

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 918 921 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

15.01.2003 Patentblatt 2003/03

(51) Int Cl.7: **E21D 9/10**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP97/04418

(21) Anmeldenummer: **97918982.6**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/007961 (26.02.1998 Gazette 1998/08)

(22) Anmeldetag: **14.08.1997**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG IM TUNNELBAU**

TUNNELLING PROCESS AND DEVICE

PROCEDE ET SYSTEME POUR LA CONSTRUCTION DE TUNNELS

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **16.08.1996 DE 19633056**

04.12.1996 DE 19650330

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

02.06.1999 Patentblatt 1999/22

(73) Patentinhaber: **Tachus AG**

80331 München (DE)

(72) Erfinder:

- **HAGEDORN, Thiemo**
80489 München (DE)

- **JUNIOR, Volker**

80802 München (DE)

- **JUNIOR, Johannes**

85560 München (DE)

(74) Vertreter: **Beetz & Partner Patentanwälte**

Steinsdorfstrasse 10

80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 394 806

EP-A- 0 557 805

EP-A- 0 667 442

DE-B- 1 008 681

DE-B- 1 658 769

FR-A- 2 679 295

FR-A- 2 711 179

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 0 918 921 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung im Tunnelbau gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche. Ein solchen Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der EP 0 557 805 A1 bekannt. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn ein Tunnel in einen Berg vorgetrieben werden soll, dessen Bodenparameter eine begrenzte Standzeit erwarten lassen. Das Wort "Tunnel" ist dabei allgemein zu verstehen. Es bezieht sich auf vorzutreibende Röhren jedweder Art, beispielsweise mehr oder minder horizontal verlaufende Straßentunnel oder Kanäle, aber auch Kavernen und Hohlräume.

[0002] Um in der o.g. Situation Tunnel bauen zu können, muß verhindert werden, daß ein eben erstellter Abschlag vor dem Einbringen einer Sicherung versagt oder lose Gesteinsbrocken von der Tunnelwandung in den Tunnel fallen. Hierzu bekannte Verfahren sind die Spritzbetonbauweise und der maschinelle Tunnelvortrieb mit und ohne Schildkonstruktion.

[0003] Bei der Spritzbetonbauweise erfolgt der Vortrieb mit Baggern oder Teilschnittmaschinen. Verformungen der Tunnelröhre unmittelbar nach dem Auffahren eines Abschlags werden zugelassen, so daß Formänderungswiderstände in Form eines Tragrings geweckt werden. Dieser Tragrings umgibt den Hohlraum und verhindert ein weiteres Wandern des Gebirges in den Hohlraum hinein. Die Verformung darf jedoch nicht so groß werden, daß es zu einer Auflockerung durch eine Überbeanspruchung kommt. Eine dünne Spritzbetonsicherung begrenzt die Verformung, indem diese mit zunehmender Verformung wie eine Feder der Verformung einen größer werdenden Widerstand entgegengesetzt. Der hauptsächliche Anwendungsbereich der Spritzbetonbauweise ist das Festgestein. Dies kann gering geklüftet aber auch stark geklüftet und entfestigt sein. Kohäsiv und rolliges Lockergestein sind mögliche Anwendungsbereiche.

[0004] Beim maschinellen Tunnelvortrieb mit Schildkonstruktion arbeitet das Abbausystem mit mechanischen Werkzeugen. Dabei können die Werkzeuge in Form einer Vollschnittmaschine mit Schneidrad oder Schürfscheibe die gesamte Ausbruchfläche gleichzeitig bearbeiten. Bei der Anwendung als Teilschnittmaschine wird die Ortsbrust in mehreren Angriffen abgetragen. Die Schildkonstruktion ist eine mit der Tunnelmaschine wandernde Sicherung unter deren Schutz die Gebirgssicherung eingebaut wird. Tunnelmaschinen mit Schildkonstruktion und Schneidrad werden im Lockergestein mit standfester Ortsbrust angewendet, während die Maschinen mit Schürfscheibe bei nicht standfester Ortsbrust zum Einsatz kommen. Die Teilschnittmaschine wird bei standfester Ortsbrust angewendet.

[0005] Der Abbau der Ortsbrust beim maschinellen Tunnelvortrieb ohne Schildkonstruktion erfolgt wie beim maschinellen Tunnelvortrieb mit Schildkonstruktion. Während des Einsatzes wird die Maschine am umge-

benden Gebirge verspannt. Die Sicherungsarbeiten erfolgen vom Vortrieb getrennt zu einem späteren Zeitpunkt. Einsatzbereich dieser Maschine ist das Festgestein.

