

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 267 035 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
18.12.2002 Patentblatt 2002/51

(51) Int Cl. 7: E21D 11/10, E21F 16/02,  
E21D 11/38

(21) Anmeldenummer: 01113605.8

(22) Anmeldetag: 15.06.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU

MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: Valplast AG  
3942 Niedergesteln (CH)

(72) Erfinder:

• Pfammatter, Urban  
3942 Niedergesteln (CH)

• Pfammatter, Josef  
3942 Niedergesteln (CH)

(74) Vertreter: Blum, Rudolf Emil Ernst et al  
c/o E. Blum & Co  
Patentanwälte  
Vorderberg 11  
8044 Zürich (CH)

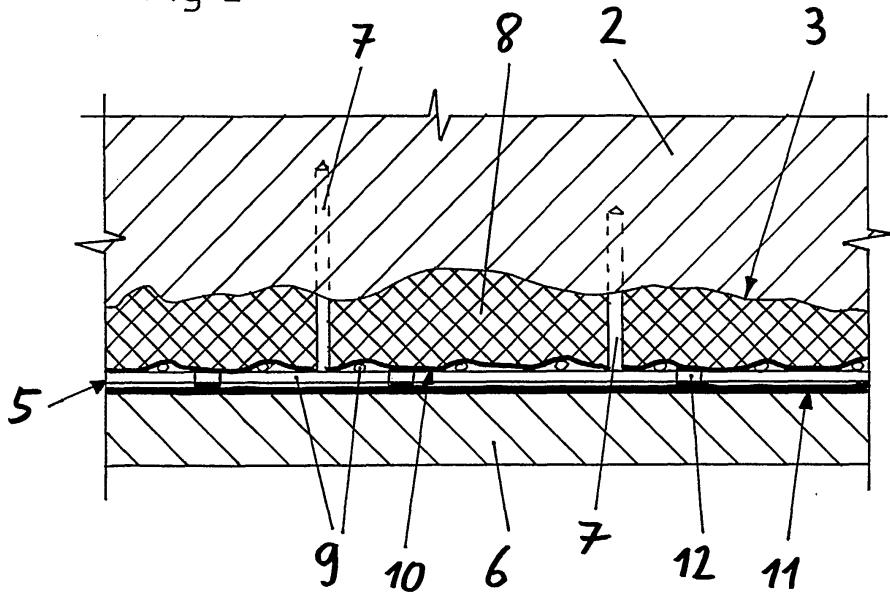
### (54) Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten mit betonierter Innenschale

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten (1) mit betonierter Innenschale aus Schalbeton (Gussbeton) oder Spritzbeton. Hierbei wird nach dem Ausbruch eines unterirdischen Hohlraums ein Traggewölbe (5) aus einem Drahtgitter (9) mit einem darauf befestigten Kunststoffvlies (10) im Hohlraum erstellt. Sodann wird der Zwischenraum zwischen den Begrenzungen (3) des Hohlraums und dem Kunststoffvlies

(10) mit einer losen Splitfüllung (8) verfüllt, eine Dichtungsbahn (11) auf der Traggewölbeinnenseite befestigt und anschliessend die Innenschale (6) des Tunnelbaus (1) unter Verwendung des Traggewölbes (5) und der Dichtungsbahn (11) als verlorene Schalung betoniert.

Auf diese Weise lässt sich auf kostengünstige Weise und mit zugelassenen Materialien ein zuverlässig und dauerhaft abgedichteter Tunnelbau mit einer betonierte Innenschale erstellen.

Fig. 2



EP 1 267 035 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten mit betonierter Innenschale, die Anwendung des Verfahrens zur Erstellung eines drainierenden oder druckwasserhaltenden Tunnelbaus, ein Gewölbe zur Rundumsicherung gegen herabfallendes Gestein in einem unterirdischen Hohlraum, die Verwendung des Gewölbes als verlorene Aussenschalung beim Betonieren einer Tunnelinnenschale, einen druckwasserhaltenden oder drainierenden unterirdischen Tunnelbau mit betonierter Innenschale sowie eine Drahtgitter- oder Drahtnetzverbundmatte für die Erstellung von solchen Gewölben oder Tunnelbauten gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

**[0002]** Unterirdische Tunnelbauten dienen in den meisten Fällen Transportzwecken und kommen bevorzugt dort zum Einsatz, wo bestimmte Transportkapazitäten mit oberirdischen Mitteln nicht oder nur in unwirtschaftlicher Art und Weise bereitgestellt werden können. Dieses trifft insbesondere dann zu, wenn es darum geht, mit Strassen- oder Schienenfahrzeugen geografische Hindernisse, wie z.B. Gebirge, zu durchqueren. Da die Kosten für die Erstellung von Eisenbahn- und Strassentunneln erheblich sind und Wartungsarbeiten oft mit einem Nutzungsausfall einhergehen, werden sehr hohe Anforderung an die Haltbarkeit solcher Bauwerke gestellt. Einen zentralen Punkt stellt daher neben den eigentlichen Erstellungskosten für den Tunnelbau die Abdichtung des Tunnelinnbereichs gegen aus dem Berg austretendes Wasser und gegebenenfalls die sichere Ableitung dieses Wassers dar.

**[0003]** Zur Erstellung solcher Tunnelbauten sind heute mehrere Verfahren bekannt, denen jeweils gemeinsam ist, dass nach dem Gesteinsausbruch durch Bohren oder Sprengen eine Rundumsicherung gegen herabstürzendes Gestein im Felsausbruch erstellt wird, so dann eine Abdichtungsschicht von innen her auf diese Rundumsicherung aufgebracht wird, wobei gegebenenfalls vorgängig zwischen der Rundumsicherung und der Abdichtungsbahn ein Vliesgewebe oder eine Drainageschicht angeordnet wird, und zum Schluss die Innenschale betoniert wird.

**[0004]** Die Rundumsicherung wird gemäss dem Stand der Technik durch Aufbringen von Spritzbeton auf den Fels oder durch Aufstellen von Tübbingringen im Felsausbruch erstellt.

**[0005]** Im erstgenannten Fall folgt die Innenkontur der Rundumsicherung den Begrenzungen des ausgebrochenen Hohlraums, welche bei Sprengausbruch stark von der gewünschten Aussenschalung der zukünftigen Betoninnenschale abweichen. Da diese zudem eine sehr unregelmässige Kontur aufweisen, kommt es bei Verwendung von Dichtungsbahnen als Dichtschicht unweigerlich an einigen Stellen zu einer Faltung der Dichtungsbahn, wodurch das Auftreten von Undichtigkeiten begünstigt wird. Auch weist die betonierte Innenschale

eines Tunnelbaus mit derartigem Aufbau eine stark variierende Wandstärke auf, was sowohl aus technischer als auch aus ökonomischer Sicht wenig vorteilhaft ist. Wird ein drainierender Tunnelbau unter Verwendung ei-

5 nes Vliesgewebes oder einer Drainagematte als Drainageschicht auf diese Weise erstellt, so muss zudem mit einem frühzeitigen Versagen der Tunnelabdichtung infolge einer Verstopfung der Drainageschicht gerechnet werden, da diese beim Giessen der Innenschale auf 10 eine Stärke von wenigen Millimetern verdichtet wird und der sich auf der Nassseite der Dichtschicht befindliche Spritzbeton ausgewaschen wird und deshalb verstopfungsfördernd wirkt.

