(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 899 422 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.11.2003 Patentblatt 2003/46

(51) Int Cl.[7]: **E21D 9/00**, E21D 9/06, E21D 9/08

(21) Anmeldenummer: **97810624.3**

(22) Anmeldetag: **02.09.1997**

(54) **Verfahren zur Erstellung eines Tunnels**

Method of constructing a tunnel

Procédé pour la construction d'un tunnel

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(73) Patentinhaber: **Bernasconi, Riccardo, Dr.**
7320 Sargans (CH)

(72) Erfinder: **Bernasconi, Riccardo, Dr.**
7320 Sargans (CH)

(74) Vertreter: **Riederer, Conrad A., Dr.**
c/o Riederer Hasler & Partner
Patentanwälte AG
Elestastrasse 8
Postfach
7310 Bad Ragaz (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 580 510
DE-A- 2 926 288
DE-C- 93 519
GB-A- 2 263 490
WO-A-92/22732
DE-C- 87 157
FR-A- 2 679 959
NL-A- 8 002 451

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 231 (M-0974), 16.Mai 1990 & JP 02 058697 A (KOMATSU LTD), 27.Februar 1990,**
- **BARBARA STACK: "handbook of mining and tunnelling machinery" 1966 , A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION , NEW YORK XP002053547 * Seite 413 - Seite 417 ***

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

EP 0 899 422 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erstellung eines begeh- und/oder befahrbaren Tunnels in einem Gebirge mit Wasserdruck gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Aus der EP-A-0 580 510 ist ein Verfahren zum Graben unter Tag und unter atmosphärischen Bedingungen bekannt. Bei dem Verfahren wird ein Bohrwerkzeug eingesetzt, bei welchem Schaum unter Druck durch eine Mehrheit von Injektionsmündungen eingespritzt wird, welche Injektionsmündungen in einer hinteren Trennwand einer Haufwerkskammer, vor und hinter einem Bohrschild, auf der Haufwerkräumungsschnecke und auf dem peripheren Schild angeordnet sind. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass eine schäumende Lösung und Luft bis ins Bohrwerkzeug befördert wird, und erst dort der besagte Schaum unter Druck erzeugt wird. Der Schaum wird dann unter Druck in die Haufwerkskammer, die Hohlwelle des Bohrkopfes, in die Haufwerkräumungsschnecke, oder unter Druck in Richtung der Außenseite durch den peripheren Schild eingespritzt. Das Generieren von Schaum kann an den einzelnen Stellen unabhängig voneinander gesteuert werden.

[0003] Aus der JP-A-02058697 ist bekannt, an einer Tunnelbohrmaschine eine Haufwerkskammer hinter dem Bohrkopf auszubilden. Diese Haufwerkskammer wird unter einen Wasserdruck gesetzt, der höher als der Wasserdruck des Grundes liegt. Dadurch wird die Front des Tunnels stabilisiert und das Haufwerk in einen sehr dichten Schlamm verwandelt, der nach rückwärts zwangsentleert werden kann.

[0004] Die Tunnelbohrmaschine gemäss der WO-A-92/22732 will Nachteile bekannter Tunnelbohrmaschinen überwinden. Die WO-A-92/22732 hat sich daher unter anderem zur Aufgabe gemacht, eine Tunnelbohrmachine vorzuschlagen, die für weichen Grund in "geschlossenem Modus" betrieben werden kann. Im geschlossenen Modus ist der Bohrkopf unter Druck gesetzt. Mit einem niedrigen Schlammfluss wird einer instabilen Tunnelfront vorgebeugt, indem ein Flüssigkeitsgleichgewicht geschaffen wird, das nicht auf ein hohes Rezirkulationsvolumen von Schlamm und nicht auf eine Separation von Haufwerk und Schlamm angewiesen ist. Ferner soll die Maschine rasch und einfach wechseln können zwischen einem Einsatz in "geschlossenem Modus" und einem solchen in "offenem Modus". In offenem Modus ist der Bohrkopf nicht unter Druck gesetzt und es wird standfester Grund durchgraben.

[0005] Die Tunnelbohrmaschine besitzt einen Rahmen und einen gegenüber dem Rahmen drehbaren Bohrkopf. Am Bohrkopf sind eine Mehrzahl von Bohrern angeordnet. Zwischen den Bohrern sind Haufwerksöffnungen ausgebildet, die mit einer Bohrkopfkammer verbunden sind. Haufwerkschaufeln in der Bohrkopfkammer laden das Haufwerk auf einen Förderer. In geschlossenem Modus kann die Maschine in einem Grund angewandt werden, in dem ein Wasserdruck von 1,5 bis 2 bar herrscht. In diesem Modus ist der unter Druck stehende Schlamm ein Mittel zur Stützung der Tunnelfront. Das Flüssigkeitsgleichgewicht, das zur Stützung der Tunnelfront benötigt wird, wird durch die Zugabe einer minimalen Menge Wassers zur Tunnelfront erreicht. Dadurch kann die Tunnelfront beherrscht, das Haufwerk verflüssigt und der Bohrkopfwiderstand reduziert werden.

[0006] In die Bohrkopfkammer reichen eine Förderschnecke und ein Förderband hinein. Für den geschlossen Modus ist das Förderband zurückziehbar. Die Bohrkopfkammer wird dann mittels einer Abschottung luft- und flüssigkeitsdicht gegenüber dem hinter dem Bohrkopf liegenden Stollen abgeschlossen. Die Förderschnecke besitzt einen Druckverschluss. Daher ist die Bohrkopfkammer unter Druck setzbar.

[0007] Mit derartigen Maschinen sind im Grund vorliegende Wasserdrücke bis etwa 2x 10^5Pa bewältigbar.

[0008] Wasserdrücke, insbesondere hohe Wasserdrücke, wie sie z.B. auf dem Niveau des projektierten Gotthard-Basistunnels in der Pioramulde in der Höhe von ca. 130 x 10^5 Pa erwartet werden, stellen den Tunnelbau vor grosse Probleme. Dies gilt umso mehr, wenn das Gebirge wie im angeführten Beispiel schlecht verdichtbar ist und eine niedrige Standfestigkeit aufweist. Der Wasserdruck stellt eine riesige Bedrohung für die Bergarbeiter dar, da ein Einbruch von Wasser allenfalls sehr rasch den Stollen unter Wasser setzen kann. Ein Absenken des Wasserdruckes zur Verminderung dieser Gefahr kann je nach Durchlässigkeit der problematischen Gebirgszone sehr schwierig sein und.stellt einen riesigen Eingriff in das natürliche hydraulische Gleichgewicht des Gebirges dar, dessen Auswirkungen unabschätzbar sind.

[0009] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der erwähnten Gattung bereitzustellen, bei welchem die Gefahr für die Bergarbeiter und der Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt des Gebirges möglichst klein gehalten werden kann.