5 **[0006]** Die Spritzbetonbauweise hat folgende Nachteile:

Arbeitssicherheit:

10 **[0007]** Nach dem Auffahren eines Abschlags befinden sich die Arbeiter im ungesicherten Bereich und werden besonders gefährdet. Wegen des großen Rückpralls und der Staubentwicklung beim Einbringen des Spritzbetons werden die Arbeiter erheblichen Gesundheitsbelastungen ausgesetzt.

Kosten:

20 **[0008]** Da der Spritzbeton wegen des Rückpralls beim Einbringen nicht komplett genutzt wird, entstehen bei diesem Verfahren hohe Materialkosten.

Eventuell erforderliche vorausseilende Sicherungen erzeugen zusätzliche Kosten, da diese für die spätere Tragfähigkeit der Spritzbetonschale nicht mit angesetzt werden können.

Personal:

30 **[0009]** Für die Ausführung ist gut ausgebildetes Personal erforderlich, das heute nur noch selten zur Verfügung steht.

Baugeschwindigkeit:

35 **[0010]** Da der Vortrieb und die Spritzbetonsicherung nacheinander stattfinden müssen, können die Abläufe nicht synchronisiert werden. Daher ist die Baugeschwindigkeit niedrig.

40 Tragfähigkeit:

[0011] Statische Nachweise für die Bauzustände sind schwer zu führen. Bei kurzen Standzeiten wird der Querschnitt in mehreren Teilausbrüchen aufgefahren. Dadurch nehmen die Setzungen zu.

[0012] Der maschinelle Tunnelvortrieb mit Schildkonstruktion hat folgende Nachteile:

45 **[0013]** Da die Tunnelmaschine eine Einzelanfertigung für die jeweilige Tunnelgeometrie und Geologie ist, ist sie häufig nur für einen Auftrag einsetzbar und verursacht daher hohe Kosten. Wegen hoher Installationskosten ist die Schildmaschine für den Bau kurzer Tunnel nicht wirtschaftlich. Es können nur Kreisquerschnitte aufgefahren werden. Der minimale Tunnelquerschnitt bei gegebenem Lichtraumprofil ist nur in Ausnahmefällen kreisförmig, so daß Mehrkosten auf Grund des Mehrausbruchs auftreten. Veränderte Tunnelquerschnitte in Tunnellängsrichtung (z.B. für Parkbuchten im

Straßenbau oder Bahnhöfe im U-Bahnbau) können mit der Maschine nicht aufgefahren werden.

[0014] Zusätzlich zu den Nachteilen des maschinellen Tunnelvortriebs mit Schildkonstruktion hat die Maschine ohne Schildkonstruktion folgenden Nachteil: da die Sicherung erst zeitlich verzögert vom Vortrieb gelöst eingebracht wird, ist es schwer, auf wechselnde Gebirgsverhältnisse zu reagieren. Müssen Sicherungsarbeiten im Maschinenbereich durchgeführt werden, wird der Vortrieb behindert. Außerdem besteht die Gefahr, daß die Maschine verschüttet wird.

[0015] Aus der EP-A-0557805 ist eine Tunnelgrabvorrichtung bekannt. Sie gräbt in Umfangsrichtung des Tunnels einen Schlitz, der mit Beton verfüllt wird. Es werden nacheinander einzelne kegelstumpffartige geschlossene Ringe gebildet, die schließlich ineinandergeschachtelt vorliegen.

[0016] Aus der DE 16 58 769 ist ein Tunnelbauverfahren bekannt. Hierbei wird mittels eines Räumwerkzeugs aus dem Gebirge entlang der Begrenzungslinie des Ausbruchprofils ein Ringspalt ausgehoben und unmittelbar nach erfolgtem Aushub mit vorzugsweise schnellhärtendem Beton verfüllt, worauf innerhalb des Betonrings der Kernaushub und die Steuerung erfolgt. Die Begrenzungsfläche der einzelnen ineinandergeschachtelten -Ringspalten kann die Gestalt von Kegelstumpfmantelflächen aufweisen.

[0017] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung im Tunnelbau anzugeben, die das schnellere, kostengünstigere und sicherere Vortreiben eines Tunnels in den Berg erlauben.

