



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(51) Int Cl.7: **E21D 11/00**

(21) Anmeldenummer: **04028102.4**

(22) Anmeldetag: **26.11.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK YU

(72) Erfinder:
• **Behnen, Gereon
85604 Zorneding (DE)**
• **Gross, Hans-Walter
67457 Böhl-Iggelheim (DE)**

(30) Priorität: **04.12.2003 DE 10356584**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Möll und Bitterich
Westring 17
76829 Landau (DE)**

(71) Anmelder: **WALTER
BAU-AKTIENGESELLSCHAFT
86153 Augsburg (DE)**

(54) **Verfahren zum Verfüllen von Hohlräumen ausserhalb der lichten Tunnelröhre eines maschinell aufgefahrenen Tunnels**

(57) Beim Auffahren von Tunnels im Schildvortrieb und Tübbingausbau wird der beim Vorfahren des Schildes zwischen Gebirge und Tunnelauskleidung entstehende Ringspalt (11) verfüllt, meist mit einem erhärtenden Material verpresst. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zum Verfüllen oder Verpressen von Hohlräumen ausserhalb der lichten Tunnelröhre (3) das anste-

hende und an der Ortsbrust (5) gelöste Bodenmaterial bzw. das beim Abbau entstehende Bodengemisch zu verwenden, vorzugsweise unmittelbar, d.h. ohne dass es die Tunnelröhre (3) verlassen hat. Dadurch wird vor allem Transportleistung eingespart, und zwar sowohl für die Abförderung des abgebauten Bodens als auch für den Antransport von ausserhalb der Tunnelröhre (3) aufbereitetem Verpressmaterial (12).

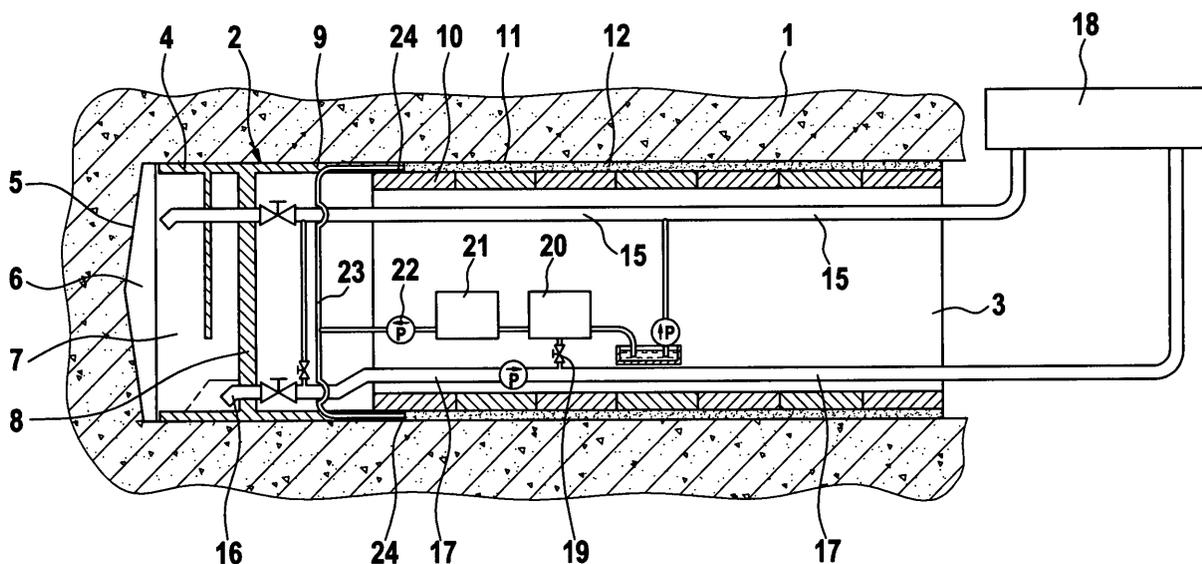


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verfüllen oder Verpressen von Hohlräumen außerhalb der lichten Tunnelröhre eines im Schildvortrieb aufgefahrenen Tunnels oder Stollens, insbesondere des Ringspalts zwischen der Tunnelauskleidung und dem anstehenden Boden.

