

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 108 855 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.06.2001 Patentblatt 2001/25

(51) Int Cl.7: **E21D 11/38**

(21) Anmeldenummer: **00126769.9**

(22) Anmeldetag: **06.12.2000**

(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

- **Pfamatter, Charly**
3942 Niedergesteln (CH)
- **Pfamatter, Josef**
3942 Niedergesteln (CH)
- **Die andere Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet**

(30) Priorität: **16.12.1999 CH 230999**

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

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

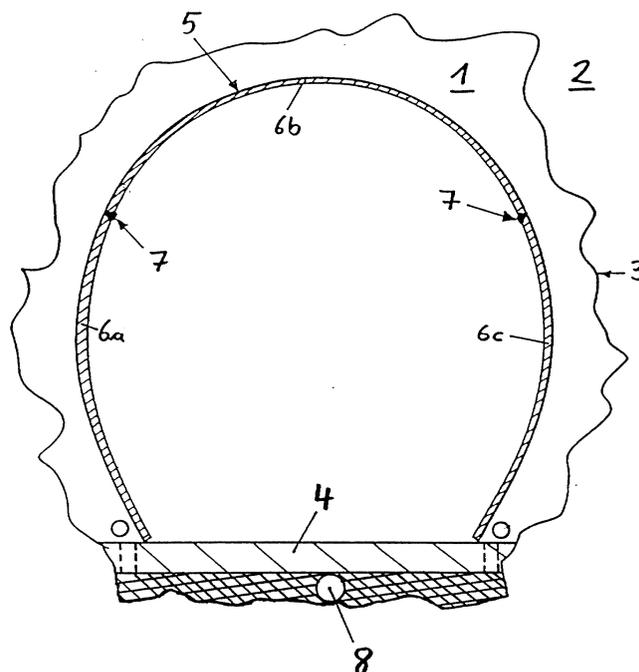
(72) Erfinder:
• **Pfamatter, Urban**
3942 Niedergesteln (CH)

(54) Tragfähiges Dichtgewölbe für die Abdichtung unterirdischer Tunnelbauten

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten. Hierbei wird nach dem Ausbruch eines unterirdischen Hohlraums (1) ein tragfähiges Dichtgewölbe

(5) aus einem wasserundurchlässigen und im wesentlichen formstabilen Werkstoff im Hohlraum (1) erstellt, welches zum einen als schnell zu erstellende Rundumsicherung gegen herabstürzendes Gestein und zum anderen als Tunnelabdichtung dient.

Fig. 1a



EP 1 108 855 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen von Tunnelbauten, die Anwendung des Verfahrens, einen Tunnelbau sowie ein Dichtgewölbe und die Verwendung des Dichtgewölbes 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 geographische 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 Anforderungen an die Haltbarkeit solcher Bauwerke gestellt. Einen zentralen Punkt stellt vor diesem Hintergrund die Abdichtung des Tunnelinnenbereichs gegen aus dem Berg austretendes Wasser und gegebenenfalls die sichere Ableitung dieses Wassers dar.

[0003] In frühen Zeiten des Tunnelbaus wurde nach dem Gesteinsausbruch das Tunnelgewölbe aus einzelnen Mauersteinen im ausgebrochenen Hohlraum erstellt und dessen Aussenfläche sodann mit einer Mörtelschicht abgedichtet. Der zwischen dem Fels und der Mörtelschicht befindliche Hohlraum wurde mit einer Schüttung aus Gesteinsgeröll aufgefüllt und diente als zuverlässiger Drainageraum zur Ableitung und Druckentlastung des aus dem Berg austretenden Wassers. Das Gesteinsgeröll diente zudem als Sicherung des Hohlraums gegen herabstürzendes Gestein und zur Übertragung von Gebirgsdruck auf das Mauerwerk-Gewölbe.

[0004] Das Aufkommen von Beton als Werkstoff im Tunnelbau hat diese Bauweise verdrängt. Heute werden verschiedene andere Bauweisen praktiziert, denen jeweils gemeinsam ist, dass nach dem Gesteinsausbruch durch Bohren oder Sprengen in einem zweiten Schritt eine Rundumsicherung gegen herabstürzendes Gestein durch Aufbringen von Spritzbeton auf den Fels oder durch Aufstellen von Tübbingringen im Felsausbruch erstellt wird und sodann in einem dritten Schritt die Abdichtungsbahn von innen her auf diese Rundumsicherung aufgebracht wird.

[0005] Beim Erstellen druckwasserentlasteter Abdichtungen wird zwischen der Rundumsicherung und der Abdichtungsbahn ein Vliesgewebe oder eine Drainagematte als Drainageschicht angeordnet. Beim anschliessenden Giessen der Innenschale aus Beton, in welcher später die Geleise oder die Fahrbahnen verlaufen, wird diese Drainageschicht auf eine Stärke von wenigen Millimetern verdichtet. Während diese Drainageschicht im Neuzustand ausreichend ist, um das aus dem Fels austretende Wasser sicher abzuleiten und somit auch die Druckentlastung sicherzustellen, kann es im

Laufe der Zeit zum Auswaschen von Kalk und anderen Bestandteilen aus dem Fels und dem Beton der Rundumsicherung und infolge dessen zu einer Verstopfung der Drainageschicht kommen. Diese auch als Versinterungsvorgang bezeichnete Verstopfung führt zu einer Einschränkung oder gar zum Verlust der Fähigkeit der Drainageschicht, Wasser abzuleiten, wodurch es zu einem Wasserdruckaufbau des aus dem Fels austretenden Wassers kommen kann. Dieses wiederum kann zum Versagen der Tunnelabdichtung und/oder zu Schäden an der Tragkonstruktion und an anderen wichtigen Elementen des Tunnels führen.

[0006] Das Erstellen einer dauerhaften druckwasserhaltenden Abdichtung ist auf die bekannte Weise praktisch nicht oder nur mit grossem Aufwand bei geringen Bergwasserdrücken möglich, da bereits geringste Verletzungen der Abdichtungsbahn, z.B. während der Tunnelbauarbeiten oder durch sich im Laufe der Zeit setzendes Gesteinsmaterial zu Wassereinbrüchen und damit zu grossflächigen Vernässungen auf der Trocken-seite der Abdichtungsbahn führen.

[0007] Es stellt sich daher die Aufgabe, Verfahren zum Erstellen von Tunnelbauten, Tunnelbauten sowie Dichtgewölbe zur Verfügung zu stellen, welche die zuvor genannten Nachteile vermeiden.

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

[0009] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung umfasst das Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten das Erzeugen eines Hohlraums in einer unterirdischen Umgebung, wie z.B. Felsgestein, durch Sprengausbruch, durch Bohren oder mit einer anderen Ausbruchmethode, und das anschliessende Erstellen eines tragfähigen Dichtgewölbes aus einem wasserundurchlässigen und zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Werkstoff in diesem ausgebrochenen Raum. Unter einem Tunnelbau werden alle unterirdischen Bauwerke verstanden, die über eine ausgeprägte Längserstreckung verfügen. Dieses können neben Durchgangstunnelbauten wie z.B. Strassen- und Eisenbahntunneln auch unterirdisch endende Tunnelbauten sein, welche zudem auch anderen Zwecken als Transportzwecken dienen können. Als tragfähig ist ein Gewölbe dann anzusehen, wenn es geeignet ist, als Rundumsicherung sich von den Ausbruchbegrenzungen lösendes Material wie z.B. Felsbrocken abzufangen und gegebenenfalls eine Füllschicht aus sauberem Fels-split, Geröll oder Kies zu tragen. Unter einem zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Werkstoff werden Werkstoffe und Verbundwerkstoffe verstanden, welche sich in einer plattenförmigen Ausbildung unter Kraftaufwendung verformen, insbesondere verwölben lassen, und welche in einer solchen Ausbildung eine Tragstruktur darstellen, die in der Lage ist, neben ihrem Eigengewicht noch weitere von aussen angreifenden Lasten zu tragen. Das Erstellen einer Tunn-

elabdichtung in Form eines tragfähigen Dichtgewölbes aus einem solchen Werkstoff ergibt den Vorteil, dass in einem Arbeitsgang sowohl die Rundumsicherung als auch die Tunnelabdichtung erstellt werden kann, was zu einer erheblichen Zeit- und Kosteneinsparung beim Erstellen eines Tunnelbaus führt.

[0010] Wird das Dichtgewölbe derartig ausgeführt, dass es sowohl in Umfangsrichtung als auch in Richtung der Längserstreckung des zu erstellenden Tunnelbaus geschlossen und dicht ist, kann auch bei nicht vorhandener Druckentlastung oder bei einer Verstopfung etwaiger vorhandener Drainageräume bzw. -leitungen kein Wasser in den Innenraum des Dichtgewölbes und damit in den Innenraum des Tunnelbaus gelangen (druckwasserhaltende Abdichtung).