**[0006]** Im zweitgenannten Fall beschreibt die Innenkontur der Tübbingringe unabhängig von der Kontur der Begrenzungen des unterirdischen Hohlraums die gewünschte äussere Sollkontur der zukünftigen Innenschale und vermeidet somit einige der zuvor erwähnten Probleme. Ist als Drainageschicht ein Vliesgewebe oder

15 eine Drainagematte zwischen der Dichtschicht und den Tübbingringen vorgesehen, so muss bei drainierenden Tunnelbauten dieser Bauart ebenfalls mit einer Verstopfung der Drainageschicht und damit mit einem Undichtwerden der Abdichtung gerechnet werden. Ein weiterer 20 Nachteil der Tübbingtechnik sind die vergleichsweise hohen Kosten für das Erstellen solcher Tunnelbauten.

**[0007]** Es stellt sich daher die Aufgabe, Verfahren zum Erstellen von Tunnelbauten, Gewölbe zur Rundumsicherung und unterirdische Tunnelbauten zur Verfügung zu stellen, welche die zuvor genannten Nachteile des Standes der Technik vermeiden.

**[0008]** Diese Aufgabe wird von dem Verfahren, dem Gewölbe und dem Tunnelbau gemäss den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

**[0009]** In einem ersten Aspekt der Erfindung umfasst das Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten mit betonierter Innenschale das Erzeugen eines Hohlraums in einer unterirdischen Umgebung, wie z.B. Felsgestein, durch Sprengausbruch,

40 durch Bohren oder mit einer anderen Ausbruchsmethode, und das anschliessende Erstellen eines Traggewölbes mit einer gitter- oder netzartigen Tragstruktur in diesem ausgebrochenen Raum, welche ein oder mehrere tragfähige planen- oder plattenartige Flächengebilde 45 trägt, welche die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannen. Durch diese Bauweise ist das Traggewölbe in der Lage, von aussen angreifende Flächenlasten, wie zum Beispiel schüttfähige Füllmaterialschichten aus

50 Kies oder Splitt, zu tragen und ein etwaiges Durchtreten von losem Material in den Innenraum des Traggewölbes zu verhindern. Auch ist das Traggewölbe in der Lage, kleinere Felsstücke, welche sich von den Ausbruchsbeschränkungen lösen, mit den Flächengebilden aufzufangen und Felsstücke mit einer Grösse, welche die Grösse der Gitter- oder Netzzwischenräume übertrifft, unabhängig von der Festigkeit der Flächengebilde mit der Tragstruktur abzufangen und somit als Rundumsicherung zu dienen. Das Traggewölbe wird derartig im un-

terirdischen Hohlraum erstellt, dass es im wesentlichen von den Begrenzungen des Hohlraums beabstandet ist, d.h., dass es gegebenenfalls lediglich an einigen Stellen punktuell Kontakt mit diesen Begrenzungen aufweist, und wird derartig ausgestaltet, dass es unabhängig von der Kontur der Begrenzungen des unterirdischen Hohlraums mit seiner Innenseite eine gewünschte äussere Sollkontur der zukünftigen Betoninnenschale des Tunnels beschreibt. Eine solche Sollkontur ergibt sich normalerweise aus dem Lichtprofil des zu erstellenden Tunnelbaus zuzüglich der Wandstärke der Innenschale und etwaiger weiterer Materialschichten, die innerhalb der Innenschale angeordnet werden. Sodann wird eine Dichtschicht auf der Innenseite des Traggewölbes angeordnet und danach die Innenschale des Tunnelbaus betoniert, wobei das Traggewölbe zusammen mit der Dichtschicht als verlorene Aussenschalung zum Einsatz kommt. Das Betonieren der Innenschale kann durch Giessen in Schalbetontechnik mittels einer zusätzlichen Innenschalung oder auch durch Aufspritzen von Spritzbeton erfolgen. Als tragfähig ist ein planen- oder plattenartiges Flächengebilde dann anzusehen, wenn es in der Lage ist, als Überspannung der Gitter- bzw. Netzzwischenräume der Tragstruktur, gegebenenfalls nach vorheriger Befestigung an den Begrenzungen der Gitter- bzw. Netzzwischenräume, eine lose Kies-, Split- oder Geröllschüttung von mehreren Dezimetern Dicke zu tragen.

**[0010]** Mit dem erfindungsgemässen Verfahren lässt sich auf kostengünstige Weise ein unterirdischer abgedichteter Tunnelbau mit Betoninnenschale erstellen, welcher über grosse Drainageräume zwischen Traggewölbe und den Begrenzungen des Hohlraum verfügt und keine aufwendige Untergrundvorbereitung für die Abdichtung benötigt. Auch wird durch das Verfahren das rationelle Verlegen bzw. Aufbringen der Abdichtung und das Erstellen einer betonierten Innenschale einheitlicher Wandstärke ermöglicht. Da das Traggewölbe während dem Erstellen des Tunnelbaus zuerst als Rundumsicherung und dann als verlorene Aussenschalung dient, ist es mit diesem Verfahren zudem möglich, auf verstopfungsfördernde Betonteile bzw. Betonschichten auf der Nassseite der Dichtschicht, wie sie beim Stand der Technik üblich sind, zu verzichten und somit ein dauerhaftes Funktionieren selbst recht dünner Drainageschichten zu gewährleisten. Durch das Aufbringen der Dichtschicht auf die Innenseite des fertig erstellten Traggewölbes ergibt sich als weiterer Vorteil die Möglichkeit, eine ununterbrochene Dichtschicht zu erstellen, was insbesondere beim Erstellen von druckwasserhaltenden Tunnelbauten von grosser Bedeutung ist. Noch ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, dass bereits zugelassene Materialien verwendet werden können, so dass zeit- und kostenintensive Zulassungsverfahren vermieden werden können.

**[0011]** Bevorzugterweise wird der Zwischenraum zwischen den Begrenzungen des unterirdischen Hohl-

raums und dem Traggewölbe mit einem druckbeständigen Füllmaterial verfüllt, welches eine lose Schüttung oder auch eine aushärtende Masse sein kann. Hierdurch wird eine gleichmässige Druckübertragung von etwaigen, durch spätere Setzung entstehende Gebirgslasten auf die Aussenseite des Tunnelbaus sichergestellt und eine Verletzung der Dichtschicht durch scharfkantiges herabstürzendes Gestein verhindert.