[0002] Im maschinellen Tunnelbau mit Schildvortriebsmaschinen (Tunnelbohrmaschinen) und Ausbau aus Tübbing entsteht systembedingt hinter der Schildschwanzdichtung beim Vorfahren des Schildes am Umfang des Schildmantels ein Ringspalt zwischen Gebirge und Außenfläche der Tunnelauskleidung, der in der Regel eine Dicke von 10 bis 15 cm, in Ausnahmefällen bis ca. 30 cm aufweist. Dieser Ringspalt wird üblicherweise durch einen Verpressmörtel, meist druckbeaufschlagt, verfüllt. Dabei werden vorrangig folgende Ziele bzw. Aufgaben verfolgt:

- Bettung der Tübbingringe;
- weitgehende Erhaltung des Spannungszustands des Bodens und Minimierung von Setzungen der Geländeoberfläche und damit von Bauwerken;
- gelegentlich zusätzliche Wirkung als Dicht- oder Isoliermittel zur Reduzierung des Wasserandrangs zur Tunnelauskleidung hin oder Abschirmung der Tunnelauskleidung gegenüber aggressiven Stoffen.

[0003] Aus verfahrenstechnischen Gründen ist es erforderlich, dass der Verpressmörtel pumpfähig ist und mit gezielter Druckbeaufschlagung sowie Volumenkontrolle eingebracht werden kann. Eine ausreichende Verteilung des Verpressmörtels innerhalb des Hohlräume muss über ein ausreichendes Fließvermögen gewährleistet werden. Sofern der Verpressmörtel mit Bindemitteln versehen ist, muss deren Erhärtungszeit derart eingestellt werden, dass er einerseits bei kurzzeitigen Unterbrechungen des Verpressvorgangs nicht vorzeitig innerhalb der Förderleitungen erhärtet, andererseits aber die statisch erforderliche Bettung der Tübbingringe bei Verlassen des Schildschwanzes möglichst schnell gewährleistet.

[0004] Allen solchen Mischungen, und zwar sowohl Mörtelmischungen als auch bindemittelfreien Mischungen ist gemeinsam, dass sie in den Hauptbestandteilen aus Sand oder Kiessand zur Gewährleistung des geforderten Kornaufbaus, aus Wasser sowie aus geringeren Zumischungen von Bentonit bzw. Flugasche als Füllmittel zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit bestehen. Die Verpressung selbst erfolgt bei Vortrieben in Lockerböden üblicherweise durch den Schildschwanz, wobei meist etwa vier bis acht über den Umfang verteilte Verpressdüsen angeordnet sind, die über Kolbenpumpen beschickt werden.

[0005] Verpressmörtel wird entweder als Fertigmörtel angeliefert oder bauseitig aus den angelieferten Be-

standteilen gemischt. Die Förderung des aufbereiteten Verpressmörtels vom Tunnelmund bis zum Verpressort im Tunnel erfolgt üblicherweise über Lorenbetrieb, anschließend über Pumpleitungen.

[0006] Die Materialtransporte für die Ringspaltverpressung sind oft mit logistischen und umweltschutztechnischen Problemen belastet. So bereitet der Antransport der Mengen von Verpressmörtel, die bei einer Tunnelröhre 75 m³/Tag, bei zwei parallel aufzufahrenen Röhren doppelt so viel betragen können, zunehmend Probleme in der Umgebung der Baustelle. Dies gilt insbesondere in dicht besiedelten Innenstadtbereichen, wie sie immer wieder bei U-Bahn-Baustellen und innerstädtischen Straßentunnels auftreten. So sind Materialtransporte tagsüber wegen der hiermit verbundenen unerwünschten Erhöhung des Verkehrsaufkommens durch Lkw-Transporte problematisch, während der Nachtzeiten aus Lärmschutzgründen zum Schutz der Anwohner vielfach unzulässig. In der Tunnelröhre ist die Baustellenlogistik auf die Verpressvolumina auszulegen; Schwierigkeiten beim Mörtelnachschub führen unweigerlich zu einem kostenintensiven Stillstand der Vortriebsmaschine.