[0011] In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird das Dichtgewölbe beabstandet von den Begrenzungen des durch Ausbruch erzeugten unterirdischen Hohlraums angeordnet, so dass sich ein Raum zwischen Dichtgewölbe und Ausbruchsbegrenzung ergibt, welcher bei drainierenden Tunnelbauten als Drainageraum der Ableitung des aus dem Fels austretenden Wassers in die Drainageleitungen und damit auch der Druckentlastung dient. Auch kann dieser Raum mit einem Füllmaterial aufgefüllt werden, um den Gebirgsdruck gleichmässig auf das Dichtgewölbe zu verteilen. Dies ist bei druckwasserhaltenden Abdichtungen besonders erstrebenswert, da sich hierdurch die Gefahr einer späteren Verletzung der Abdichtung durch herabstürzendes bzw. sich setzendes Gesteinsmaterial deutlich herabsetzen lässt.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zwischen dem Dichtgewölbe und den Begrenzungen des Hohlraums auf zusätzliche tragfähige Sicherungsgewölbe, insbesondere auf Tübbingelemente und/oder sich in die Bereiche der Seitenwände erstreckende Beton- oder Spritzbetongewölbe 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 besonders vorteilhaft, da 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 dar.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird im Anschluss an das Erstellen des Dichtgewölbes in dem von diesem Dichtgewölbe umschlossenen Raum eine Innenschale, insbesondere eine Innenschale aus Beton, erstellt. Aus Gründen der Betriebssicherheit weist diese Innenschale eine wesentlich höhere Traglastreserve auf als das Dichtgewölbe und ist daher in der Lage, auch erhöhte Gebirgslasten, welche z.B. mit der Zeit durch Setzungen im Gestein auftreten können, und, bei druckwasserhaltenden Dichtgewölben, den

Gebirgswasserdruck zu ertragen. Mit Vorteil wird die Innenseite des Dichtgewölbes als äussere Verschalung für das Giessen einer Innenschale aus Beton verwendet, was zu einer Vereinfachung und zu Materialeinsparungen beim Einschalen führt. In diesem Fall übernimmt bzw. ergänzt die Innenschale nach dem Aushärten des sie bildenden Betons die Tragfunktionen des Dichtgewölbes.

[0014] In noch einer bevorzugten Ausführung wird das Dichtgewölbe mit zusätzlichen, im wesentlichen punktuell und/oder linienförmig angreifenden Verstärkungen versehen, wobei vorzugsweise im Innenraum des Dichtgewölbes angebrachte Tragwerke, insbesondere Verstärkungsfachwerke, Verstärkungsringe, Verstärkungsbögen und/oder Gitterwerke, wie z.B. Gittermatten aus Stahl, verwendet werden, die eine nur unwesentliche Verkleinerung des Lichtraumprofils bewirken. Auch ist es bevorzugt, zur Verstärkung Zuganker in dem den Felsausbruch umgebenden Gestein zu befestigen und mit dem Dichtgewölbe zu verbinden. Besonders vorteilhaft ist es, die Zuganker mit im Innenraum des Dichtgewölbes angeordneten Verstärkungsmitteln zu verbinden, derart, dass diese zusammen eine Verstärkung bilden. Die verwendeten Zuganker sind mit Vorteil derartig ausgebildet, dass das die Zugkräfte aufnehmende Element in einer mit dem Dichtgewölbe wasserdicht verbundenen Hülse angeordnet ist, so dass hierdurch keine Beeinträchtigung der Abdichtungsfunktion resultiert. Für druckwasserhaltende Abdichtungen ist eine Abdichtung etwaiger durch das Dichtgewölbe hindurchtretender Zuganker gegenüber dem Gewölbe zwingend notwendig. Derartige Befestigungselemente sind kommerziell erhältlich. Es ist jedoch ebenso möglich, andere Befestigungselemente zu verwenden und lediglich den Durchtritt des Zugankers durch das Dichtgewölbe abzudichten. Je nach Anwendung und Gewölbegrösse kann durch Verwendung von Verstärkungsmitteln die Dicke des Dichtgewölbes reduziert werden oder aber dessen Tragfähigkeit an bestimmte Erfordernisse, wie z.B. dicke Füllmaterialschichten zwischen Dichtgewölbe und der Begrenzung des Hohlraums im Fels, angepasst werden.

[0015] Bevorzugterweise wird das Dichtgewölbe mit zusätzlichen Zuführungsmitteln zum nachträglichen Zuführen von flüssigem oder pastösem Material in den Bereich zwischen Dichtgewölbe und der Begrenzung des Hohlraums versehen, wobei diese ausgestaltet sind um die Zuführung vom Innenraum des fertig erstellten Tunnelbaus her zu ermöglichen. Mit Vorteil sind diese Zuführungsmittel als Verpressstutzen ausgebildet, welche sich radial durch eine etwaige Innenschale des Tunnels hindurch erstrecken. Sollte es nach einer gewissen Zeit zu Undichtigkeiten kommen oder eine weitere Verfestigung des Aussenbereichs des Tunnelbaus wünschenswert erscheinen, lassen sich eine Zementsuspension, Mörtel oder eine oder mehrere andere dichtende Substanzen durch diese Zuführungsmittel zuführen und sich der Bereich zwischen Dichtgewölbe und der Begrenzung

des Hohlraums hierdurch verpressen und abdichten.

[0016] Auch ist es vorteilhaft, wenn zwischen dem Dichtgewölbe und den Begrenzungen des unterirdischen Hohlraumes ein druckbeständiges Füllmaterial eingebracht wird, insbesondere eine Schüttung aus losem Gesteinsmaterial, insbesondere aus Felssplit oder Kies, welches im Falle eines druckwasserentlasteten Dichtgewölbes zudem eine gute Wasserdurchlässigkeit aufweisen sollte. Dieses Einbringen von Füllmaterial erfolgt bevorzugterweise vorgängig zum etwaigen Erstellen einer Innenschale. Werden Mittel zur Verstärkung des Dichtgewölbes verwendet, so ist es bevorzugt, im Anschluss an das Einbringen des Füllmaterials eine Verpressung desselben durch Bewegen des Dichtgewölbes in Richtung auf die Begrenzung des unterirdischen Hohlraums zu mit Hilfe der Verstärkungsmittel vorzunehmen, was mit Vorteil durch Spreizen oder Anheben von im Dichtgewölbe angeordneten Verstärkungsmitteln, wie z.B. Verstärkungsbögen oder Drahtgittern, und/oder durch ein Anziehen von zwischen dem Dichtgewölbe und der Begrenzung des Hohlraums angeordneten Zugankern erfolgt.

[0017] Auch ist es bevorzugt, das Gewölbe aus einem mindestens teilweise durchscheinenden Werkstoff herzustellen, da dieser eine einfache visuelle Erfolgskontrolle beim Einbringen von Füllmaterial in den Raum zwischen Dichtgewölbe und Hohlraumbegrenzung ermöglicht.

[0018] Vorteilhafterweise wird das Dichtgewölbe aus einem zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Plattenwerkstoff erstellt, d.h. aus mindestens einer Werkstoffplatte. Unter einem zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Plattenwerkstoff werden Werkstoffplatten und Verbundwerkstoffplatten verstanden, welche sich nur unter Kraftaufwendung verformen, insbesondere verwölben lassen, und welche eine Tragstruktur darstellen, die in der Lage ist, neben ihrem Eigengewicht noch weitere von aussen angreifenden Lasten zu tragen. Die Plattendicke wird bevorzugterweise derartig gewählt, dass eine gute Tragfähigkeit auch bei grösseren Gewölben sichergestellt wird und die Möglichkeit einer mechanischen Zerstörung der Abdichtung sowohl bei der Montage als auch durch spätere Einwirkung infolge von Druckkräften, Setzungen und Steinschlag gering ist. Insbesondere bei der Erstellung von druckwasserhaltenden Dichtgewölben wird die Plattendicke schon aus Gründen der Verletzungsgefahr durch mechanische Einwirkung bevorzugterweise dicker als 4 mm, noch bevorzugter dicker als 8 mm gewählt.

[0019] In einer bevorzugten Ausführung wird das Dichtgewölbe aus einem Kunststoffplattenwerkstoff erstellt, wodurch es möglich wird, günstige und wartungsfreie Dichtgewölbe mit einem geringen Eigengewicht und einer hohen Lebensdauer zu erhalten. Bevorzugt sind thermoplastische Kunststoffplattenwerkstoffe, da sich diese auf einfache und zuverlässige Weise durch Schweissen miteinander und/oder mit anderen Elementen

aus einem ähnlichen thermoplastischen Material verbinden lassen und auf diese Weise dichte Verbindungen erzielt werden.