**[0012]** Vorteilhafterweise wird ein Füllmaterial mit dauerhaft guter Wasserdurchlässigkeit verwendet, bevorzugterweise eine Schüttung aus losem druckübertragenden Material wie Kies, Felssplit oder Geröll, was insbesondere im Falle einer Erstellung von drainierenden Tunnelbauten mit entsprechend druckwasserentlasteten Dichtschichten eine vorteilhafte Ausführung darstellt.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Verfüllen des Zwischenraums vorgängig zum Betonieren der Innenschale oder sogar vorgängig zum Aufbringen der Dichtschicht auf die Innenseite des Traggewölbes, was den Vorteil ergibt, dass ein Aufschwimmen des als Aussenschalung dienenden Traggewölbes beim Betonieren weitestgehend verhindert wird und gegebenenfalls durch ein solche Aufschwimmen eine Verdichtung der Verfüllung im Zwischenraum zwischen den Begrenzungen des Hohlraums und dem Traggewölbe erzielt wird.

**[0014]** Wird das Traggewölbe mit zusätzlichen, im wesentlichen punktuell angreifenden Mitteln zur Verstärkung, wie z.B. einzelne Felsanker, und/oder linienförmig angreifenden Mitteln zur Verstärkung, wie z.B. Verstärkungsbögen, welche sich in Umfangsrichtung im Traggewölbe erstrecken und auf denen das Traggewölbe aufliegt, versehen, so erhöht sich dessen Tragfähigkeit bzw. kann die verwendete Gitter- oder Netzstruktur schwächer dimensioniert werden.

**[0015]** Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von radial nach aussen sich erstreckenden Zugankern als Mittel zur Verstärkung, die in dem den Hohlraum umgebenden Material, in der Regel Felsgestein, befestigt werden und mit dem Traggewölbe, insbesondere mit dessen Tragstruktur, verbunden werden. Durch die Verwendung mehrerer sich radial ins Felsgestein erstreckender langer Zuganker wird zudem die Tragwirkung des umgebenden Felsgesteins verbessert.

**[0016]** Bevorzugterweise werden die Mittel zur Verstärkung vorgängig zum Anordnen der Dichtschicht angebracht, um ein etwaiges Beschädigen der Dichtschicht zu vermeiden.

**[0017]** Erfolgt eine Verfüllung des Zwischenraumes zwischen den Begrenzungen des unterirdischen Hohlraumes und dem Traggewölbe, so ist es bei Verwendung von zusätzlichen Mitteln zur Verstärkung bevorzugt, im Anschluss an das Verfüllen eine Verpressung des Füllmaterials durch Bewegen des Traggewölbes zu den Begrenzungen des Hohlraums hin mit Hilfe der Mittel zur Verstärkung vorzunehmen. Dieses lässt sich bei Verwendung der zuvor beschriebenen Zuganker zwi-

schen dem Traggewölbe und dem den Hohlraum umgebenden Material in besonders vorteilhafter Weise durch ein Anziehen derselben bewerkstelligen.

**[0018]** Als gitter- oder netzartige Tragstruktur kommen bevorzugterweise Drahtgitter und/oder Drahtnetze, bevorzugterweise aus Stahldraht, zum Einsatz, welche mit Vorteil eine Drahtstärke im Bereich zwischen 5 mm und 10 mm und eine Maschenweite im Bereich zwischen 10 cm und 20 cm, bevorzugterweise zwischen 10 cm und 15 cm aufweisen. Solche Gitter bzw. Netze sind kommerziell als Armierungsstahlmatten erhältlich. Es können jedoch auch Drahtgitter oder Drahtnetze aus anderen Materialien, beispielsweise aus Kunststoff, zum Einsatz kommen.

**[0019]** Als tragfähige planenartige Flächengebilde kommen mit Vorteil Gewebe-, Vlies- oder Folienmaterialien oder ein feinmaschiges Netz zur Anwendung, bevorzugterweise aus einem reissfesten Kunststoff. Als tragfähige plattenartige Flächengebilde kommen bevorzugterweise Isolationsplatten aus einem Kunststoffschaum zum Einsatz. In jedem Fall ist es von Vorteil, wenn das Flächengebilde vorgängig zum Erstellen des Traggewölbes durch Kleben, z.B. mit Heisskleber, am Drahtgitter oder -netz befestigt wird. Idealerweise werden entsprechende Gittermatten als vorgefertigtes Halbzeug zur Verfügung gestellt.

**[0020]** In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden als Dichtschicht bevorzugterweise Folienbahnen verwendet, mit Vorteil Kunststoffdichtungsbahnen aus einem thermoplastischen Kunststoff, welche bevorzugterweise eine Dicke kleiner 5 mm, noch bevorzugter kleiner 3 mm aufweisen. Solche Dichtungsbahnen sind teilweise bereits für den Tunnelbau zugelassen und sind kommerziell erhältlich.

**[0021]** Die Befestigung der Folienbahnen am Traggewölbe erfolgt mit Vorteil durch punktuelles oder flächiges Verkleben oder Verschweissen, beispielsweise mit dem Flächengebilde des Traggewölbes oder mit zusätzlich angebrachten Kontaktmaterialien wie z.B. thermoplastische Folienstreifen, oder mittels anderer form- und/oder kraftschlüssiger Befestigungsmethoden, wie z.B. durch Klettbefestigung.

**[0022]** Zur Erstellung einer möglichst durchgängigen Dichtschicht ist es bevorzugt, wenn mehrere in Umfangsrichtung und/oder in Längsrichtung des Tunnelbaus aneinander angrenzende Folienbahnen bzw. Folienbahnabschnitte wasserdicht miteinander verschweisst oder verklebt werden.

**[0023]** In einer anderen bevorzugten Ausführung wird die Dichtschicht durch Aufspritzen eines aushärtenden abdichtenden Materials auf die Innenseite des Traggewölbes erhalten, wozu bevorzugterweise Flüssigkunststoff verwendet wird. Mit aushärtend ist gemeint, dass sich das Material nach gewisser Zeit verfestigt, es ist jedoch durchaus erwünscht, wenn es ein wenig elastisch bleibt. Die bevorzugten Schichtdicken sind in etwa vergleichbar mit denen der zuvor beschriebene Folienbahnen. Um eine Störung des Abbindeprozesses

der aufgespritzten Dichtschicht durch Wasser zu verhindern, ist es in diesem Fall bevorzugt, wenn das Traggewölbe bzw. das Flächengebilde eine zumindest vorübergehend weitgehend wasserdichte Vorabdichtung bildet. Ein späteres Undichtwerden dieser Vorabdichtung nach dem Aushärten der Dichtschicht ist hingegen ohne Bedeutung. Auf diese Weise lassen sich durchgängige und auch vollflächig geschlossene Dichtschichten auf einfache Weise im Traggewölbe anordnen.

**[0024]** Bevorzugterweise wird eine in Umfangsrichtung und in Längsrichtung des zu erstellenden Tunnelbaus wasserdicht geschlossene Dichtschicht im Innenraum des Traggewölbes erstellt, so dass eine druckwasserhaltende Abdichtung möglich wird.

