



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.10.2008 Patentblatt 2008/41**

(51) Int Cl.:  
**E21D 11/38 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08005234.3**

(22) Anmeldetag: **20.03.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT  
RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(30) Priorität: **02.04.2007 DE 102007016199**  
**13.02.2008 DE 102008009058**  
**29.02.2008 DE 102008012084**

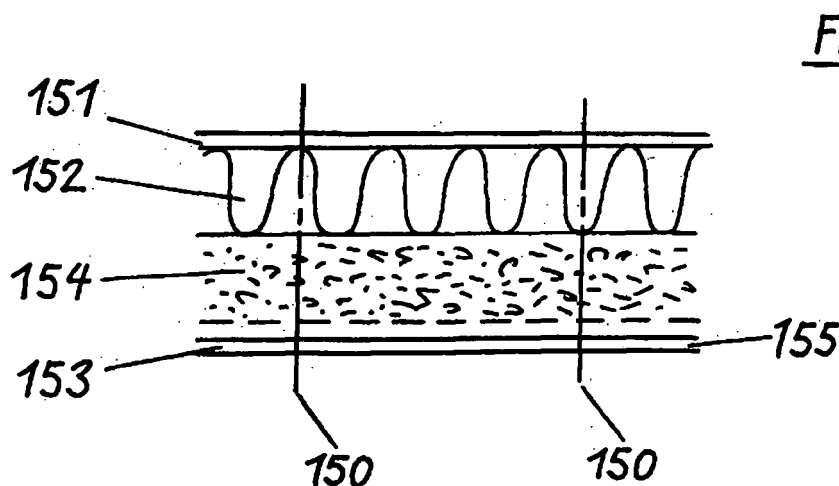
(71) Anmelder: **Skumtech AS**  
**0172 Oslo (NO)**

(72) Erfinder: **Jonsson, Svein**  
**0172 Oslo (NO)**

(74) Vertreter: **Kaewert, Klaus**  
**Rechtsanwalt,**  
**Gänsestrasse 4**  
**40593 Düsseldorf (DE)**

(54) **Brandschutz an Bauwerken**

(57) Nach der Erfindung ist der Tunnelausbau für Eisenbahntunnel und/oder Verkehrstunnel innen mit einem Leichtbeton als Brandschutz versehen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft den Brandschutz an Bauwerken, insbesondere in unterirdischen Räumen wie Tunneln und Stollen.

**[0002]** In Straßenverkehrstunneln haben sich schon dramatische Brände mit vielen Opfern ereignet. Das gleiche gilt für überirdische Bauwerke. In jedem Fall ist von besonderer Wichtigkeit, dass betroffene Personen vor dem Brand fliehen können. Im Tunnel kann die Flucht leicht auf große Schwierigkeiten stoßen. Das gleiche gilt in überirdischen Bauwerken. Deshalb ist man üblicherweise um die Einrichtung von Fluchtwegen bemüht. Eine andere Lösung ist die Verwendung brandhemmender Materialien, die einem Brand eine Zeit lang widerstehen, damit die betroffenen Personen sich in Sicherheit bringen können.

**[0003]** Unter Brandschutz werden alle Maßnahmen verstanden, die der Ausbreitung von Feuerung und Rauch vorbeugen. Die baulichen Maßnahmen in Gebäuden sind sehr vielfältig und umfassen insbesondere die Baustoffe und Bauteile, geregelt in DIN 4102 und ENV 1992-1-2.

**[0004]** Zunächst soll die Erfindung in der Anwendung auf Tunnel erörtert werden. Bei Tunnelbauwerken hat der Brandschutz aufgrund verschiedener Brandfälle in den letzten Jahren erhebliche Bedeutung gewonnen. Neben der Einhaltung konstruktiver Regeln wird zunehmend ein rechnerischer Nachweis gefordert, vgl. zum Beispiel ENNV 1992-1-2. Für die Beurteilung des Brandschutzes hat der Feuerwiderstand/Brandwiderstands eines Bauteiles entscheidende Bedeutung. Er wird an der Dauer, die ein Bauteil im Brandfall seine Funktion behält, bemessen.

Die Baustoffe werden unterschieden in nicht brennbare Baustoff und brennbare Baustoffe. Übliche Feuerwiderstandsklassen sind: F0(im Brandfall weniger als 30 Minuten funktionstauglich, F30-feuerhemmend(im Brandfall mindestens 30 Minuten funktionstauglich), F60-hochfeuerhemmend(im Brandfall mindestens 60 Minuten funktionstauglich, F90-feuerbeständig(im Brandfall mindestens 90 Minuten funktionstauglich), F120-hochfeuerbeständig(im Brandfall mindestens 120 Minuten funktionstauglich), F180-höchstfeuerbeständig(im Brandfall mindestens 180 Minuten funktionstauglich). Der Brandfall beinhaltet in allen Ländern mit Zulassungsvoraussetzung für den Einsatz von brennbaren Baustoffen eine Feuerbelastung mit einer Temperatur zwischen 1000 und 1200 Grad Celsius.

**[0005]** Es ist zu unterscheiden zwischen den Tunneln im standfesten Gebirge und im nicht standfesten Gebirge. Ein standfestes Gebirge bricht nach dem Tunnelausbruch nicht ein. Dagegen wird bei einem nicht standfesten Gebirge ein tragfähiger Ausbau des Tunnels erforderlich, der das Gewicht des Gebirges teilweise aufnimmt. Im nicht standfesten Gebirge ist sowohl ein Stahlausbau als auch ein Betonausbau üblich. Es können auch Kombinationen von Stahl und Beton Anwendung

finden. Der Betonausbau wird zumeist an der Baustelle gefertigt werden. Es sind auch Betonpaneele üblich, die im Werk hergestellt und zur Baustelle transportiert werden.

**[0006]** Im standfesten Gebirge entfällt das Festigkeitsproblem teilweise.

Es verbleibt das Problem, wie eine Sicherung gegen herabfallende Steine stattfindet. Das Problem wird üblicherweise mit Spritzbeton gelöst. Dabei wird Beton gegen den Gebirgsausbruch gespritzt, der dort erhärtet und eine schützende Haut bildet.

**[0007]** Ein anderes Problem ist austretendes Gebirgswasser.

Im Winter friert das Wasser. Es besteht die Gefahr herabfallender Eismassen. Dieser Gefahr wird üblicherweise mit einer Folienabdichtung begegnet. Je nach Dicke der Folie wird auch von Bahnen gesprochen. Zum Teil findet sich auch die Bezeichnung Membran.

**[0008]** Die Folienabdichtung leitet das Wasser ab. Zugleich wird mit einer Wärmedämmung ein Frieren des Wassers verhindert. Die Wärmedämmung kann aus Polyethlenschaum bestehen. Die Wärmedämmung kann tunnelinnenseitig vor der Foliendichtung angeordnet sein. Je nach Beschaffenheit kann die Wärmedämmung mit der Foliendichtung verbunden sein oder zugleich die Dichtung bilden. Dabei kann die Wärmedämmung wie auch die Foliendichtung an den Stößen verschweißt oder verklebt sein. Vorzugsweise findet eine Überlappung der Folienränder bzw. der Ränder der Wärmedämmung statt. Wahlweise ist auch eine Verbindung der Folienränder bzw. der Ränder der Wärmedämmung mit einem Materialstreifen durch Schweißen oder Kleben vorgesehen. Soweit im weiteren von einer Foliendichtung und/oder einer Wärmedämmung gesprochen wird, schließt das vorstehende Möglichkeiten ein.

**[0009]** Üblicherweise wird die Foliendichtung aus Folienbahnen zusammengesetzt. Die Folienbahnen werden am Gebirgsausbruch üblicherweise überlappend verlegt, so daß die Folienränder anschließend miteinander verschweißt werden können.

Vorzugsweise wird beim Verschweißen eine Doppelnaht erzeugt. Es liegen zwei Schweißnähte nebeneinander. Der Zwischenraum läßt sich mit Luftdruck beaufschlagen. Bei geschlossenem Zwischenraum kann von einer ausreichenden Dichtwirkung ausgegangen werden, wenn der Druckabfall in dem Zwischenraum über eine bestimmte Zeitdauer bestimmte Grenzen nicht überschreitet.

**[0010]** Die Befestigung der Folie erfolgt auf unterschiedlicher Weise.

Bei geringen Festigkeitsanforderungen hat sich in der Vergangenheit eine Folienbefestigung mit einem als Rondelle ausgebildeten Befestiger aus Kunststoff durchgesetzt. Die Rondelle wird an das Gebirge oder an eine erste, aufgetragene Spritzbetonschicht genagelt oder angeschossen. Beim Anschießen werden die Rondellen nicht mit einem Hammer oder dergleichen ins Gebirge geschlagen, sondern mittels einer Sprengpatrone in das

Gebirge oder in die erste aufgetragene Spritzbetonschicht getrieben.

**[0011]** Die bekannten Rondellen sind zum Beispiel in der DE-3244000C1, DE4100902A1, DE19519595A1, DE8632994.4U1, DE8701969.8U1, DE20217044U1 dargestellt und beschrieben. Die bekannten Rondellen sind mit der Folie verschweißt worden. Als besonders günstig wurden Rondellen mit einer Sollbruchstelle angesehen. Die Rondellen sollen bei einer Belastung der Folie an der Sollbruchstelle zerbrechen. Die Festigkeit der Sollbruchstelle liegt wesentlich unter der Folienfestigkeit. Dadurch bricht zuerst die Rondelle, wenn auf die Folie ein übermäßiger Zug ausgeübt wird. Das heißt, die Folienabdichtung bleibt bei übermäßigem Zug in der Folie unversehrt, während die Rondelle zerbricht.

**[0012]** Die Kunststoff-Rondellen sind jedoch nur dann geeignet, wenn bei der Befestigung der Folien und einem anschließenden Spritzbetonauftrag geringe Kräfte entstehen.

**[0013]** Insbesondere in Tunneln kommen jedoch hohe Kräfte vor. In Eisenbahntunneln wird von den durchfahrenden Zügen ein extremer Luftdruck und anschließend ein extremer Saugzug erzeugt. Die Drücke wirken auf extrem große Flächen, so daß Gesamtdrücke entstehen, die eine ausreichend feste Verbindung des Tunnelausbaus mit dem Gebirge erfordert. Die Drücke sind von der Fahrgeschwindigkeit der Züge abhängig. Hochgeschwindigkeitszüge erhöhen die Drücke noch einmal um ein Vielfaches gegenüber normalen Eisenbahnen. Ähnliches gilt für Kraftfahrzeugtunnel.

**[0014]** Bei solcher Belastung haben sich Rondellen aus Stahl als Befestiger durchgesetzt, die mit Ankern im Gebirge gehalten werden.

Die Anker haben zudem die Aufgabe, den vom Gebirgsausbruch beabstandeten Tunnelausbau zu halten und die auf den Tunnelausbau wirkenden Verkehrslasten in das Gebirge zu leiten.

**[0015]** Die bekannten Rondellen haben einen Durchmesser von etwa 150 mm und eine Dicke von 3 bis 4 Millimetern. Solche Rondellen besitzen eine große Festigkeit.

**[0016]** Die bekannten Anker haben Durchmesser von 12 oder 14 oder 16 oder 20 mm. Sie bestehen vorzugsweise aus rostfreiem Stahl und sind gebirgsseitig profiliert, um im Gebirge eine hohe Auszugfestigkeit zu entfalten. Für die Anker werden entsprechende Bohrungen in das Gebirge eingebracht. Anschließend werden die Anker mit einem Montagezement oder anderen geeigneten Montagemitteln in den Bohrungen festgesetzt.

Solche Anker können im Unterschied zu der bekannten Nagelkonstruktion sehr viel größere Kräfte aufnehmen. Die Lasten werden in das Gebirge geleitet. Mit den Ankern ist es deshalb möglich, einen Tunnelausbau aufzubauen, der den Belastungen durchfahrender Züge und durchfahrender Kraftfahrzeuge standhält.

An dem freien Ende sind die Anker in der Regel mit einem Gewinde versehen, vorzugsweise entsprechend dem Durchmesser mit metrischen Gewinde M12 oder M14

oder M16 oder M20. An dem gewindeseitigen Ende werden die Stahlrondellen zwischen zwei Schrauben gehalten. Die Schrauben erlauben eine Einstellung der Rondellen auf dem Anker.

**[0017]** Die Anker sind üblicherweise so lang, daß sie über die Stahlrondellen hinaus in den Tunnel ragen. Das dient zur Befestigung eines Drahtgitters als Rückhaltung beim Anspritzen des Betons und zur Versteifung des Tunnelausbaus durch Verbindung mit dem Gebirge.

**[0018]** Beim Anspritzen von Beton gegen eine Folie besteht die Gefahr, daß die Folie den Beton abwirft bzw. der Beton nicht an der Folie haftet. Dann ist es zweckmäßig, im Abstand vor der Folie ein Drahtgitter oder dergleichen vorzusehen, das ein Herabfallen des Betons verhindert.

**[0019]** Das Drahtgitter dient auch zur Armierung der Spritzbetonschicht.

**[0020]** Auf dem Anker kann auch ein Abstandshalter für das Drahtgitter montiert werden. Bekannte Abstandshalter sind sternförmig mit Stangen versehen, um das Drahtgitter möglichst großflächig zu stützen.

**[0021]** Bei der bekannten Bauweise durchstoßen die Anker die Folie.

**[0022]** Die Folie wird dann zwischen den Stahl-Rondellen eingespannt.

Von den beiden Rondellen befindet sich eine Rondelle außenseitig an der Folienabdichtung und die andere Rondelle innenseitig an der Folienabdichtung.

**[0023]** In der Praxis zeigt sich, daß das Gebirgswasser an den Ankern entlangläuft. Dadurch stehen Anker und Rondellen unter entsprechender Wasserbelastung.