[0020] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung werden zur Bildung des Dichtgewölbes mehrere Kunststoffplatten miteinander verschweisst. In einer weiteren vorteilhaften Ausführung werden zur Bildung des Dichtgewölbes mehrere Kunststoffplatten an ihren in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus orientierten und aneinandergrenzenden Begrenzungskanten zu Dichtgewölbebögen verschweisst und die in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus hintereinander angeordneten Dichtgewölbebögen an ihren sich gegenüberliegenden Begrenzungskanten durch Steckverbindungen miteinander verbunden. Diese Steckverbindungen können von Profilen gebildet werden, in welche die Begrenzungskanten der die Gewölbebögen bildenden Kunststoffplatten eingesteckt werden. Die Profile können zudem Dicht- und Befestigungselemente wie z.B. Dichtlippen, Klemmkanten, Verzahnungen usw. aufweisen. Auch ist es denkbar, die Profile nach dem Einstecken mit den Kunststoffplatten zu verschweissen oder beim oder nach dem Einstecken zu verkleben, was insbesondere bei der Erstellung druckwasserhaltender Dichtgewölbe erforderlich ist. Durch Erstellung des Dichtgewölbes aus mehreren Platten ergibt sich der Vorteil, dass die Grösse der zu verarbeitenden Platten unabhängig von der Gewölbegrösse wählbar ist und an die Transportmöglichkeiten und die Platzverhältnisse auf der Tunnelbaustelle angepasst werden kann. Die Verwendung von Steckprofilen erleichtert die Ausrichtung der Gewölbebögen zueinander und ermöglicht zudem eine gegen Sickerwasser dichte Verbindung der Gewölbebögen auch bei unregelmässigen Begrenzungskanten und bei ungleichmässigen Abständen zwischen den Begrenzungskanten der zu verbindenden Gewölbebögen, was für druckwasserentlastete Abdichtungen ausreichend ist. Es ist jedoch auch möglich, die in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus hintereinander angeordneten Dichtgewölbebögen an ihren sich gegenüberliegenden Begrenzungskanten auch ohne ein vorheriges Zusammenstecken durch Verschweissen miteinander zu verbinden.

[0021] In noch einer bevorzugten Ausführung wird ein Plattenwerkstoff zur Bildung des Dichtgewölbes verwendet, der auf seiner der Begrenzung des unterirdischen Hohlraums zugewandten Seite Abstandhalter aufweist. Diese sind mit Vorteil als Abstandsstege oder Abstandsstützen ausgebildet, bevorzugterweise aus dem gleichen Material wie der Plattenwerkstoff und vorzugsweise einstückig mit diesem ausgebildet. Die Verwendung solcher Plattenwerkstoffe mit Abstandhaltern stellt sicher, dass bei relativ gleichmässigen Hohlraumbegrenzungen, wie sie beispielsweise beim Ausbruch bestimmter Gesteine mit Tunnelbohrmaschinen entstehen, in allen Bereichen ein Mindestabstand zwischen dem Dichtgewölbe und der Begrenzung des unterirdischen Hohlraums als Füllraum und/oder Drainageraum

erhalten bleibt.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Dichtgewölbe durch Extrusion des dieses bildenden Werkstoffs im unterirdischen Hohlraum erstellt. Hierzu weist der Austritt der Extrudierdüse im wesentlichen das Profil des Dichtgewölbes quer zu dessen grösster Erstreckung auf. Es ist jedoch ebenso denkbar, mehrere Teilprofilstücke mit getrennten Extrudierdüsen herzustellen und diese sodann durch eine geeignete Methode, z.B. Verschweissen oder Kleben zu verbinden. Das Erzeugen eines Dichtgewölbes durch Extrudieren eines Werkstoffs im unterirdischen Hohlraum ergibt den Vorteil, dass ein Transport von sperrigen Werkstoffplatten entfällt und ein automatisiertes Erstellen des Dichtgewölbes möglich wird. Auch lassen sich auf diese Weise sehr lange Dichtgewölbe einstückig ausführen.

[0023] Weitere bevorzugte Ausführungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1a einen Schnitt durch einen Tunnelbau mit druckwasserentlastetem Dichtgewölbe quer zu dessen grösster Erstreckung;

Fig. 1b einen Schnitt durch die Tunnelsohle des Tunnelbaus aus Fig. 1 im Falle der Ausbildung des Dichtgewölbes als druckwasserhaltendes Dichtgewölbe;

Fig. 2 einen Schnitt durch eine Steckverbindung zweier Dichtgewölbebögen des Tunnelbaus mit druckwasserentlastetem Dichtgewölbe aus Fig. 1a in Richtung dessen grösster Erstreckung;

Fig. 3 einen Schnitt durch einen Tunnelbau mit einem druckwasserentlasteten Dichtgewölbe mit Verstärkungsbögen quer zu dessen grösster Erstreckung;

Fig. 4 einen Schnitt durch einen Tunnelbau mit einem druckwasserentlasteten Dichtgewölbe mit Felsankern quer zu dessen grösster Erstreckung;

Fig. 5 einen Schnitt durch einen Tunnelbau mit einem druckwasserentlasteten Dichtgewölbe mit einer Innenschale aus Beton und einer Splitfüllung im Drainageraum quer zu dessen grösster Erstreckung;

Fig. 6 einen Schnitt durch die Wand eines druckwasserhaltenden Tunnelbaus mit Innenschale aus Beton und eine verpressten Mörtelfüllung zwischen Dichtgewölbe und Ausbruchsbegrenzung.

[0024] Das Grundprinzip der Erfindung ist in Fig. 1 dargestellt. In einem ersten Schritt wird ein unterirdischer Hohlraum 1 erzeugt. Das dargestellte Beispiel zeigt einen durch Sprengausbruch in Felsgestein 2 erzeugten Hohlraum 1, bei dem die Begrenzungen 3 infolge der Ausbruchmethode sehr unregelmässig sind. Es ist jedoch ebenso vorgesehen, den Hohlraum 1 durch Bohren oder mit anderen Ausbruchmethoden zu erstellen, wodurch Hohlräume mit wesentlich regelmäs-

sigeren 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 1 zulassen. Nachdem ein solcher Hohlraum 1 erzeugt ist und der Boden 4 des Hohlraums 1 zur Ermöglichung weiterführender Arbeiten vorbereitet wurde, werden tragfähige, wasserundurchlässige Gewölbebögen 5 durch Zusammenschweissen von Kunststoffplatten 6a, 6b, 6c an ihren in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus orientierten und aneinander angrenzenden Begrenzungskanten im Hohlraum 1 erstellt. Die Schweissnähte 7 ergeben eine stabile und wasserdichte Verbindung zwischen den Platten 6a, 6b, 6c. Die Verbindung der in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus hintereinander angeordneten Gewölbebögen 5 untereinander kann ebenfalls durch Verschweissung oder auch durch Verklebung, durch Klemmverbindungen und/oder durch Steckverbindungen ausgeführt werden. Ausserhalb des Dichtgewölbes 5 in Erstreckungsrichtung des Tunnels können, wie im vorliegenden Fall eines drainierenden Tunnelbaus, Drainageleitungen 8 und/oder Ableitungskanäle zum kontrollierten Abführen des aus dem Felsgestein 2 ausgetretenen und vom Dichtgewölbe 5 abgeleiteten Wassers angeordnet sein.

[0025] Fig. 1 b zeigt den Aufbau der Tunnelsohle des Tunnelbaus aus Fig. 1a in dem Fall, dass der Tunnelbau ein druckwasserhaltender Tunnelbau mit einem druckwasserhaltenden Dichtgewölbe 5 ist. Wie in dieser Darstellung deutlich zu erkennen ist, erstreckt sich das druckwasserhaltende Dichtgewölbe 5 auch über den Bereich der Tunnelsohle und umschliesst den Tunnelinnenraum mit dem darin befindlichen Tunnelboden 4 vollständig und dicht, so dass ein Eindringen von Wasser in den Tunnelinnenraum auch bei behindertem Wasserabfluss und daraus resultierendem ansteigendem Wasserstand und/oder Druckaufbau verhindert wird. Bei einer derartigen Ausgestaltung des Dichtgewölbes 5 kann es durchaus gewünscht sein, vollständig auf ausserhalb des Gewölbes liegende Ableitungsleitungen 8 zu verzichten, um Kosten für Installation und Unterhalt zu sparen, um ein Auslaugen des Gebirges zu verhindern und/oder um bestehende hydrologische Verhältnisse nicht zu beeinträchtigen.