[0010] Erfindungsgemäss wird dies mit einem Verfahren gemäss Patentanspruch 1 erreicht. Es wird dazu ein unter Druck stehender Stollen und zwischen dem unter Druck stehenden Stollen und dem atmosphärischen Bereich mittels drucksicheren Toren wenigstens eine Schleuse eingerichtet. Notwendigerweise geschieht die Versorgung und Entsorgung der Baustelle im Hochdruckbereich von einem atmosphärischen Bereich aus. Die Schleuse ermöglicht den Transport von Material vom atmosphärischen Bereich in den Hochdruckbereich und umgekehrt. Der Abbau und der Abtransport des Gesteins sowie die Abdichtung des Stollens wird unter einem etwa dem Wasserdruck des Gebirges entsprechenden Gegendruck im Stollen ausgeführt. Dadurch bleibt der Wasserdruck im Gebirge unangetastet und dadurch auch der Wasserhaushalt im Wesentlichen unverändert. Die Gefahr eines Wassereinbruches in den Stollen ist verkleinert und das Ausmass des daraus

entstehenden Schadens in Grenzen gehalten. Wenn der Gegendruck in einer den Stollen weitgehend ausfüllenden Flüssigkeit, insbesondere Wasser, aufgebaut wird, ist die Gefahr des Wassereinbruches gänzlich gebannt, zumal der hydraulische Druck neutralisiert ist. Der Stollen muss deshalb in der Vortriebsphase auch nicht abgedichtet sein. Dadurch kann die Abdichtung des Stollens vom Vortriebstollen aus, und daher unter günstigen räumlichen Bedingungen geschehen. Je höher der Wasserdrucks des Gebirges ist, desto mehr ist der Druckaufbau in einer Flüssigkeit einem Luftdruck vorzuziehen.

[0011] Während der Vortriebsphase genügt es grundsätzlich eine Felssicherung vorzunehmen bzw. Massnahmen zu treffen, um den auszugleichenden lithostatischen Druck aufzunehmen. Zu diesem Zweck kann eine erste Tunnelröhre, z.B. ein Tübing-Aussenring, unter Hochdruckverhältnissen eingebaut werden, um kontinuierlich mit dem Vortrieb den Stollen zu sichern.

[0012] Vorteilhaft wird der Stollen unter Hochdruckverhältnissen abgedichtet. Dies geschieht zweckmässigerweise durch einen entsprechend dem hydrostatischen Druck dimensionierten Stollen-Innenring. Dieser kann z.B. aus Pumpbeton innerhalb der ersten, den lithostatischen Druck aufnehmenden Tunnelröhre erstellt werden.

[0013] Vorteilhaft wird der Gegendruck im Stollen höher als der Wasserdruck im problematischen Gebirge ausgelegt, um ein Einströmen von Bergwasser zu verhindern. Dadurch wird verhindert, dass das Bergwasser Gebirgsmaterial in den Stollen schwemmt und Trübungen werden gegen die Stollenwände und daher aus dem Gesichtsfeld geschwemmt.

[0014] Vorteilhaft wird die den Stollen ausfüllende Flüssigkeit in einem Kreislauf geführt, um sie von Trübungen zu reinigen. Zweckmässigerweise wird der Rücklauf der zirkulierenden Flüssigkeit von trübenden Verunreinigungen gereinigt und die gereinigte Flüssigkeit wieder in den Stollen gepumpt. Vorteilhaft geschieht die Reinigung der Flüssigkeit in atmosphärischer Umgebung und wird die gereinigte Flüssigkeit mittels Hochdruckpumpen in den Stollen gepumpt. Dadurch kann der anfallende Schlamm unter atmosphärischen Bedingungen entsorgt werden. Auch das Beigeben von Zusätzen wie Flockungsmittel zum Ausfällen von Trübungen oder Dichtungsmittel zum Abdichten des Stollens kann unter atmosphärischen Bedingungen ausgeführt werden.

[0015] Vorteilhaft geschieht die Steuerung und Überwachung der Bauarbeiten im Hochdruckbereich von einem atmosphärischen Bereich aus und wird im Hochdruckbereich mit ferngesteuerten Geräten und Maschinen gearbeitet, um die Risiken für die Bergleute möglichst gering zu halten.

[0016] Zweckmässigerweise wird in standfestem Gebirge im Stollen die Schleuse (oder die Schleusen) erstellt, der Stollenstumpf jenseits der Schleuse unter Druck gesetzt und anschliessend der Stollen vom standfesten Gebirge aus in die Wasserdruck aufweisende, problematische Gebirgszone vorgetrieben. Dadurch wird der Stollenvortrieb in die Wasserdruck führende problematische Gebirgszone im Schutz des standfesten Gebirges unter atmosphärischen Bedingungen vorbereitet und der Anstich der problematischen Gebirgszone bereits mit einem Gegendruck im Stollen ausgeführt.

[0017] Vorteilhaft wird das abgebaute Gestein im Hochdruckbereich zerkleinert und über Rohrleitungen in den atmosphärischen Bereich transportiert. Dadurch müssen für den Materialabtransport die Schleusen nicht betätigt werden und das Druckgefälle kann ausgenutzt werden, um die Beförderung des abzutransportierenden Materials zu unterstützen.

[0018] Zweckmässigerweise wird die erste Tunnelröhre während dem Vortrieb aus Rohrstücken aufgebaut, welche aus mehreren Teilen, sogenannten Tübingelementen, zusammensetzbar sind. Dieses Verfahren ermöglicht in bewährter Weise den Aufbau der Tunnelröhre aus vorfabrizierten Rohrstücken, welche von hinten durch die aufgebaute Tunnelröhre hindurch an das vordere Ende der Tunnelröhre transportiert werden.

[0019] Vorteilhaft wird der Flüssigkeit ein Flockungsmittel beigefügt, um Trübungen möglichst rasch auszuflocken und eine hohe Transparenz der Flüssigkeit zu erreichen. Dadurch wird die optische Überwachung der Arbeiten weniger behindert.

[0020] Vorteilhaft wird die Flüssigkeit in einem Stollenstück unterkühlt und dadurch vereist, um den unter Druck stehenden Stollen in der problematischen Gebirgszone vom gesicherten und unter atmosphärischen Bedingungen betretbaren Stollenbereich zu trennen. Dadurch besteht die Möglichkeit, den Hochdruckbereich mit Mitteln abzusperren, welche keine mechanische Betriebstauglichkeit der Tore verlangt. Es können dadurch die Tore insgesamt überholt oder sogar neu eingerichtet werden.