Die Erfindung hat erkannt, daß das Wasser durch das Schraubengewinde von Rondellen und Anker dringt. Das Wasser läuft dann auch durch die in der Folie entstandene Öffnung. Es kommt zu Leckagen. Selbst eine tropfenweise Leckage führt in entsprechender Zeit zu erheblichen Wassermengen. Das Wasser kann an der Tunnelinnenseite austreten. Im Winter friert das eindringende Wasser. Es bilden sich Eiszapfen, die spätestens bei eintretendem Tauwetter herunterfallen und eine schlimme Unfallgefahr bilden. Außerdem kann das Eis erhebliche Zerstörung am Tunnelausbau verursachen.

**[0024]** Um das Eindringen von Wasser am Gewinde der Rondelle zu verhindern, ist es bekannt, in die Durchtrittsöffnung der Rondelle einen Gummiring einzusetzen. Der Gummiring hat allerdings nur eine sehr beschränkte Wirkung, weil er nicht ausreichend in die Gewindegänge des Ankers greifen kann. Es ist zwar bekannt, den Gummiring gewindeseitig mit Noppen zu versehen, die besser zwischen die Gewindegänge greifen sollen als ein glatter Ring. Es gibt auch andere Lösungen zur Abdichtung der Durchdringung.

**[0025]** Die oben beschriebene Bauweise mit einem vom Gebirgsausbruch beabstandeten Tunnelausbau ist eine Variante. Es kommt auch Tunnelausbau vor, der unmittelbar an dem Gebirgsausbruch anliegt. Diese Variante ist besonders vorteilhaft bei nicht standfestem Gebirge, weil sie das Gebirge unmittelbar unterstützt, so

daß der Gebirgsausbruch nur statischen Kräften standhalten muß, während ein beabstandeter Tunnelausbau zusätzlich durch die dynamischen Kräfte von ausbrechendem Gestein belastet wird.

**[0026]** Der das Gebirge abstützende Tunnelausbau sieht wahlweise vor, daß zunächst eine Spritzbetonschicht am Gebirgsausbruch aufgebracht wird. Diese Schicht hat die Aufgabe, die Oberfläche des Gebirgsausbruches zu versiegeln, um ein sogenanntes Aufblättern der Gebirgsschichten zu verhindern. Insbesondere in der Spritzbetonschicht werden Halter für eine Kunststoffabdichtung befestigt. Innenseitig wird an der Kunststoffabdichtung eine tragende Betonschicht aufgebaut. Diese Betonschicht ist wahlweise gegossen oder aus Spritzbeton. Der Spritzbeton wird dabei genauso gehandhabt wie bei dem oben beschriebenen beabstandeten Tunnelausbau.

Das schließt Gittergewebe und andere Maßnahmen ein, um den Spritzbetonaufbau an der Abdichtung zu erleichtern.

**[0027]** Nach einem älteren Vorschlag wird als Spritzbetonschicht ein Leichtbeton auf die Abdichtung aufgebracht. Der Leichtbeton besitzt nach dem älteren Vorschlag Zuschläge aus Kunststoffschäumpartikeln, vorzugsweise ganz oder teilweise aus Polystyrol bestehen, das die Kurzbezeichnung EPS trägt.

Es kommen auch andere Kunststoffe kommen für Schaumpartikel in Betracht.

**[0028]** Solcher Leichtbeton ist zum Beispiel beschrieben in WO2004/101460A1, WO 00/06515, US 5618344A, US 4547223A, EP 725043A, WO 9.4/(05896, EP 295628B1, FR 2499453, EP 449360A1, DE19831295A1, DE 2127421, EP 1590308A1, EP 1122223A1, DD297386A5, DE 19529695A1, DE 4406866A1.

**[0029]** Der Leichtbeton hat Verarbeitungsvorteile beim Tunnelausbau. Wie die Bezeichnung sagt, ist der Leichtbeton gegenüber Normalbeton vergleichsweise leicht. Der Leichtbeton läßt sich leichter als Schicht aufbauen als Normalbeton, Aufgrund des geringeren Gewichts gleitet/fließt der Leichtbeton nicht so leicht nach unten. Leichtbeton hat darüber hinaus noch wärmeisolierende Eigenschaften.

**[0030]** Wahlweise wird zusätzlich zur Wärmeisolierung eine Kunststoffschäum, insbesondere ein Polyethylen(PE)schaum verwendet, wie eingangs beschrieben. Der PE-Schaum findet auf den gleichen Ankern wie die Membran einen Halt.

**[0031]** Auch, wenn der Leichtbeton mit einem sogenannten Rückprallgitter oder Rückprallnetz oder dergleichen aufgetragen wird, das den Aufbau einer Betonschicht erleichtert und eine Armierungswirkung in der Betonschicht entfaltet, so ist die Belastungsfähigkeit von Leichtbeton doch gering.

Deshalb ist eine Betonschicht innenseitig erforderlich, wenn der Tunnelausbau eine ordentliche Tragfähigkeit aufweisen muß. Das gilt insbesondere für den beabstandeten Tunnelausbau von Eisenbahntunneln oder Stra-

ßenverkehrstunneln.

**[0032]** Für jeden Spritzbetonausbau gilt:

Der Aufbau des Spritzbetonausbau wird durch die Grundierung der Foliendichtung und Hilfsmittel wie Rückprallgitter/Netze, aber auch durch Krallmatten erleichtert.

Die erfindungsgemäße Verwendung einer Grundierung leistet zusätzlich zu der oben beschriebenen Oberflächengestaltung noch einen Beitrag zur Anbindung vom Spritzbeton an die Foliendichtung und an die Krallmatte. Die Grundierung kann mit dem gleichen Zement bzw. Kleber bzw. Bindemittel erfolgen, der auch für den Spritzbeton verwendet wird, jedoch ohne die im Spritzbeton vorgesehenen Zuschläge.

Zement/Kleber/Bindemittel kommen vorzugsweise pulverförmig zum Einsatz. Sie werden entweder vor dem Auftrag auf der Folienfläche mit Wasser vermischt und aufgedüst oder zusammen mit dem pulverförmigen Zement/Kleber/Bindemittel aufgedüst werden.

**[0033]** Wahlweise wird auch eine spezielle Grundierung in Form eines Kunststoffklebers mit mineralischem Zumschungsanteil zum Einsatz gebracht. Der Kunststoffkleber hat eine besondere Haftwirkung an dem Kunststoff der Folienabdichtung und dem Kunststoff der Krallmatte sowie anderen Hilfsmitteln. Zugleich bieten die mineralischen Mischungsanteile des Klebers eine Haftungsverbesserung für den Spritzbeton.

**[0034]** Das Aufdüsen der Grundierung führt zu einer dünn-schichtigen Benetzung der Folienfläche und der Hilfsmittel. Die Schichtdicke der Benetzung wird so eingestellt, daß die Grundierung nicht durch ihr Eigengewicht herunterläuft. In der Praxis wird die Auftragsmenge solange verringert, bis kein Herunterlaufen zu beobachten ist. Bei gleich bleibender Austrittsgeschwindigkeit der Grundierung aus der Auftragsdüse läßt sich die Auftragsmenge durch Änderung des Feststoffanteiles anpassen. Darüber hinaus kann der Grundierungsauftrag durch Änderung anderer Parameter variiert werden. Die anderen Parameter sind die Geschwindigkeit und die Bewegung der Auftragsdüse. Mit Bewegung der Auftragsdüse ist die Bewegung der Düse gegenüber der Foliendichtung gemeint. Bei wiederholtem Ansprühen der Foliendichtung an gleicher Stelle kann der Auftrag durch Reduzierung der Wiederholungen beim Ansprühen verringert werden.

**[0035]** Wahlweise werden in die Grundierung auch Wasser absorbierende Materialien eingebunden.

**[0036]** Nach der Grundierung kann der Spritzbeton in einer Schicht bzw. Lage oder in mehreren Schichten bzw. Lagen auf die Foliendichtung aufgebracht werden. Dabei ist es günstig, die Spritzbetonschicht lagenweise und von unten beginnend aufzutragen. Das wird durch eine hin- und hergehende Bewegung des Werkzeuges für das Auftragen des Spritzbetons erreicht. Als Spritzbetone bzw. Betone und Additive und Zuschläge sowie Verstärkungseinlagen und als Werkzeuge finden wahlweise Materialien und Vorrichtungen Verwendung, wie sie zum Beispiel in folgenden Druckschriften beschrieben sind: DE69910173T2, DE69801995T2, DE69721121T2,

DE69718705T2, DE69701890T2, DE69700205T2,  
 DE69418316T2, DE69407418T2, DE69403183T2,  
 DE69122267T2, DE69118723T2, DE69010067T2,  
 DE69006589T2, DE60010252T2, DE60001390T2,  
 DE29825081U1, DE29824292U1, DE29824278U1,  
 DE29818934U1, DE29724212U1, DE29718950U1,  
 DE29710362U1, DE29812769U1, DE19854476C2,  
 DE19854476A1, DE19851913A1, DE19838710C2,  
 DE19819660A1, DE19819148C1, DE19754446A1,  
 DE19746958C1, DE19733029C2, DE19652811A1,  
 DE19650330A1.

**[0037]** Der Spritzbeton wird wahlweise trocken bis zur Spritzdüse gefördert und dort mit der notwendigen Wassermenge versetzt.

**[0038]** Der Spritzbeton wird so eingestellt, daß er nach dem Auftreffen in kurzer Zeit eine ausreichende Frühfestigkeit entwickelt. Zur Einstellung des Spritzbetons können Beschleuniger verwendet werden, die das Abbinden des Spritzbetons beschleunigen.

Zum Entstehen der Frühfestigkeit tragen auch Wasser absorbierende Bestandteile im Spritzbeton und/oder in der Grundierung bei.

**[0039]** Vorzugsweise wird der Tunnelausbau im Inspektionsabstand von dem Gebirgsausbruch aufgebaut. Dadurch ist es möglich den Zustand des Gebirgsausbruches zu prüfen. Es kann zum Beispiel zu Steinschlag kommen, der die Foliendichtung zerstört und so eine Undichtigkeit schafft.

Ferner kündigen sich größere Steinschläge zumeist vorher durch kleinere Steinschläge an. Bei größeren Steinschlägen besteht die Gefahr eines Einbruches im Tunnel. Zwangsläufig werden damit auch die Tunnelbenutzer gefährdet. Demzufolge sind regelmäßige Inspektionen des Gebirgsausbruches und des Spritzbetonausbaus zweckmäßig. Die Inspektion setzt mindestens teilweise eine Begehrbarkeit des Hohlraumes zwischen dem Spritzbetonausbau und dem Gebirgsausbruch voraus. Die Begehrbarkeit beginnt bei etwa 0,4 m Abstand zwischen dem Gebirgsausbruch und dem Spritzbetonausbau. Die Begehrbarkeit wird umso komfortabler, je größer der Abstand ist. Vorzugsweise ist der Abstand nach oben hin aus wirtschaftlichen Gründen auf 1m beschränkt.

**[0040]** Abstände zwischen dem Spritzbetonausbau und dem Gebirgsausbruch sind ohne Begehrbarkeit seit längerem bekannt. Ein Beispiel zeigt die DE 3838630A1. Dort ist aber keine Begehrbarkeit gezeigt.

**[0041]** Wahlweise wird die oben beschriebene Folie gebirgsseitig mit einem Schutzvlies versehen, um eine Beschädigung der Folie bei der Verlegung oder eine Beschädigung durch herab fallende Steine zu verhindern.

**[0042]** Mit dem Spritzbetonaufbau entsteht eine feste Betonschale in einem Tunnel, welche durch die Anker mit dem Gebirge verbunden ist. Allerdings unterliegt der Tunnelausbau bei zeitgemäßer Belastung durch Kraftfahrzeuge oder durch Zugverkehr erheblichen Belastungen.

Dieser Verkehr verursacht starke Druckwellen und Saugwellen. Das hat in der Praxis dazu geführt, daß Anker-

stangen von mindestens 16 mm Durchmesser, vorzugsweise von 20mm Durchmesser Verwendung gefunden haben und die Ankerstangen in gleichmäßigen, verhältnismäßig kurzen Abständen angeordnet sind.

Außerdem bedingt die auftretende Verkehrslast erhebliche Festigkeiten des Tunnelausbaus.

**[0043]** Bei allen Tunneln stellt sich das Problem des Brandschutzes.

In jedem Verkehrstunnel muß mit Feuer gerechnet werden. Die Brandlast eines Feuers kann dabei erhebliche Auswirkungen annehmen. Unter Feuerlast wird ein innenseitiger Beton im Tunnel zu einer zusätzlichen Gefahr, weil das im Beton eingeschlossene Wasser bzw. das im Beton gebundene Wasser unter entsprechender Wärmeeinwirkung frei wird und verdampft, so daß bei entsprechender Brandlast Beton in Brocken abgesprengt wird. Die Betonbrocken können die Wirkung von Geschossen entwickeln.

Hinzu kommt, daß eine Zerstörung der Betonschicht brennbare Bestandteile des Ausbaus freilegen kann, so daß sich der Brand plötzlich zwischen dem Ausbau dem Gebirgsausbruch ausbreiten kann.

Deshalb ist in den meisten Tunneln ein Brandschutz vorgesehen.

**[0044]** Als Brandschutz wird dabei vorzugsweise Feuerfestmaterial aufgetragen.

Beliebt sind feuerfeste Platten.

Der Brandschutz am Tunnelausbau ist sehr aufwendig. Die Erfindung hat sich deshalb die Aufgabe gestellt, den Aufwand für den Brandschutz im Tunnel zu verringern.

**[0045]** Nach der Erfindung wird das dadurch erreicht, daß als Brandschutz tunnelinnenseitig Leichtbeton verwendet wird, der aus Beton und Kunststoffschumpartikeln besteht, wobei als Kunststoff Polyethylen oder Polystyrol Anwendung findet. Überraschender Weise verhält sich ein solcher Leichtbeton unter Brandlast sehr vorteilhaft. Es findet kein Abplatzen statt.