**[0025]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Dichtschicht mit zusätzlichen Zuführungsmitteln zum nachträglichen Zuführen von flüssigem bis pastösem Material vom Innenraum des Tunnelbaus her in den Bereich der Nassseite der Dichtschicht versehen. Mit Vorteil sind diese Zuführungsmittel als Verpressstutzen ausgebildet, welche sich radial durch die zukünftige Innenschale des Tunnels hindurch erstrecken. Sollte es nach einer gewissen Zeit zu Undichtigkeiten kommen oder eine weitere Verfestigung des Außenbereichs des Tunnelbaus wünschenswert erscheinen, können verfestigend und/oder abdichtend wirkende Substanzen durch diese Zuführungsmittel zugeführt werden und der Bereich zwischen Dichtschicht und den Begrenzungen des Hohlraums hierdurch verpresst und/oder abgedichtet werden.

**[0026]** In noch einer weiteren bevorzugten Ausführung wird das Flächengebilde und/oder die Dichtschicht aus einem mindestens teilweise durchscheinenden Werkstoff gebildet, wodurch sich der Vorteil ergibt, dass eine einfache visuelle Erfolgskontrolle beim Einbringen von Füllmaterial in den Zwischenraum zwischen Traggewölbe und Hohlraumbegrenzungen ermöglicht wird.

**[0027]** Generell ist es bevorzugt, wenn zwischen dem Traggewölbe und den Begrenzungen des Hohlraums auf zusätzliche tragfähige Sicherungsgewölbe, insbesondere auf Tübbingelemente, auf sich in die Bereiche der Seitenwände erstreckende Beton- oder Spritzbetongewölbe und/oder auf aufwendige Untergrundbehandlungen verzichtet wird, was durch die Erfindung ermöglicht wird, da hierdurch sowohl Kosten für Material und Arbeit sowie Zeit eingespart werden können. Wird ein druckwasserentlastetes Dichtgewölbe erstellt, so ist dies zudem deshalb vorteilhaft, weil hierdurch die Einbringung von verstopfungsfördernden Fremdstoffen in den Drainagezufluss im wesentlichen verhindert werden kann. Eine ausschließlich im Bereich der Hohlraumdecke aus Spritzbeton ausgeführte Kopfsicherung kann durch Vorschriften vorgegeben sein und stellt kein sich auf die Seitenwände erstreckendes Spritzbetongewölbe im hier gemeinten Sinne dar.

**[0028]** In einem zweiten Aspekt der Erfindung wird das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt angewendet

zur Erstellung eines drainierenden oder druckwasserhaltenden unterirdischen Tunnelbaus.

**[0029]** Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft einen drainierenden oder druckwasserhaltenden Tunnelbau, welcher nach dem Verfahren gemäss dem ersten Aspekt herstellbar ist.

**[0030]** In einem vierten Aspekt der Erfindung weist das Gewölbe zur Rundumsicherung gegen herabfallendes Gestein in einem unterirdischen Hohlraum eine gitter- oder netzartige Tragstruktur und ein oder mehrere von der Tragstruktur getragene und die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannende tragfähige und planenartige Flächengebilde, wie beispielsweise ein reissfähiges Kunststoffvlies, auf. Ein solches Gewölbe stellt auch ein Traggewölbe wie unter dem ersten Aspekt beschrieben dar.

**[0031]** Ein fünfter Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung des Gewölbes gemäss dem vierten Aspekt als verlorene Aussenschalung beim Betonieren einer Innenschale im Innenraum des Gewölbes.

**[0032]** In einem sechsten Aspekt weist der in einem unterirdischen Gewölbe angeordnete druckwasserhaltende oder drainierende Tunnelbau mit betonierter Innenschale, bevorzugterweise mit einer betonierter Innenschale mit im wesentlichen einheitlicher Wandstärke, auf der Aussenseite der Innenschale zumindest im Bereich der Seiten und der Decke eine Dichtschicht aus Kunststoff auf. Auf der Aussenseite dieser Dichtschicht ist ein Drahtgitter oder ein Drahtnetz, bevorzugterweise mit einer Innenkontur, welche im wesentlichen der Ausenkontur der Innenschale entspricht, vorhanden und auf der Aussenseite des Drahtgitters oder -netzes ist ein planen- oder plattenartiges Flächengebilde aus Kunststoff vorhanden, welches Gitter- bzw. Netzzwischenräume überspannt. Zwischen diesem Flächengebilde und den Begrenzungen des Hohlraums befindet sich ein druckbeständiges Füllmaterial.

**[0033]** In einem siebten Aspekt der Erfindung weist die Drahtgitter- oder Drahtnetzverbundmatte für die Erstellung von Gewölben oder Tunnelbauten gemäss einem der vorangehenden Aspekte ein Drahtgitter oder Drahtnetz und ein oder mehrere planenartige Flächengebilde auf, welche auf mindestens einer der beiden Seiten des Drahtgitters oder Drahtnetzes oder zwischen den Drähten desselben angeordnet und mit diesem verbunden sind und dabei die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannen. So sind beispielsweise vorgefertigte Drahtgitterverbundmatten vorgesehen, welche durch Umgießen eines Drahtgitters mit einem Kunststoff in einer Flachen Gussform oder durch Aufkleben oder Aufschweißen eines Drahtgitters auf eine Folie oder auf ein Vlies hergestellt werden.

**[0034]** Weitere bevorzugte Ausführungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäss-

sen Tunnelbau quer zu dessen grösster Erstreckung;

Fig. 2 einen Schnitt durch die Tunnelwand entlang der Linie A-A in Fig. 1;

5 Fig. 3 einen Schnitt wie in Fig. 2, jedoch durch eine Tunnelwand, deren Dichtschicht zusätzlich mit Verpressstutzen versehen ist;

**[0035]** Das Grundprinzip der Erfindung ist in den Figuren 1 und 2 erkennbar und wird im Folgenden mit Hilfe dieser Figuren erläutert.

**[0036]** In einem ersten Schritt wird ein unterirdischer Hohlraum erzeugt. Das dargestellte Beispiel zeigt einen durch Sprengausbruch in Felsgestein 2 erzeugten Hohlraum, bei dem die Begrenzungen 3 infolge der Ausbruchmethode sehr unregelmässig sind. Es ist jedoch ebenso vorgesehen, den Hohlraum durch Bohren oder mit anderen Ausbruchmethoden zu erstellen, wodurch Hohlräume mit wesentlich regelmässigeren Begrenzungen 3 entstehen. Auch wenn in der hier dargelegten Beschreibung von Felsgestein 2 die Rede ist, so kann der Hohlraum 1 auch in allen anderen Umgebungen gebildet werden, welche die Bildung eines sich zumindestens vorübergehend selbsttragenden Hohlraums zu lassen. Nachdem ein solcher Hohlraum erzeugt ist und gegebenenfalls der Boden 4 des Hohlraums 1 zur ermöglichen weiterführender Arbeiten vorbereitet wurde, wird ein Traggewölbe 5 mit einer Tragstruktur 9 aus Drahtgitter 9 mit einer Drahtdicke von ca. 8 mm und quadratischen Maschen mit einer Weite von etwa 15 cm, auf welches vorgängig auf der Aussenseite ein reissfestes tragfähiges Kunststoffvliesmaterial 10 aufgebracht wurde, im Hohlraum erstellt und zwar derart, dass das Traggewölbe 5 mit einem Abstand zu den Begrenzungen 3 des Hohlraums angeordnet ist und mit seiner Innenseite die gewünschte zukünftige Ausenkontur der Betoninnenschale 6 des Tunnels 1 beschreibt. Das Traggewölbe 5 wird im dargestellten Fall zusätzlich mit radial nach aussen sich erstreckenden Zugankern 7, 20 welche in dem den Hohlraum umgebenden Gestein 2 befestigt werden, verstärkt. Es ist aber ebenso vorgesehen, das Traggewölbe 5 ohne zusätzliche Verstärkungen zu verwenden. Sodann wird auf der Innenseite des Traggewölbes 5 eine 3 mm dicke Dichtungsbahn 11 25 mit thermoplastischem Kunststoff befestigt, indem diese durch Verschweissen mit zusammen mit dem Kunststoffvlies zuvor am Drahtgitter 9 angebrachten thermoplastischen Folienstreifen 12 verbunden wird. Statt diesem Verschweissen ist es auch vorgesehen, vorgängig am Drahtgitter 9 eine Sorte Klettmaterial z.B. die weichere Schlaufenseite anzubringen und sodann die Dichtungsbahn 11 mit Hilfe der zugehörigen anderen Sorte Klettmaterial, d.h. mit dem Hakenmaterial, darauf zu befestigen. Untereinander werden die Dichtungsbahnen 11 im vorliegenden Fall ebenfalls miteinander verschweisst, es ist jedoch ebenso vorgesehen, diese zu verkleben oder bei druckwasserentlasteten Abdichtungen lediglich überlappend anzubringen. Anschlies-