[0018] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

[0019] Nachfolgend werden, bezugnehmend auf die Zeichnungen, erfindungsgemäße und damit verwandte Ausführungsformen beschrieben, es zeigen

Fig. 1A, B eine Ausführungsform, die nicht Teil der geschützten Erfindung ist;

Fig. 2A - C schematisch einzelne Schritte eines Verfahrens, das in dieser Allgemeinheit nicht Teil der geschützten Erfindung ist;

Fig. 3 - 5 teilweise schematisch erfindungsgemäße und bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens;

Fig. 6 eine Vorrichtung, mit der das beschriebene Verfahren ausgeführt werden kann;

Fig. 7 eine weitere Vorrichtung, mit der das beschriebene Verfahren ausgeführt werden kann;

Fig. 8 eine weitere Vorrichtung, mit der das be-

schriebene Verfahren ausgeführt werden kann;

[0020] In Fig. 1A ist schematisch und nicht maßstäblich der vorzutreibende Tunnel 10 parallel zur Längsachse vertikal, in Fig. 1B mehrfach senkrecht zur Längsachse geschnitten dargestellt. Der Tunnel 10 wird im Gebirge 11, 12 vorgetrieben. Mit 11 ist das den Tunnel umgebende Gebirge, mit 12 das demnächst abzutragende Material bezeichnet. Bezugsziffer 13 bezeichnet eine künstliche Stützschrift aus einem tragfähigen Material wie Beton. Mit 14 ist die erfindungsgemäße Vorrichtung (Schlitzmaschine) bezeichnet, 15 ist ein von der Schlitzmaschine 14 erstellter Schlitz, 16 die Ortsbrust, 17 die Sicherung des Tunnels.

[0021] Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf, sie sind in den Figuren 2A bis 2C schematisch gezeigt:

(1) Beginnend an der Ortsbrust 16 wird im zu sichernden Bereich des zu grabenden Tunnels ein Schlitz 15 erstellt, der sich etwa in Umfangs- und Vorschubrichtung des Tunnels 10 erstreckt (Pfeile A und B in Fig. 2A) und dessen Dicke in etwa in Radialrichtung (Pfeil C) liegt. Der Schlitz 15 erstreckt sich in Umfangsrichtung zumindest über den zu sichernden Bereich und in Tunnelvorschubrichtung so weit, wie dies verschiedene Bau- und/oder Maschinenparameter zulassen. Im erfindungsgemäßen Verfahren läuft der Schlitz vollständig um den Tunnelumfang herum. Der Schlitz liegt in dem Bereich, in dem die spätere Sicherung 17 zu liegen kommt

(2) Der gegrabene Schlitz 17 wird mit einem tragfähigem Material, vorzugsweise schnell abbindendem Beton, verfüllt und wird so zu einer Stützschrift 13.

(3) Danach wird die Ortsbrust 16 im Schutz der Stützschrift 13 abgebaut und gegebenenfalls eine weitere Sicherung 17 eingebaut.

(4) Es schließt sich dann abermals die Abfolge der Schritte (1) bis (3) an.

[0022] Mit den Schritten (1) bis (4) ist das Verfahren im Tunnelbau beschrieben. Bei ihm wird somit ein Schlitz 15 vorausseilend hergestellt. Dieser Schlitz wird mit einem tragfähigen Material wie Beton verfüllt. Unter dem Schutz der so entstehenden tragfähigen Stützschrift 13 wird der Tunnel 10 vorgetrieben. Richtet man die Aufmerksamkeit nur auf das Verfahren zum Bauen der Stützschrift 13, wären nur die Schritte (1) und (2) zu betrachten, wobei diese ggf. wiederholt ausgeführt würden. Betrachtet man nur das Verfahren zur Herstellung des Schlitzes 15, ist nur die ggf. wiederholte Ausführung des Schrittes (1) relevant.

[0023] Das Verfahren kommt besonders vorteilhaft bei Tunnelbauten zum Einsatz, bei denen das Gestein, durch das hindurch der Tunnel getrieben wird, so beschaffen ist, daß auf der einen Seite eine ggf. geböschte Ortsbrust frei steht, auf der anderen Seite die Festigkeit jedoch nicht so groß ist, daß der Tunnel nur im Sprengvortrieb aufgeföhren werden kann.

[0024] Das Verfahren ist bei veränderlichen Geometrien und Geologien anwendbar. Die Arbeiter arbeiten im Schutz der vorausseilenden Sicherung. Die Gesundheitsbelastung der Arbeiter gegenüber herkömmlichen Verfahren wird reduziert. Das Verfahren ermöglicht einen Vortrieb mit kleineren Verformungen und damit geringeren Schäden an der Geländeoberfläche. Wenn die Stüttschicht so ausgebildet wurde, daß sie für die Tragfähigkeit der Tunnelröhre anrechenbar ist, kann die nachfolgend einzubauende innere Sicherung (17 in Fig. 1A) schwächer ausgelegt werden oder ganz wegfallen, was zu einem deutlichen Kostenvorteil führt. Im Laufe des Vortriebs können verschiedene Tunnelquerschnittsformen und/oder -flächen hergestellt werden. Es muß dann jeweils nur die die Stüttschicht herstellende Vorrichtung 14 entsprechend angesteuert werden.