Das wird darauf zurückgeführt, daß verdampfendes Wasser ohne weiteres die Kunststoffschumpartikel zum Kollabieren bringt. In die entstehenden Hohlräume kann der Dampf entweichen. Die Untersuchungen des erfindungsgemäßen Brandschutzes haben ergeben, daß schon eine 60mm dicke Schicht aus erfindungsgemäßem Beton ohne weiteres einer Feuerbelastung von 1000 bis 1200 Grad Celsius für 90 Minuten und mehr Stand hält. Vorzugsweise ist beträgt die Dicke mindestens 60mm. Je dicker die Schicht ist, desto länger wird die Standzeit im Brandfall. In der Zeit kann der Tunnel geräumt werden.

**[0046]** Zugleich kommt die verhältnismäßig schlechte Wärmeleitfähigkeit des Leichtbetons zum Tragen. Das heißt, die Brandlast wird nur langsam in das Innere des Leichtbetons getragen. Bei obigem Brandtest blieb die Temperatur so niedrig, daß eine hinter dem erfindungsgemäßen Brandschutz liegende Wärmedämmung aus Polyethylen (PE) wie auch die Foliendichtung nicht gefährdet wird.

**[0047]** Die Verwendung von Leichtbeton, auch von

Spritzbeton, ist im Tunnelbau an sich bekannt. Allerdings findet sich ein solcher Leichtbeton regelmäßig in einem Schichtenaufbau unter bzw. hinter schützenden Deckschichten.

**[0048]** Es ist zwar auch ein Spritzbeton mit einem Zusatz von ungeschäumten Polypropylenfasern bekannt, der frei von der Gefahr des Abplatzens von Betonteilen ist.

Die verwendeten Fasern sind zum Teil sehr fein und besitzen eine Länge von mehreren Zentimetern. Die Fasern sollen im Falle der Erwärmung wegschmelzen. Dadurch verbleiben in dem Beton nach einer Erwärmung Poren, die den gesamten Beton durchdringen. Die Poren ziehen Feuchtigkeit.

Die Feuchtigkeit verursacht Korrosion.

Solche Faserbetone werden auch ohne Spritzauftrag zum Brandschutz eingesetzt.

Die DE 4220274 beschreibt die Einzelheiten für eine zweckmäßige Faserzumischung.

In dieser Druckschrift findet sich darüber hinaus ein Hinweis auf Bauteile aus Leichtbeton mit Kügelchen aus geschäumtem Polystyrol. Polystyrol (PS) ist ein gebräuchlicher Kunststoff. Geschäumte Kügelchen tragen die Bezeichnung EPS. EPS findet in großem Umfang in der Verpackungsindustrie Anwendung.

Darüber hinaus ist die Herstellung von Leichtbetonen eines der Anwendungsfelder von EPS geworden. Gleichwohl wird EPS in dieser Druckschrift für Brandschutz als ungeeignet angesehen.

Die Begründung wird aus der Beurteilung von anderem Baustoff mit eingeschlossenen Poren deutlich. Dabei wird davon ausgegangen, daß ein übermäßiger Druckaufbau von Dampf in den Poren entsteht und dies zu der oben beschriebenen Gefahr führt.

**[0049]** Noch in der DE 10341299 A1 wird ein Leichtbeton mit EPS als Brandgefahr angesehen. Dort heißt es:

Ein ungelöstes Problem beim Einsatz von polymerbasierenden Zuschlagstoffen in Leichtbeton ist die Brandgefahr. Vor allem bei Leichtbeton sehr niedriger Dichte können u.U. Brandschutznormen nicht eingehalten werden. Beim Einsatz in Gebäuden besteht vor allem bei Leichtbeton niedriger Dichte mit Polystyrol-Schaumstoffpartikel als Zuschlagstoff die erhöhte Gefahr der Flammausweitung durch die Wände hindurch und damit die Ausweitung des Brandes über mehrere Räume hinweg.

**[0050]** Es gibt keine Tunnel, in denen ein Leichtbeton ohne vor Brand schützende Deckschicht verwendet worden ist.

**[0051]** Hinzu kommt, daß zum Teil bereits eine Brandgefahr bei der Verarbeitung der Kunststoffschäumpartikel gesehen wird, der nur durch flammhemmende Ausrüstung der Kunststoffschäumpartikel begegnet werden könne. Wegen der Einzelheiten wird auf die DE 4428200A1 Bezug genommen.

Über die Vorurteile gegen eine Anwendung der Leicht-

betone mit eingeschlossenem Kunststoffschaum im brandgefährdeten Tunnelbau hat sich die Erfindung hinweggesetzt.

**[0052]** Wahlweise hat der als Brandschutz im Tunnel eingesetzte Leichtbeton eine Dicke von 10 bis 250 mm, vorzugsweise eine Dicke von 40 bis 150 mm, noch weiter bevorzugt 50 bis 130mm.

Das Raumgewicht des Spritzbetons hängt von der Menge der EPS-Partikel in dem Spritzbeton ab. Vorzugsweise ist der Anteil der EPS-Partikel so groß; daß sich ein Raumgewicht des aufgetragenen Spritzbetons von 300 bis 2000 kg pro Kubikmeter ergibt. Vorzugsweise beträgt das Raumgewicht 350 bis 1200 kg pro Kubikmeter, nach weiter bevorzugt 400 bis 1100 kg pro Kubikmeter. Herkömmlicher Spritzbeton besitzt ein Raumgewicht von etwa 2500 kg pro Kubikmeter

**[0053]** Die Größe bzw. der Durchmesser der EPS-Partikel liegt vorzugsweise zwischen 0,5 und 7 mm, noch weiter bevorzugt zwischen 1 und 6 mm.

Das Raumgewicht der EPS-Partikel liegt vorzugsweise zwischen 10 und 50kg pro Kubikmeter, noch weiter bevorzugt zwischen 20 und 40 kg pro Kubikmeter.

**[0054]** Je größer der Anteil der EPS-Partikel im Spritzbeton sein soll, desto schwieriger wird eine gleichmäßige Verteilung der Partikel im Spritzbeton. Die EPS-Partikel neigen dazu, sich im Spritzbeton zu entmischen. Der Entmischung kann durch eine Oberflächenbehandlung der EPS-Partikel entgegen gewirkt werden. Die Oberflächenbehandlung besteht vorzugsweise aus dem Auftrag eines Haftvermittlers. Der Auftrag des Haftvermittlers kann in einem oder mehreren Arbeitsschritten erfolgen. Bekannt ist die Verwendung von Tensiden als Haftvermittler. Wegen der Einzelheiten wird auf die DE 4428200 A1 Bezug genommen.

**[0055]** Wahlweise werden die Partikel zunächst ganz oder teilweise mit einem Kleber beschichtet, der ganz oder teilweise ein Kunststoffkleber ist, und werden die EPS-Partikel anschließend mit feinkörnigem mineralischen Material in Berührung gebracht. Damit ist eine Beschichtung verbunden, auf der ein Spritzbeton leicht haftet. Darüber hinaus erfahren die EPS-Partikel durch die mineralische Beschichtung eine Beschwerung, mit der sich der Transport der EPS-Partikel wesentlich vereinfacht. Darüber hinaus wirkt die mineralische Beschichtung einer Brandgefahr beim Transport und Lagerung der EPS-Partikel bis zur Verarbeitung im Spritzbeton entgegen.

**[0056]** Wahlweise wird die Zumischung der EPS-Partikel gesteuert, so daß ein Integral-Spritzbeton geschaffen wird. Dabei wird zunächst auf eine Fläche des Tunnelumfangs eine erste Lage Spritzbeton aufgetragen, bevor auf die dieselbe Fläche eine oder mehrere weitere Lagen Spritzbeton aufgetragen werden. Im Unterschied ist dazu die Spritzbetontechnik zu sehen, bei der die Tunnelumfangsfläche mit einer einzigen Spritzbetonlage versehen wird.

Die Bezeichnung Integral-Spritzbeton lehnt sich an den Integralschaum der Kunststoffschäumtechnik an. Der In-

tegralschaum besitzt an den Außenflächen eine geringere Schaumbildung als in der Mitte. Beim erfindungsgemäßen Spritzbeton ist die Situation ähnlich, durch ein höheres Raumgewicht des Spritzbetons ist im Außenbereich eine größere Festigkeit als in der Mitte gegeben. Zugleich wird in der Mitte mit dem hohen EPS-Anteil eine hohe Wärmedämmwirkung gewahrt.

**[0057]** Für die erfindungsgemäße Integral-Technik sind vorzugsweise mindestens zwei Spritzbetonlagen vorgesehen. Besondere Vorteile haben drei Lagen, von denen die gebirgsseitige Lage und die tunnelinnenseitige Lage durch die Zwischenlage beabstandet sind und eine höhere Festigkeit besitzen, so daß dem durch die Spritzbeton gebildeten Ausbau eine hohe Belastbarkeit gegeben ist.

**[0058]** Die Wärmedämmung des erfindungsgemäßen Spritzbetons soll in der Wärmerechnung für einen Tunnel berücksichtigt werden. Sie führt zu einer Verringerung der Dicke sonst vorgesehener Wärmeisolierung und kann eine sonst vorgesehene Wärmeisolierung entbehrlich machen.

**[0059]** Der mit größerer Festigkeit ausgelegte Randbereich/Lage der Spritzbetonschicht hat ab einer Spritzbetonschicht-Gesamtdicke von 50 mm und mehr wahlweise eine Dicke von 5 bis 30 mm, vorzugsweise eine Dicke bis 25 mm. Dabei steht die Dicke des mit größerer Festigkeit ausgelegten Randbereiches vorzugsweise in Abhängigkeit von der Gesamtdicke der Spritzbetonschicht. Desgleichen haben Armierungsmittel in dem Randbereich bzw. der gebirgsseitigen und/oder tunnelinnenseitigen Lage Einfluß auf dessen Dicke. Bei eingebauten Gittern muß für eine ausreichende Materialüberdeckung des Gitters Sorge getragen werden.

**[0060]** Der erfindungsgemäße Integral-Spritzbeton umfaßt auch Schichten/Lagen, die in zeitlichen Abständen aufgetragen werden.

Der erfindungsgemäße Integral-Spritzbeton umfaßt auch Schichten/Lagen unterschiedlicher Betone.

Der erfindungsgemäße Integral-Spritzbeton umfaßt auch unterschiedlich aufgetragene Schichten und/oder unterschiedlich behandelter Schichten.

**[0061]** Die Festigkeit des Spritzbetons kann an gewünschten Tunnelflächen, insbesondere in den Randbereichen/Außenbereichen darüber hinaus noch dadurch gesteigert werden, daß der Spritzbeton mit einer Armierung versehen ist. Vorzugsweise ist zumindest zum Tunnelinneren hin eine Armierung vorgesehen.

**[0062]** Die Armierung kann aus Kunststoff-Fasern und/oder Glasfaser und/oder Kohlefasern und/oder Stahl bestehen. Als Kunststoff kann zum Beispiel Polypropylen Anwendung finden. Die Kunststofffasern sollen in einem Faserbeton die Schwindrisse reduzieren bzw. vermeiden. Vorzugsweise findet Kunststoff mit hohem Flammpunkt Verwendung.

**[0063]** Die Kunststoff-Fasern können zum Brandschutz zusätzlich in den Spritzbeton gegeben werden. Es können auch einzelne Spritzbetonlagen statt der Kunststoffpartikel mit Kunststofffasern ausgerüstet wer-

den.

Vorzugsweise findet die Zugabe von Fasern lediglich zur Erhöhung der Festigkeit im Randbereich statt.

Dabei wird dem erfindungsgemäßen Spritzbeton in dem vorgesehenen Bereich vorzugsweise mindestens eine Fasermenge von 1 kg pro Kubikmeter Spritzbeton zugegeben, vorzugsweise mindestens eine Faseremenge von 1,5 kg pro Kubikmeter Spritzbeton.

**[0064]** Bei der Zugabe von Fasern anderer Materialien wie zum Beispiel Glasfasern ist evident kein Schmelzen der Fasern im Brandfall beabsichtigt.

Als Glasfasern werden vorzugsweise alkalibeständige Fasern verwendet, die nicht mit den Alkalien des Betons reagieren.

Stahlfasern können in verschiedenster Art verwendet werden: nichtrostend, als Baustahl, mit Haken und ohne Haken, in verschiedensten Formen.

**[0065]** Statt Fasern können auch Fäden und Schnüre oder auch metallische Drähte Verwendung in Betracht.

Es gilt das gleiche wie zu den Fasern. Bewehrungsdrähte werden umfangreich mit Beschaffenheit nach DIN 488 mit Mindestdurchmessern von einigen Millimetern angeboten.

**[0066]** Wahlweise kommen auch Mischungen unterschiedlicher Fasern in Betracht; sowohl von Fasern unterschiedlicher Abmessungen als auch unterschiedlicher sonstiger Form als auch aus unterschiedlichem Werkstoff. Desgleichen kommen unterschiedliche Mischungen von Fäden, Schnüren und Drähten in Betracht. Auch Fäden, Schnüre und Drähte können mit Fasern gemischt werden.

**[0067]** Vorzugsweise sind in jedem Fall Schaumpartikel in dem Bereich des Spritzbetons vorgesehen, in denen ohne die Schaumpartikel die Gefahr eines Abplatzens von Betonteilen besteht. Wie an anderer Stelle ausgeführt ist das Abplatzen auf frei werdendes Wasser und Wasserdampf zurückzuführen.

Nach der Erfindung soll der Dampf in die Hohlräume entweichen, die durch Kollabieren/Zusammenfallen der Schaumpartikel unter Brandlast entstehen.