send wird in den Zwischenraum zwischen den Begrenzungen 3 des Hohlraums und dem Traggewölbe 5, oder genauer gesagt zwischen den Begrenzungen 3 des Hohlraums und dem Kunststoffvlies 10, eine Füllung 8 aus Kies 8 oder Felssplit durch Blasversatz eingebracht. Es ist jedoch ebenso vorgesehen, diesen Zwischenraum unverfüllt zu lassen. Sodann wird eine temporäre Innenverschalung erstellt und anschliessend die Innenschale 6 des Tunnelbaus 1 unter Verwendung des Traggewölbes 5 und der Dichtschicht 11 als äussere verlorene Schalung betoniert. Nach dem Entfernen der Innenschalung erhält man den dargestellten unterirdischen Tunnelbau 1.

[0037] Fig. 3 zeigt einen Schnitt ähnlich wie in Fig. 2 durch die Wand eines Tunnelbaus 1 dessen Dichtschicht 11 zusätzlich mit Verpressstutzen 13 zum nachträglichen Zuführen von flüssigem oder pastösen Material versehen worden ist. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, ein Verfestigungsmittel, z.B. eine Zementsuspension, oder ein Dichtmittel vom Tunnelinnenraum her in den Bereich zwischen der Dichtschicht 11 und den Begrenzungen 3 des Hohlraums einzupressen, um etwaige Undichtigkeiten zu verschliessen und/oder die Tragfähigkeit des Tunnels in diesem Abschnitt zu erhöhen. Damit auf diese Weise gezielt nur bestimmte Bereiche verpresst werden können, werden beim Einbringen des Füllmaterials 8 während der Erstellung des Tunnelbaus in regelmässigen Abständen Abschottungen 14 aus Spritzbeton oder aus anderen Materialien erstellt, welche den verfüllten Hohlraum zwischen Dtraggewölbe 5 und Hohlraumbegrenzungen 3 in mehrere im wesentlichen voneinander getrennt verpressbare Teilhöhlräume aufteilen. Die Verpressstutzen sind im dargestellten Fall mit Verschlusschrauben 15 verschlossen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten (1) mit betonierter Innenschale (6), umfassend die folgenden Schritte:

- a) Erzeugen eines unterirdischen Hohlraums;
- b) Erstellen eines Traggewölbes (5) im unterirdischen Hohlraum, welches eine gitter- oder netzartige Tragstruktur (9) und ein oder mehrere von der Tragstruktur (9) getragene und die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannende, tragfähige planen- oder plattenartige Flächengebilde (10) aufweist, derart, dass das Traggewölbe (5) im wesentlichen von den Begrenzungen (3) des Hohlraums beabstandet angeordnet ist und unabhängig von der Kontur der Begrenzungen (3) des unterirdischen Hohlraums mit seiner Innenseite eine gewünschte äussere Sollkontur einer zukünftigen Innenschale (6) beschreibt;

- 5 c) Anordnen einer Dichtschicht (11) auf der Innenseite des Traggewölbes (5);  
d) Betonieren der Innenschale (6) unter Verwendung des Traggewölbes (5) und der Dichtschicht (11) als Aussenschalung.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, des weiteren umfassend den Schritt Verfüllen des Zwischenraums zwischen den Begrenzungen (3) des unterirdischen Hohlraums und dem Traggewölbe (5) mit einem druckbeständigen Füllmaterial (8).
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfüllen des Zwischenraumes vorgängig zum Betonieren der Innenschale (6) oder vorgängig zum Anordnen der Dichtschicht (11) erfolgt.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verfüllen ein Füllmaterial (8) mit guter Wasserdurchlässigkeit verwendet wird, insbesondere eine Schüttung aus losem druckübertragendem Material, insbesondere aus Felssplit oder Kies (8).
- 25 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Traggewölbe (5) mit zusätzlichen, im wesentlichen punktuell und/oder linienförmig angreifenden Mitteln zur Verstärkung (7) versehen wird.
- 30 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (9) des Traggewölbes (5) mit Zugankern (7) mit dem den Hohlraum umgebenden Material verbunden wird.
- 35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Verstärkung (7) vorgängig zum Anordnen der Dichtschicht (11) angebracht werden.
- 40 8. Verfahren nach Anspruch 2 und nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an das Verfüllen eine Verpressung des Füllmaterials (8) durch Bewegen des Traggewölbes (5) zu den Begrenzungen (3) des Hohlraums hin mit Hilfe der Mittel zur Verstärkung (7) vorgenommen wird, und insbesondere, dass diese Verpressung durch ein Anziehen von zwischen dem Traggewölbe (5) und dem den Hohlraum umgebenden Material angeordneten Zugankern (7) vorgenommen wird.
- 45 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (9) aus einem oder mehreren Drahtgittern (9) oder Drahtnetzen, insbesondere aus Stahldraht, insbesondere mit einer Drahtstärke im Bereich zw-