[0025] Nachfolgend werden weitere Merkmale, Varianten und Weiterentwicklungen des oben beschriebenen Verfahrens erläutert.

[0026] Die Dimensionierung und Positionierung des zu grabenden und zu verfüllenden Schlitzes 15 - und damit auch der entstehenden Stüttschicht 13 - hängt von verschiedenen Parametern ab. In den Figuren 1 und 2 sind Ausführungsformen gezeigt, in denen sich der Schlitz 15 nur über einen Teil des Tunnelumfangs erstreckt. Dies kann sinnvoll sein, wenn wegen örtlicher geologischer Störungen nur Teile des Tunnels gesichert werden müssen. Der Schlitz 15 wird dann so ausgeführt, daß die Stüttschicht 13 nach dem Abbruch des darunterliegenden Gesteins ein tragfähiges Auflager findet. Erfindungsgemäß wird der Schlitz jedoch umlaufend ausgeführt, dies ist schematisch in Fig. 3 gezeigt. Diese Möglichkeit kann z.B. dann gewählt werden, wenn der Tunnel in einem Gestein aufgeföhren werden soll, welches bei herkömmlichen Verfahren einer radial umlaufenden Sicherung bedarf. Es entsteht dann eine geschlossene umlaufende Stüttschicht 13, nachfolgend Stützring genannt, der keine singulären Auflager benötigt, sondern flächig aufliegt.

[0027] Der Schlitz 15 zur Aufnahme der Stüttschicht 13 wird vorausseilend gefertigt und folgt der geplanten Tunnelkontur. Erfindungsgemäß folgt er einer Schraubenlinie oder Ringen. Die Ganghöhe der Schraubenlinie entspricht der Bearbeitungsbreite der Schlitzmaschine. Der Schlitz bzw. die Stüttschicht können auf der Tunnelkontur so geneigt sein, daß sie oben in Tunnelvorschubrichtung weiter vorne liegen als unten (Fig. 4B). Diese Neigung gegenüber der Senkrechten erföhrt dann auch die entstehende Ortsbrust, so daß sie weniger einsturzgefährdet ist. Der Neigungswinkel wird in Abhängigkeit von Gesteinsparametern gewählt.

[0028] Die Schraubenlinie kann insbesondere im Falle der geneigten Ortsbrust 16 unter verschiedenen Gesichtspunkten optimiert werden, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Maschinenkonstruktion und der Standsicherheit der Ortsbrust 16.

[0029] Im für die Maschine einfachsten Falle wird sie so gestaltet, daß die Änderung der Krümmung der Schraubenlinie innerhalb eines Umlaufes bei durch die Bodenverhältnisse (Gesteinsparameter) vorgegebener Ortsbrustneigung minimiert wird. Dadurch werden die Anforderungen an die Beweglichkeit der Maschine geringer.

[0030] Sie kann auch unter dem Gesichtspunkt der Standsicherheit der Ortsbrust optimiert werden. Durch die Gesteinsparameter ist die für die Standsicherheit der Ortsbrust benötigte Neigung vorgegeben. Daraus ergibt sich auch die Lage des am weitesten vorne liegenden Punktes der in dem jeweiligen Umlauf zu fertigenden Stüttschicht. Die kürzeste Verbindung zwischen dem am weitesten vorne liegenden Punkt und dem am weitesten hinten liegenden Punkt wäre in der Abwicklung der Schraubenlinie eine Gerade. Die sich aus diesem Weg ergebende Randkurve hat ein minimale Krümmung an den Seiten des Tunnels und führt damit zu einer Ortsbrust mit fast konstanter Neigung und somit zu höchster Standsicherheit.

[0031] Die Scheitelpunkte der Bewegung müssen dabei nicht an Firste und Sohle des Tunnels liegen.

[0032] Ein geschlossener Ring ist im Gegensatz an einer Schraubenlinie ebenfalls möglich (Fig. 4C).

[0033] Durch Variieren der Schlitzbreite (Abschlagsbreite) während eines Umlaufes können Krümmungen in Tunnelverlauf realisiert werden. Dazu wird entweder die Abschlagsbreite der Maschine vergrößert, verkleinert oder bei konstanter Abschlagsbreite der Maschine wird ein Teil der im vorigen Umlauf gefertigten Stüttschicht wieder durch die Maschine entfernt.