[0021] Vorteilhaft wird zum Entleeren der Schleuse die Flussigkeit aus der Schleuse in einen entsprechend grossen Raum gepumpt oder gelassen, und zum Füllen der Schleuse die Flüssigkeit aus dem Raum in die Schleuse gelassen oder gepumpt. Dadurch muss einerseits beim Entleeren der Schleuse die beträchtliche Menge an Flüssigkeit nicht abgeführt werden, andererseits muss die Schleuse beim Füllen nicht durch die Hochdruckpumpen gefüllt werden. Es kann dadurch Flüssigkeit, Zeit und Energie gespart werden.

[0022] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. Es zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Tunnels in einem Vertikalschnitt,
- Fig. 2 schematische Darstellung von zwei parallelen Tunneln im Grundriss,
- Fig. 3 einen Schnitt durch eine fertige Tunnelröhre.

[0023] In der Figur 1 ist ein Tunnelabschnitt in einem schematischen Schnitt dargestellt. Mit 11 ist das standfeste Gebirge bezeichnet, von welchem aus ein Stollen 13 in die problematische Gebirgszone 15 mit hohem Wasserdruck vorgetrieben wird. Der Stollen 13 weist drei Bereiche auf: den atmosphärischen Bereich 17, den Schleusenbereich 19 und den Hochdruckbereich 21. Der Hochdruckbereich 21 ist teils im standfesten Gebirge 11, teils in der problematischen Gebirgszone 15 und wird mit dem Vortrieb des Stollens 13 vergrössert. Zwischen den einzelnen Bereichen 17,19,21 sind drucksichere Panzertore 23, 23' angeordnet. Der atmosphärische Bereich 17 ist bergmännisch begehbar. Der Hochdruckbereich 21 hingegen ist mit Wasser 25 gefüllt. Die Schleuse 26 ist zwischen den Toren 23 und 23' halb mit Wasser 25 gefüllt dargestellt. Der Schleusenbereich 19 ist mit Wasser 25 füllbar und unter Druck setzbar, um ihn gegen den Hochdruckbereich 21 öffnen zu können. Der Schleusenbereich 19 ist aber auch entleerbar und der Druck im Schleusenbereich 19 ausgleichbar, um ihn gegen den atmosphärischen Bereich 17 öffnen zu können.

[0024] Im atmosphärischen Bereich sind die unterstützenden Einrichtungen wie Energieversorgung 27, Steuerung und Überwachung 29 und Reinigungsbehälter 31,31' für das Wasser 25 untergebracht. Diese sind daher jederzeit unter gewöhnlichen bergmännischen Bedingungen bedienbar.

[0025] Das Wasser 25 ist in einem Kreislauf 32 geführt. Der Wasserkreislauf 32 kann einen Hochdruckbereich 32' auf der Vortriebseite des Stollens 13 und einen Bereich 32" mit niedrigerem Druck im atmosphärischen Bereich des Stollens 13 aufweisen. Der Wasserdruck im Hochdruckbereich wird durch Hochdruckpumpen 33 aufgebaut. Diese pumpen das Wasser 25 über die Leitung 35 in den unter Wasserdruck stehenden Stollenbereich 21. Über die Leitung 39 fliesst Wasser 25 vom Hochdruckbereich 21 zurück in den atmosphärischen Bereich 17. Mit einem Ventil 41 wird der Druck allenfalls reduziert. Dieses zurückfliessende Wasser 25 weist Verunreinigungen auf, welche in den Absetz- oder Reinigungsbehältern 31, 31' gereinigt werden. An den Kreislauf 32 ist eine Frischwasser-Zuleitung 43 angeschlossen, um einen allfälligen Wasserverlust auszugleichen. Das Frischwasser wird mit einer nicht dargestellten Pumpe in den Kreislauf eingepumpt.

[0026] Zum Füllen der Schleuse 26 wird mit einer Pumpe 42 Wasser 25 aus einer Kammer 44, welche das Wasser 25 des Schleusenbereiches 19 fasst, über die Leitung 45 in diesen Bereich eingefüllt. Die Luft aus der Schleuse 26 entweicht über die Leitung 46 in die Kammer 44. Wenn die Schleuse 26 mit Wasser gefüllt ist, werden die Ventile 48,48' geschlossen. Mit den Hochdruckpumpen 33 wird die Schleuse 26 unter Druck gesetzt bis dieser dem Druck im Hochdruckbereich 21 entspricht. Dann kann das Tor 23' zwischen der Schleuse 26 und dem Hochdruckbereich 21 geöffnet werden, um Güter vom Schleusenbereich 19 in den Hochdruckbereich 21, bzw. aus dem Hochdruckbereich 21 in den Schleusenbereich 19 zu verschieben. Beispielsweise können die mit Tübingelementen beladenen Wägelchen 47 im Schleusenbereich 19 mit den leeren Wägelchen 47' im Hochdruckbereich 21 vertauscht werden.

[0027] Über die Vorlaufleitung 49 und die Rücklaufleitung 51 ist der Kreislauf 32 auch im Schleusenbereich 19 geschlossen. Das Ventil 53 reduziert den Wasserdruck der Rücklaufleitung 51 zu den Reinigungsbehältern 31, 31' hin und die Pumpen 33 bauen den Druck im schleusenseitigen Hochdruckbereich 32' des Kreislaufs 32 auf. Der Druck kann auch über eine mit einem Ventil verschliessbare Verbindungsleitung zwischen dem Hochdruckbereich 21 und dem Schleusenbereich 19 aufgebaut werden.

[0028] Zum Entleeren des Schleusenbereiches 19 wird dieser vom Kreislauf 32 durch schliessen der Ventile 53 und 55 abgetrennt. Der Druck wird über das Ventil 53 abgebaut. Hat sich Normaldruck eingestellt, werden die Ventile 48,48' zur Kammer 44 geöffnet. Das Wasser 25 wird in die Kammer 44 gepumpt und die Luft strömt aus der Kammer 44 in die Schleuse 26. Nun kann das Tor 23 zwischen dem atmosphärischen Bereich 17 und dem Schleusenbereich 19 geöffnet werden und ein Austausch von Gütern stattfinden.

[0029] Zur Sicherheit ist ein Tor 23" (gestrichelt eingezeichnet) im Hochdruckbereich 21 vorgesehen. Sollte eines der Tore 23, 23' versagen, kann mit dem Tor 23" das defekte Tor ersetzt und der Schleusenbereich 19 zwischen die Tore 23' und 23" verlegt bzw. auf den Bereich zwischen den Toren 23 und 23" erweitert werden. Dazu müssen allerdings auch die notwendigen Anschlüsse für die Bewirtschaftung mit Wasser 25, die Energieversorgung und die Steuerung in den entsprechenden Bereichen vorgesehen sein, welche in der Figur 1 nicht dargestellt sind.