- schens 5 mm und 10 mm und einer Maschenweite im Bereich zwischen 10 cm und 20 cm, insbesondere im Bereich zwischen 10 cm und 15 cm, gebildet wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Flächengebilde (10) ein Gewebe-, Vlies- oder Folienmaterial (10) oder ein feinmaschiges Netz verwendet wird, insbesondere aus einem reissfesten Kunststoff.
11. Verfahren nach Anspruch 9 und nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gewebe-, Vlies oder Folienmaterial (10) oder das Netz bereits vorgängig zum Erstellen des Traggewölbes (5), insbesondere durch Kleben, an dem Drahtgitter (9) oder Drahtnetz befestigt wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Dichtschicht (11) Folienbahnen (11), insbesondere Kunststoffdichtungsbahnen (11) aus einem thermoplastischen Kunststoff, verwendet werden, insbesondere mit einer Dicke kleiner 5 mm, insbesondere kleiner oder gleich 3 mm.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Folienbahnen (11) durch Schweißen, Kleben und/oder mittels Klettbefestigung am Traggewölbe (5) befestigt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Folienbahnen (11) an ihnen in Erstreckungsrichtung und/oder in Längsrichtung des Tunnelbaus (1) orientierten und aneinander angrenzenden Begrenzungen wasserdicht miteinander verschweisst oder verklebt werden.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtschicht (11) durch Aufspritzen eines aushärtenden Materials, insbesondere durch Aufspritzen von Flüssigkunststoff, gebildet wird.
16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtschicht (11) in Umfangsrichtung und in Längsrichtung des zu erstellenden Tunnelbaus (1) wasserdicht geschlossen ist.
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtschicht (11) mit zusätzlichen Zuführungsmitteln (13), insbesondere mit Verpressstutzen (13) zum nachträglichen Zuführen von flüssigem bis pastösem Material vom Innenraum des Tunnelbaus her in den Bereich zwischen Dichtschicht (11) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums versehen ist.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zwischenraum zwischen dem Traggewölbe (5) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums durch Zuführen eines flüssigen bis pastösen Materials, insbesondere durch Zuführen von einer verfestigend und/oder abdichtend wirkenden Substanz durch mindestens ein Zuführungsmittel (13) hindurch verpresst wird.
19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächengebilde (10) und/oder die Dichtschicht (11) aus einem mindestens teilweise durchscheinenden Werkstoff gebildet werden.
20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Traggewölbe (5) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums keine zusätzlichen tragfähigen Sicherungsgewölbe, insbesondere keine Tübbingelemente und/oder sich in die Bereiche der Seitenwände erstreckende Beton- oder Spritzbetongewölbe angeordnet werden, und insbesondere, dass in diesem Bereich keine Untergrundvorbehandlung für das Aufbringen einer Abdichtung erfolgt.
21. Anwendung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Erstellung eines drainierenden oder druckwasserhaltenden Tunnelbaus (1).
22. Drainierender oder druckwasserhaltender Tunnelbau, herstellbar mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20.
23. Gewölbe zur Rundumsicherung gegen herabfallendes Gestein in einem unterirdischen Hohlraum, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses eine gitter- oder netzartige Tragstruktur (9) und ein oder mehrere von der Tragstruktur (9) getragene und die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannende tragfähige, planenartige Flächengebilde (10) aufweist.
24. Gewölbe nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gewölbe zusätzliche, im wesentlichen punktuell und/oder linienförmig an der Tragstruktur (9) angreifende Mitteln zur Verstärkung (7) aufweist, insbesondere dass dieses Zuganker (7) aufweist, mit denen die Tragstruktur (9) mit dem den Hohlraum umgebenden Material verbunden ist.
25. Gewölbe nach einem der Ansprüche 23 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragstruktur (9) aus einem oder mehreren Drahtgittern (9) oder

- Drahtnetzen, insbesondere aus Stahldraht, insbesondere mit einer Drahtstärke im Bereich zwischen 5 mm und 10 mm und einer Maschenweite im Bereich zwischen 10 cm und 20 cm, insbesondere im Bereich zwischen 10 cm und 15 cm, ist. 5
- die Drahtgitter- oder Drahtnetzverbundmatte ein Drahtgitter (9) oder Drahtnetz und ein oder mehrere planenartige Flächengebilde aufweist, welche auf mindestens einer der beiden Seiten des Drahtgitters (9) oder Drahtnetzes oder zwischen den Drähten desselben angeordnet und mit diesem verbunden sind und dabei die Gitter- oder Netzzwischenräume überspannen. 10
26. Gewölbe nach einem der Ansprüche 23 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächengebilde (10) aus einem Gewebe-, Vlies oder Folienmaterial (10) oder aus einem feinmaschigen Netz, insbesondere aus einem reissfesten Kunststoff, ist. 15
27. Gewölbe nach einem der Ansprüche 23 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächengebilde (10) derartig mit der Tragstruktur (9) verbunden ist, dass ein Verschieben derselben gegenüber der Tragstruktur (9) bei Belastung von aussen her im wesentlichen verhindert wird und insbesondere, dass das Flächengebilde (10) mit der Tragstruktur (9) verklebt ist. 20
28. Gewölbe nach einem der Ansprüche 23 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Innenseite des Gewölbes eine Dichtschicht (11), insbesondere aus einer Kunststoffdichtungsbahn (11), insbesondere mit einer Dicke kleiner 5 mm, insbesondere kleiner oder gleich 3 mm, angeordnet ist. 25
29. Verwendung des Gewölbes nach einem der Ansprüche 23 bis 28 als verlorene Aussenschalung beim Betonieren einer Innenschale (6) im Innenraum des Gewölbes. 30
30. Druckwasserhaltender oder drainierender, in einem unterirdischen Hohlraum angeordneter Tunnelbau mit einer betonierten Innenschale (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Aussenseite der betonierten Innenschale (6) zumindest im Bereich der Seiten und der Decke eine Dichtschicht (11) aus Kunststoff vorhanden ist, auf der Aussenseite der Dichtschicht (11) ein Drahtgitter (9) oder Drahtnetz vorhanden ist, auf der Aussenseite des Drahtgitters (9) oder des Drahtnetzes ein planen- oder plattenartiges Flächengebilde (10) aus Kunststoff vorhanden ist, welches Gitter- oder Netzzwischenräume überspannt, und zwischen dem Flächengebilde (10) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums ein druckbeständiges Füllmaterial (8) vorhanden ist. 35
31. Tunnelbau nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Füllmaterial (8) ein Material mit guter Wasserdurchlässigkeit ist, insbesondere eine Schüttung aus losem druckübertragendem Material, insbesondere aus Felssplit oder Kies (8). 40
32. Drahtgitter- oder Drahtnetzverbundmatte für die Erstellung von Gewölben oder Tunnelbauten (1) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei 45
- 50
- 55