[0034] Das bei der Herstellung des Schlitzes losgegrabene Material wird durch geeignete Einrichtungen zur Ortsbrust hin transportiert. Hierzu wird, falls notwendig, ein Ausbruch zur Ortsbrust erzeugt. Der Ausbruch kann mit der den Schlitz herstellenden Maschine 14 mitlaufen und von ihr selbst oder einem separaten Gerät hergestellt werden. Durch den Ausbruch erfolgt der Material-, Energie- und Signaltransport.

[0035] Das erstmalige Einföhren der den Schlitz herstellenden Vorrichtung 14 in das Gestein kann bei einer konventionell hergestellten Ortsbrust 16 beispielsweise einfach von der Ladefläche eines Transportgeräts, z. B. eines Lkws, her erfolgen, sofern nur dafür gesorgt wird, daß die Maschine dort ein Widerlager findet. Sie arbeitet sich von dort in das Gestein hinein, arbeitet sich dann auf den Tunnelumfang zu und nimmt dort ihre reguläre Arbeit auf.

[0036] Das Verfüllen des Schlitzes 15 mit Beton erfolgt vorzugsweise unmittelbar nachdem der Schlitz gegraben wurde. Dabei kann Beton entweder von der Ortsbrust her oder von der Rückseite der den Schlitz

herstellenden Maschine in den freien Schlitz gefördert werden. Es kann schnellhärtender Beton verwendet werden, er bindet binnen Sekunden ab.

[0037] In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß oben zwar von Beton die Rede ist, daß aber auch andere Materialien verwendet werden können, sofern sie in ihren wesentlichen Parametern (z. B. anfangs formbar, dann druckresistent) denen von Beton ähneln.

[0038] Soll die hergestellte Stützschiicht für die Tragfähigkeit des späteren Tunnels angesetzt werden, muß die Stützschiicht an der Stelle der Tunnelkontur erstellt werden. Andere vorausseilende Sicherungen des herkömmlichen Tunnelbaus, wie Vorpfänddielen oder Spieße, die nicht zur Tragfähigkeit des späteren Tunnels beitragen, können entfallen.

[0039] Der in den Schlitz eingebrachte Beton bindet innerhalb weniger Sekunden ab und wird zusätzlich durch eine mitlaufende Schalung gehalten, so daß er nicht durch den Ausbruch in den Tunnel fließt.

[0040] Bei umlaufenden Stützringen 13 kann der Tunnel 10 dann kontinuierlich vorgetrieben werden, beispielsweise in der Art, daß die Ortsbrust 16 jeweils in ihrem vor der den Schlitz herstellenden Maschine 14 gelegenen Sektor abgebaut wird.

[0041] Die Ortsbrust kann mit herkömmlichen Tunnelbaggern oder mit einer Teilschnittmaschine abgebaut werden. Der Abbau läuft mit dem Herstellen der Stützschiicht bzw. des Stützrings synchron, jedoch zeitlich so versetzt, daß der Abbau der Ortsbrust im Schutz des Stützkörpers abläuft. Hierbei kann es notwendig werden, den Abbau der Ortsbrust in mehrere Teile zu zerteilen und das Abbaugerät räumlich zu versetzen. Eventuell erforderliche Überschnitte für die Versorgungseinrichtung der Schlitzmaschine können mit dem Abbau der Ortsbrust vorgenommen werden.

[0042] Der Abbau der Ortsbrust kann in Tunnelvortriebsrichtung bis kurz vor oder genau an die Vorderkante der hergestellten Stützschiicht erfolgen (Fig. 5A). Er kann aber auch, etwa gesteinsabhängig, noch etwas weiter getrieben werden (Fig. 5B), jedoch nicht weiter als 40% der Arbeitsbreite der den Schlitz herstellenden Vorrichtung 14. Dann ist es nicht notwendig, die den Schlitz herstellende Maschine 14 über einen Ausbruch zu versorgen. Vielmehr ist ihr ortsbrustseitiges Ende dann sichtbar und mehr oder minder frei zugänglich.

[0043] Nachfolgend wird eine Vorrichtung beschrieben, die zur Durchführung einzelner der obengenannten Verfahrensschritte verwendet werden kann. Sie kann als ein einziges Gerät oder als mehrere, mehr oder minder unabhängig voneinander arbeitende Geräte ausgebildet sein. Bezugnehmend auf Fig. 6 wird eine erste Ausführungsform beschrieben.