**[0068]** Zur Armierung eignen sich auch bekannte Gittermatten und/oder Gittergewebe. Die Gewebe können auch aus Metall bestehen. Bei Verwendung von Gittermatten oder dergleichen aus Kunststoff bzw. Glasfasern/Fäden oder Kohlefasern/Fäden sind vorzugsweise Matten mit einem Flächengewicht von 10 bis 500; vorzugsweise 50 bis 200, noch weiter bevorzugt 80 bis 150 Gramm pro Quadratmeter vorgesehen. Das Flächengewicht wird üblicherweise für die Kennzeichnung von Textilien genutzt.

**[0069]** Die Gittermatten aus Stahl werden üblicherweise als Matten nach DIN 488 mit Mindestdrahtdicke von einigen Millimetern, profiliert und unprofilert angeboten. Die Armierungsmatten und Armierungsgewebe müssen für die Überdeckung mit Beton in einem ausreichenden Abstand von dem Rand/Außenfläche des Spritzbetons angeordnet werden. Das Maß ist sowohl von dem Beton als auch von dem Armierungsmaterial abhängig.

**[0070]** Wahlweise kommen die Armierungsmatten und Gewebe auch in Kombination mit Fasern und/oder Schnüren und/oder Fäden und/oder Drähten vor. Wahlweise ist dabei auch eine Armierung in Spritzbetonschichten unterschiedlichen Raumgewichtes vorgesehen.

**[0071]** Insbesondere in hochfester Form hat die Außenhaut eine günstige Wirkung auf ein Unfallgeschehen im Tunnel, denn die Fahrzeuge werden mehr in Fahrtrichtung gelenkt. Zugleich gewährleistet ein im übrigen nachgiebiger Kern eine vorteilhafte Dämpfungswirkung für aufrallende Fahrzeuge im Falle eines Unfalles. Die hochfeste Haut hat im Verhältnis zum Kern mindestens die 2fache, vorzugsweise mindestens die 4fache und höchst bevorzugt mindestens die 8 fache Festigkeit.

**[0072]** Zugleich bewirkt die Armierung der Spritzbetonschicht eine vorteilhafte Festigkeit gegen Schwingungsbelastung aus vorbei fahrenden Fahrzeugen. So haben zum Beispiel Spritzbetonschichten von 140 mm mit einer etwa mittig angeordneten Stahlbetonmatte (6mm Drahtdurchmesser und Gitter von 150 x 150 mm) und einer am Außenrand angeordneten Armierung aus Polypropylenfasern (Fasermenge von 2kg pro Kubikmeter Spritzbeton) auch nach 5 Millionen Lastwechseln mit einer Schwingungslast, die für den Betrieb in einem Eisenbahntunnel repräsentativ ist, keinen Schaden gezeigt.

**[0073]** Wie oben erläutert, ist die Ankertechnik besonders für mechanisch hoch belasteten Tunnelausbau geeignet. Vorteilhafterweise läßt sich der erfindungsgemäße Brandschutz auch anwenden, wenn der Tunnelausbau mit der Foliendichtung und der Wärmeisolierung von oben beschriebenen Befestigern gehalten wird, die durch Nägel und andere Befestigungsmittel an einer gebirgsseitigen Spritzbetonschicht gehalten sind. Dabei sind für die erfindungsgemäße Armierung wie auch für eine gewünschte Rückhaltung des aufgetragenen Spritzbetons Befestigungsmittel vorgesehen. Die Befestigungsmittel können durch einen Bolzen Haken und Ösen gebildet werden. Vorzugsweise sind die Bolzen, Haken und Ösen mit einem Flansch oder einer Rondelle versehen und kann dieser Flansch seinerseits mit der Folie verschweißt oder verklebt werden. Als Schweißstellen oder Klebestellen werden vorzugsweise die Folienflächen gewählt, welche sich gegenüberliegend zu den oben beschriebenen Befestigern an den Folien befinden. Dort kann die Belastung aus dem Tunnelausbau besonders günstig über die Befestiger in das Gebirge weitergeleitet werden.

**[0074]** Vorteilhafterweise läßt sich der erfindungsgemäße Brandschutz auch im Hochbau einsetzen. Mit dem erfindungsgemäßen Brandschutz lassen sich Streben, Stützen, Träger, Pfetten und andere tragende Teile beschichten, so daß ein Brand die Statik des Gebäudes zumindest so lange nicht beeinträchtigt, bis das Gebäude von Personen geräumt ist.

**[0075]** Eine besonders vorteilhafte Anwendung wird in Parkhäusern gesehen, in denen ein Fahrzeugbrand an

statisch ungünstiger Stelle das Haus schwer beschädigen kann.

Desgleichen ist in anderen Gebäuden ein Brandschutz tragender Gebäudeteile mit dem erfindungsgemäßen Spritzbeton von Vorteil.

**[0076]** Eine weitere vorteilhafte Anwendung wird in Räumen gesehen, in denen Kabel und sonstige ganz oder teilweise aus Kunststoff bestehende Leitungen an Decken verlegt worden sind. Der vor einigen Jahren am Flughafen Düsseldorf entstandene Brand hat gezeigt, wie schnell durch Kabel- und Leitungsbrand eine Leben vernichtende Rauchentwicklung entstehen kann. Durch Einhüllung dieser Leitungen mit dem erfindungsgemäßen Spritzbeton wird das verhindert.

Der Brandschutz im Hochbau soll mindestens einer Brandbelastung von 1000 Grad Celsius 30 Minuten Stand halten, vorzugsweise mindestens 60 Minuten Stand halten, damit eingeschlossene Personen fliehen können.

**[0077]** Zum Auftragen des Spritzbetons ist wiederum ein Haftvermittler auf den zu schützenden Bauteilen von Vorteil. Das gleiche gilt für Bolzen, Haken und Ösen für Armierungsmittel und Rückhaltungsmittel. Günstige Haftvermittler sind zum Beispiel der erwähnten, mit mineralischen Körnungen versetzte Kunststoffkleber.

**[0078]** Brandseitig befindet sich an dem Spritzbeton regelmäßig die Sichtseite.

Es ist von Vorteil, wenn die Sichtseite mit einer Sauberkeitsschicht versehen ist. Dabei kann es sich um einen schmutzabweisenden und vorzugsweise reinigungsfähigen Anstrich oder Platten oder Tafeln oder Materialbahnen oder anderes handeln. Die Sauberkeitsschicht wird dabei so ausgewählt, daß von ihr keine Brandgefahr ausgeht.

**[0079]** In der Zeichnung sind verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

**[0080]** Fig 1 zeigt einen Gebirgsausbruch 1 im standfesten Gebirge.

**[0081]** In regelmäßigen Abständen sind Anker in das Gebirge eingebracht worden. Dazu wurden entsprechende Löcher gebohrt und die Anker mit Montageelement in den Löchern festgesetzt worden. Von den Ankern sind die Mittelachsen 2 dargestellt.

**[0082]** Der Gebirgsausbruch 1 dient der Herstellung eines Tunnels.

Zur Drainage des austretenden Wassers und zur Sicherung gegen herab stürzende Steine ist in dem Gebirgsausbruch ein Spritzbetonausbau vorgesehen.

Der Spritzbetonausbau besteht im Groben aus einer Folienschicht 4 und einer Spritzbetonschicht 3. Die Folienschicht 4 ist aus einzelnen Bahnen zusammengesetzt, die überlappend verlegt werden und an den überlappenden Rändern miteinander verschweißt sind. Dabei sind zwei nebeneinander liegende Schweißnähte mit Abstand voneinander vorgesehen. Der Hohlraum zwischen den Schweißnähten wird mit Druckluft beaufschlagt, um die Dichtigkeit der Schweißnähte zu prüfen.

**[0083]** Einzelheiten des Spritzbetonhausbau sind in



der Fig. 2 dargestellt.

Dabei ist ein Anker 5 schematisch dargestellt. Der Anker 5 ist an dem aus dem Gebirge herausragenden Ende mit einem rundenartigen Befestiger 14 verbunden. An dem Befestiger 14 liegt die Folienschicht 4 an.

An der Folienschichtseite, die dem Befestiger 14 gegenüberliegt befindet sich ein Befestiger 15. Die Befestiger 14 und 15 spannen die Folienschicht 4 zwischen sich ein. Außerdem tragen die Befestiger einen Abstandshalter 13 für ein Drahtgeflecht 12. Das Drahtgeflecht 12 hat zwei Aufgaben. Es dient dem Aufbau der Spritzbetonschicht 3, indem es ein Herabfallen des von der Folienschicht zurückprallenden Betons verhindert. Zusätzlich bildet das Drahtgeflecht 12 eine Armierung für die Spritzbetonschicht.

**[0084]** Beim Spritzbetonausbau hat der Ausbau im Verhältnis zur Form so viel Gewicht, daß der Ausbau vor Erreichen ausreichender Festigkeit ohne die Anker zusammenbrechen würde. Die Anker leiten das Gewicht des Spritzbetonausbaus in das Gebirge.

**[0085]** Nach der Verfestigung des Spritzbetonausbaus bilden die Anker einen festen Verbund des Ausbaus mit dem Gebirge.

**[0086]** In Fig. 1 und 2 ist darüber hinaus innenseitig an dem Spritzbetonausbau eine Spritzbetonschicht 17 aus Leichtbeton dargestellt. Diese Schicht 17 hat eine Dicke von 40mm. Der Leichtbeton besteht aus herkömmlichem Spritzbeton und einem Zuschlag von EPS. Der Zuschlag beträgt im Ausführungsbeispiel 10Vol%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Leichtbetons.

Das EPS hat eine Partikelgröße von 4 bis 6mm.

**[0087]** Fig. 3 zeigt weiter Einzelheiten des Ausbaus. Dabei ist der gebirgsseitige Befestiger, im folgenden als außenseitiger Befestiger bezeichnet, mit 9 bezeichnet. Der Befestiger 9 hat im Ausführungsbeispiel eine runde und zugleich gewölbte Form, wie eine Kalotte.

Außenseitig ist ein Gewinderohr 8 angeschweißt, gegenüberliegend (innen liegend) ist eine Gewindestange 10 angeschweißt. Zwischen dem Anker 5 und dem Befestiger 9 ist eine Verlängerungsstange 7 vorgesehen. Die Verlängerungsstange ist notwendig, weil der Anker in einer Gebirgskluft sitzt und der Abstand zu dem Befestiger 9 überbrückt werden muß.

Das Gewinderohr 8 bildet an dem Befestiger 9 einen Stutzen, die Gewindestange 10 einen Dorn.

Die Verlängerungsstange 7 ist in dem Stutzen des Befestigers 9 verschraubt.

Die Verlängerungsstange 7 ist an dem gegenüberliegenden Ende über eine Gewindehülse 6 mit dem Anker 5 verbunden. Dazu sind entsprechende Gewinde an dem Ankerende und in der Hülse sowie an der Verlängerungsstange vorgesehen.

**[0088]** Die Fig. 4 und 5 zeigen ein anderes Ausführungsbeispiel für erfindungsgemäße Befestiger. Der außenseitige Befestiger trägt die Bezeichnung 20, der innenseitige Befestiger die Bezeichnung 21.

Mit dem außenseitigen Befestiger 20 ist ein Stutzen 22 verschweißt. Anders als in Fig. 3 ist der Stutzen 22 nicht

einfach auf den geschlossenen Boden des Befestigers aufgesetzt, sondern durch eine zentrische Öffnung in dem Boden des Befestigers 20 durchgeführt, so daß der Stutzen 22 innenseitig ein Stück vorragt. Das Maß des Vorragens ist genau abgestimmt auf die Beschaffenheit zweier Dichtungen 27 und 28, welche die in Fig. 4 mit 26 bezeichnete Folienschicht zwischen sich einschließen. Das Maß bestimmt die mögliche Zusammenpressung der Dichtungen 27 und 28 bei der Einspannung der Folienschicht 26.

Die Dichtungen 27 und 28 und die Folienschicht 26 besitzen ausreichende Öffnungen, um über eine als Dorn vorragende Gewindestange 23 und den vorragenden Stutzen 22 geschoben zu werden.

**[0089]** Anders als in Fig. 3 ist der Stutzen 22 an jedem Ende mit einem Sackloch versehen. Beide Sacklöcher sind durch eine Materialwand voneinander getrennt. In dem folienseitigen Sackloch sitzt die Gewindestange 23 als Dorn.

In dem gegenüberliegenden, außenseitigen Sackloch sitzt in der Einbausituation der Anker.

Die beschriebene Materialwand verhindert eine durch das Gewinde hindurchgehende Leckage.

**[0090]** Die Dichtungen 27 und 28 bestehen im Ausführungsbeispiel aus Polyethylenschaum mit einem Raumgewicht von 30 kg pro Kubikmeter, in anderen Ausführungsbeispielen von 18 bis 40 kg pro Kubikmeter. Aufgabe der Dichtungen ist es, Ungleichmäßigkeiten in den Oberflächen der Befestiger und der Folie und Schief lagen zwischen den Befestigern auszugleichen. Die Dicke der Dichtungen beträgt dabei 5mm, in anderen Ausführungsbeispielen 3 bis 10 mm. Durch Verspannung der beiden Befestiger erfahren die Dichtungen eine starke Zusammendrückung, so daß der Raumgewicht der Dichtungen nahe an das Raumgewicht ungeschäumten Polyethylens kommt.

Die Dicke der Dichtung wird durch Verspannung der beiden Befestiger auf mindestens 50%, vorzugsweise auf mindestens 70% und noch weiter bevorzugt auf mindestens 90% reduziert. Die Reduktion bezieht sich auf das Schaumvolumen. Bei dieser Betrachtung bleibt das Volumen der ungeschäumten Folie gleichen Kunststoffes und gleichen Flächengewichtes unberücksichtigt. Das heißt, das für die Dickenreduzierung maßgebliche Ausgangsmaß wird um das Dickenmaß der ungeschäumten Folie verringert.

