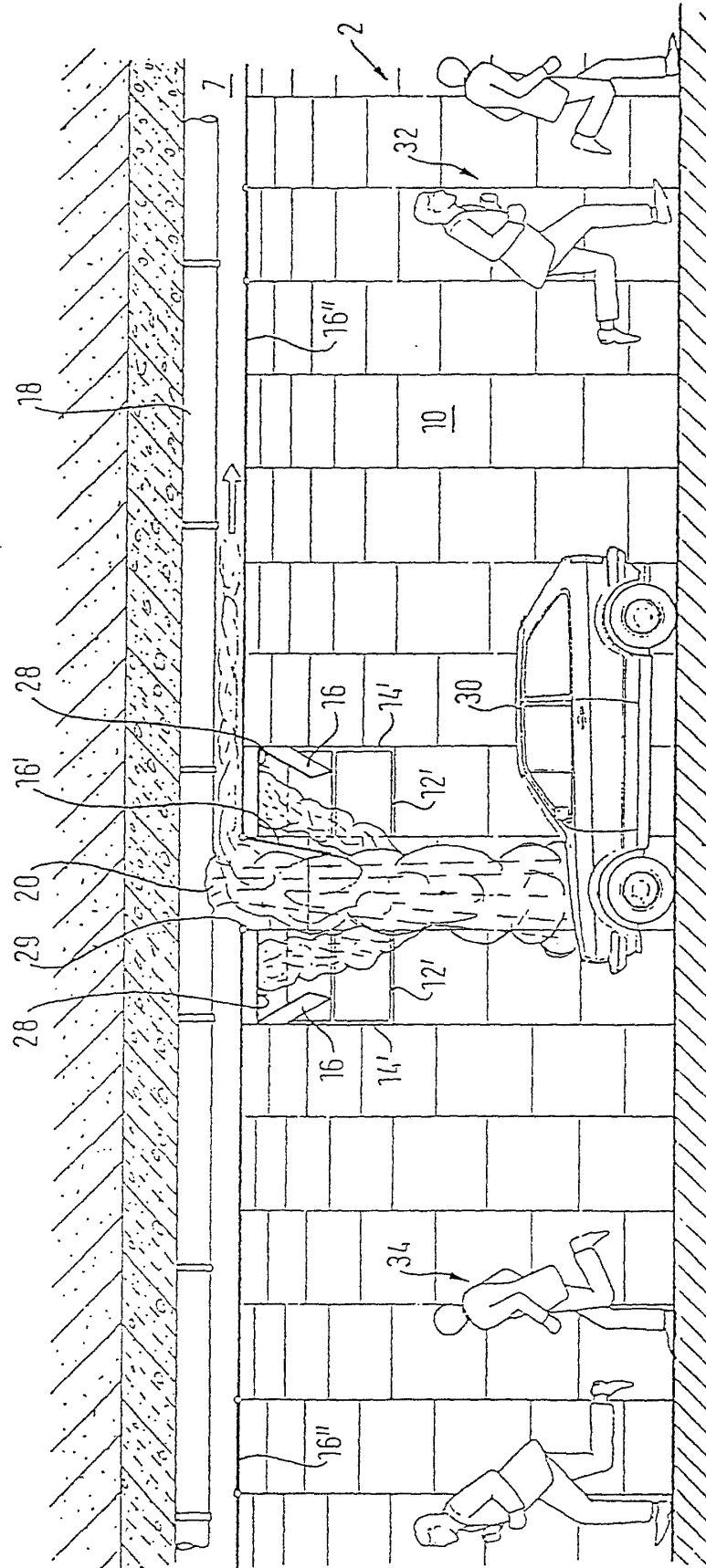