[0026] Die Verbindung von zwei hintereinander angeordneten Dichtgewölbebögen 5 eines druckwasserentlasteten Dichtgewölbes mittels eines Steckprofils ist in Fig. 2 dargestellt. Wie zu ersehen ist, werden die Begrenzungskanten der die Gewölbebögen 5 bildenden Kunststoffplatten 6 in die sich gegenüberliegenden Nuten eines Profils 9 eingesteckt, wodurch die Begrenzungskanten zueinander ausgerichtet und miteinander derartig verbunden werden, dass von aussen zufließendes Sickerwasser abgeleitet wird und nicht in den von den Dichtgewölbebögen gebildeten Innenraum gelangen kann. Soll die Steckverbindung zudem auch Zugkräfte übertragen können, so ist es vorgesehen, die

Profilleiste 9 durch kraftschlüssige und/oder formschlüssige Befestigungselemente wie z.B. Klemmkannten und/oder Verzahnungen zu ergänzen. Auch ist es denkbar, zusätzliche Dichtelemente wie z.B. Dichtlippen zu ergänzen. Auch ist es vorgesehen, das Profil 9 mit den die Gewölb Bögen bildenden Kunststoffplatten 6 zu verschweißen oder zu verkleben, was insbesondere dann erforderlich ist, wenn auf diese Weise ein druckwasserhaltendes Dichtgewölbe 5 gebildet werden soll. Das so gebildete Dichtgewölbe 5 dient zum einen der Abdichtung des Tunnelinnenraums gegen das Eindringen von Wasser und zum anderen als Rundumsicherung gegen herabfallendes Gestein. Das Dichtgewölbe 5 nimmt somit eine Doppelfunktion wahr und macht eine Felssicherung durch Aufbringen von Spritzbeton auf große Teile der Begrenzungsflächen 3 oder durch Erstellen von Tübbingringen vorgängig zum Abdichten überflüssig, wodurch der beim Stand der Technik erforderliche separate Arbeitsschritt des vorgängigen Erstellens einer Rundumsicherung entfällt. Wie ebenfalls aus Fig. 2 ersichtlich ist, werden mit Vorteil Plattenwerkstoffe verwendet, die auf der Seite, welche beim Erstellen des Gewölbes nach aussen zu liegen kommt, Abstandhalter aufweisen. Die hier dargestellten Kunststoffplatten 6 weisen an ihrer der Begrenzung 3 des Hohlraums 1 zugewandten Seite Abstandsstege 10 auf, welche aus dem gleichen Material wie die Platten 6 hergestellt sind und einstückig mit diesen ausgebildet sind. Neben diesen in eingebautem Zustand radial verlaufenden Stegen 10 sind aber auch punktuelle Abstützungen, wie z.B. feste oder aufsteckbare Stützböcke, aus dem gleichen oder aus einem anderen Material, denkbar. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass zwischen Dichtgewölbe 5 und der Begrenzung 3 des Hohlraums 1 überall ein durch die Abstandhalter vorgegebener Mindestabstand als Drainage- oder gegebenenfalls als Verpresshohlraum vorhanden ist.

[0027] Soll die Tragfähigkeit und/oder Formstabilität des Dichtgewölbes 5 verbessert werden, beispielsweise um stärkere Füllschichten oder Verpressschichten aus schwerem Material wie z.B. Felssplit, Geröll, oder Mörtel zu tragen, so sind punktuell und/oder linienförmig am Dichtgewölbe 5 angreifende Verstärkungsmittel vorgesehen. Fig. 3 zeigt ein Dichtgewölbe 5 mit einem in dessen Innenraum angeordneten Verstärkungsbogen 11, der im wesentlichen entlang einer Umfangslinie innen am Gewölbe 5 anliegt und dieses dadurch verstärkt. Der hier dargestellte Verstärkungsbogen 11 ist aus einem Metallprofilmaterial hergestellt, er kann jedoch ebenso als Fachwerkbogen ausgebildet sein. Auch ist es denkbar, die Verstärkungsmittel sowohl einstückig als auch mehrstückig auszubilden. Generell sind alle punktuell und/oder linienförmig angreifenden Verstärkungsmittel geeignet, welche sich auf einfache Weise im Innenraum des Dichtgewölbes 5 erstellen lassen und nur eine geringfügige Verkleinerung des Lichtraumprofils des Dichtgewölbes 5 hervorrufen. Hierzu zählen unter anderem auch Drahtgitterkonstruktionen, welche zu-

dem bei der Erstellung einer Betoninnenschale als Armierung dienen können. Die Verstärkungsmittel können auch zusätzliche Vorrichtungen zum Anheben oder Spreizen des Dichtgewölbes umfassen, was insbesondere dann von Vorteil ist, wenn es darum geht, eine das Dichtgewölbe umgebende Füllschicht gegen das Felsgestein zu pressen. Die in Fig. 3 gezeigten Druckelemente 12 erlauben im vorliegenden Fall eines druckwasserentlasteten, im Bereich der Tunnelsohle geöffneten Dichtgewölbes ein Spreizen und Anheben des Verstärkungsbogens 11 und damit auch des Dichtgewölbes 5.

[0028] In Fig. 4 ist ein Dichtgewölbe 5 gezeigt, welches als Verstärkungsmittel Zuganker 13 aufweist, die im Felsgestein 2 befestigt und mit dem Gewölbe 5 verbunden sind. Bei den verwendeten Zugankern 13 handelt es sich z.B. um kommerziell erhältliche Befestigungselemente, welche aus einer Kunststoffhülse mit einem Dichtflansch und einer in ihrem Zentrum angeordneten Gewindestange mit einem Widerlagerelement, wie z.B. einer Mutter, bestehen. Das Befestigungselement wird durch ein Loch im Dichtgewölbe 5 hindurch in ein Bohrloch im Felsgestein 2 eingebracht und in diesem durch Klebung, Betonieren oder Spreizung befestigt. Der Dichtflansch der Hülse wird an der Innenseite des Gewölbes 5 zur Abdichtung mit dem Gewölbe 5 verbunden, z.B. durch Kleben oder Verschweißen. Die aus dem Dichtflansch der Hülse in den abgedichteten Innenraum des Gewölbes 5 eintretende Gewindestange mit ihrem gegen die Innenfläche des Dichtgewölbes 5 angreifenden Widerlagerelement dient sodann als punktuell angreifendes Verstärkungselement und ermöglicht zudem eine gewisse radiale Positionierung des Dichtgewölbes 5 im Hohlraum 1. Auch ist es auf diese Weise bei dem gezeigten Dichtgewölbe möglich, eine zwischen Dichtgewölbe 5 und Hohlraumbegrenzung 3 eingebrachte Füllschicht durch Anziehen des Widerlagerelements in Richtung zur Hohlraumbegrenzung 3 hin zu verpressen.

[0029] In dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel weist das Dichtgewölbe sowohl in seinem Innenraum angeordnete Drahtgitter 16 aus Stahldraht als auch Zuganker 13 auf, welche hier derart miteinander verbunden sind, dass sie eine zusammenhängende Verstärkung für das Dichtgewölbe bilden. Auch ist hier die gegen die Begrenzung 3 des Hohlraums gepresste Füllschicht 14 erkennbar. Diese Art der Verstärkung eignet sich für druckwasserhaltende wie druckwasserentlastete Dichtgewölbe gleichermaßen.

[0030] Fig. 5 zeigt das druckwasserentlastete Dichtgewölbe 5 aus Fig. 4 mit einer Füllschicht aus Felssplit 14 zwischen dem Dichtgewölbe 5 und der Hohlraumbegrenzung 3 im Felsgestein 2. Als Füllmaterial kommen in diesem Fall alle Materialien in Frage, welche sich nicht verdichten lassen und eine gute Wasserdurchlässigkeit auch in gepresstem Zustand aufweisen und geeignet sind, das Gewicht von sich eventuell von der Begrenzung 3 lösenden Felsstücken sowie Druckkräfte

aus dem Gebirge aufzunehmen und in gleichmässiger Form auf das Dichtgewölbe 5 zu übertragen. Hierdurch wird sowohl eine sichere Ableitung und Druckentlastung des aus dem Felsgestein 2 austretenden Wassers langfristig sichergestellt als auch die Gefahr einer Verletzung des Dichtgewölbes 5 durch herabstürzendes Gestein vermindert. Der in Fig. 5 dargestellte Tunnelbau weist ausserdem eine im Dichtgewölbe 5 angeordnete Innenschale 15 aus Beton auf. Die Aussenfläche der Innenschale 15 stösst direkt an das Dichtgewölbe 5 an, welches bei deren Erstellung als äussere Einschalung und Rundumsicherung diente. In der hier dargestellten Situation übernimmt die Innenschale 15 nach der Aushärtung des diese bildenden Betons unter anderem die Tragfunktionen des Dichtgewölbes 5.

[0031] Wird das dargestellte Gewölbe 5 als druckwasserhaltendes Dichtgewölbe 5 konzipiert, z.B. gemäss Fig. 1b, so ist es vorgesehen, den Tunnelbau derartig auszugestalten, dass die Möglichkeit einer nachträglichen Verpressung des verfüllten Hohlraums zwischen Dichtgewölbe 5 und Hohlraumbegrenzung 3 mit einer Zementsuspension, mit Mörtel oder mit einer oder mehreren anderen dichtenden Substanzen vorhanden ist.