**[0091]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die Dichtungen beidseitig selbstklebend ausgebildet. Die Klebeflächen sind vor der Montage durch Siliconbeschichtetes Papier abgedeckt. Das Papier wird zunächst von der Berührungsfläche mit dem Befestiger 20 abgezogen. Danach kann die Dichtung 28 auf dem Befestiger 20 positioniert und angedrückt werden. Anschließend wird von der Berührungsfläche der Dichtung 28 mit der Folienschicht 26 das Papier abgezogen und die Folienschicht gegen die Dichtung gedrückt. Es entsteht ein vorläufiger Halt der Foliendichtung 26. Zur weiteren Montage wird von der Berührungsfläche der Dichtung 27 mit

der Folienschicht 26 das Papier abgezogen und die Dichtung 27 an der Folienschicht 26 positioniert und ange-  
drückt.

Danach wird von der Berührungsfläche der Dichtung 27 mit dem innen liegenden Befestiger das Papier abgezogen und der Befestiger 21 auf den Dorn geschoben. Der Befestiger 21 hat eine Öffnung, die zwar geringfügig größer als der Durchmesser der Gewindestange 23 aber zugleich deutlich geringer als der Durchmesser des Stutzens 22 ist.

**[0092]** Nach dem Aufschieben des innen liegenden Befestigers ergibt sich die in Fig. 5 dargestellte Situation. In der Situation wird noch kein Druck auf die Dichtungen ausgeübt. Die Dichtungen haben die mit 27' und 28' bezeichneten Formen bzw. Dicken.

Mit Hilfe einer Schraubenmutter 25 werden die Befestiger 20 und 21 so weit zusammengedrückt, daß die Dichtungen einen gewünschten Druck gegen die Folienschicht einerseits und gegen die Berührungsflächen mit den Befestigern andererseits entfalten.

Dieser Druck bewirkt zugleich eine Einspannung der Folienschicht. Zusammen mit der Klebeverbindung entsteht eine sehr vorteilhafte Halterung der Folienschicht.

**[0093]** Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform für die Befestiger.

**[0094]** Dabei sind die Befestiger mit 30 und 31 bezeichnet. Die beiden Befestiger 30 und 31 schließen eine Folienschicht 32 zwischen sich ein.

Im Unterschied zu der Ausführungsform nach Fig. 3 bis 5 ist der außenseitige Befestiger 31 mit einer topfartigen Vertiefung versehen. Der innenseitige Befestiger 30 liegt wie ein Deckel in dem topfartigen Befestiger 31, so daß zwischen den gewölbten Rändern eine gewünschte Einspannung erfolgt. Dabei wirken geneigte Flächen wie Keile gegeneinander, so daß mit geringer Kraft über entsprechende Wege eine starke Einspannung, auch eine großflächige Einspannung erreicht werden kann.

Um eine Verletzung der Folie zu vermeiden, ist der Befestiger 31 darüber hinaus mit einem gebogenen Rand 33 versehen.

**[0095]** Fig. 8 zeigt eine mögliche Wabenform 43 für das in Fig. 2 dargestellte Drahtgeflecht.

**[0096]** Fig. 7 zeigt einen Abstandshalter 40 für die Positionierung des Drahtgeflechtes. Der Abstandshalter 40 wird mit einer weiteren Schraubenmutter gegen die Schraubenmutter 25 gepreßt.

Der Abstandshalter 40 besitzt diverse Arme, an denen das Drahtgewebe 43 verhakt werden kann.

**[0097]** Fig. 9 zeigt einen herkömmlichen außenseitigen Befestiger 40 mit einem mittigen durchgehenden Gewinde und mit einem Adapter 42. Der Adapter 42 besitzt einen Dorn 41 mit einem Außengewinde. Gegenüber dem Dorn 41 hat der Adapter 42 einen Außendurchmesser, der dem Durchmesser des angeformten Stutzens 44 an dem Befestiger 40 entspricht. Der Adapter 42 ist mit seinem Dorn 41 so in dem Befestiger 40 verschraubt, daß der Adapter 42 schließend an dem Stutzen 44 anliegt bzw. die beiden Berührungsflächen gegeneinander ge-

spannt sind. Beide Berührungsflächen sind so bearbeitet, daß eine Leckage ausgeschlossen ist. Wahlweise ist die Abdichtung zusätzlich durch einen Dichtring 45 gesichert.

5 Außenseitig hat der Adapter 42 ein als Gewindeloch ausgebildetes Sackloch 43, mit dem eine Verschraubung auf dem Anker möglich ist.

**[0098]** Fig. 10 zeigt gleichfalls einen herkömmlichen außenseitigen Befestiger 50 mit einem mittigen durchgehenden Gewinde. Dieser Befestiger ist kombiniert mit einem Dorn 51, der einen Kragen 52 und ein Teil 53 aufweist. Mit dem Teil 53 ist der Dorn von der Innenseite her durch den Befestiger hindurch geschraubt und in eine oben für Verlängerungsvorgänge beschriebene Gewindehülse 54 geschraubt worden. Dabei liegt der Kragen 52 schließend an dem Befestiger 50 an und liegt die Gewindehülse 54 schließend an dem Stutzen 57 des Befestigers an.

10 Die Berührungsflächen sind in gleicher Weise wie nach Fig. 9 bearbeitet. Ferner ist eine Dichtung 56 zwischen dem Kragen 52 und dem Befestiger 50 vorgesehen.

**[0099]** Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 11 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 dadurch, daß anstelle des Stutzens 22 ein Stutzen 61 mit einer durchgehenden Gewindebohrung vorgesehen ist.

25 Der Stutzen 61 sitzt wie der Stutzen 22 auf dem mit 71 bezeichneten Ankerende. Die Gewindestange 60 sitzt wie die Gewindestange 23 in dem Stutzen 61. Zwischen der Gewindestange 60 und dem Ankerende 63 ist ein Stopfen 62 aus Kunststoff, im Ausführungsbeispiel Nylon, in anderen Ausführungsbeispielen aus Polyamid. Der Stopfen 62 erfährt zwischen dem Ankerende 63 und der Gewindestange 60 eine Zusammenpressung, so daß sich der Kunststoff dichtend in die Gewindegänge verformt.

**[0100]** Fig. 12 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einem Stutzen 70 mit einem Ankerende 71 und einer Gewindestange 72. Anstelle des einen Stopfens 62 sind 30 mehrere Stopfen 73 und 74 vorgesehen.

35 Der Stopfen 73 hat eine Basislänge oder Standardlänge, die Stopfen 74 eine deutlich kleiner Sonderlänge oder Anpassungslänge. Die Stopfen 74 dienen der Anpassung an größere Abstände des Ankerendes 71 von der Tunnelmitte. Der größere Abstand ist allerdings noch nicht so groß, daß eine Verlängerungsstange wirtschaftlich ist, wie sie in Fig. 3 gezeigt ist.

**[0101]** Fig. 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einem Stutzen 80, der sich von dem Stutzen 61 dadurch unterscheidet, daß innenseitig eine Nut 82 eingearbeitet worden ist. Die Nut 82 hat eine Tiefe, welche größer als die Gangtiefe des Gewindes ist. Infolgedessen ist die Fläche im Nuttiefsten glatt und können die Gewindegänge keine Leckströmung verursachen.

40 45 Zusätzlich sind in dem Nuttiefsten ringförmige Rillen eingearbeitet.

Bei Zusammenpressen des Stopfens verformt sich der Stopfen in die Nut 82 und in die Rillen 83.

**[0102]** Die Nut 82 und die Rillen lassen sich leicht eindrehen.

**[0103]** Fig. 14 und 15 zeigen einen Spritzbetonausbau für einen Tunnel im standfesten Gebirge. Das Gebirge ist mit 101 bezeichnet. In das Gebirge sind Gewindestangen 102 als Anker eingebracht worden. Dazu sind in das Gebirge 101 Löcher gebohrt worden und die Anker im Gebirge verklebt worden. Die Anker sind im Abstand von 1,2m so angebracht, daß am Umfang des Gebirgsausbruch eine Vielzahl gleichmäßiger Befestigungspunkte entsteht und alle Punkt auf den Eckpunkten gleicher Quadrate mit einer Kantenlänge von 1,2m liegen.

**[0104]** Auf jeder Gewindestange 102 ist dann eine Dichtungsscheibe 103 aufgeschraubt worden. Darauf ist eine Abdichtungsbahn verlegt worden. Das Verlegen ist in der Weise erfolgt, daß die Folie auf die vorragenden Anker gesteckt worden ist. Dabei durchdringen die Anker 102 die Folie. Die entstehenden Löcher werden mittels weiterer Dichtungsscheiben 105 geschlossen. Die Dichtungsscheiben 103 und 105 spannen die Folie 104 zwischen sich ein und schließen darüber hinaus dicht mit den Ankern 102 ab.

**[0105]** In Fig. 18 ist eine geeignete Folie für den Spritzbetonausbau dargestellt. Die Folie 110 hat eine Dicke von 2mm und ist mit Materialsträngen bestreut, die Materialstränge 111 haben eine fadenartige Struktur mit einer Dicke bzw. Durchmesser von 0,1 bis 0,3 mm und einer Länge von 5 bis 50 mm.

**[0106]** Die Materialstränge 112 haben eine Dicke von 1 bis 2 mm und einer Länge von 10 bis 30 mm.

Die unterschiedlichen Materialstränge werden im Ausführungsbeispiel in separaten Auftragsvorgängen aufgetragen, um die Materialstränge mit größerem Durchmesser anders erwärmen zu können als die Materialstränge mit geringerem Durchmesser.

In anderen Ausführungsbeispielen werden die Materialstränge in einem gemeinsamen Auftragsvorgang aufgetragen.

Dabei liegen die Materialstränge wirt übereinander, so daß zum Teil eine Hohllage der Materialstränge besteht. In dieser Lage ergeben sich mit den Materialsträngen 112 Erhebungen bis zu einer Höhe von 3mm.

Zum Teil ist die Folienoberfläche unbedeckt.

Die Materialaufstreuer hat ein Flächengewicht von 250 Gramm pro Quadratmeter. Es können in anderen Ausführungsbeispielen auch größere oder geringere Flächengewichte vorkommen. Niedrigere Flächengewichte können insbesondere vorkommen, wenn die Folienoberfläche zusätzlich profiliert ist. So sind Flächengewichte von zum Beispiel 20 Gramm pro Quadratmeter möglich. Größere Flächengewichte sind zweckmäßig, wenn je nach Art des Spritzbetons Auftragsschwierigkeiten zu überwinden sind.

**[0107]** Die unterschiedlichen Materialstränge sind im Ausführungsbeispiel nach Erwärmung an der Oberfläche auf die vorher oberflächlich erwärmte Folie 10 aufgestreut. Die oberflächliche Erwärmung der Materialstränge ist bis zur Schmelzflüssigkeit erfolgt.

Die Erwärmung erfolgt durch Strahlung, indem die Materialstränge mittels einer Zellenradschleuse aus einem Vorratsbehälter entnommen werden und durch einen Heizkanal nach unten auf die unten langsam vorbeigeführte Folie fallen. Der Heizkanal besitzt im Ausführungsbeispiel eine Vielzahl von elektrisch betriebenen Heizdrähten und eine Temperaturregelung.

Dadurch kann die Temperatur des Heizkanals solange erhöht werden, bis die vorbei fallenden Materialstränge die richtige Oberflächentemperatur haben.

**[0108]** Nach der Montage der Folie 104 im Tunnel wird im Ausführungsbeispiel zunächst eine schnell bindende Zementmilch dünn auf die Folie gedüst. Die getrocknete Zementmilch bildet eine vorteilhafte Grundierung für einen anschließenden Auftrag von Spritzbeton. Der Spritzbeton wird schichtweise aufgetragen, beginnend an der Tunnelsohle. Die dadurch entstehende Spritzbetonschicht ist mit 106 bezeichnet.

Im Ausführungsbeispiel verläuft der Tunnel horizontal, so daß der Spritzbeton in horizontalen Lagen verlegt wird, die von unten nach oben an der Folie übereinander gelegt werden. Dabei haben die Lagen eine Breite, die der gewünschten Spritzbetonschichtdicke entspricht.

In anderen Ausführungsbeispielen ist eine geringere Breite der Lagen vorgesehen, so daß zunächst eine erste Spritzbetonschicht auf die Folie aufgebracht wird, welche die Folienseite vollständig überdeckt. Danach wird eine weitere Spritzbetonschicht aufgebracht, welche die zuvor erläuterte Spritzbetonschicht vollständig überdeckt. Das wird wiederholt, bis die gewünschte Dicke der Spritzbetonschicht erreicht ist.

**[0109]** Nach der Erstellung der Spritzbetonschicht ragen die Anker noch aus der Betonschicht vor. Auf die Spritzbetonschicht 106 ist noch eine weitere Spritzbetonschicht 109 aufgetragen worden. Die weitere Spritzbetonschicht 109 besteht aus Leichtbeton und dient wie im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 und 2 als Brandschutz. Die weitere Spritzbetonschicht 109 haftet an der Spritzbetonschicht 106. Darüber hinaus sollen die aus der Spritzbetonschicht 106 vorragenden Enden der Anker eine zusätzliche Verbindung mit einer weiteren Spritzbetonschicht 109 bewirken.

**[0110]** Fig. 16 zeigt einen Spritzbetonausbau für einen weiteren Tunnel im standfesten Gebirge 115. Zu dem Spritzbetonausbau gehören eine Folie 117 wie bei dem Ausbau nach Fig 14, 15 und 18 sowie eine Spritzbetonschicht 116.

Anders als im Ausführungsbeispiel nach Fig. 14 und 15 sind die Anker jedoch sehr kurz ausgeführt und auf den vorragenden Ankerenden sogenannte Rondellen befestigt. Die Rondellen sind Kunststoffscheiben, mit denen die Folie 117 im Ausführungsbeispiel verschweißt wird. In anderen Ausführungsbeispielen findet eine Verklebung statt.

Bei dieser Bauweise findet keine Perforierung der Folie statt.