Fig. 8a

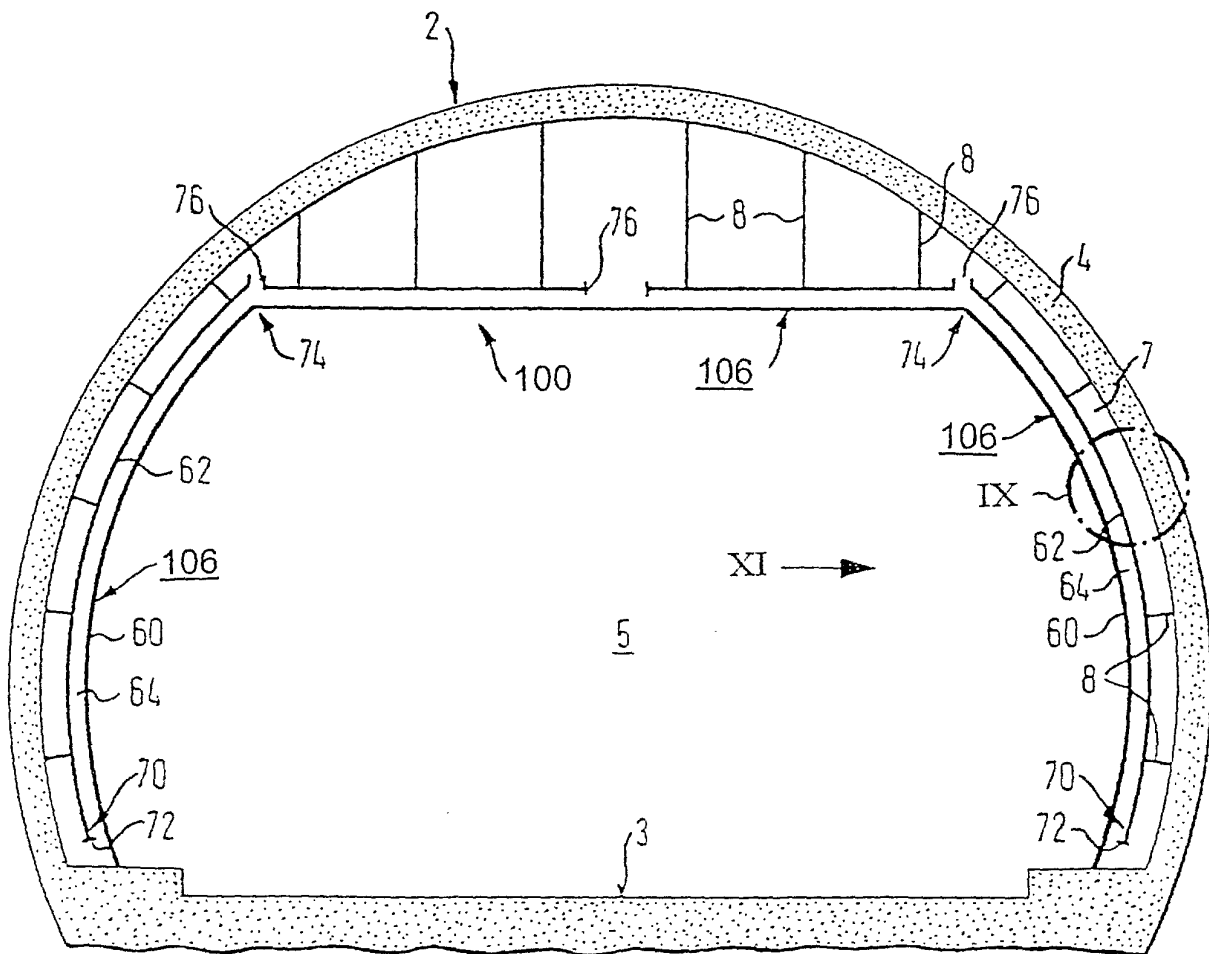