[0032] Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch die Wand eines entsprechenden Tunnelbaus mit einem druckwasserhaltenden Dichtgewölbe 5 aus Kunststoffplatten 6, einer Innenschale 15 aus Beton und einer Füllung aus Splitt 14 zwischen Dichtgewölbe 5 und Hohlraumbegrenzung 3. Die Splittfüllung 14 wurde nachträglich mit einer Zementsuspension 17, welche von Tunnelinnenraum her durch einen oder mehrere am Dichtgewölbe 5 angeordnete und sich durch den Betoninnenmantel 15 hindurch erstreckende Verpressstutzen 18 in den Bereich zwischen Dichtgewölbe 5 und Ausbruchsbegrenzung 3 eingebracht wurde, verpresst, um etwaige Undichtigkeiten zu verschliessen und/oder die Tragfähigkeit des Tunnels in diesem Abschnitt zu erhöhen. Damit auf diese Weise, wie dargestellt, gezielt nur bestimmte Bereiche verpresst werden können, werden beim Einbringen des Füllmaterials 14 während der Erstellung des Tunnelbaus in regelmässigen Abständen Abschottungen 19 aus Spritzbeton oder aus anderen Materialien erstellt, welche den verfüllten Hohlraum zwischen Dichtgewölbe 5 und Hohlraumbegrenzung 3 in mehrere im wesentlichen voneinander getrennte verfüllte Teilhöhlräume aufteilen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erstellen von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten, umfassend die folgenden Schritte:
 - a) Erzeugen eines unterirdischen Hohlraums (1);
 - b) Erstellen eines tragfähigen Dichtgewölbes

(5) im unterirdischen Hohlraum (1) aus einem wasserundurchlässigen und zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Werkstoff.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Dichtgewölbe erstellt wird, welches in Umfangsrichtung und in Richtung der Längserstreckung des zu erstellenden Tunnelbaus geschlossen und dicht ist.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtgewölbe (5) im wesentlichen von den Begrenzungen (3) des Hohlraums (1) beabstandet angeordnet wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Dichtgewölbe (5) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums (1) keine zusätzlichen tragfähigen Sicherungsgewölbe, insbesondere keine Tübbingelemente und/oder sich in die Bereiche der Seitenwände erstreckende Beton- oder Spritzbetongewölbe angeordnet werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei im Anschluss an das Erstellen des Dichtgewölbes (5) im Innenraum dieses Gewölbes eine Innenschale (15) erstellt wird, und insbesondere, wobei eine Innenschale (15) aus Beton im Innenraum des Dichtgewölbes (5) erstellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Innenseite des Dichtgewölbes (5) als äussere Verschalung für das Giessen einer Innenschale (15) aus Beton verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtgewölbe (5) mit zusätzlichen, im wesentlichen punktuell und/oder linienförmig angreifenden Mitteln zur Verstärkung (11, 13, 16) versehen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Mittel zur Verstärkung aus im Innenraum des Dichtgewölbes (5) angebrachten Tragwerken, insbesondere aus Verstärkungsfachwerken, Verstärkungsringen, Verstärkungsbögen (11) und/oder aus Gitterwerken (16) gebildet werden, und insbesondere, wobei die Mittel zur Verstärkung Spreizund/oder Anhebemittel (12) umfassen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 8, wobei als Mittel zur Verstärkung Zuganker (13) in dem den Hohlraum (1) umgebenden Material (2) befestigt werden, mit denen das Dichtgewölbe (5) verbunden wird, und insbesondere, mit denen das Dichtgewölbe und/oder zu diesem gehörige und in dessen Innenraum angeordnete Mittel zur Verstärkung (11, 16) verbunden werden.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtgewölbe (5) mit zusätzlichen Zuführungsmitteln (18), insbesondere mit Verpressstutzen (18), zum nachträglichen Zuführen von flüssigem bis pastösem Material vom Innenraum des mit diesem Dichtgewölbe (5) erstellten Tunnelbaus her in den Bereich zwischen Dichtgewölbe (5) und der Begrenzung (3) des Hohlraums (1) versehen wird. 5
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Dichtgewölbe (5) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums (1) ein Füllmaterial, insbesondere mit guter Wasserdurchlässigkeit, eingebracht wird, insbesondere eine Schüttung aus losem druckübertragendem Material, insbesondere aus Felssplit (14) oder Kies. 10
12. Verfahren nach Anspruch 11 und nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei im Anschluss an das Einbringen des Füllmaterials eine Verpressung desselben durch Bewegen des Dichtgewölbes (5) in Richtung auf die Begrenzung des Hohlraums (1) zu mit Hilfe der Mittel zur Verstärkung (11, 13, 16) vorgenommen wird, und insbesondere, das diese Verpressung durch Spreizung oder Anheben von im Dichtgewölbe angeordneten Verstärkungsmitteln (11, 16) und/oder durch ein Anziehen von zwischen dem Dichtgewölbe (5) und der Begrenzung (3) des Hohlraums (1) angeordneten Zugankerelementen (13) vorgenommen wird. 15 20 25 30
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 12 und nach einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei das Einbringen von Füllmaterial (14) zwischen Dichtgewölbe (5) und Hohlraumbegrenzung (3) vorgängig zum Erstellen der Innenschale (15) erfolgt. 35
14. Verfahren nach Anspruch 10 und nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Füllmaterial (14) zwischen dem Dichtgewölbe (5) und den Begrenzungen (3) des Hohlraums (1) durch Zuführen eines flüssigen bis pastösen Materials, insbesondere durch Zuführen von Zementsuspension, Mörtel oder einer anderen dichtenden Substanz durch mindestens ein Zuführungsmittel (18) hindurch verpresst wird. 40 45
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtgewölbe (5) aus einem mindestens teilweise durchscheinenden Werkstoff erstellt wird. 50
16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Dichtgewölbe (5) aus einem Plattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c) erstellt wird, insbesondere aus einem Plattenwerkstoff mit einer Plattendicke grösser 4 mm, insbesondere grösser 8 mm. 55
17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Dichtgewölbe (5) aus einem Kunststoffplattenwerkstoff (6a, 6b, 6c) erstellt wird, insbesondere aus einem thermoplastischen Kunststoffplattenwerkstoff.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei mehrere Kunststoffplatten (6a, 6b, 6c) zur Bildung des Dichtgewölbes (5) miteinander verschweisst werden, und insbesondere, wobei mehrere Kunststoffplatten (6, 6a, 6b, 6c) an ihren in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus orientierten und aneinander angrenzenden Begrenzungskanten zu Dichtgewölbebögen (5) verschweisst werden und wobei die in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus hintereinander angeordneten Dichtgewölbebögen (5) an ihren sich gegenüberliegenden Begrenzungskanten durch Steckverbindungen (9) miteinander verbunden werden, und insbesondere, wobei die Steckverbindungen verschweisst oder verklebt werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei zur Bildung des Dichtgewölbes (5) ein Plattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c) verwendet wird, der auf seiner der Begrenzung (3) des Hohlraums (1) zugewandten Seite Abstandhalter aufweist, und insbesondere, der auf dieser Seite Abstandsstege (10) und/oder Abstandsstützen aufweist und insbesondere, der Abstandhalter aufweist, welche aus dem gleichen Material gebildet sind und einstückig mit diesem ausgebildet sind.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Dichtgewölbe (5) durch Extrusion des Werkstoffs im unterirdischen Hohlraum (1) erstellt wird.
21. Anwendung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Erstellung eines drainierenden oder druckwasserhaltenden Tunnelbaus.
22. Drainierender oder druckwasserhaltender Tunnelbau, herstellbar mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20.
23. Dichtgewölbe (5) für die Abdichtung unterirdischer Tunnelbauten, dadurch gekennzeichnet, dass dieses ein tragfähiges Gewölbe aus einem wasserundurchlässigen und zumindest teilweise flexiblen und im wesentlichen formstabilen Werkstoff ist.
24. Dichtgewölbe nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtgewölbe in Umfangsrichtung und in Richtung der Längserstreckung des zu erstellenden Tunnelbaus geschlossen und dicht ist.
25. Dichtgewölbe (5) nach einem der Ansprüche 23 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus einem mindestens teilweise durchscheinenden Werkstoff hergestellt ist.