Außerdem sind die Ankerenden so kurz, daß die Rondellen nach Möglichkeit mit dem Gebirgsausbruch Kon-

takt haben. Das wird im Ausführungsbeispiel dadurch erreicht, daß die Rondellen bereits auf den Ankern montiert sind, wenn die Anker in die Bohrlöcher gesetzt werden. Die Anker werden dann in die Bohrlöcher gedrückt, bis die Rondellen an dem Gebirgsausbruch anliegen. In den Bohrlöchern befindet sich ein Montagemörtel/Zement, der die Anker umschließt und nach Erhärten in den Bohrlöchern festsetzt. Vorteilhafterweise findet beim Auftragen des Spritzbetons auf die Folie 117 an einer Vielzahl von anderen Stellen auch ein Kontakt zwischen der Folie und dem Gebirgsausbruch statt, weil das Anspritzen eine Ausbeulung der Folie in Richtung Gebirgsausbruch bewirkt.

Der Kontakt erleichtert das Anspritzen, weil die Folie dort nicht in Schwingung geraten kann und den Spritzbeton dort nicht abwerfen kann.

**[0111]** Der Kontakt zwischen dem Gebirgsausbruch und dem Ausbau hat darüber hinaus den großen Vorteil, daß ausbrechende Steine sich nur leicht an den Ausbau anlegen, während sie bei einem beabstandeten Ausbau herabfallen und mit erheblicher Bewegungsenergie auf den Ausbau treffen.

**[0112]** Ein solcher Kontakt läßt sich auch mit den Ankern und Befestigern der vorhergehenden Ausführungsbeispiele darstellen, in dem der gebirgsseitige Befestiger so auf seinem Anker montiert wird, daß er Kontakt mit dem Gebirgsausbruch hat.

**[0113]** Fig. 16 zeigt auch eine weitere Spritzbetonschicht 121 an der Innenseite des Ausbaus. Dabei handelt es sich wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen um einen Brandschutz.

**[0114]** Fig. 17 zeigt noch ein Ausführungsbeispiel für einen Ausbau, bei dem gleichfalls ein Kontakt zwischen Ausbau und Gebirgsausbruch hergestellt wird. Dabei wird zunächst eine Spritzbetonschicht 119 zur Versiegelung/Konsolidierung auf den Gebirgsausbruch aufgebracht. Anschließend wird eine Vliesschicht 120 auf die Spritzbetonschicht 119 aufgebracht. Das geschieht unter gleichzeitigem Aufnageln von Rondellen 118. Das Aufnageln ist leicht, solange die Spritzbetonschicht noch nicht ausgehärtet ist. Aber auch dann ist noch ein Nageln mit entsprechend gehärteten und stabilen Nägeln möglich. Darüber hinaus lassen sich die Rondellen auch anschließen.

Auf den montierten Rondellen wird eine Folie 117a verschweißt, wie im Ausführungsbeispiel nach Fig. 16 erläutert. Darüber hinaus ist die gleiche Spritzbetonschicht 116a wie in Fig. 16 vorgesehen. Das gleiche gilt für die innenseitige weitere Spritzbetonschicht 122 aus Leichtbeton.

**[0115]** Fig. 19 zeigt einen Tunnelausbau mit einer Foliendichtung 151 aus PE mit einer Dicke von 1,5 mm, einer 35 mm dicken PE-Schaumschicht 152 als Wärmedämmung, einer 60 mm dicken EPS-Spritzbetonschicht 154 und einer Sauberkeitsschicht 153 in Form eines flammhemmend ausgelegten Anstrichs. Die Spritzbetonschicht hat ein Raumgewicht von 900 kg pro Kubikmeter.

Die Spritzbetonschicht ist im Bereich 155 fasermarmiert. Es handelt sich bei der Armierung um Glasfasern in einer Menge von 2 kg pro Kubikmeter Spritzbeton.

Der Ausbau wird durch schematisch dargestellte Anker 150 gehalten.

**[0116]** Fig. 20 zeigt einen Tunnelausbau mit einer Foliendichtung 141 aus PE mit einer Dicke von 1,5mm, einer 70 mm dicken EPS-Spritzbetonschicht mit einem Raumgewicht wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 19 und mit einer Armierung aus Baustahlgewebematten 144. Auch dieser Ausbau wird mit schematisch dargestellten Ankern 140 gehalten.

An der Tunnelinnenseite der Spritzbetonschicht 142 ist eine Sauberkeitsschicht 143 vorgesehen.

**[0117]** In Brandschutzversuchen verhält sich die erfindungsgemäße Brandschutzschicht wie folgt:

Die Brandbelastung ist in Fig. 21 dargestellt. Die Brandbelastung ist an 8 Stellen gemessen worden, die sich gleichmäßig innerhalb weniger Minuten auf 1100 Grad Celsius erwärmt haben. Der Kurvenverlauf ist mit 160 bezeichnet.

**[0118]** Die Fig. 22 zeigt die Temperatur an 6 Meßstellen innerhalb der Spritzbetonschicht nach Fig. 20. Die Meßstellen sind in unterschiedlichen Abständen von der Brandfläche angeordnet. Die von der Brandfläche entfernteste Meßstelle zeigt über einen Zeitraum von 2 Stunden keine nennenswerte Temperaturerhöhung. Dies ist mit 161 bezeichnet.

## Patentansprüche

### 1. Brandschutz für Bauwerke,

- a) für Tunnel oder dergleichen, vorzugsweise für Tunnel im standfesten Gebirge,
- b) mit einer Abdichtung gegen Wasser, insbesondere in Form einer Folie, c) wobei Anker verwendet werden,
- cc) insbesondere Anker, die in das Gebirge eingebracht werden und den weiteren Tunnelausbau halten,
- ccc) oder wobei Befestiger verwendet werden, die in eine gebirgsseitige Spritzbetonschicht eingebracht werden und den weiteren Tunnelausbau halten,
- e) wobei tunnelinnenseitig eine Spritzbetonschicht vorgesehen ist,
- f) **gekennzeichnet durch** einen Leichtbeton als Spritzbeton und Brandschutz, der zumindest zu einem Teil aus Kunststoffschäumpartikeln besteht und einer Brandlast von mindestens 1000 Grad Celsius mindestens für 90 Minuten Stand hält, oder
- g) für Hochbauten mit brandgefährdeten Teilen wie Träger und Stützen und spritzweise aufgetragenem Brandschutz
- h) **gekennzeichnet durch** einen Spritzbeton

als Brandschutz, der zumindest zu einem Teil aus Kunststoffschäumpartikeln besteht und einer Brandlast von mindestens 1000 Grad Celsius mindestens 30 Minuten, vorzugsweise mindestens für 60 Minuten, Stand hält.

2. Brandschutz nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Spritzbeton ein Raumgewicht von 300 bis 2000 kg pro Kubikmeter, vorzugsweise 350 bis 1200 kg pro Kubikmeter, noch weiter bevorzugt 400 bis 1100 kg pro Kubikmeter besitzt.
3. Brandschutz nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine Dicke von 10 bis 250 mm der innenseitigen Leichtbetonschicht, vorzugsweise eine Dicke von 40 bis 150, noch weiter bevorzugt von 50 bis 130 mm, insbesondere eine Dicke von mindestens 60mm für die Anwendung im Tunnel.
4. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** EPS-Partikel mit einem Haftvermittler an der Oberfläche
5. Brandschutz nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die EPS-Partikel außen ganz oder teilweise mit einem Kleber beschichtet ist, an dem mineralische Partikel haften.
6. Brandschutz nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Kleber ganz oder teilweise ein Kunststoffkleber ist und/oder die mineralischen Partikel feinkörnig sind.
7. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine mehrlagige Spritzbetonschicht, mit unterschiedlichem EPS-Partikelanteil in verschiedenen Lagen und/oder **durch** unterschiedliche Betonbeschaffenheit in verschiedenen Lagen und/oder **durch** unterschiedliche Partikelbeschaffenheit in verschiedenen Lagen.
8. Brandschutz nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Raumgewicht der Spritzbetonschicht zum gebirgsseitigen Rand und Außenfläche und/oder zum tunnelinnenseitigen Rand und Außenfläche höher als in der Spritzbetonschichtmitte ist.
9. Brandschutz nach Anspruch 7 oder 8, **gekennzeichnet durch** eine innenseitige Spritzbetonlage als Sauberkeitsschicht, die frei von EPS-Partikeln ist und/oder eine Sauberkeitsschicht aus einer zumindest schwer entflammaren Farbe und/oder einem zumindest schwer entflammaren Textil und/oder aus einer zumindest schwer entflammaren Materialbahn und/oder aus zumindest schwer entflammaren Platten.
10. Brandschutz nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **da-**

**durch gekennzeichnet, daß** die Spritzbetonschicht an dem gebirgsseitigen Rand oder Außenseite und/oder an dem tunnelinnenseitigen Rand oder Außenseite eine höhere Festigkeit aufweist.

11. Brandschutz nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Randbereich höherer Festigkeit eine Dicke von 5 bis 30 mm aufweist, vorzugsweise eine Dicke bis 25mm.
12. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Spritzbeton mit einer Armierung versehen ist.
13. Brandschutz nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** eine Armierung mit Fasern und/oder Fäden und/oder Schnüren und/oder Drähten und/oder Geweben und/oder Matten besteht, insbesondere aus Baumatten oder Gittergeweben besteht, vorzugsweise mit einem Fasergewicht von 1kg pro Kubikmeter, noch weiter bevorzugt mit einem Fasergewicht von 1,5 kg pro Kubikmeter.
14. Brandschutz nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Armierung aus Kunststoff und/oder Glas und/oder Stahl und/oder Kohle besteht
15. Brandschutz nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kunststofffasern aus Polypropylen bestehen und/oder Glasfasern alkalibeständig sind und/oder der Stahl nichtrostend ausgebildet ist und/oder mit Haken versehen sind.
16. Brandschutz nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Matten und Gewebe ein Flächengewicht von 10 bis 500 Gramm pro Quadratmeter, vorzugsweise 50 bis 200 Gramm pro Quadratmeter, noch weiter bevorzugt 80 bis 150 Gramm pro Quadratmeter aufweisen.
17. Brandschutz nach einem der Ansprüche 12 bis 16, **gekennzeichnet durch** die gleichzeitige Verwendung verschiedener Armierungsformen und/oder verschiedener Armierungsmaterialien und/oder unterschiedlich behandelter Armierungsmaterialien
18. Brandschutz nach einem der Ansprüche 7 bis 17, **gekennzeichnet durch** eine brandseitige Schicht des Spritzbetons die im Verhältnis zur Mitte des Spritzbetons mindestens die 2fache Festigkeit, vorzugsweise die 4fache Festigkeit und höchst bevorzugt mindestens die 8fache Festigkeit besitzt.
19. Brandschutz nach einem der Ansprüche 12 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Armierungsgewebe und/oder Matten zugleich als Rückhaltung beim Auftragen des Spritzbetons dienen.

20. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
**dadurch gekennzeichnet, daß** die Anker bis in die  
Spritzbetonschicht ragen.
21. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 19, 5  
**gekennzeichnet durch** einen Haftvermittler an den  
Streben und Stützen des Hochbaus für das Auftra-  
gen des Spritzbetons und **durch** Befestigungsmittel  
für Armierungsmittel und/oder für die Rückhaltung  
des Spritzbetons. 10
22. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 21,  
**gekennzeichnet durch** einen Spritzbetonauftrag  
auf frei liegende Leitungen und Kunststoffteilen in  
Räumen des Hochbaus. 15
23. Brandschutz nach einem der Ansprüche 1 bis 22,  
**gekennzeichnet durch** die Verwendung von EPS  
als Zumischungsanteil für den Leichtbeton. 20
24. Brandschutz nach Anspruch- 23, **dadurch gekenn-  
zeichnet, daß** das EPS eine Partikelgröße von 0,5  
bis 7 mm, vorzugsweise von 1 bis 6 mm besitzt und/  
oder die Schaumpartikel ein Raumgewicht von 10  
bis 50 kg pro Kubikmeter, vorzugsweise 20 bis 40 25  
kg pro Kubikmeter besitzen.