Fig. 8b

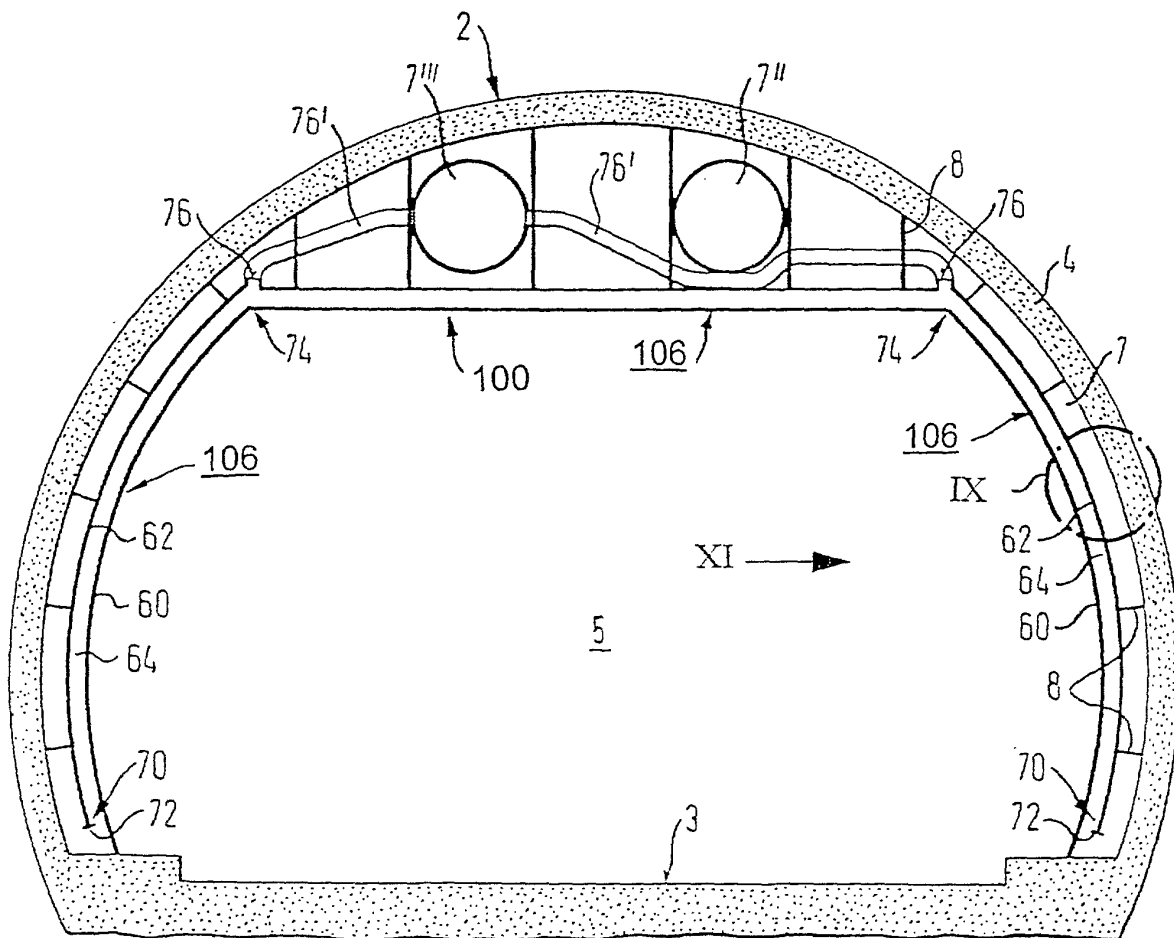