[0007] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Möglichkeit aufzuzeigen, durch die diese Probleme minimiert bzw. weitgehend vermieden werden können.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das im Patentanspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei den bekannten Verfahren die Ringspaltverfüllung sowohl verfahrens- als auch materialtechnisch unabhängig von Bodenabbau und Bodenförderung erfolgt. Demgegenüber schlägt die Erfindung vor, diese beiden Vorgänge miteinander zu koppeln. Dies geschieht verfahrensmäßig derart, dass ein Teil des soeben abgebauten Bodens bzw. Boden-Flüssigkeits-Gemischs unmittelbar hinter der Ortsbrust aus der Förderleitung abgezweigt, falls erforderlich, unmittelbar im Tunnel aufbereitet, auf jeden Fall aber sofort zur Ringspaltverpressung wieder verwendet wird, d. h. das Material verlässt zwischen Abbau und Verpressung die Tunnelröhre nicht. Die Erfindung basiert auf dem Grundprinzip, dass das in den Ringspalt einzubauende Material keine besseren mechanischen Eigenschaften aufzuweisen braucht als der anstehende umgebende Boden, da ansonsten dieser maßgeblich wäre für Bettungs- und Setzungsverhalten.

[0011] Die Erfindung hat den wesentlichen Vorteil, dass durch Verwendung des abgebauten Bodens bzw. Bodengemischs als Verpressmaterial unter direkter Entnahme aus der Förderleitung kein gesondert anzu-transportierender und in den Tunnel einzufahrender Verpressmörtel mehr benötigt wird. Hierdurch reduzieren sich das Verkehrsaufkommen und die Lärmbelastung der Umwelt, was sich insbesondere bei innerstädt-

tischen hochbelasteten Baustellen auswirkt. Da keine Lagerflächen für den Verpressmörtel mehr erforderlich sind, reduziert sich auch der Flächenbedarf für die Baustelleneinrichtung. Schließlich vereinfacht sich die Baustellenlogistik, da Mörteltransporte durch den Tunnel entfallen.

[0012] Unmittelbare Folge dieser Vorteile ist eine Erhöhung der Betriebssicherheit, da der Vortriebsbetrieb nicht mehr durch logistische Probleme im Mörteltransport behindert oder unterbrochen werden kann. Da das Verpressmaterial als Boden bzw. Bodengemisch vorhanden ist und nicht gesondert beschafft zu werden braucht, ergeben sich auch Kostenersparnisse. Schließlich reduziert sich das Volumen des aus dem Tunnel abzufördernden Materials durch Abzweigung eines Teils des gelösten Bodens, der unter Tage verbleibt.

[0013] Ein weiterer betriebstechnisch nicht zu unterschätzender Vorteil ist, dass der Verpressmörtel an Ort und Stelle genau dann hergestellt werden kann, wenn er tatsächlich zur Verpressung gebraucht wird. Ein Erhärten und Entsorgen von zu viel oder wegen Stillstand nicht benötigtem Mörtel entfällt.

[0014] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Schildvortrieb im Slurry-Betrieb,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen Schildvortrieb im EPB-Betrieb und

Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Schildvortrieb mit offener Ortsbrust.

[0015] In den Fig. 1 bis 3 ist schematisch dargestellt, wie in einer Gebirgsformation 1 mittels einer Schildmaschine 2 eine Tunnelröhre 3 aufgefahren wird. Die Schildmaschine 2 umfasst in bekannter Weise einen zylindrischen Schildmantel 4. Der Abbau des an der Ortsbrust 5 anstehenden Bodens erfolgt durch einen Bohrkopf 6; die Abbaukammer 7 wird in der Regel durch eine Schottwand 8 abgeschlossen.