30

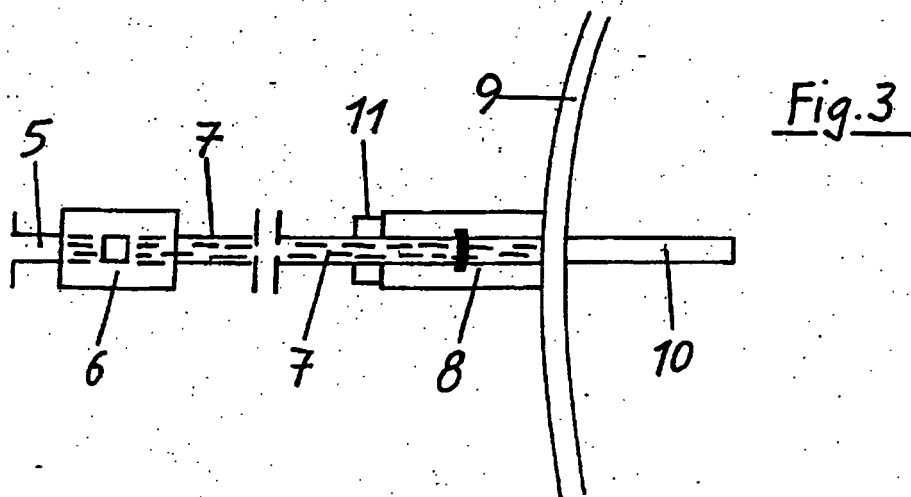
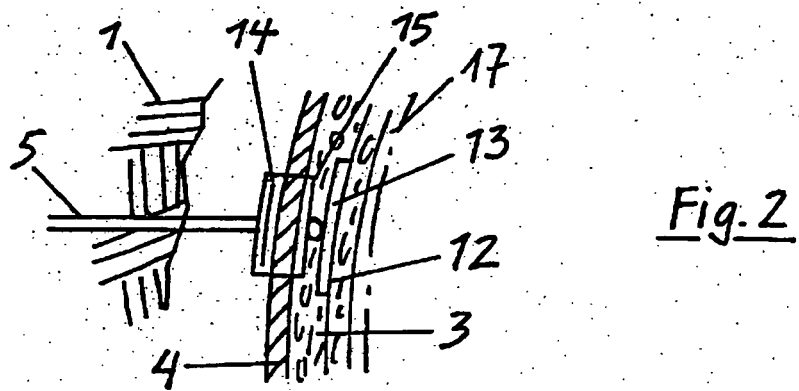
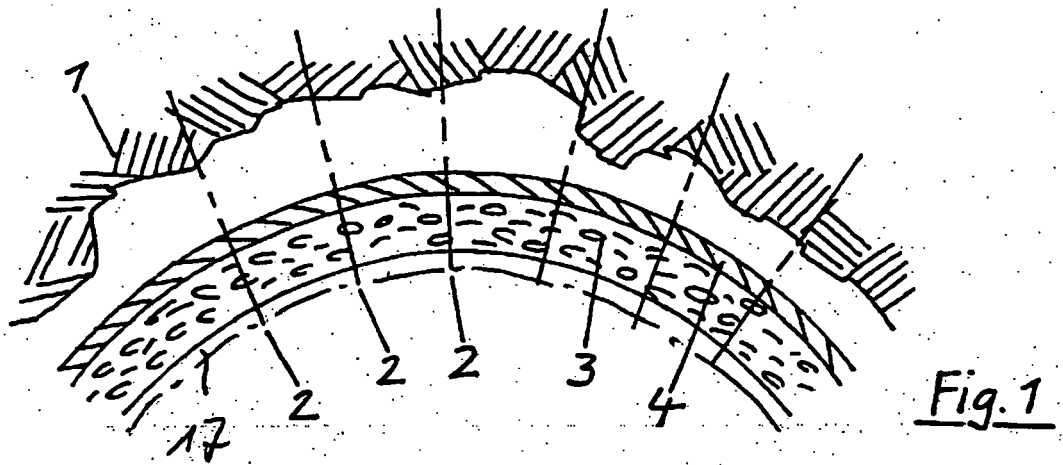
35

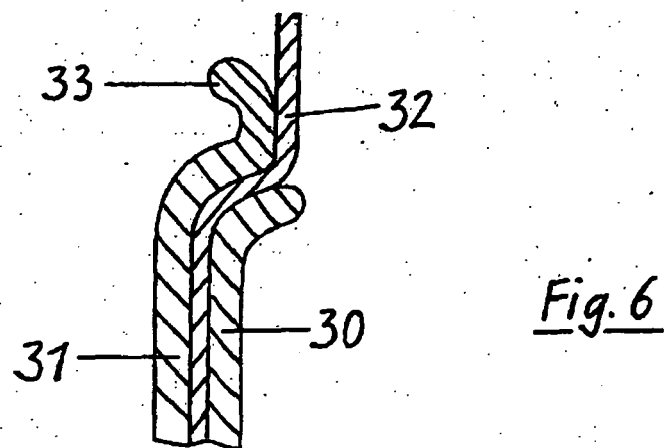
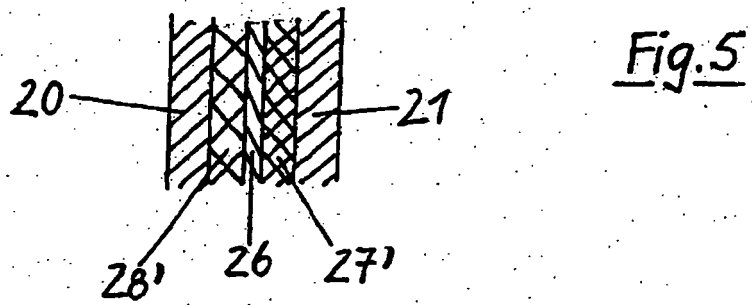
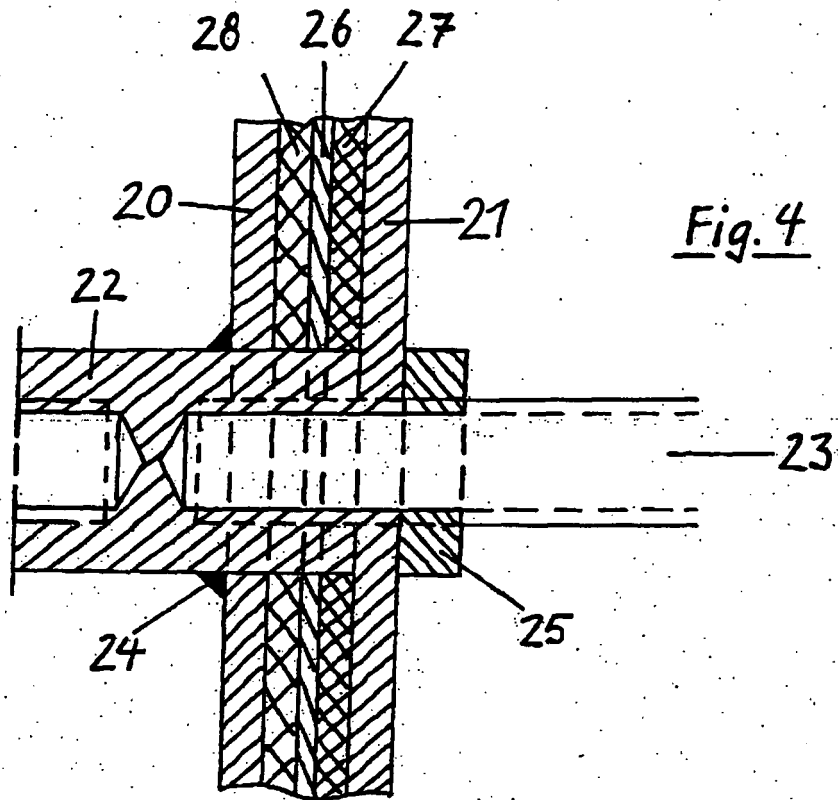
40

45

50

55







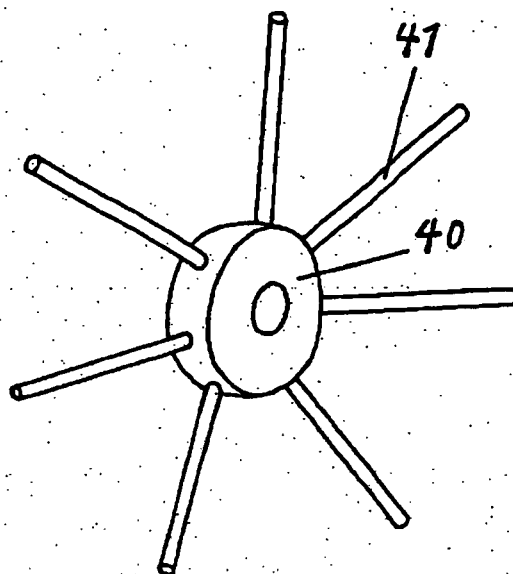


Fig. 7

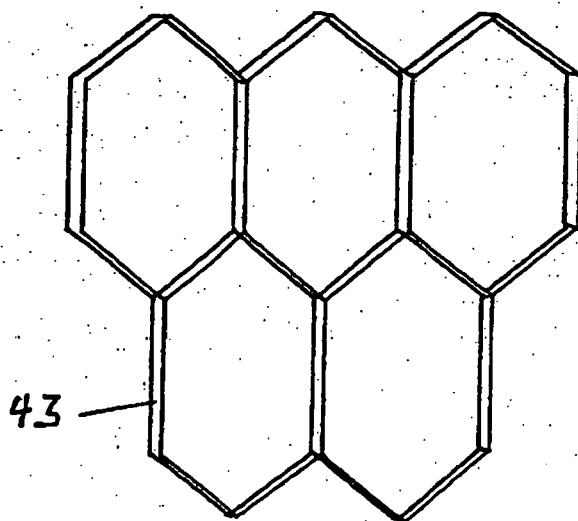
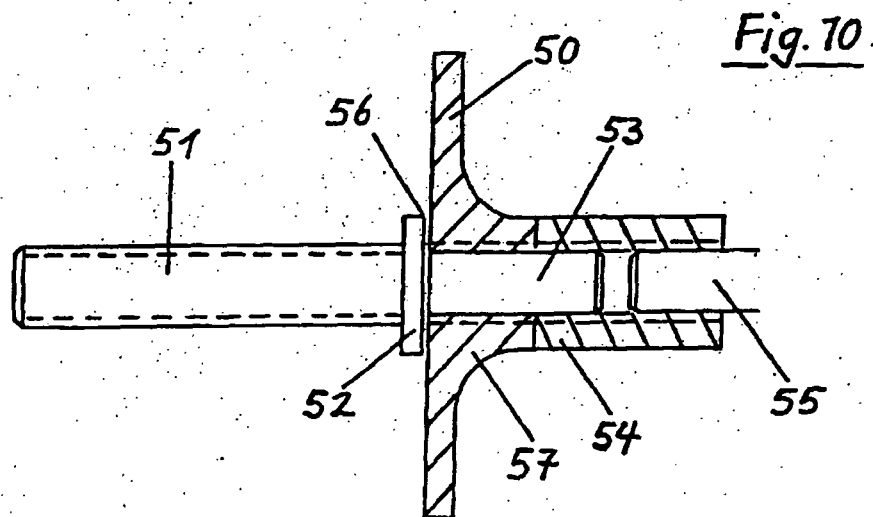
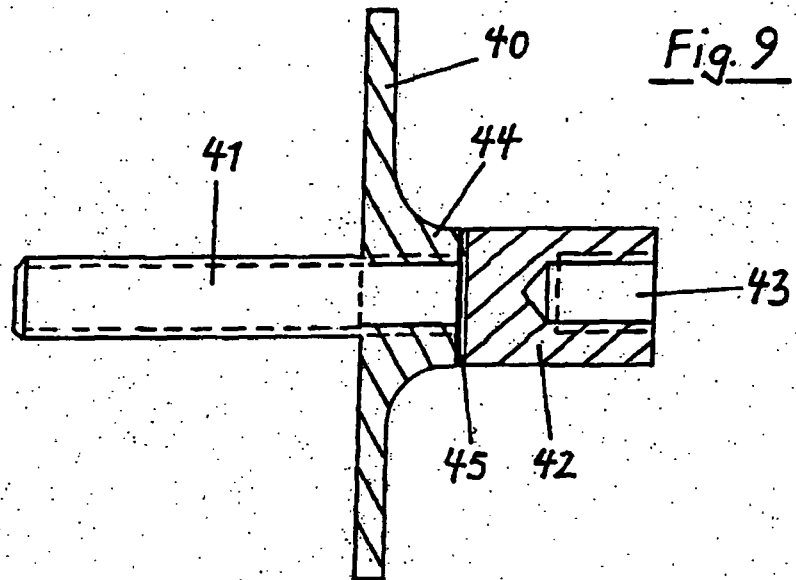


Fig. 8



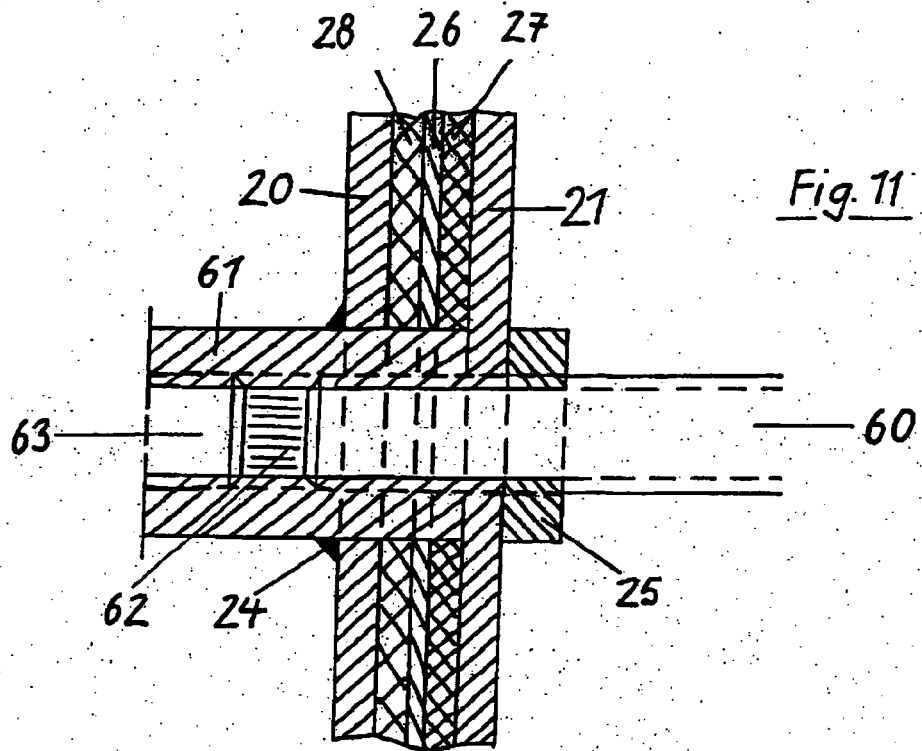


Fig. 11

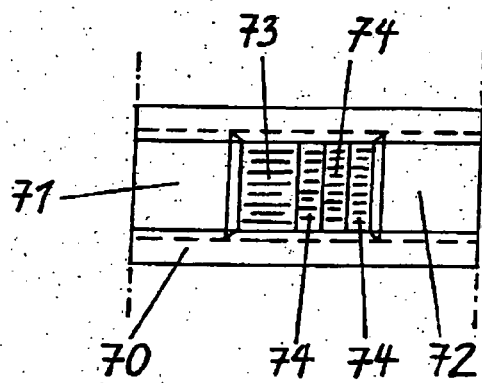


Fig. 12

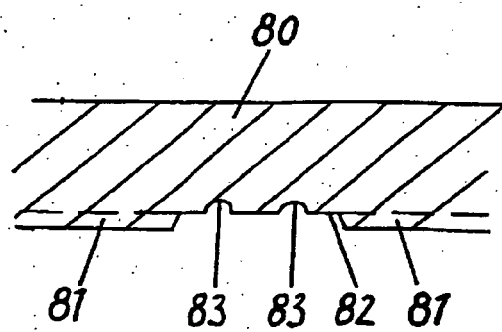


Fig. 13.