[0044] Die Vorrichtung weist verschiedene Komponenten auf: An ihrer Stirnseite befindet sich das materialabtragende Werkzeug 61, dahinter findet sich eine Einrichtung 62, mit der das abgetragene Material aus dem Schlitz gefördert wird. Außerdem weist sie eine Fortbewegungseinrichtung 68, 71 auf, ggf. eine Beto-

niereinrichtung 64 und eine Steuerungseinheit 65.

[0045] Das materialabtragende Werkzeug 61 ist vorzugsweise steuerbar beweglich mit der Maschine 14 verbunden, so daß es in allen zur Erzeugung des Schlitzes 15 notwendigen Richtungen geschwenkt bzw. verfahren werden kann. Ggf. kann die Vorrichtung eine Dichteinrichtung 66 aufweisen, die den Bereich der Schlitzerzeugung vom Bereich der Fortbewegungseinrichtung und der Schlitzverfüllung trennt.

[0046] Das Werkzeug kann so ausgeführt sein, daß es in der Lage ist, einen Schlitz 15 zu fertigen, der über die gesamte Schlitzbreite oder einen Teil davon, stärker ist, als die zu erstellende Stützschiicht 13. Durch den so gegenüber der im vorherigen Umlauf gefertigten Stützschiicht entstehenden Überschnitt entsteht ein Zugang 81 vom Schlitz zum Raum vor der Ortsbrust. Durch diesen Zugang wird die Versorgung der Maschine mit Medien, der Abtransport des abgetragenen Materials und die Anlenkung durch den Arm 72 ermöglicht.

[0047] Bei geeigneter Wahl des Werkzeuges, zum Beispiel einer Schnecke, kann durch die mittels des Überschnittes erzeugte Zugangs 81 das abgetragene Material direkt in den Raum vor der Ortsbrust gefördert werden. Liegt der Überschnitt zum Beispiel in der Mitte der abtragenden Werkzeuge, fertigt er eine Vertiefung zum Tunnelinneren hin, durch die Versorgungsleitungen geführt werden können.

[0048] Alternativ kann der Zugang auch durch ein am Arm 72 angebrachtes Werkzeug erzeugt werden.

[0049] Die Vorschubkraft für das Werkzeug 61 wird über die Anlenkeinrichtung 67 am Werkzeug übertragen. Die Reaktionskraft muß von der Einheit, die auch die Fortbewegung der Maschine ermöglicht, übernommen werden. Eine bevorzugte Ausführung ist die Aufnahme der Reaktionskraft und das Fortbewegen der Maschine als ganzes mittels eines Armes 72 (Fig. 7), der von einer vor der Ortsbrust stehenden Trägergerät 73 ausgeht und bewegt wird. Über diesen Arm 72 können auch die Versorgungsleitungen von und zu der Maschine im Schlitz geführt werden. Eine Anlenkung der Werkzeugeinheit 14 am Arm 72 ermöglicht eine Bewegung in allen Raumrichtungen, unabhängig von der Bewegung des Trägergeräts 73.

[0050] Die Vorrichtung kann, integriert oder separat vorgesehen, eine Betoniereinrichtung zum Verfüllen des gegrabenen Schlitzes 13 mit Beton aufweisen. Nachfolgend wird die integrierte Ausführungsform beschrieben. Die Betoniereinrichtung 64 besteht unter anderem aus einer Betonierbohle 69, die die Vorrichtung vom bereits mit Beton verfüllten Schlitz trennt. Um einen Verbund zwischen dem Beton und dem später abzutragenden Gestein zu verhindern, sowie um einen Abbau der Ortsbrust bis in den Bereich unter der gerade im Aufbau befindlichen Stützschiicht zu ermöglichen, kann auf der späteren Innenseite des Stützrings eine Schalung 70 nachgeschleppt werden. Dies ist in Fig. 6 schematisch dargestellt.

[0051] Für das Einbringen des Betons wird vorzugs-

weise ein Düse vorgesehen bis zu der die Komponenten des Betons trocken gefördert werden. An der Düse werden Wasser und eventuell Zusatzstoffe zugegeben.

[0052] Die Betoniereinrichtung kann auch eine separat vorgesehene, konventionelle Einrichtung sein.

[0053] Eine bevorzugte Ausführungsform der materialabtragenden Werkzeuge 61 ist eine Fräseinrichtung. Sie kann aus mehreren Einheiten bestehen. Die Einheiten, die zu den Flanken der Maschine weisen, fräsen sowohl stirnseitig, als auch am Umfang. Die zum bereits gefertigten Stützring hinweisende Fräse sichert durch das Profilieren desselben einen guten Verbund zwischen dem frischen Betons und dem abgebundenen. Der in Tunnelvortriebsrichtung weisende Fräskopf ist in dieser Richtung verschiebbar. Dadurch ist eine Verbreiterung des Schlitzes möglich. Durch Variieren der Schlitzbreite im Verlauf einer Umrundung sind Kurvenfahrten oder Steigungen bzw. Gefälle des Tunnels möglich. Mindestens ein weiterer Fräser, der nur am Umfang fräst ist ebenfalls in Tunnel längsrichtung verschiebbar und gewährleistet gemeinsam mit den beiden anderen den Materialabtrag über die gesamte erforderliche Schlitzbreite.