[0030] Um das Druckgefälle, welches ein Tor 23,23', 23" aufzunehmen hat, zu verringern, kann auch eine Serie von Schleusen hintereinander angeordnet werden. In einer solchen Reihe von Schleusen muss nur die vom atmosphärischen Bereich her erste Schleuse 26 entleert werden können. Der Druckausgleich zwischen den Schleusen geschieht über Ventile, mit welchen Wasser 25 von der Hochdruckseite zur Niederdruckseite eines Tores 23,23',23"... durchgelassen wird.

[0031] Im Hochdruckbereich 21 herrscht gegenüber dem Wasserdruck in der problematischen Gebirgszone 15 ein leichter Überdruck. Wasser 25 dringt daher ständig vom Hochdruckbereich 21 in die problematische Gebirgszone 15 und wird durch die Frischwasserzufuhr über die Leitung 43 mittels der Hochdruckpumpen 33 dem Hochdruckbereich 21 des Stollens 13 wieder zugeführt. Durch den Wasserverlust an der Stollenfront 61 entsteht ein leichter Fluss Richtung problematisches Gestein 15, welcher Trübungen 63, welche beim Abbau des Gesteins 15 unvermeidlich entstehen, gegen die Stollenfront 61 schwemmen. Je nach Umfang dieser Strömung kann dadurch das Wasser 25 im Stollen ge-

nügend klar bleiben, um eine ausreichende Sicht an die Stollenfront 61 zu erlauben. Zudem entsteht je nach den Verhältnissen ein leichter Strömungsdruck, welcher sich günstig gegen Niederbrüche auswirkt. Mit den Hochdruckpumpen 33 und dem Ventil 41 kann jedoch zusätzlich eine Strömung im Kreislauf 32 eingestellt werden. Das Frischwasser wird dann nahe der Stollenfront 61 dem Stollen 13 zugeleitet, um das benötigte Gesichtsfeld 65 mit transparentem, gereinigtem Wasser 25 zu bestücken und das getrübte Wasser 25 aus dem Gesichtsfeld 65 wegzudrängen. Getrübtes Wasser 25 strömt daher der Rücklaufleitung 39 zu und wird in den Reinigungsbehältern 31,31' gereinigt. Der in den Reinigungsbehältern 31, 31' anfallende Schlamm 67 kann über Ventile 69,69' abgelassen und entsorgt werden.

[0032] Der Vortrieb des Tunnels, d.h. der Abbau des Gesteins 11,15 und der Einbau von Tunnelrohrstücken 71 kann in bewährter Weise geschehen. Jedoch ist bei der Konstruktion der Maschinen Unterseeboot-Technologie anzuwenden, damit sie dem Wasserdruck standhalten. Zudem sind die im Hochdruckbereich 21 eingesetzten Maschinen, wie die Bohrmaschine 73, die Transporteinrichtungen 47,47', die Versetzmaschine für die Tunnelrohre und Bohr- und Injektionsmaschinen (nicht eingezeichnet), ferngesteuert, um die Notwendigkeit des Aufenthalts von Menschen im Hochdruckbereich 21 zu vermeiden. Die Steuerung der Maschinen 73,47,47' geschieht vom atmosphärischen Bereich aus. Viele Abläufe sind durch einen Rechner in der Maschine 73,47,47' robotermässig steuerbar und müssen lediglich von einer Zentrale 29 aus überwacht werden. Von der Zentrale 29 aus kann die Maschine 73,47,47' jedoch auch gezielt gesteuert und korrigiert werden. Dazu ist eine gute Sicht im Hochdruckbereich 21 von Vorteil. Videokameras 75 auf der Bohrmaschine 73 nehmen die Umgebung auf. Ihre Bilder werden über eine Leitung 77 an die Zentrale 29 übermittelt. Die Informationen und Steuerbefehle können z.B. auch über Funk oder andere elektromagnetische Wellen übermittelt werden. Zur Bekämpfung der Trübung 63 des Wassers 25 ist diesem ein Flockungsmittel zugesetzt. Die Überwachung der Vorgänge im Hochdruckbereich 29 kann z.B. auch mittels Echolot- oder Radartechnik geschehen, um auch bei stärkeren Trübungen 63 arbeiten zu können.

[0033] Figur 2 zeigt einen schematischen Grundriss einer möglichen Anordnung von zwei parallel geführten Stollen 13' und 13". Der Stollen 13' endet innerhalb des standfesten Gebirges 11, der Stollen 13" ist bis in die problematische Gebirgszone 15 vorgetrieben. Beide Stollen 13',13" weisen einen atmosphärischen Bereich 17, einen Schleusenbereich 19 und einen Hochdruckbereich 21 auf, wobei beim Stollen 13' der Hochdruckbereich 21 nicht unter Druck steht, sondern gegen den atmosphärischen Bereich offen ist. Die atmosphärischen Bereiche 17 beider Stollen 13',13" sind über einen Verbindungsstollen 79 verbunden. An diesem Verbindungsstollen 79 und zwischen den beiden Stollen 13',13" ist eine Kaverne 80 für die technische Unterstützung angegliedert. In dieser Kaverne 80 sind beispielsweise die Energieversorgung 27, die Zentrale 29 zur Überwachung und Steuerung der Maschinen, die Reinigungsbehälter 31,31' und weitere von Menschen zu bedienende Geräte zur Unterstützung der Bauarbeiten im Hochdruckbereich 21 und des Transportes durch den Schleusenbereich 19 untergebracht.

[0034] Im Stollen 13' ist vom atmosphärischen Bereich 17 mit einem Schiebetor 81 der Schleusenbereich 19 abtrennbar. Der Schleusenbereich 19 ist mit einem Schiebetor 85 gegen den Hochdruckbereich 21 abschottbar. Der Schleusenbereich 19 ist mit einem Schiebetor 87 in zwei Schleusen 83 und 89 unterteilbar. Die zweite Schleuse 89 ist mit einem Seitenstollen 97 grösser ausgelegt als die Schleuse 83, um ein grösseres Transportvolumen mit einer Schleusenfullung bewältigen zu können und um genügend Platz für Rangiermanover zu bieten. Die Längen der Schleusen 83,89 sind wenigstens dazu geeignet, die Tunnelbohrmaschine 73' bzw. die längste notwendige Maschine aufzunehmen. Im Hochdruckbereich 21 ist im Vortriebstollen 91 eine Vereisungszone 93 mit Kühlleitungen 95 ausgerüstet. Der Hochdruckbereich 21 ist mit einem Seitenstollen 99 versehen, um Platz zum Abstellen einer Rettungsmaschine 101 zum Zurückziehen einer defekten Maschine und/oder zum Abstellen von anderen Maschinen zu bieten.

[0035] Da der Stollen 13' nicht in die problematische Gebirgszone vorgetrieben ist, steht er noch nicht unter dem Einfluss des dort herrschenden hohen Wasserdruckes. Der standfeste Fels 11 schützt den Stollen 13' vor dem Wasserdruck. Deshalb können die Tore 81, 85, 87 wie eingezeichnet offen stehen und auch im Hochdruckbereich 21 atmosphärische Bedingungen herrschen.