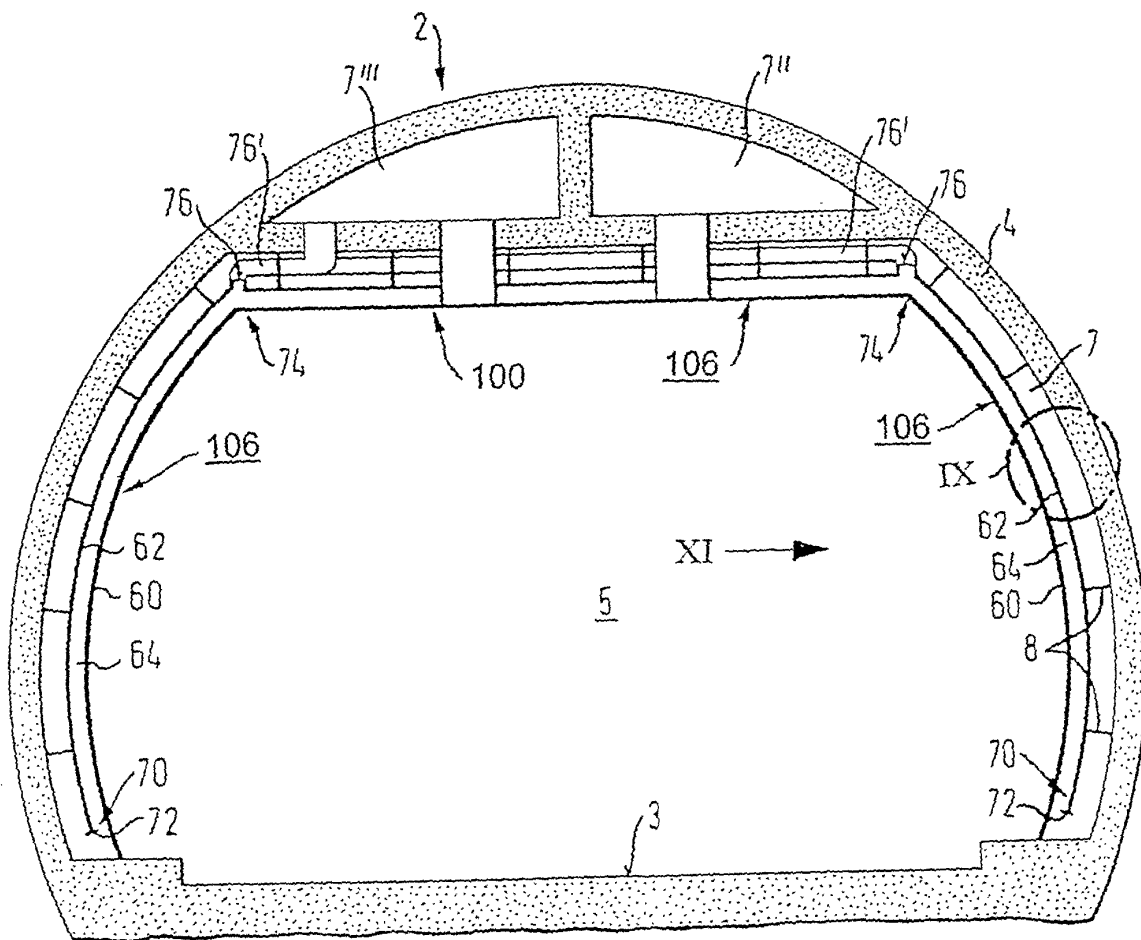