[0054] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der materialabtragenden Werkzeuge sind zwei gegenläufige Fräser, deren Rotationsachsen in etwa radial zur Tunnelachse liegen. Sie bieten den Vorteil, daß sie minimale Reaktionskräfte quer zur Maschinenlängsrichtung erzeugen und bei geeigneter Drehrichtung gleichzeitig als Fördereinheit dienen können.

[0055] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine Schnecke. Diese ist ebenfalls in der Lage, nicht nur abzutragen sondern auch zu fördern. In Verbindung mit einer Schneckenengeometrie, die auf der zum existierenden Tunnelweisenden Seite einen Überschnitt erzeugt, kann das abgetragene Material direkt vor die Ortsbrust gefördert werden.

[0056] Weitere denkbare Ausführungen sind an Ketten geführte, umlaufende Schneidwerkzeuge, Schnecken oder Scheiben. Das materialabtragende Werkzeug 61 wird über einen geeigneten (nicht dargestellten) Antrieb, beispielsweise einen Hydraulik-, Elektromotor, der in unmittelbarer Nähe des Werkzeuges liegt, angetrieben.

[0057] Das materialabtragende Werkzeug erzeugt über seine Breite hinweg eine durchgehende Bearbeitungsfront. Im Einsatz erstreckt sich die Werkzeugbreite in der Regel in etwa parallel zur Tunnelvortriebsrichtung. Führung und Aufhängung des Werkzeuges überragen diese Bearbeitungsfront an keiner Seite. Die Versorgungsleitungen 67 werden deshalb zwar in seitlich gelegenen Bereichen, aber doch von der Unterseite her (im Einsatz dem Tunnelinneren zugewandt) angeflanscht.

[0058] Die Materialabführung kann mit oder ohne Transportmedium erfolgen. Bevorzugte Transportmedien sind Luft und Wasser. Mögliche mechanische Fördereinrichtungen sind z.B. Bürsten oder Schnecken.

[0059] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die Gegenkraft vom Maschinenkörper 14 selbst erzeugt, der sich über geeignete Vorrichtungen 68 im umgebenden Boden abstützt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung arbeitet dann mechanisch entkoppelt von Geräten vor der Ortsbrust. Lediglich die Zu- und Ableitungen sind noch notwendig. Die Abstützung kann über Hydraulikpressen oder Streben (Anker) erfolgen. Durch die Verwendung mehrerer Glieder zur Abstützung kann der Vortrieb der Maschine vom Vorschub am Werkzeug entkoppelt werden.

[0060] Dadurch ist ein kontinuierlicher Abbau möglich. Vom verspannten Grundkörper der Vorrichtung aus wird das Werkzeug 61 nach vorne geschoben. Dieser Vorschub kann über hydraulische, pneumatische oder motorbetriebene Einrichtungen erfolgen.

[0061] Die Maschine stützt sich vorzugsweise so ab, daß sie die Ortsbrust 16 nicht in einer Weise belastet, die die Standfestigkeit der Ortsbrust gefährdet. Sie kann sich seitlich gegen die schon gefertigte Stüttschicht 13 und das Gebirge 11 abstützen oder sich nach oben und unten gegen das Gebirge verspannen oder nach hinten gegen den eingebrachten Beton abstützen oder in einer Kombination aus den genannten Möglichkeiten.

[0062] Es ist auch eine Ausführungsform möglich, in der die benötigten Vortriebskräfte und Kräfte zum Bewegen der Maschine in einer Kombination aus Abstützung im Berg und die Anlenkung von außen aufgebracht werden.

[0063] Die Maschine ist in mehrere Segmente geteilt. Diese Segmente dürfen bei einer Höhe der Maschine von ca. 200 mm in einem 250 mm dicken Schlitz in einem Tunnel mit ca. 6000 mm Durchmesser bis zu etwa 1000 mm lang sein. Die Bearbeitungsbreite der Maschine beträgt ca. 1 m - 2 m.

[0064] Das Vorschubsegment besteht aus mindestens zwei Gliedern, die untereinander mit Hubeinrichtungen 71 verbunden sind. Durch abwechselndes Verspannen und Lösen der einzelnen Glieder wird die Maschine wurmartig nach vorne bewegt.