26. Dichtgewölbe (5) nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus einem Plattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c) hergestellt ist, und insbesondere, dass der Plattenwerkstoff eine Dicke von mindestens 4 mm, insbesondere von mindestens 8 mm aufweist. 5
27. Dichtgewölbe (5) nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus einem Kunststoffplattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c), insbesondere aus einem thermoplastischem Kunststoffplattenwerkstoff hergestellt ist. 10
28. Dichtgewölbe (5) nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus mehreren miteinander verschweissten Kunststoffplatten (6, 6a, 6b, 6c) hergestellt ist, und insbesondere, dass dieses aus mehreren Kunststoffplatten (6, 6a, 6b, 6c) hergestellt ist, die an ihren in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus orientierten und aneinander angrenzenden Begrenzungskanten zu Dichtgewölbebögen (5) verschweisst sind und wobei die in Erstreckungsrichtung des Tunnelbaus hintereinander angeordneten Dichtgewölbebögen (5) an ihren sich gegenüberliegenden Begrenzungskanten durch Steckverbindungen (9) miteinander verbunden sind, und insbesondere, wobei diese Steckverbindungen verschweisst oder verklebt sind. 15
20
25
29. Dichtgewölbe (5) nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass dieses aus einem Plattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c) hergestellt ist, der auf seiner der Begrenzung (3) des Hohlraums (1) zugewandten Seite Abstandhalter aufweist, und insbesondere, der auf dieser Seite Abstandsstege (10) und/oder Abstandsstützen aufweist und insbesondere, der Abstandhalter aufweist, welche aus dem gleichen Material wie der Plattenwerkstoff (6, 6a, 6b, 6c) sind und einstückig mit diesem verbunden sind. 30
35
40
30. Dichtgewölbe (5) nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtgewölbe einstückig aus einem extrudierten Stoff ausgebildet ist. 45
31. Dichtgewölbe (5) nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass dieses im wesentlichen punktuell und/oder linienförmig angreifende Mittel zur Verstärkung (11, 13, 16) aufweist, und insbesondere, dass diese Verstärkungsmittel im Innenraum des Dichtgewölbes (5) angeordnete Verstärkungsfachwerke, Verstärkungsringe, Verstärkungsbögen (11) und/oder Gitterwerke (16) und/oder im den Hohlraum (1) umgebenden Material (2) befestigte Zuganker (13) umfassen. 50
55
32. Dichtgewölbe (5) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuganker (13) mit den im Innenraum des Dichtgewölbes (5) angeordneten Verstärkungsmitteln (11, 16), insbesondere mit im Innenraum angeordneten Drahtgittern (16) aus Stahldraht, verbunden sind, derart, dass sie eine zusammenhängende Verstärkung für das Dichtgewölbe (5) bilden.
33. Verwendung des Dichtgewölbes (5) nach einem der Ansprüche 23 bis 32 als Rundumsicherung während des Erstellens von abgedichteten unterirdischen Tunnelbauten mit Innenschale (15).