[0036] Der Stollen 13" weist den identischen Aufbau wie der Stollen 13' auf. Mit drei Toren 81',87',85' sind zwei Schleusen 83',89' zwischen dem atmosphärischen Bereich 17 und dem Hochdruckbereich 21 gebildet. Die zweite Schleuse 89' weist einen Seitenstollen 97' auf. Auch der Vortriebstollen 91' weist einen Seitenstollen 99' auf. Im Unterschied zum Stollen 13' ist der Stollen 13" bis in die problematische Gebirgszone 15 vorgetrieben. Deshalb muss wenigstens eines der Tore 81',87', 85' geschlossen und der Hochdruckbereich 21 mit Wasser 25 gefüllt sein. In der schematischen Darstellung der Figur 2 sind die Tore 81' und 87' vor und nach der Schleuse 83' geschlossen. Die Schleuse 83' kann in diesem Zustand gefüllt oder entleert werden. Das Wasser zum Füllen der Schleuse 83 im Stollen 13' ist dasselbe wie das Wasser zum Füllen der Schleuse 83' im Stollen 13", d.h. es füllt entweder die Schleuse 83 oder die Schleuse 83'. Die Aufgabe der Kammer 44 von Figur 1 erfüllt für die Schleuse 83 im Stollen 13' die entsprechende Schleuse 83' im benachbarten Stollen 13" und umgekehrt. Zu diesem Zweck sind sie miteinander über entsprechende, nicht eingezeichnete Leitungen verbindbar. Ebenso sind die Schleusen 89 und 89' mitein-

ander verbindbar, um einen Luft bzw. Wasseraustausch vornehmen zu können.

[0037] Die Tore 85 und 85' sind für den Normalbetrieb nicht notwendig. Sie sind einerseits Sicherheitsvorkehrungen, andererseits ermöglichen Sie die Bildung unterschiedlich grosser Schleusen 83,89;83',89'. Diese Grössenunterschiede ermöglichen einen rationellen Betrieb der Schleusen 83,89,83',89', da meist nur das kleinere Volumen der Schleuse 83,83' entleert und gefüllt werden muss und nur in Ausnahmefällen die grossen Schleusen 89,89' betrieben werden müssen.

[0038] Eine weitere Sicherheitsvorkehrung sind die Kühlleitungen 95,95' in den Vereisungsbereichen 93,93'. In kritischen Situationen steht durch diese Vorkehrung ein weiterer, nicht mechanischer Verschluss der Stollen 13',13" zur Verfügung. Dieser Verschluss des Stollens 13', 13" durch Vereisen des Vereisungsbereichs 93,93' ermöglicht z.B. bei Verschüttung des Schleusenbereiches 19 eine Reparatur der Schleusen 83,83',89,89' und der Schleusentore 81,87,85,81',87', 85'.

[0039] Der Vortriebstollen 91' ist im Bereich der problematischen Gebirgszone 15 mit vorfabrizierten Rohrelementen 71' ausgekleidet. Diese sind entsprechend dem Gesteinsdruck ausgelegt und sichern den Stollen 13" vor Felseinbruchen.

[0040] Um die aus den Rohrelementen 71' aufgebaute Tunnelröhre 104 herum wird bei Bedarf ein verstärkender und dichtender Mantel 105 erstellt. Dank dem der Stollen 13" von Anfang an in der definitiven Grösse erstellt ist, steht für die dazu notwendigen Bohr- und Injektionsarbeiten viel Platz zur Verfügung. Die Bohr- bzw. Injektionsmaschinen 107 können deshalb in einem grossen Winkel zur Tunnelachse arbeiten, was die notwendige Bohrlänge verkürzt.

[0041] In der Figur 3 ist das fertige Tunnel in einem Schnitt dargestellt. Die erste Tunnelröhre 104 wurde aus Tübingringen 71' wahrend dem Vortrieb zusammengestellt. Dieser bildet eine temporäre Stützung des Gebirges 15. Darin wurde anschliessend unter Hochdruckverhältnissen der Innenring 108 aus Pumpbeton eingebaut, welcher dem Wasserdruck standhält, auch wenn die Tunnelröhre gegen den atmosphärischen Bereich geöffnet ist. Die Dichtung geschieht z.B. mit einer Dichtungsbahn zwischen Tübing und Innenring.

[0042] Nach Durchstossen des Stollens 13" und Fertigstellen der Tunnelröhren 104 und 108 werden die Maschinen aus der Tunnelröhre 108 in der problematischen Gebirgszone 15 entfernt und der Druck im Tunnel wird langsam und kontrolliert abgebaut. Veränderungen in der Tunnelröhre 108 werden überwacht. Bei Wassereinbrüchen kann sofort der Druck wieder angehoben, der Schaden danach unter Hochdruckverhältnissen behoben und die lecke Stelle verstärkt und gedichtet werden. Nach erfolgreichem Abbau des Druckes in der Tunnelröhre 108 kann unter atmosphärischen Bedingungen der Endausbau beginnen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erstellung eines begeh- und/oder befahrbaren Tunnels in einem Gebirge (15) mit Wasserdruck, bei welchem Verfahren durch maschinellen Abbau von Gestein unter Tag ein Stollen (13,13', 13") vorgetrieben, das abgebaute Gestein abtransportiert und der Stollen (13,13',13") gegen den Wasserdruck abgedichtet wird, beidem ein Hochdruckbereich (21) und ein atmosphärischer Bereich (17) des Stollens und zwischen dem Hochdruckbereich (21) und dem atmosphärischen Bereich (17) mittels drucksicheren Toren (23,23',23";81,87,85; 81',87',85') wenigstens eine Schleuse eingerichtet werden, der Hochdruckbereich unter einen etwa dem Wasserdruck des Gebirges (15) entsprechenden Gegendruck gesetzt wird, und bei dem der Abbau und der Abtransport des Gesteins (15) unter einem etwa dem Wasserdruck des Gebirges (15) entsprechenden Gegendruck geschieht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abdichtung des Stollens (13,13',13") unter einem etwa dem Wasserdruck des Gebirges (15) entsprechenden Gegendruck im Stollen (13,13',13") ausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in standfestem Gebirge (11) im Stollen (13,13',13") die Schleuse (26) oder die Schleusen (83,89;83',89') erstellt werden, ein Stollenstumpf (91;91') jenseits der Schleuse (26;83,89; 83',89') unter Druck gesetzt wird und anschliessend der Stollen (13,13',13") vom standfesten Gebirge (11) in das Wasserdruck aufweisende Gebirge (15) vorgetrieben wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendruck in einer den Stollen (13,13',13") weitgehend ausfüllenden Flüssigkeit, insbesondere Wasser (25), aufgebaut wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gegendruck im Stollen (13,13',13") höher als der Wasserdruck im Gebirge (15) ausgelegt wird.

5. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Tunnelröhre (104) unter Hochdruckverhältnissen eingebaut wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stollen (13,13', 13") unter Hochdruckverhältnissen abgedichtet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abdichtung des Stollens

(13,13',13") mit einem entsprechend dem hydrostatischen Druck dimensionierten Innenring (108) geschieht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (25) in einem Kreislauf (32) geführt wird, um sie von trübenden Verunreinigungen (63) zu reinigen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reinigung der Flüssigkeit (25) in atmosphärischer Umgebung (17) geschieht und die gereinigte Flüssigkeit (25) mittels Hochdruckpumpen (33) in den Stollen (13) gepumpt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Steuerung und Überwachung (29) der Bauarbeiten im Hochdruckbereich (21) vom atmosphärischen Bereich (17) aus geschieht und im Hochdruckbereich (21) mit ferngesteuerten Geräten und Maschinen (47,47', 73,73',73",101,107) gearbeitet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das abgebaute Gestein (11,15) im Hochdruckbereich (21) zerkleinert und über Rohrleitungen in den atmosphärischen Bereich (17) transportiert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Tunnelröhre (104) aus Rohrstücken (71'), welche aus mehreren Teilen zusammensetzbar sind, aufgebaut wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flüssigkeit (25) ein Flockungsmittel beigefügt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (25) in einem Stollenstück (93,93') unterkühlt und dadurch vereist wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Entleeren der Schleuse (26;83;89;83';89') die Flüssigkeit (25) aus der Schleuse (26;83;89;83';89') in einen entsprechend grossen Raum (44;83';89';83;89) gepumpt oder gelassen wird, und zum Füllen der Schleuse (26;83;89;83';89') die Flüssigkeit (25) aus dem Raum (44;83';89';83;89) in die Schleuse (26;83;89;83';89') gelassen oder gepumpt wird.

Claims

1. A method for constructing a tunnel in a formation (15) under hydraulic pressure, through which tunnel it is possible to walk and/or to drive, which method comprises the steps of driving an underground gallery (13,13',13") by mechanical rock excavation, removing of the excavated rock and sealing the gallery (13,13',13") against the hydraulic pressure, the method further comprising the steps of installing a high pressure zone (21) and an atmospheric zone (17) and of a lock between the high pressure zone (21) and the atmospheric zone (17) secured by pressure tight gates (23,23',23";81,87,85;81',87', 85'), and setting the high pressure zone under a pressure corresponding approximately to the hydraulic pressure of the formation (15), wherein the excavation and removing of the rock (15) is realized under a back-pressure corresponding approximately to the hydraulic pressure of the formation (15),
characterized in that the gallery is sealed under a back-pressure in the gallery corresponding approximately to the hydraulic pressure of the formation (15).

2. The method according to claim 1, **characterized in that** it comprises the steps of: constructing the lock (26) or the locks (83,89;83', 89') within the gallery (13,13',13") in a stable formation (11), pressurizing a gallery stub on a far side of the lock, and then performing the step of driving the gallery from the stable formation into the formation subject to hydraulic pressure.

3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the back-pressure is built up in a fluid, especially water (25), largely filling the gallery (13, 13', 13").

4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the back-pressure in the gallery (13, 13', 13") is made higher than the hydraulic pressure in the formation (15).

5. The method according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** a first tunnel lining (104) is built in under high-pressure conditions.

6. The method according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** the gallery (13, 13', 13") is sealed under high-pressure conditions.

7. The method according to claim 6, **characterized in that** the gallery (13, 13', 13") is sealed with an internal ring (108) dimensioned to match the hydrostatic pressure.

8. The method according to one of claims 3 to 7, **characterized in that** the fluid (25) is circulated in a loop (32) in order to clean it of turbidity-causing contaminants (63).

9. The method according to claim 8, **characterized in that** the fluid (25) is cleaned in an atmospheric environment (17) and the cleaned fluid (25) is pumped into the gallery (13) by high-pressure pumps (33).

10. The method according to one of claims 1 to 9, **characterized in that** control and monitoring (29) of the construction tasks in the high-pressure zone (21) take place from the atmospheric zone (17), and any work in the high-pressure zone (21) is performed with remote-controlled apparatus and machinery (47, 47', 73, 73', 73", 101, 107).

11. The method according to one of claims 1 to 10, **characterized in that** the excavated rock (11, 15) is crushed in the high-pressure zone (21) and transported via pipelines to the atmospheric zone (17).

12. The method according to one of claims 5 to 11, **characterized in that** the first tunnel lining (104) is constructed from lining segments (71') assembled from a plurality of parts.

13. A method according to one of claims 3 to 12, **characterized in that** at least one of a flocculant and a sealant is added to the fluid (25).

14. A method according to one of claims 3 to 13, **characterized in that** it comprises the step of refrigerating said fluid to freeze it in a gallery segment.

15. A method according to one of claims 1 to 14, **characterized in that** the fluid (25) from the lock (26; 83; 89; 83'; 89') is pumped or drained into a chamber (44; 83'; 89'; 83; 89) of suitable size in order to evacuate the lock (26; 83; 89; 83'; 89'), and the fluid (25) from the chamber (44; 83'; 89'; 83; 89) is drained or pumped into the lock (26; 83; 89; 83'; 89') in order to fill the lock (26; 83; 89; 83'; 89').

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un tunnel pouvant être emprunté à pied et/ou carrossable dans un massif rocheux (15) avec pression d'eau, procédé pour lequel une galerie (13, 13', 13") est creusée par abattage mécanique de roches sous terre, les roches abattues sont évacuées par transport et la galerie (13, 13', 13") est étanchéfiée contre la pression de l'eau, pour lequel est aménagées une zone de haute pression (21) et une zone atmosphérique (17) de la galerie et au moins une écluse entre la zone de haute pression (21) et la zone atmosphérique (17) au moyen de portes résistantes à la pression (23, 23', 23" ; 81, 87, 85 ; 81', 87', 85'), la zone de haute pression étant mise à une contre-pression qui correspond approximativement à la pression de l'eau du massif rocheux (15), et pour lequel l'abattage et l'évacuation des roches (15) par transport se fait à une contre-pression qui correspond approximativement à la pression de l'eau du massif rocheux (15), **caractérisé en ce que** l'étanchéification de la galerie (13, 13', 13") est réalisée à une contre-pression dans la galerie (13, 13', 13") qui correspond approximativement à la pression de l'eau du massif rocheux (15).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'écluse (26) ou les écluses (83, 89 ; 83', 89') sont fabriquées dans la roche solide (11) dans la galerie (13, 13', 13"), un tronçon de galerie (91, 91') est mis sous pression au-delà de l'écluse (26 ; 83, 89 ; 83', 89') et ensuite la galerie (13, 13', 13") est creusée à partir de la roche solide (11) dans le massif rocheux (15) présentant la pression de l'eau (15).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la contre-pression est constituée dans un liquide qui remplit en grande partie la galerie (13, 13', 13"), en particulier dans de l'eau (25).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la contre-pression dans la galerie (13, 13', 13") est dimensionnée supérieure à la pression de l'eau dans le massif rocheux (15).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**un premier boyau de tunnel (104) est posé dans des conditions de haute pression.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la galerie (13, 13', 13") est étanchéifiée dans des conditions de haute pression.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'étanchéification de la galerie (13, 13', 13") se fait avec un anneau intérieur (108) dimensionné selon la pression hydrostatique.