Fig. 14

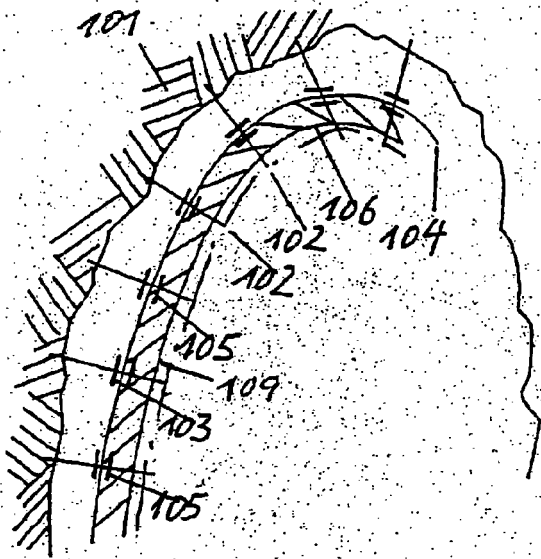


Fig. 16

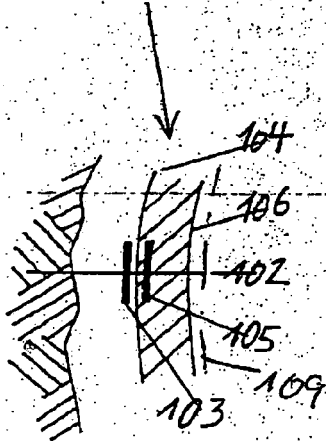
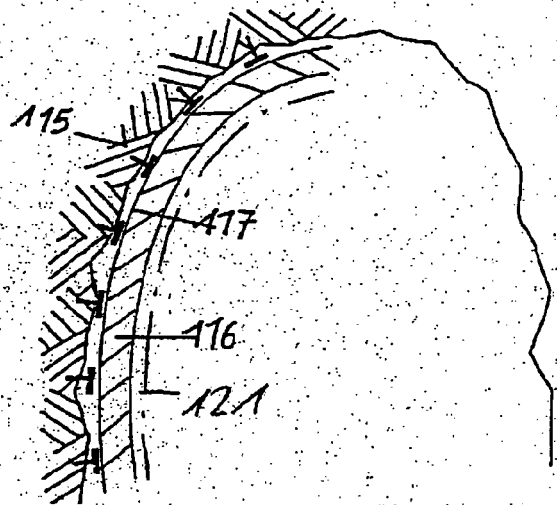


Fig. 15

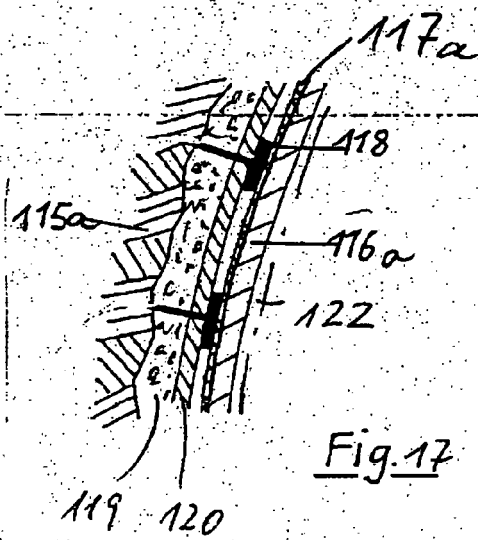


Fig. 17

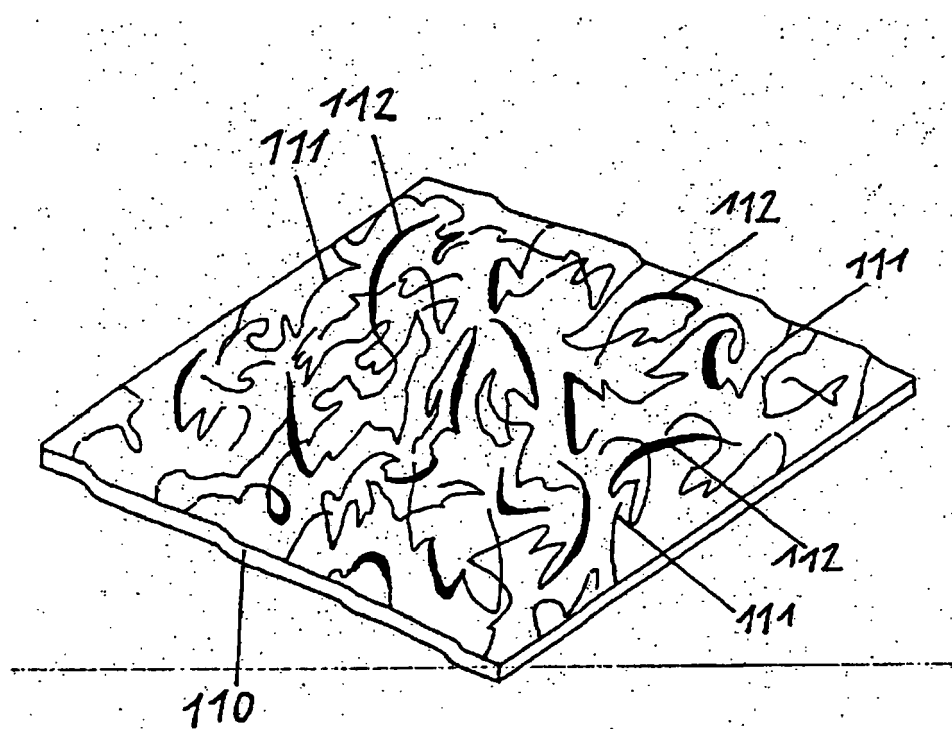
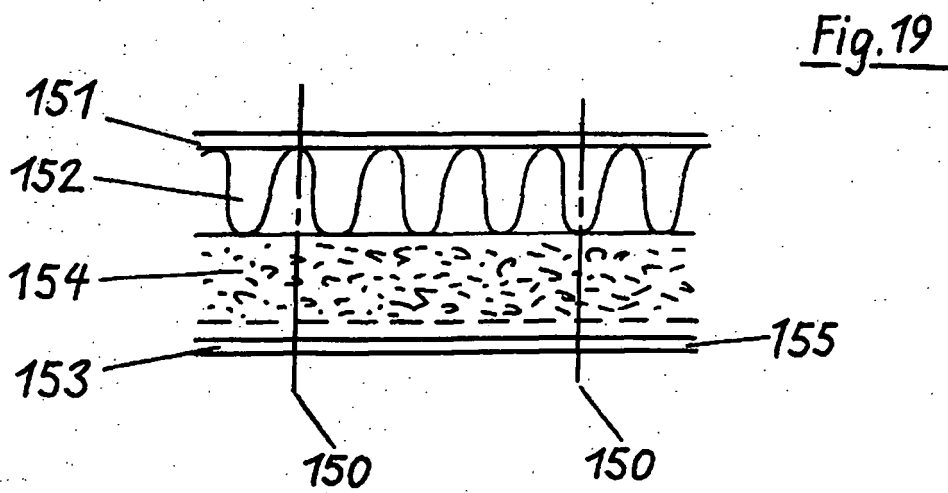
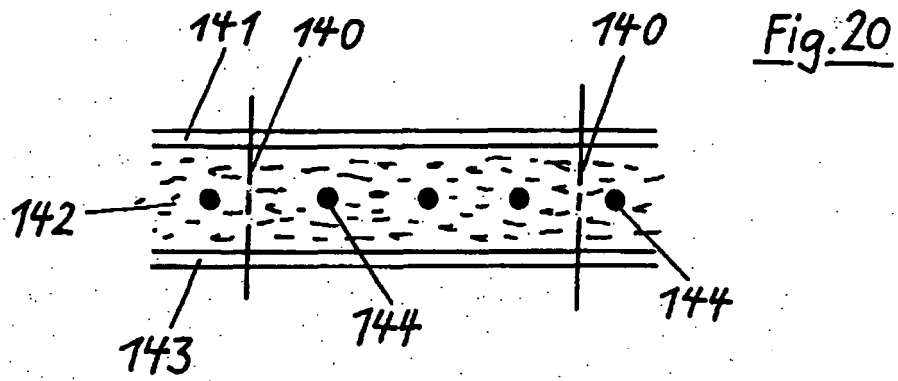


Fig. 18



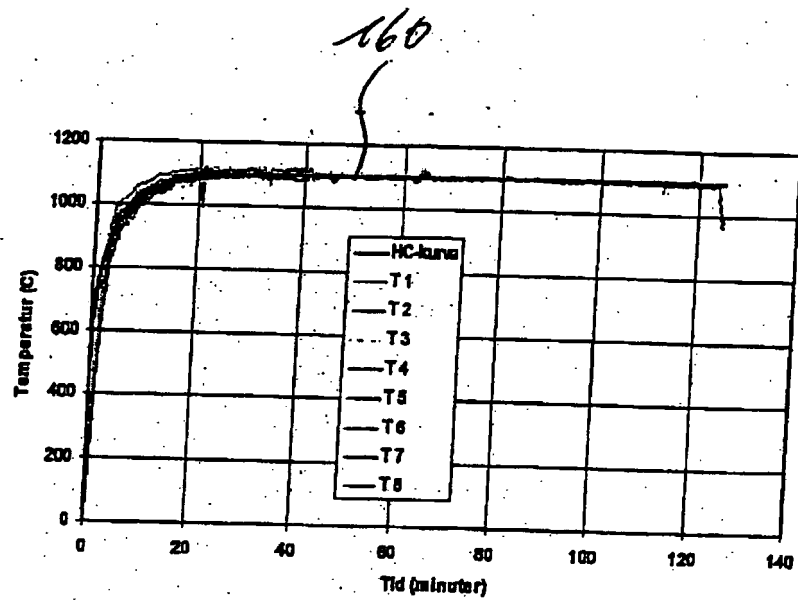
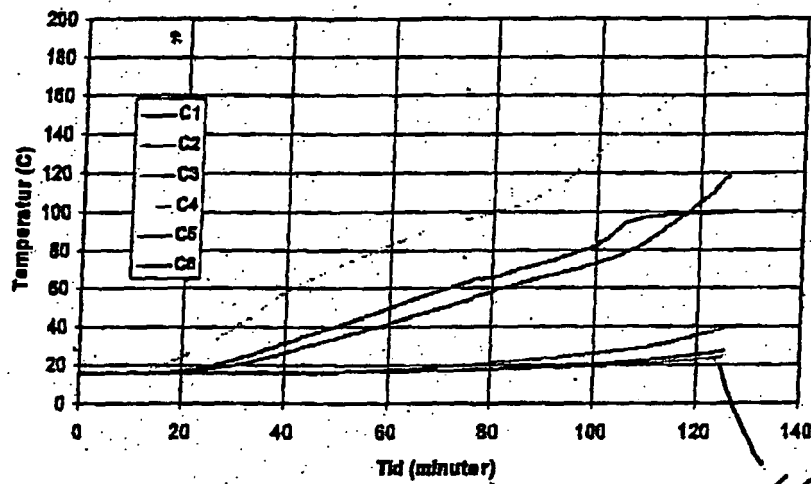


Fig. 21

Fig. 22

Provkropp 1



161



# IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

## In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3244000 C1 [0011]
- DE 4100902 A1 [0011]
- DE 19519595 A1 [0011]
- DE 8632994 U1 [0011]
- DE 8701969 U1 [0011]
- DE 20217044 U1 [0011]
- WO 2004101460 A1 [0028]
- WO 0006515 A [0028]
- US 5618344 A [0028]
- US 4547223 A [0028]
- EP 725043 A [0028]
- WO 9405896 A [0028]
- EP 295628 B1 [0028]
- FR 2499453 [0028]
- EP 449360 A1 [0028]
- DE 19831295 A1 [0028]
- DE 2127421 [0028]
- EP 1590308 A1 [0028]
- EP 1122223 A1 [0028]
- DD 297386 A5 [0028]
- DE 19529695 A1 [0028]
- DE 4406866 A1 [0028]
- DE 69910173 T2 [0036]
- DE 69801995 T2 [0036]
- DE 69721121 T2 [0036]
- DE 69718705 T2 [0036]
- DE 69701890 T2 [0036]
- DE 69700205 T2 [0036]
- DE 69418316 T2 [0036]
- DE 69407418 T2 [0036]
- DE 69403183 T2 [0036]
- DE 69122267 T2 [0036]
- DE 69118723 T2 [0036]
- DE 69010067 T2 [0036]
- DE 69006589 T2 [0036]
- DE 60010252 T2 [0036]
- DE 60001390 T2 [0036]
- DE 29825081 U1 [0036]
- DE 29824292 U1 [0036]
- DE 29824278 U1 [0036]
- DE 29818934 U1 [0036]
- DE 29724212 U1 [0036]
- DE 29718950 U1 [0036]
- DE 29710362 U1 [0036]
- DE 29812769 U1 [0036]
- DE 19854476 C2 [0036]
- DE 19854476 A1 [0036]
- DE 19851913 A1 [0036]
- DE 19838710 C2 [0036]
- DE 19819660 A1 [0036]
- DE 19819148 C1 [0036]
- DE 19754446 A1 [0036]
- DE 19746958 C1 [0036]
- DE 19733029 C2 [0036]
- DE 19652811 A1 [0036]
- DE 19650330 A1 [0036]
- DE 3838630 A1 [0040]
- DE 4220274 [0048]
- DE 10341299 A1 [0049]
- DE 4428200 A1 [0051] [0054]