[0016] Im Schutz des Schildschwanzes 9 wird die Tunnelauskleidung, hier bestehend aus Tübbingringen 10 aus Stahlbeton oder Stahl, eingebaut; der beim Vorfahren der Schildmaschine 2 hinter dem Schildschwanz 9 entstehende Ringspalt 11 wird, wie eingangs dargestellt, durch ein geeignetes Verfüllmaterial 12 verpresst.

[0017] Anhand Fig. 1 kann die Erfindung bei einem Tunnel- oder Stollenvortrieb im Slurry-Modus, d. h. einem Vortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust, erläutert werden, der vor allem bei bindigen Böden wie z. B. Tonen, angewandt wird. In diesem Fall wird der Ortsbrust über eine Speiseleitung 15 eine Stützflüssigkeit, meist eine Bentonit-Wasser-Suspension, zugeführt. Dort vermischt sich die Stützflüssigkeit mit dem durch den Bohrkopf 6 abgebauten Boden; dieses Bentonit-Boden-Wasser-Gemisch wird über eine die Schottwand 8

durchsetzende Austrittsöffnung 16 entnommen und über eine Förderleitung 17 durch die Tunnelröhre 3 hindurch zu einer über Tage angeordneten Separieranlage 18 gepumpt. In der Separieranlage 18 wird das Bodenmaterial von der Stützflüssigkeit getrennt, die anschließend wieder zur Ortsbrust 5 zurückgepumpt werden kann.

[0018] Erfindungsgemäß wird nun von der Förderleitung 17 über ein Abzweigventil 19 ein Teil des von der Ortsbrust abgeführten Bentonit-Boden-Wasser-Gemischs abgezweigt und gegebenenfalls nach Passieren einer kleinen Separieranlage 20 sowie einer kleinen Aufbereitungsanlage 21 als Verpressmaterial durch eine Dickstoffpumpe 22 in eine Verpressleitung 23 gepresst, aus der es durch am Schildschwanz 9 angeordnete Verpressdüsen 24 in den Ringspalt 11 austritt. In der Separieranlage 20 kann eine Grobseparierung, zum Beispiel Aussieben unerwünschter Kornfraktionen, in der Aufbereitungsanlage 21 eine gezielte Zumischung von weiteren Bestandteilen, zum Beispiel Zement, erfolgen. Sofern erforderlich, kann auch ein Zwischenbehälter zur Volumenpufferung angeordnet werden. Solche Anlagen sind im Nachläuferbereich bekannt.

[0019] Das in dem Bentonit-Boden-Wasser-Gemisch enthaltene Wasser ist beim Verpressen unschädlich, solange durch die Druckaufbringung bei der Verpressung sichergestellt ist, dass es durch die Porenräume des anstehenden Bodenmaterials hindurchgepresst werden kann, d. h. dass es zu einem Korn-zu-Korn-Kontakt des eingebauten Bodenmaterials und somit einer ausreichenden Verdichtung entsprechend der Dichte des umgebenden Bodens kommt. Dies ist in der Regel bei rolligen oder gemischtkörnigen Böden gegeben. Die Zugabe eines Bindemittels zur Verfestigung ist dann nicht erforderlich. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man allerdings bemüht sein, den in dem Bodengemisch enthaltenen Bentonit auf das zur Pumpfähigkeit notwendige Maß zu reduzieren, um den ausseparierten Bentonit erneut der Ortsbruststützung zuleiten zu können. Diese Bentonitseparierung kann in der beschriebenen kleinen Aufbereitungsanlage 20, 21 im Tunnel problemlos erfolgen.