Fig. 1a

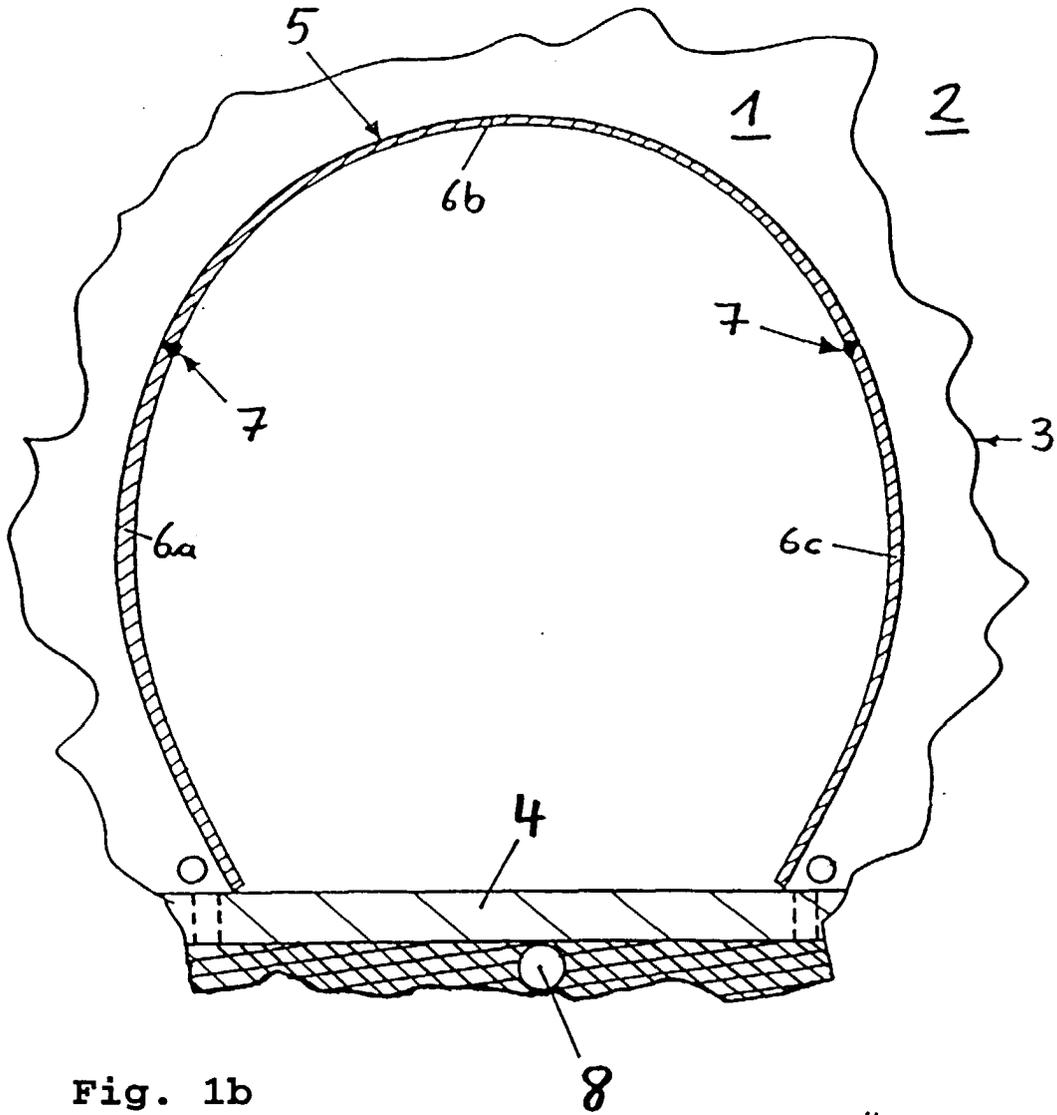


Fig. 1b

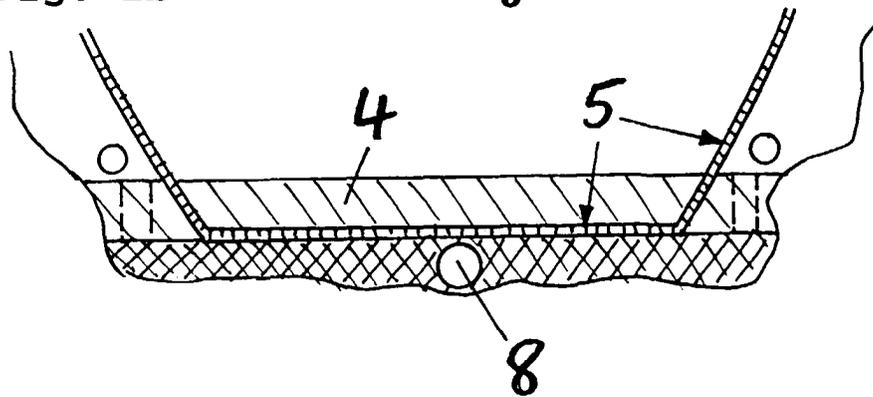


Fig. 2

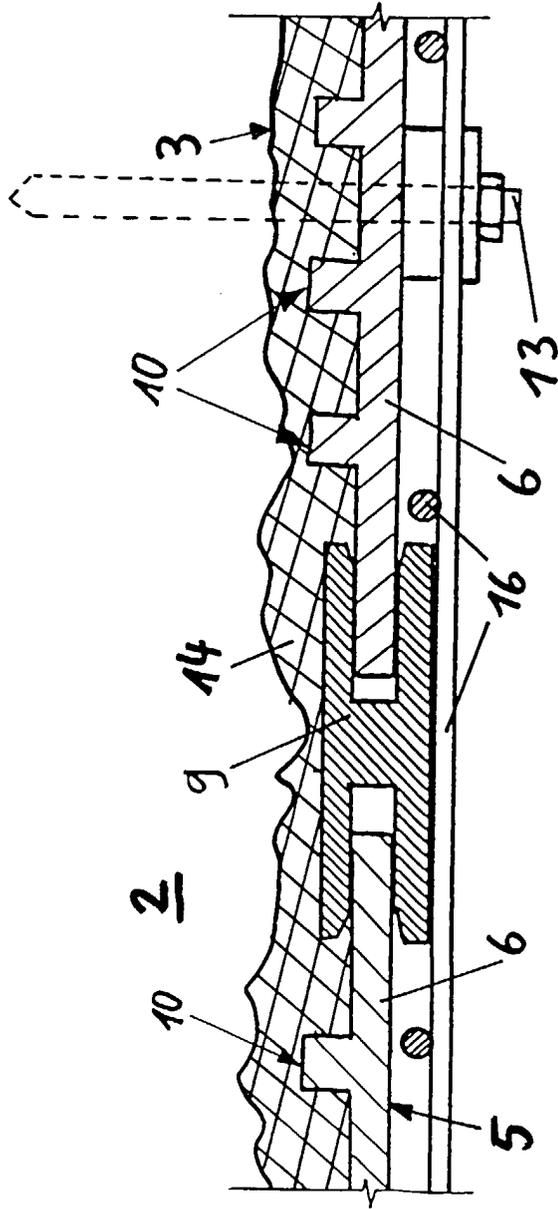


Fig. 3

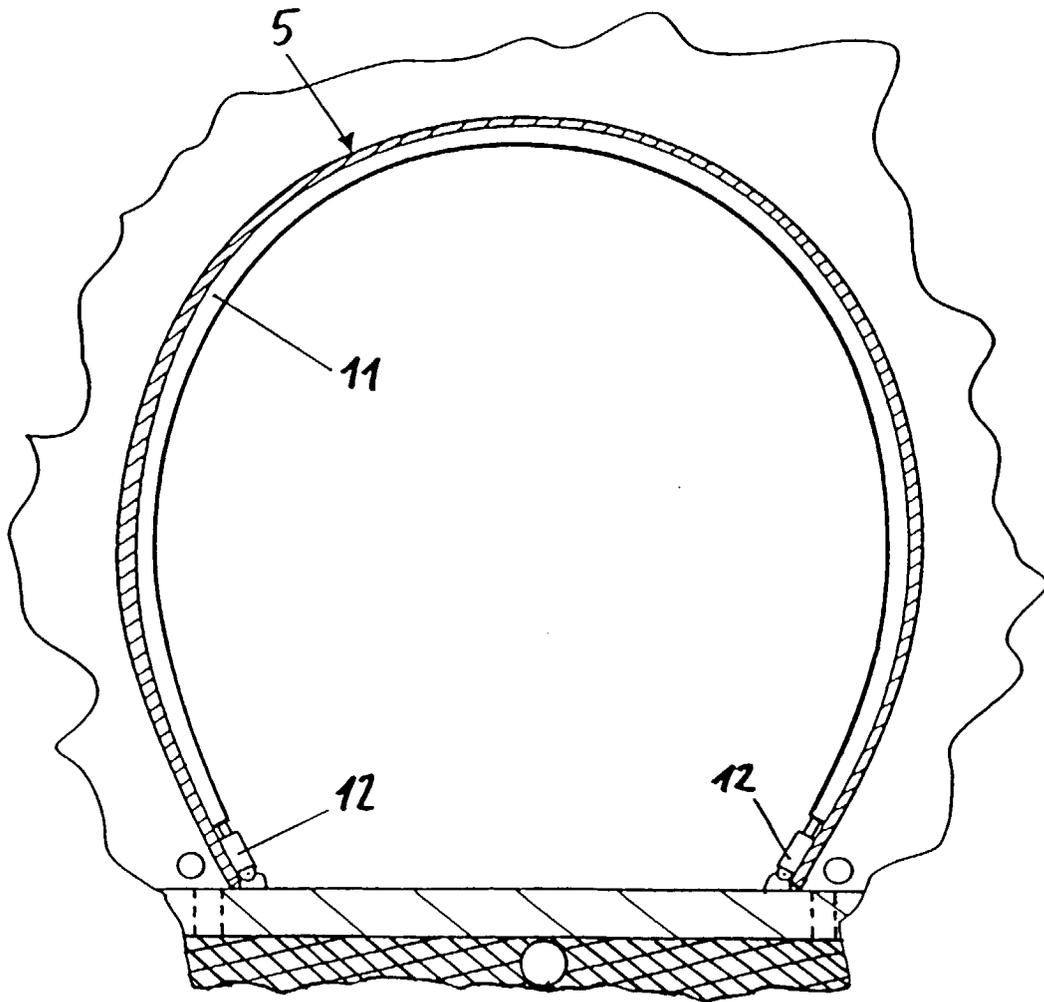


Fig. 4

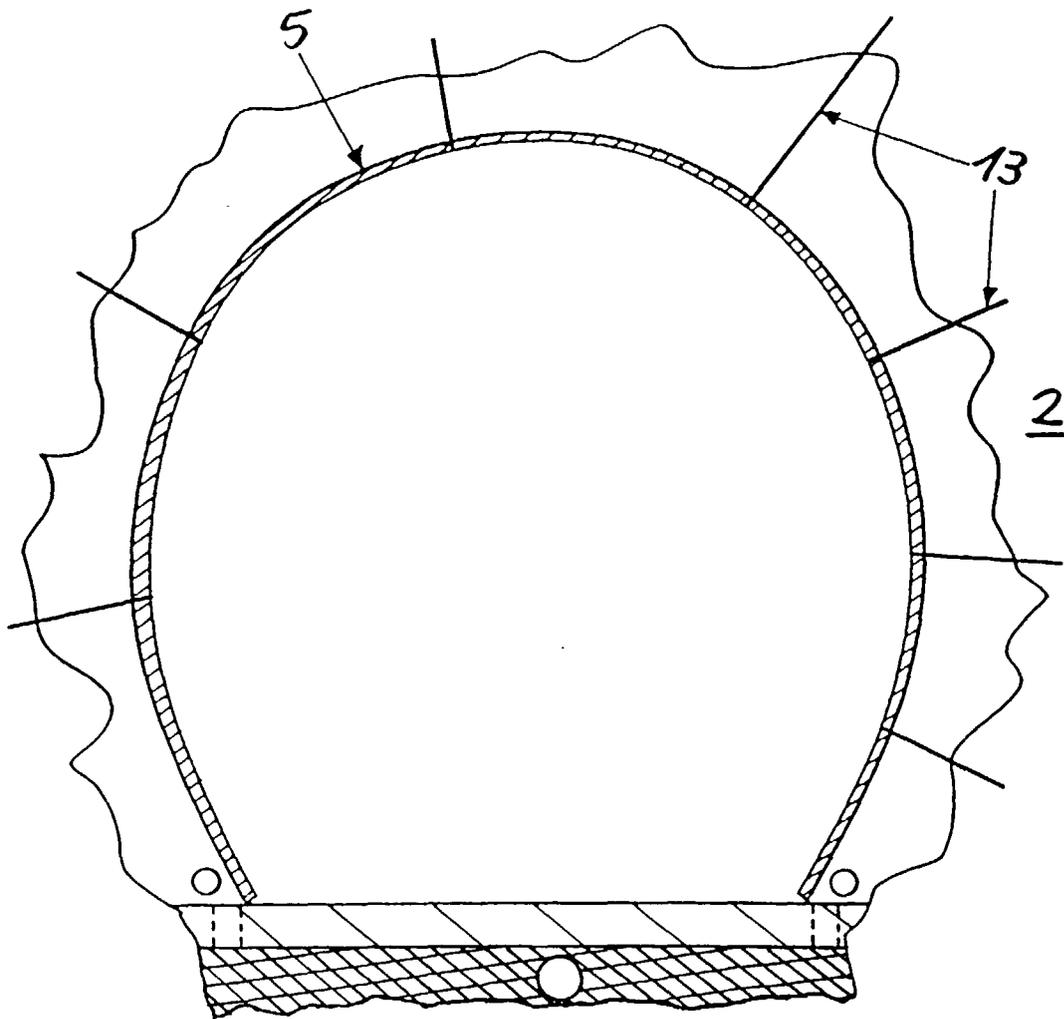


Fig. 5

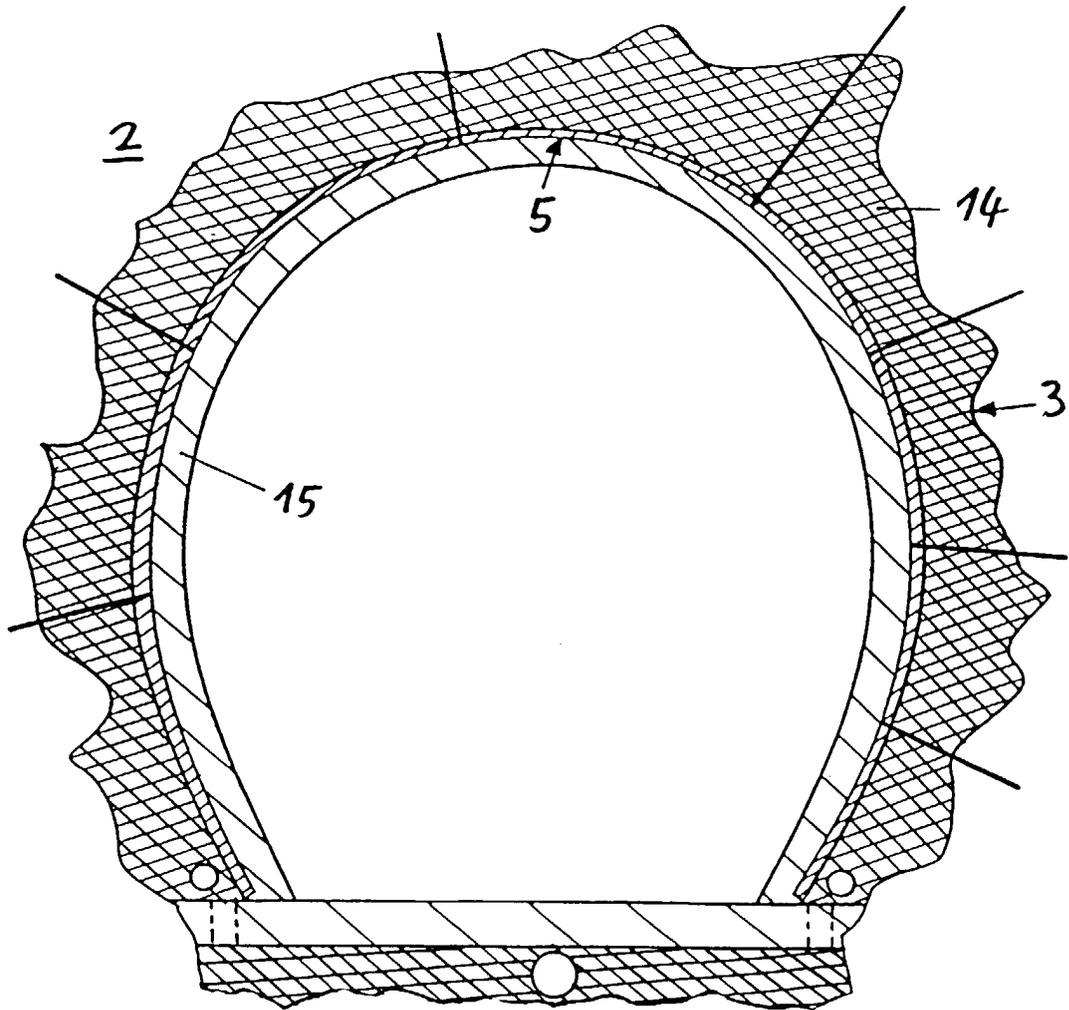
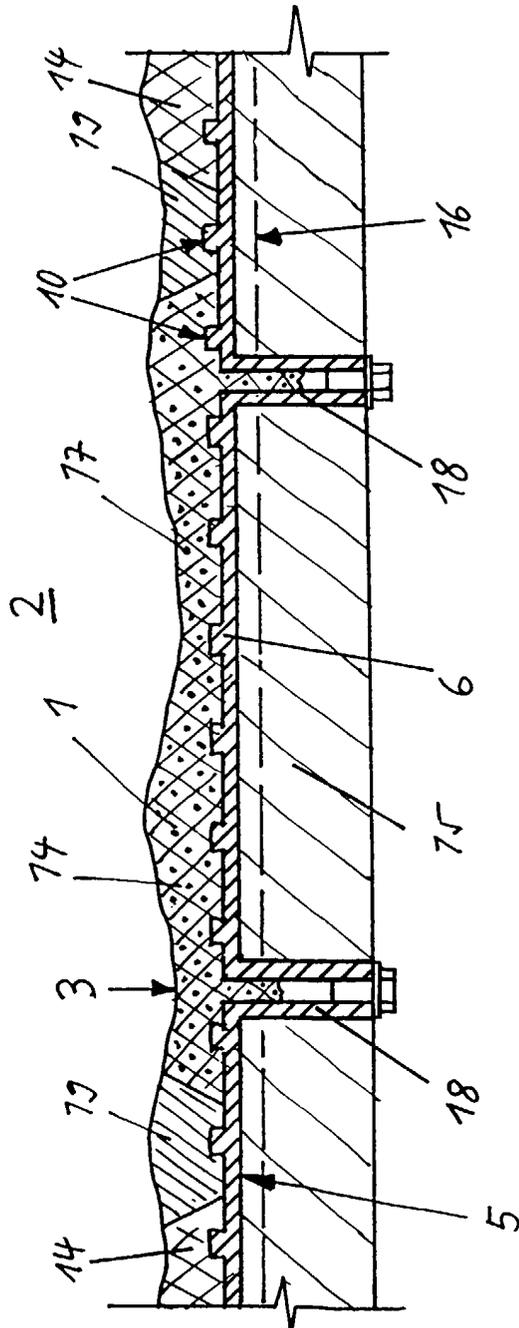


Fig. 6





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 12 6769

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	WO 91 13239 A (BERGSAEKER KONSULT AB) 5. September 1991 (1991-09-05) * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 11; Ansprüche 3,4; Abbildung 1 * * Seite 2, Zeile 30 - Seite 3, Zeile 3 *	1-4,7-9, 16-18, 21-24, 26-28, 31-33	E21D11/38
Y	---	5,6, 10-14, 19,29	
Y	EP 0 725 185 A (WOLFSEHER ROLAND F) 7. August 1996 (1996-08-07) * Ansprüche 7-9; Abbildung 2 *	5,6	
Y	DE 24 32 649 A (SCHLEGEL ENGINEERING GMBH) 22. Januar 1976 (1976-01-22) * Anspruch 1; Abbildung 2 *	10,12-14	
Y	US 4 940 360 A (WEHOLT RAYMOND L) 10. Juli 1990 (1990-07-10) * Spalte 4, Zeile 8 - Zeile 28; Anspruch 13; Abbildung 1 *	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Y	DE 32 23 330 A (HOELTER HEINZ) 29. Dezember 1983 (1983-12-29) * Anspruch 1; Abbildung B *	19,29	E21D
X	DE 42 25 883 A (ISOLA AS) 11. Februar 1993 (1993-02-11) * Spalte 1, Zeile 34 - Zeile 51; Abbildung 4 * * Spalte 2, Zeile 9 - Zeile 23; Anspruch 1 *	1,2,4, 16, 21-24,33	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 8. März 2001	Prüfer Dantine, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
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 T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03/82 (P4/C03)



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	GB 2 325 946 A (OERSTA STAALINDUSTRI) 9. Dezember 1998 (1998-12-09) * Seite 1, Zeile 6 - Zeile 11; Abbildung 1 * * * Seite 2, Zeile 1 - Zeile 10 * ----	1,23	