Fig. 8c



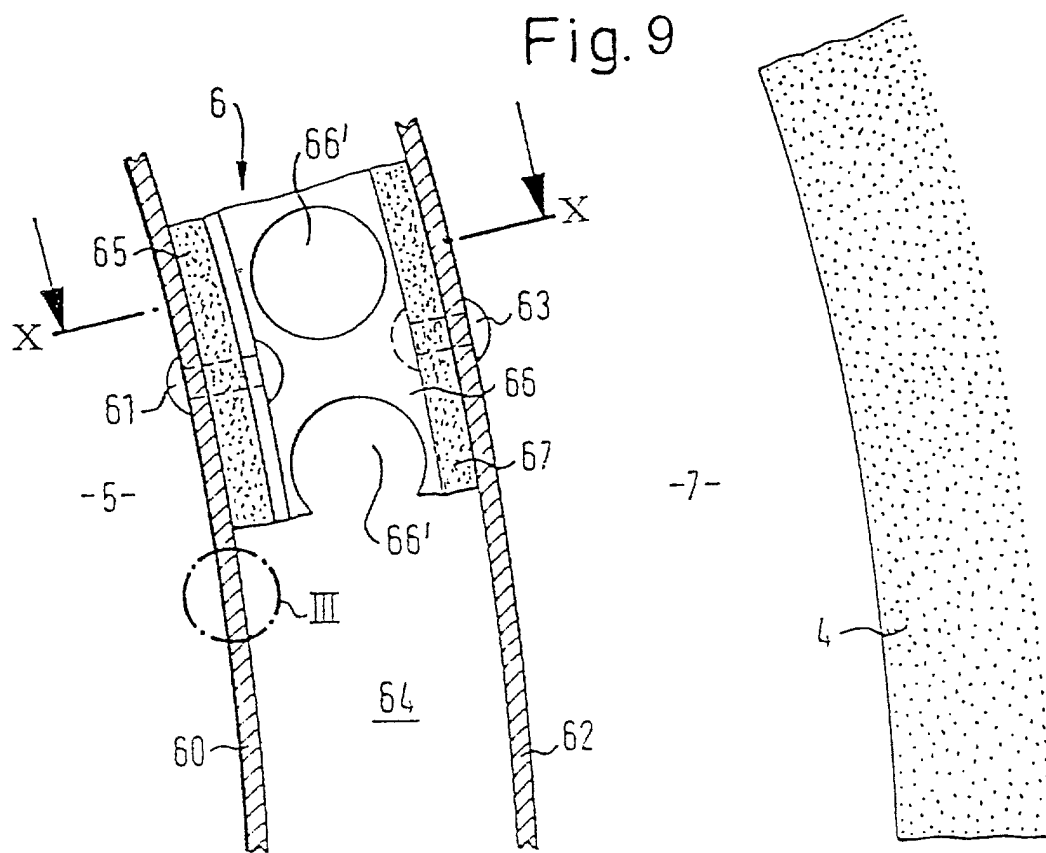


Fig. 10

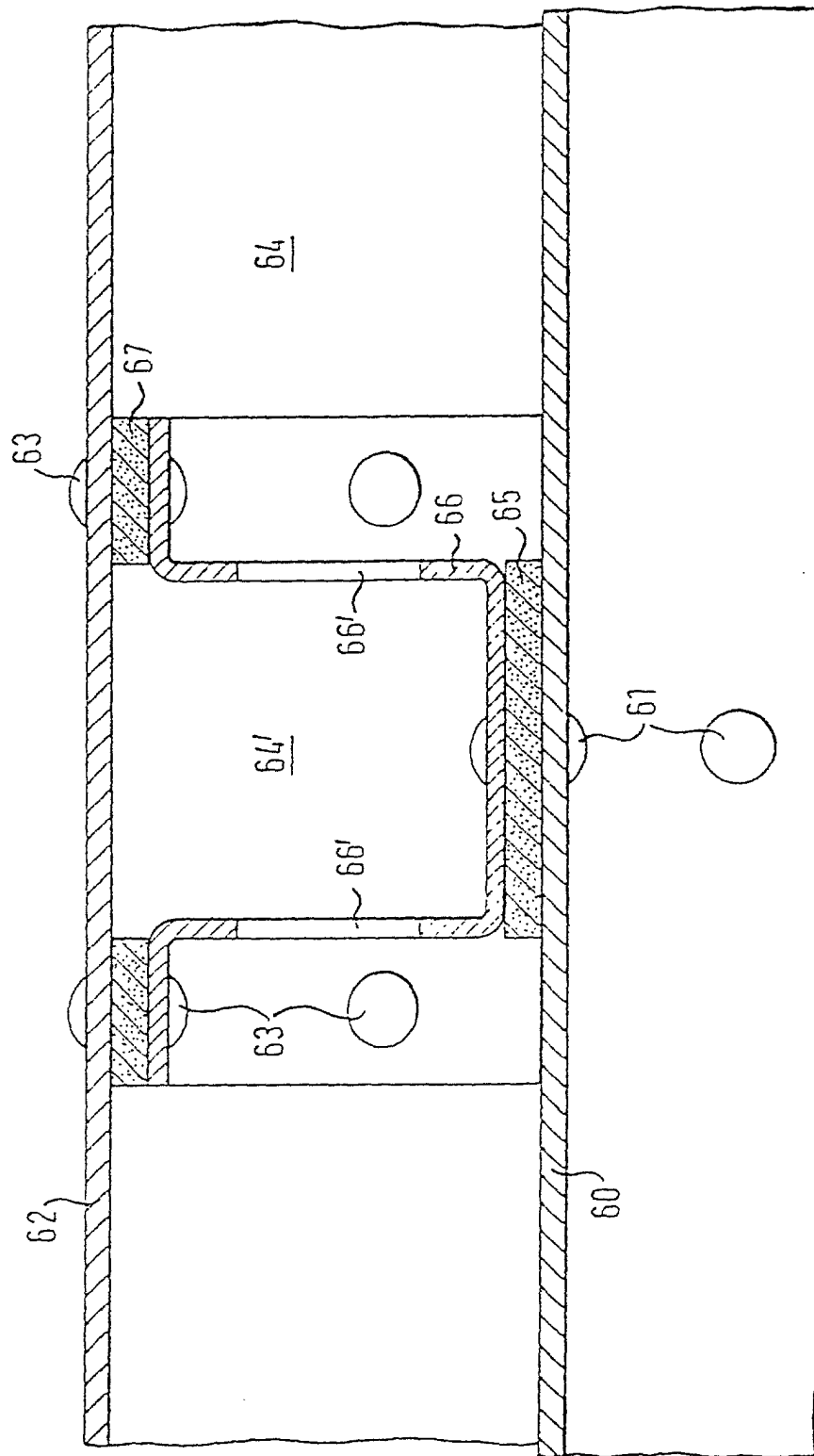