Fig. 1

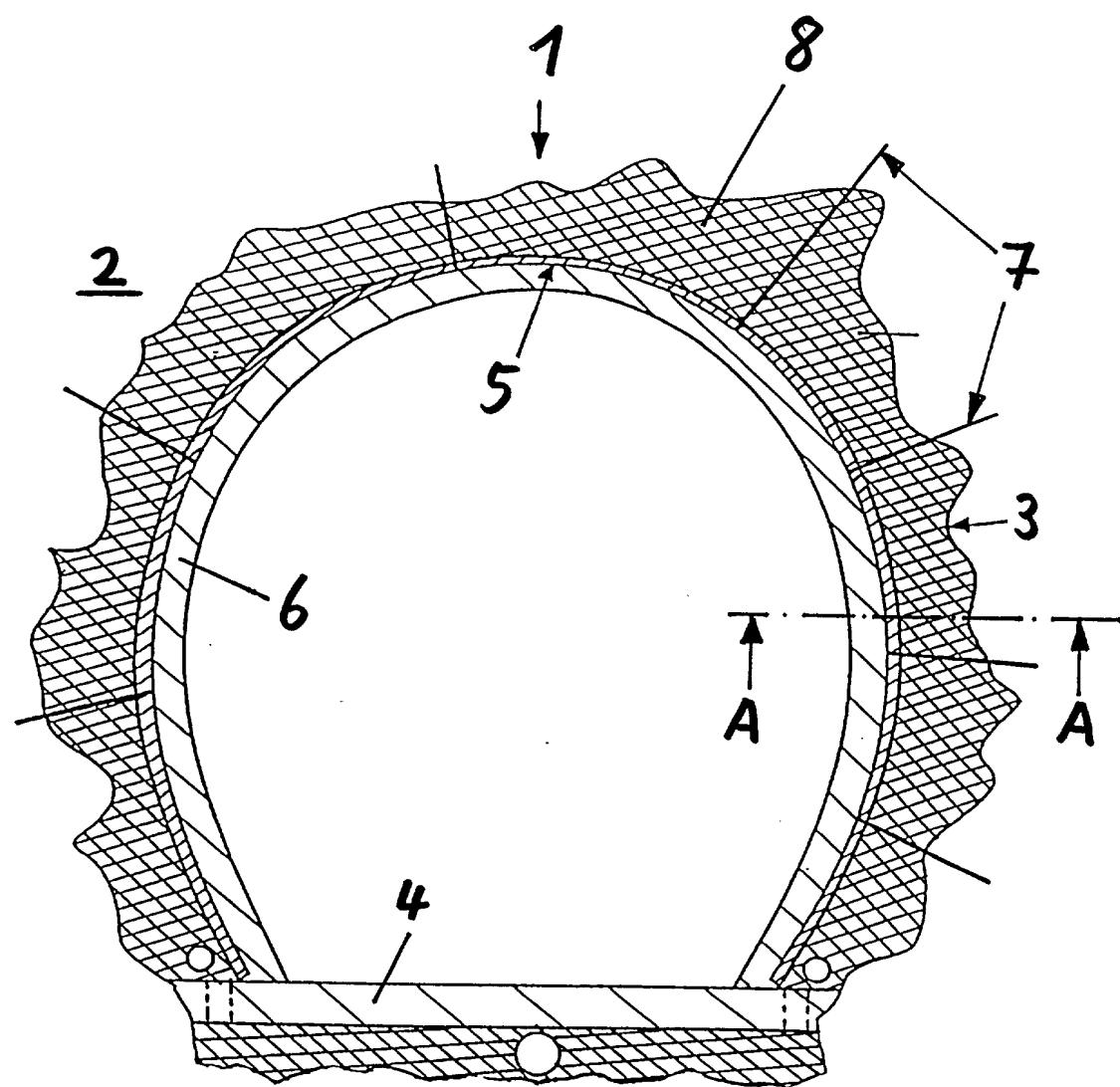


Fig. 2

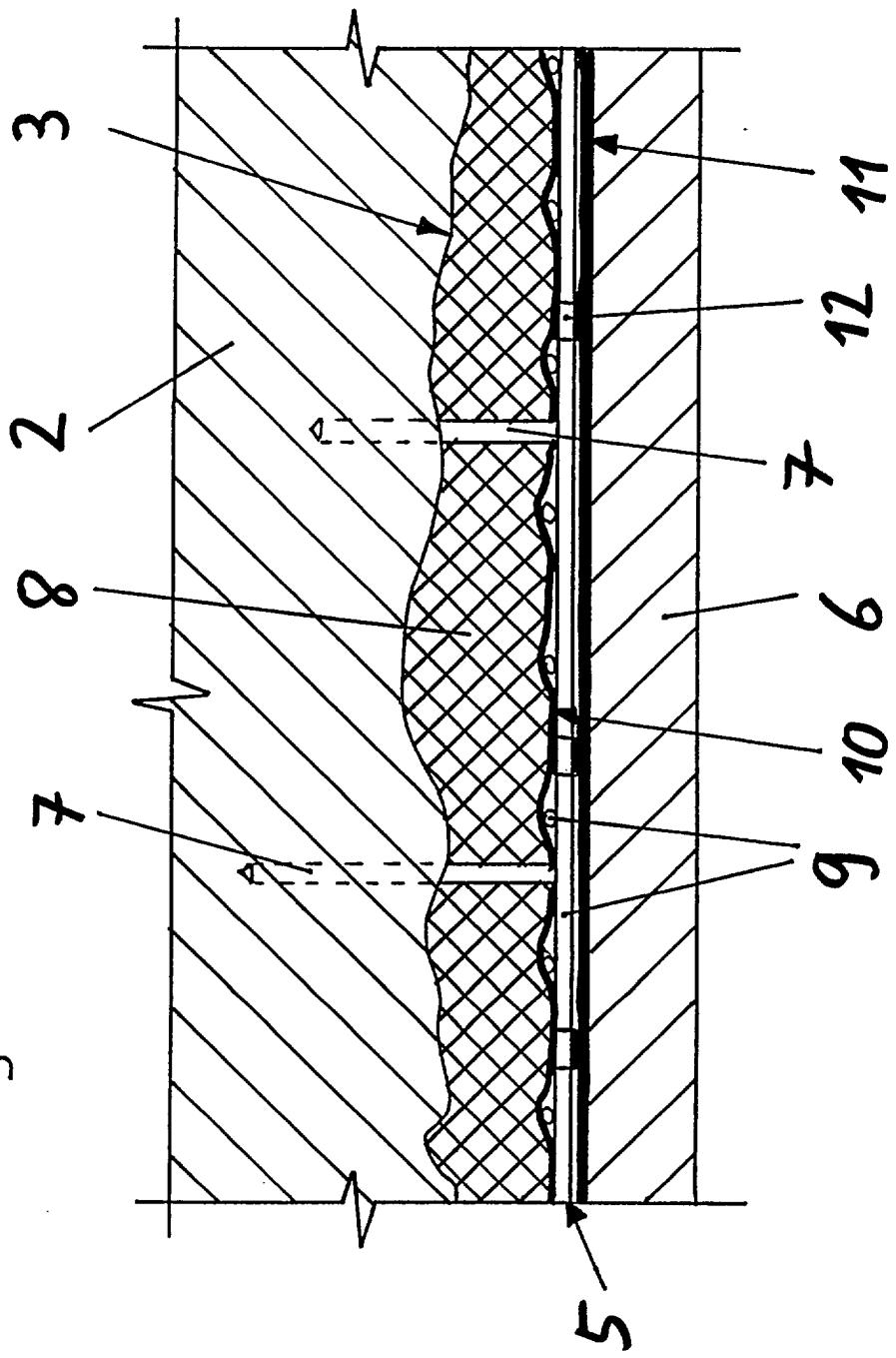
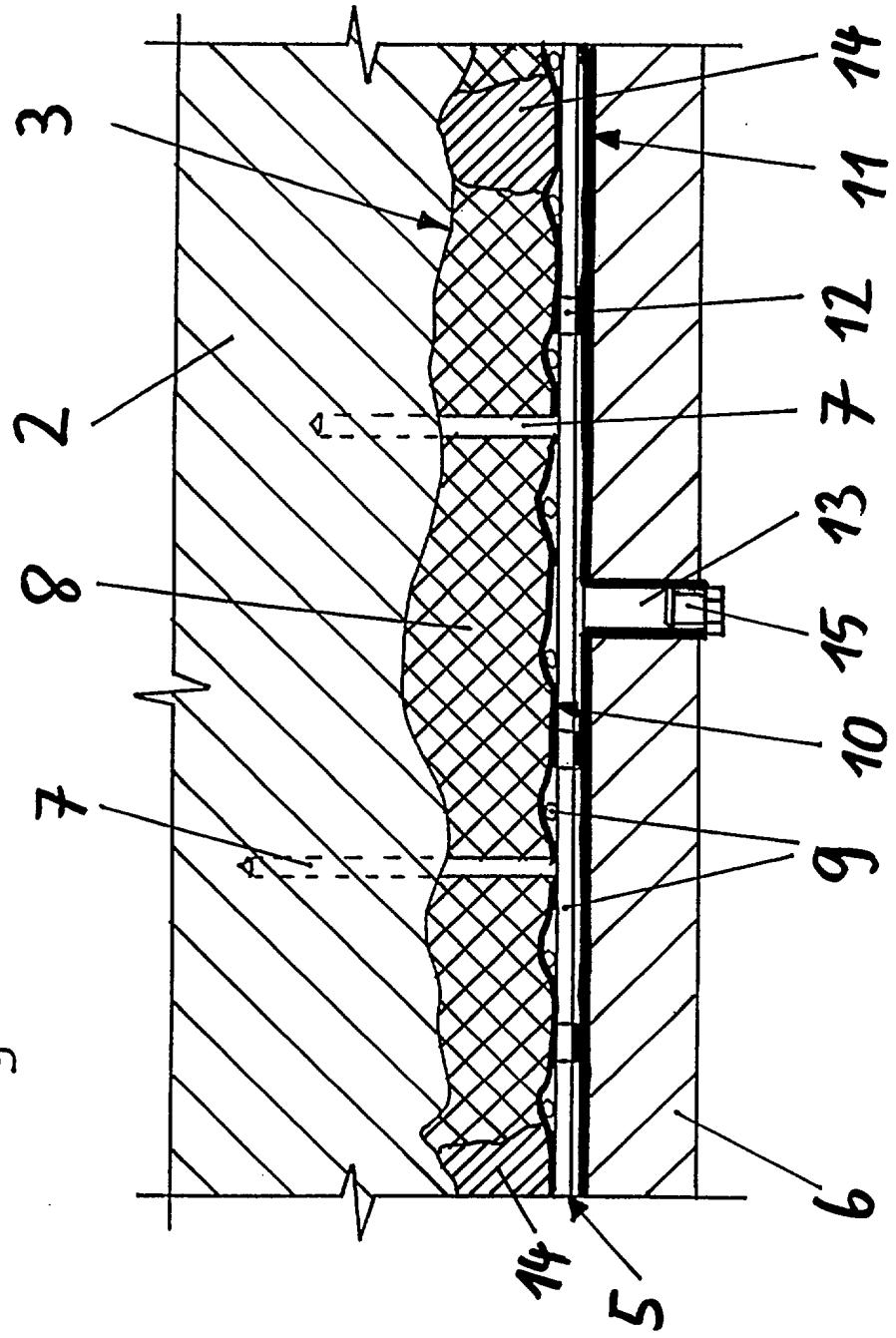