A	US 5 470 178 A (WEHOLT RAYMOND L) 28. November 1995 (1995-11-28) * Spalte 1, Zeile 25 - Spalte 2, Zeile 4; Abbildung 1 * ----	1,23	
A	AT 351 073 B (KUNZ HANS JUN ;KUNZ HANS JUN (ON)) 10. Juli 1979 (1979-07-10) * Seite 2, Zeile 44 - Zeile 52; Abbildung 1 * ----	1,23	
A	DE 19 40 050 A (SCHWEIZERISCHE ALUMINIUM AG) 19. Februar 1970 (1970-02-19) * Anspruch 1; Abbildungen 1,2 * -----	1,23	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	8. März 2001	Dantine, P	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum 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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 00 12 6769

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.

08-03-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9113239 A	05-09-1991	SE 465586 B	30-09-1991
		EP 0515549 A	02-12-1992
		FI 923763 A	21-08-1992
		NO 923244 A	09-09-1992
		SE 9000655 A	24-08-1991
EP 0725185 A	07-08-1996	AT 194183 T	15-07-2000
		AU 1028797 A	01-08-1997
		BR 9612416 A	13-07-1999
		WO 9725484 A	17-07-1997
		CN 1214095 A	14-04-1999
		DE 59605523 D	03-08-2000
		EP 0873451 A	28-10-1998
		ES 2148817 T	16-10-2000
		JP 2000502767 T	07-03-2000
		NO 983119 A	03-09-1998
DE 2432649 A	22-01-1976	KEINE	
US 4940360 A	10-07-1990	KEINE	
DE 3223330 A	29-12-1983	KEINE	
DE 4225883 A	11-02-1993	GB 2258480 A, B	10-02-1993
GB 2325946 A	09-12-1998	NO 961445 A	13-10-1997
		FI 971450 A	12-10-1997
		SE 508208 C	14-09-1998
		SE 9701317 A	12-10-1997
US 5470178 A	28-11-1995	KEINE	
AT 351073 B	10-07-1979	AT 740377 A	15-12-1978
DE 1940050 A	19-02-1970	CH 480502 A	31-10-1969
		AT 308172 B	15-05-1973
		ES 370457 A	16-04-1971
		FR 2015641 A	30-04-1970

EPO FORM P0461

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