FIG. 11

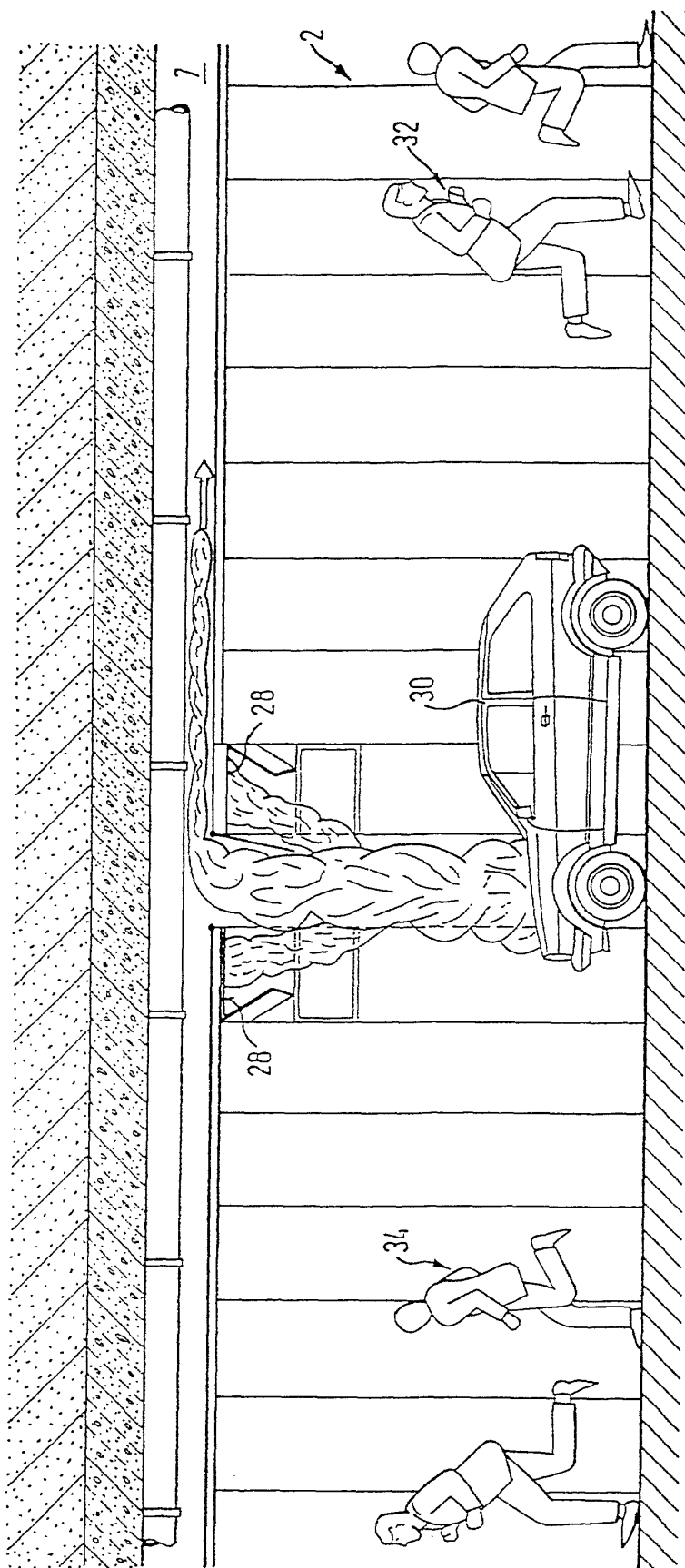


Fig. 12