Fig. 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 294 304 A (CHATENOUD GILLES) 7. Dezember 1988 (1988-12-07) * das ganze Dokument *	1,21-23, 29-32	E21D11/10 E21F16/02 E21D11/38
A	WO 00 05487 A (SCHUBERT PETER ALEXANDER ;MBT HOLDING AG (CH); BRANDENBERGER ROLF) 3. Februar 2000 (2000-02-03) * das ganze Dokument *	1,30,31	
A	CH 688 135 A (JEAN JACQUES BERTHOUZOUZ ;PIERRE ANDRE FOLLONIER (CH)) 30. Mai 1997 (1997-05-30) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,30,31	
A	WO 91 13239 A (BERGSAEKER KONSULT AB) 5. September 1991 (1991-09-05) * das ganze Dokument *	1,30,31	
A	US 3 601 945 A (BERNOLD JEAN P) 31. August 1971 (1971-08-31) * Abbildungen *	1,31	
A	WO 01 07756 A (BONA WILLIAM CLAUDIO) 1. Februar 2001 (2001-02-01) * Abbildungen *	1	E21D E21F
A	CH 681 475 A (PETER ELLENBERGER) 31. März 1993 (1993-03-31)		
A	US 6 193 439 B1 (WOLFSEHER ROLAND F) 27. Februar 2001 (2001-02-27)		
A	DE 32 44 000 A (NIEDERBERG CHEMIE) 30. Mai 1984 (1984-05-30)		
A	EP 0 410 335 A (BUCHER FRANZ) 30. Januar 1991 (1991-01-30)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	7. Dezember 2001	Fonseca Fernandez, H	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 11 3605

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-12-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0294304	A	07-12-1988	FR AT DE EP ES	2616175 A1 66718 T 3864451 D1 0294304 A1 2026681 T3	09-12-1988 15-09-1991 02-10-1991 07-12-1988 01-05-1992
WO 0005487	A	03-02-2000	AU WO EP NO	5028699 A 0005487 A1 1015734 A1 20001350 A	14-02-2000 03-02-2000 05-07-2000 15-03-2000
CH 688135	A	30-05-1997	CH	688135 A5	30-05-1997
WO 9113239	A	05-09-1991	SE EP FI NO SE WO	465586 B 0515549 A1 923763 A 923244 A 9000655 A 9113239 A1	30-09-1991 02-12-1992 21-08-1992 09-09-1992 24-08-1991 05-09-1991
US 3601945	A	31-08-1971	US	3751929 A	14-08-1973
WO 0107756	A	01-02-2001	WO AU	0107756 A1 5954500 A	01-02-2001 13-02-2001
CH 681475	A	31-03-1993	CH	681475 A5	31-03-1993
US 6193439	B1	27-02-2001	EP AT AU BR DE DK EP JP NO WO CN ES	0725185 A1 194183 T 1028797 A 9612416 A 59605523 D1 873451 T3 0873451 A1 2000502767 T 983119 A 9725484 A1 1214095 A 2148817 T3	07-08-1996 15-07-2000 01-08-1997 13-07-1999 03-08-2000 16-10-2000 28-10-1998 07-03-2000 03-09-1998 17-07-1997 14-04-1999 16-10-2000
DE 3244000	A	30-05-1984	DE	3244000 A1	30-05-1984
EP 0410335	A	30-01-1991	AT DE EP	129777 T 59009832 D1 0410335 A2	15-11-1995 07-12-1995 30-01-1991

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82