[0020] Werden bindige Böden im Slurry-Modus aufgefahren, so kann eine unzureichende Separierung dazu führen, dass keine optimale Verdichtung des in den Ringspalt verfüllten Materials erreicht wird, da das Wasser-Bentonit-Gemisch nicht ausreichend schnell aus der Kornstruktur des Bodens verdrängt werden kann. Dem kann durch eine entsprechende Aufbereitung des Bodens oder durch zusätzliche grobkörnige Beimischungen begegnet werden.

[0021] Wie beim Auffahren bindiger oder bindig-feinsandiger Böden im EPB-Modus ("earthpressure-balance") verfahren werden kann, kann anhand Fig. 2 erläutert werden. Hier dient der an der Ortsbrust 5 abgebaute und mit dem Grundwasser vermischte "Bodenbrei" als Stützmedium für die Ortsbrust; oft werden auch Schäume aus Kunststoffen zur Konditionierung zugegeben.

Hier wird der an der Ortsbrust 5 gelöste Boden aus der Abbaukammer 7 heraus mittels einer geeigneten Fördereinrichtung 25, zum Beispiel einer Förderschnecke, in das Tunnelinnere gefördert, um dort einer weiteren Fördereinrichtung 26, zum Beispiel einem Förderband, übergeben zu werden. Bevor das Bodenmaterial am Ende der Fördereinrichtung 26 einem weiteren Förderband 27 zur Förderung aus dem Tunnel heraus übergeben wird, ist eine Abzwegvorrichtung 28, zum Beispiel eine Klappe, angeordnet, um wiederum einen Teil des Bodenmaterials einer kleinen Aufbereitungsanlage 29 zuzuführen. Von dort wird das gegebenenfalls aufbereitete Material mittels einer Dickstoffpumpe 30 in eine Verpressleitung 31 gepresst, aus der es wieder unmittelbar zu den Verpressdüsen 24 am Schildschwanz 9 gelangt und in den Ringspalt 11 austritt.

[0022] Bindige Böden werden häufig im EPB-Modus aufgeföhren, bei dem der abgebaute Boden bereits an der Ortsbrust mit einem Konditionierungsmittel, zum Beispiel einem Schaum, aufbereitet wird und somit über keine zusätzlichen Bentonitanteile verfügt. Auch dieser Boden ist grundsätzlich für eine direkte Wiederverpressung geeignet, sofern er mittels Zugabe von Fließmitteln in einen pump- und verpressfähigen Zustand gebracht wird.

[0023] Das erfindungsgemäÙe Verfahren ist grundsätzlich auch für Vortriebe mit offener Ortsbrust geeignet; wie hier vorgegangen werden kann, kann anhand Fig. 3 erläutert werden.

[0024] Auch hier wird das an der Ortsbrust 5 abgebaute Material aus der Abbaukammer 7 heraus mittels einer Fördereinrichtung 35, zum Beispiel eines Förderbandes, gefördert, wobei im Bereich einer Übergangsstation zu einem weiterführenden Förderband 36 wiederum eine Abzweginrichtung 37, zum Beispiel eine Klappe, vorgesehen ist, mittels deren ein Teil des geförderten Bodenmaterials abgezweigt und einer Siebanlage 38, gegebenenfalls auch einer Aufbereitungsanlage 39 zugeführt werden kann. Um das abgebaute Bodenmaterial pumpfähig zu machen, müssen gegebenenfalls zu grobkörnige Fraktionen ausgesiebt und/oder Fließmittel zugegeben werden.

[0025] Das aufbereitete Material wird wieder über eine Dickstoffpumpe 40 in eine Verpressleitung 41 gepresst, durch die es zu den Verpressdüsen 24 am Ende des Schildschwanzes 9 gelangt. Falls erforderlich, kann über eine Leitung 42 Wasser zugeführt werden.