8. Procédé selon l'une des revendications 3 à 7, **caractérisé en ce que** le liquide (25) est guidé dans un circuit (32) pour le nettoyer des impuretés (63) qui le troublent.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le nettoyage du liquide (25) se fait en milieu atmosphérique (17) et le liquide nettoyé (25) est pompé dans la galerie (13) au moyen de pompes haute pression (33).

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la commande et le contrôle

(29) des travaux de construction se fait dans la zone à haute pression (21) à partir de la zone atmosphérique (17) et que l'on travaille dans la zone à haute pression (21) avec des appareils et des machines télécommandées (47, 47', 73, 73', 73", 101, 107).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** les roches abattues (11, 15) sont broyées dans la zone à haute pression et sont transportées dans la zone atmosphérique (17) par des tuyauteries.

12. Procédé selon l'une des revendications 5 à 11, **caractérisé en ce que** le premier boyau du tunnel (104) est constitué par des morceaux de tube (71') qui peuvent être assemblés à partir de plusieurs parties.

13. Procédé selon l'une des revendications 3 à 12, **caractérisé en ce qu'**un agent floculant est mélangé au liquide (25).

14. Procédé selon l'une des revendications 3 à 13, **caractérisé en ce que** le liquide (25) est surrefroidi dans un tronçon de galerie (93. 93') et est donc congelé.

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** pour vider l'écluse (26 ; 83, 89 ; 83', 89') le liquide est pompé ou laissé hors de l'écluse (26 ; 83, 89 ; 83', 89') dans un grand compartiment correspondant (44 ; 83', 89' ; 83 ; 89) et que pour remplir l'écluse (26 ; 83, 89 ; 83', 89') le liquide (25) est laissé ou pompé du compartiment (44 ; 83', 89' ; 83 ; 89) dans l'écluse (26 ; 83, 89 ; 83', 89').

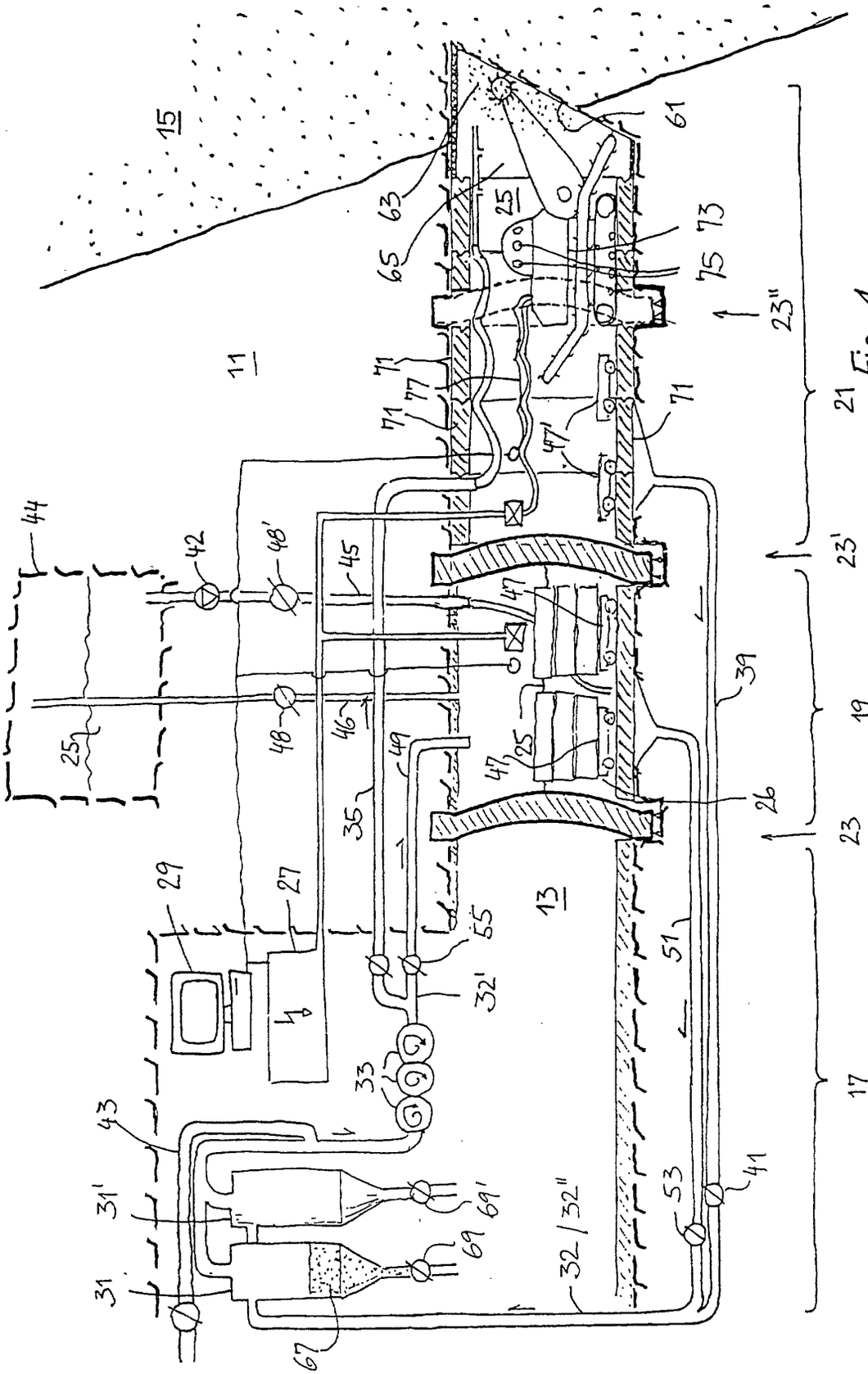

15
11
13
17
19
21
23
23'
23"
25
26
27
29
31
31'
32 / 32"
32'
33
35
39
41
42
43
44
45
46
47
47'
48
48'
49
51
53
55
61
63
65
67
69
69'
71
73
75
77