[0026] Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das erfindungsgemäÙe Verfahren für rollige oder gemischtkörnige Böden (Kiese, Sande, gegebenenfalls mit bindigen Beimengungen) vorteilhaft anzuwenden ist. Das abgeföhrtete Bodengemisch kann in praktisch unveränderter Form zur Verpressung verwendet werden; eine Aufbereitung wird nicht aus technischen, sondern allenfalls aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll sein. Bei bindigen Böden ist dagegen in aller Regel eine den Anforderungen an die Ringspaltverpressung anzupassende Aufbereitung vorzunehmen.

[0027] Durch gezielte Zumischung von Zement oder anderen Bindemitteln zu dem abgezweigten, soeben abgebauten Bodengemisch kann ein "Bodenbeton" erzeugt werden, dem eine dichtende oder isolierende, je sogar eine statisch-tragende Funktion zugewiesen werden kann. Es ist somit nach der Erfindung möglich, eine Art "Extrudierbeton" als Tunnelsicherung im Tunnel herzustellen. Dabei stellen der anstehende Boden den Zuschlag und das vorhandene Grundwasser das Anmachwasser dar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verfüllen oder Verpressen von Hohlräumen außerhalb der lichten Tunnelröhre eines im Schildvortrieb aufgeföhrenen Tunnels oder Stollens, insbesondere des Ringspalts zwischen der Tunnelauskleidung und dem anstehenden Boden, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verfüllen oder Verpressen der Hohlräume das anstehende und an der Ortsbrust gelöste Bodenmaterial bzw. das beim Abbau entstandene Bodengemisch verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** von dem an der Ortsbrust gelösten Bodenmaterial bzw. dem beim Abbau entstandenen Bodengemisch innerhalb der Tunnelröhre ein Teil abgezweigt und unmittelbar, d. h. ohne die Tunnelröhre zu verlassen, zum Verfüllen oder Verpressen der Hohlräume verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das an der Ortsbrust gelöste Bodenmaterial bzw. das beim Abbau entstandene Bodengemisch innerhalb der Tunnelröhre für die Zwecke des Verfüllens oder Verpressens aufbereitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem an der Ortsbrust gelösten Bodenmaterial bzw. dem beim Abbau entstandenen Bodengemisch das Sicherungselement, vornehmlich der Ausbau der aufgeföhrenen Tunnelröhre hergestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das an der Ortsbrust gelöste Bodenmaterial bzw. das beim Abbau entstandene Bodengemisch als Dicht- oder Isolierelement für die lichte Tunnelröhre verwendet wird.