Fig. 1

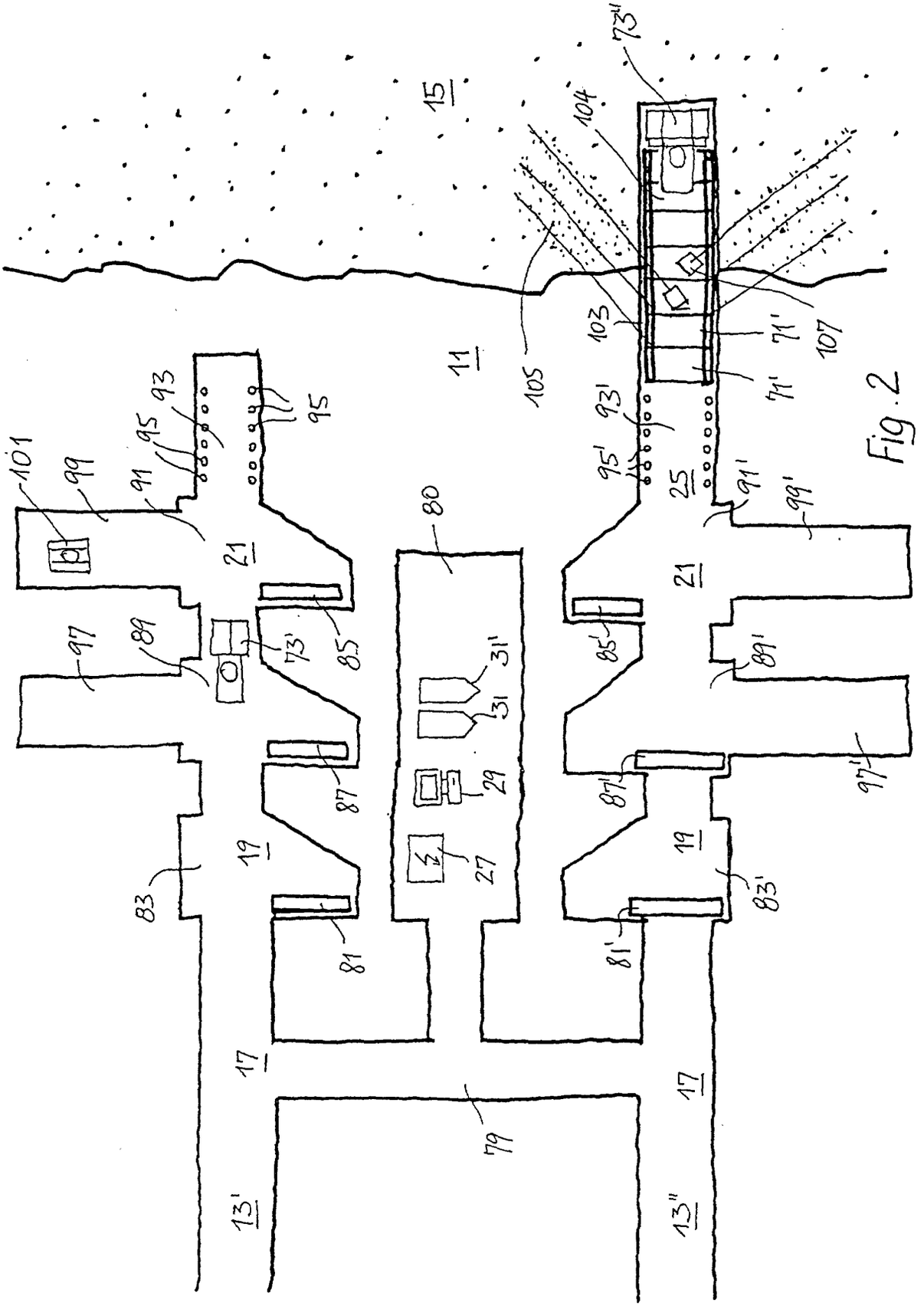

15
11
73''
104
105
103
107
71'
93'
95'
25
91'
99'
101
99
91
93
95
21
80
97
89
73'
85
31'
31
29
27
87
19
83
81
17
79
13'
13''
85'
89'
87'
97'
83'
81'

Fig. 2

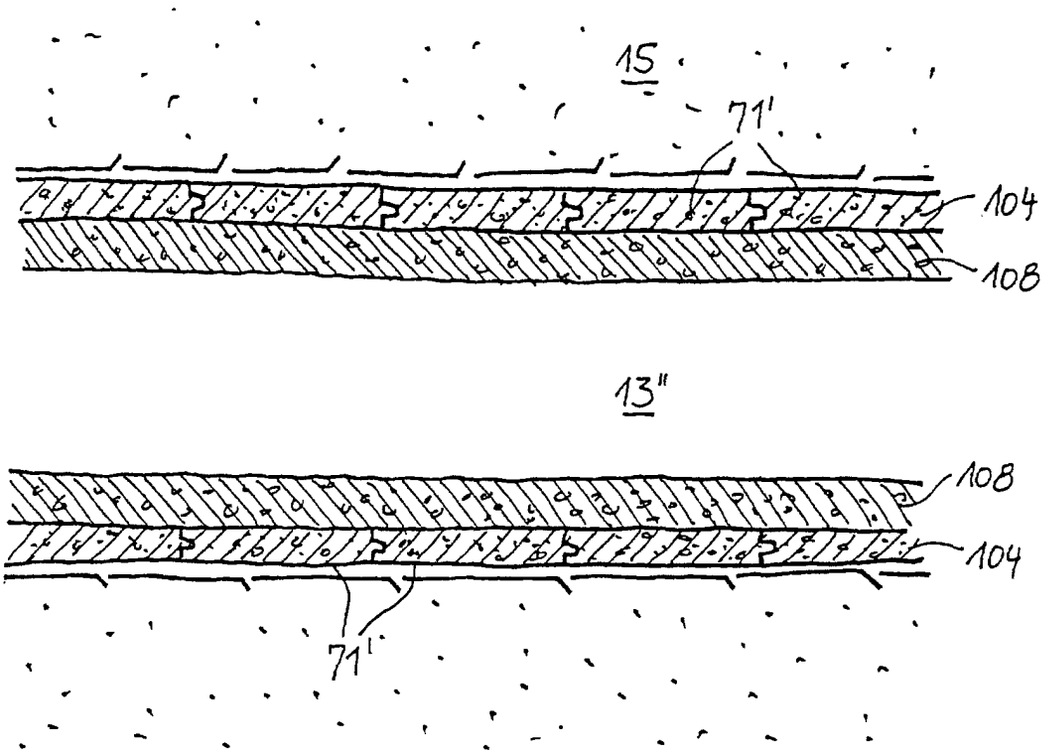


Fig. 3