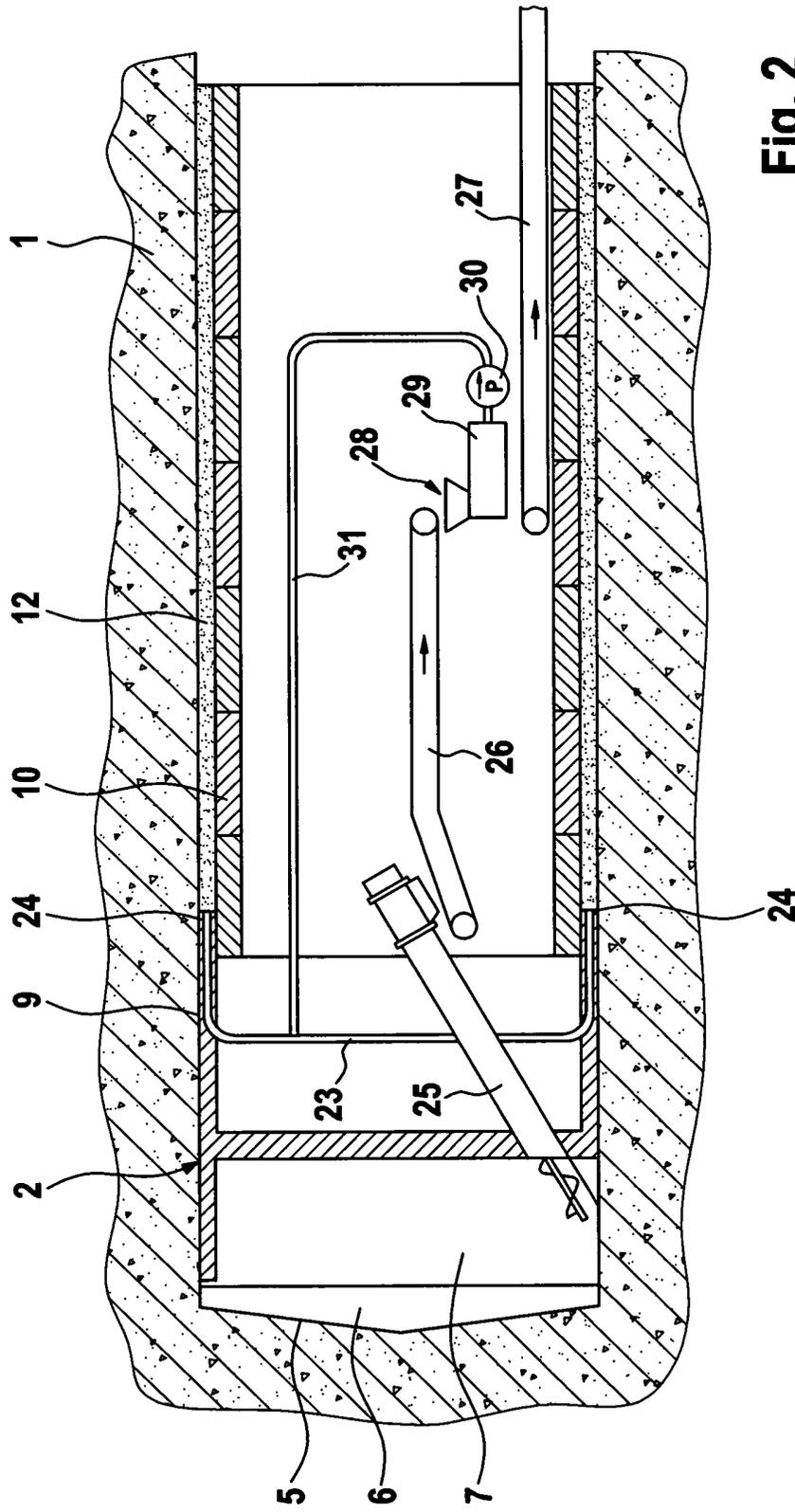


Fig. 2

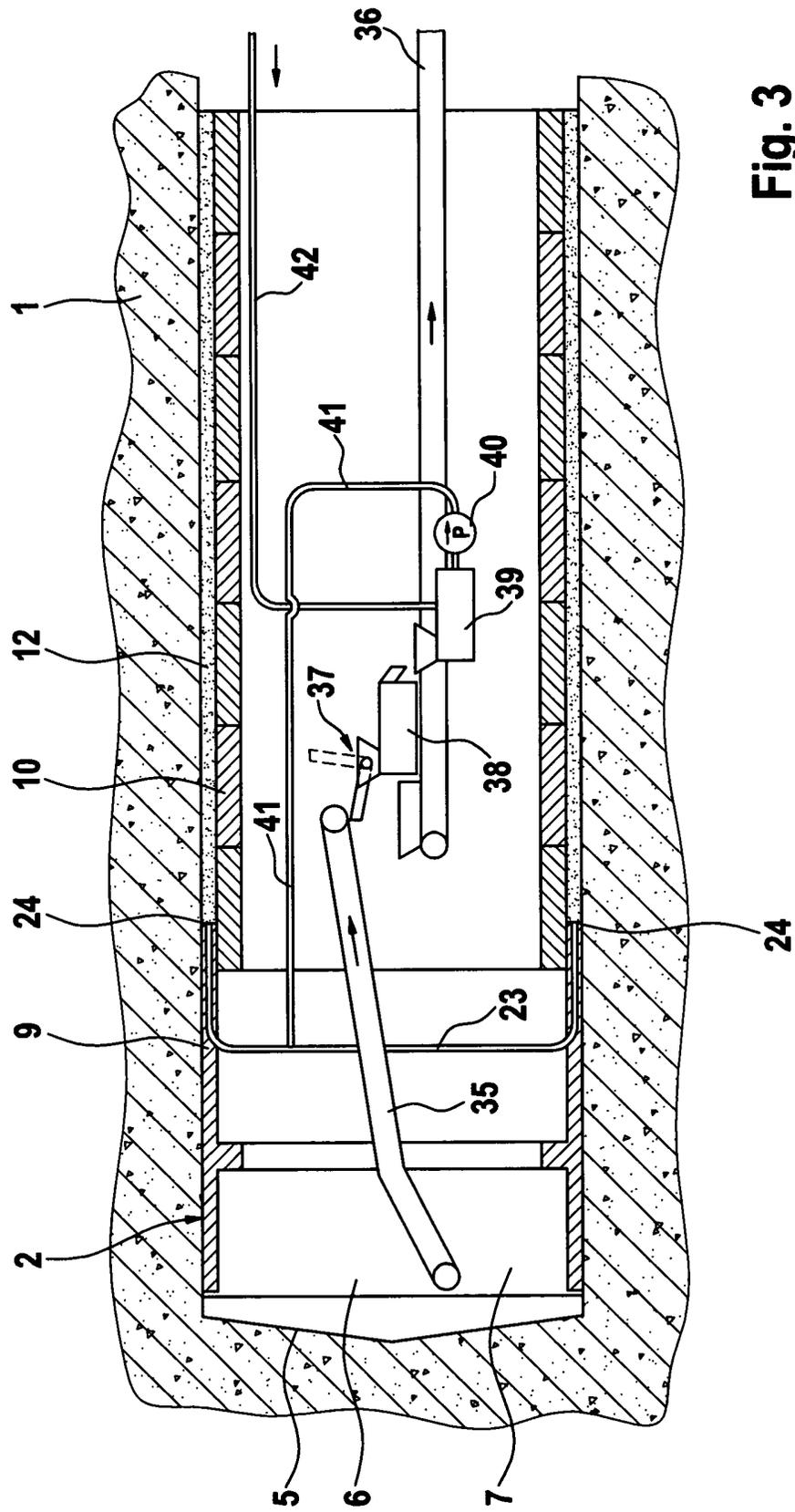


Fig. 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 931 909 A (HOLZMANN PHILIPP AG) 28. Juli 1999 (1999-07-28) * Absatz [0014] - Absatz [0015]; Anspruch 1; Abbildung 2 *	1	E21D11/00
A	----- US 3 561 223 A (TABOR JOHN R) 9. Februar 1971 (1971-02-09) * Spalte 5, Zeile 40 - Spalte 6, Zeile 10; Abbildung 9 *	1	
A	----- EP 0 897 050 A (I T M IND TUNNELBOUW METHODE C) 17. Februar 1999 (1999-02-17) * Anspruch 1 *	1	
A	----- DE 29 32 430 A (HOCHTIEF AG HOCH TIEFBAUTEN) 19. Februar 1981 (1981-02-19) * das ganze Dokument *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			E21D
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Januar 2005	Prüfer Stroemmen, H.
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 : mündliche 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	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P/4C03)

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

EP 04 02 8102

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

12-01-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0931909	A	28-07-1999	DE 19800963 A1	22-07-1999
			CZ 9900111 A3	11-08-1999
			EP 0931909 A1	28-07-1999
			JP 11315695 A	16-11-1999
			SG 79246 A1	20-03-2001

US 3561223	A	09-02-1971	US 3667808 A	06-06-1972

EP 0897050	A	17-02-1999	EP 0897050 A1	17-02-1999
			DE 69718461 D1	20-02-2003
			DE 69718461 T2	02-10-2003

DE 2932430	A	19-02-1981	DE 2932430 A1	19-02-1981

EPO FORM P0461

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