[0065] Die Hubeinrichtungen 71 können zum Beispiel vier Hydraulikzylinder sein. Durch unterschiedlich langes Ausfahren der einzelnen Zylinder, können die Glieder des Vorschubsegments gegeneinander gekippt werden. Dadurch ist eine Fortbewegung in jede Raumrichtung, insbesondere entlang des Tunnelumfangs, möglich.

[0066] Bei der bevorzugten Ausführungsform mit eigenem Vortrieb ist synchron zur Erzeugung des Schlitzes die Herstellung eines zusätzlichen Schachtes denkbar. Der Schacht verläuft parallel zur Schraubenlinie des Schlitzes und ist zur Tunnelachse hin versetzt. In diesem Schacht können die Versorgungsleitungen geführt werden. Das ermöglicht bis zu einem gewissen Grad das Entkoppeln der Herstellung der vorauseilenden Sicherung vom Abbau der Ortsbrust.

[0067] Die Maschine kann gegen Eintritt von Material, insbesondere im Bereich der Fortbewegungseinrich-

tung 68, 71, gesichert werden. Dies geschieht zum Beispiel mit Hilfe einer Abdeckung, deren Form und Länge verändert werden kann, so daß sie sich der Längenänderung oder Verwindung der Maschine im Bauprozess anpaßt, zum Beispiel durch Faltungen oder in Form eines Bleches, das durch einen Rollmechanismus angepaßt wird.

[0068] Als Trägergerät 73 kann ein schweres Raupenbaggergrundgerät verwendet werden. Wenn das Gerät wegen des großen Gewichts nicht auf dem jungen Sohlbeton stehen kann, wird die Sohle nach dem Erstellen des Schlitzes immer wieder mit Ausbruchmaterial verfüllt.

[0069] Das Gerät kann so modifiziert werden, daß sowohl das Abbauwerkzeug als auch, abhängig vom Verfahren, der Kabelbaum oder der Arm 72 für die Schlitzmaschine 14 angebaut werden können.

[0070] Damit das Trägergerät an einer beliebigen Stelle vor der Ortsbrust 16 stehen kann und die Schlitzmaschine 14 und der Abbau der Ortsbrust geometrisch unabhängig voneinander ausgeführt werden können, muß das Abbauwerkzeug (75) alternativ auf beiden Seiten des Arms (42) zur Schlitzmaschine angeschlossen werden können.

[0071] Auf dem Trägergerät 73 kann eine Spritzbetoneinrichtung vorgesehen werden, mit deren Hilfe im Falle eines Wassereintruchs oder eines Versagens der Ortsbrust eine schnelle Sicherung aufgebracht werden kann.

[0072] Alternativ kann als Trägereinheit ein Nachläufer 81 vorgesehen werden, der sich am Umfang des existierenden Tunnels abstützt. An diesem Nachläufer ist der Arm 72, der die Maschine führt und eventuell vortreibt, angebracht. Der Arm kann sich am gesamten Umfang bewegen.

[0073] Der Nachläufer besteht aus einem in Vorschubrichtung beweglichen Stahlgerüst 82, das sich dem jeweiligen Tunnelquerschnitt anpaßt. Dies geschieht mit Stahlprofilen unterschiedlicher Radien, die mit Hubgeräten ausgefahren werden.

[0074] Im Nachläufer ist eine Plattform 83 vorgesehen, deren Position im Tunnel in allen Raumrichtungen verändert werden kann. Auf ihr können Bagger oder Teilschnittmaschinen stehen, die mit Hilfe dieser Hubeinrichtung alle Bereiche auch von großen Tunnelquerschnitten erreichen.

[0075] Der Nachläufer kann die Aufgabe des Ausbauwiderstandes übernehmen, solange das Stützmaterial (z.B. Beton) in der Stüttschicht 13 zwar abgebunden aber noch nicht seine volle Tragfähigkeit erlangt hat.

[0076] Als Bezug für die Steuerung der Maschine kann in die Betonschale mit Hilfe einer entsprechenden Schalung eine Nut gefertigt werden. Diese Nut dient dann der Maschine im nächsten Umlauf als Bezugspunkt.

[0077] Die Fortbewegung der Schlitzmaschine 14 erfolgt, wenn sie unabhängig von einem Trägergerät arbeitet, entweder ferngesteuert oder vollautomatisch.

Die Fernsteuerung kann beispielsweise durch einen Arbeiter erfolgen, der vor der Ortsbrust stehend den Arbeitsfortgang beobachtet und dementsprechend über eine leitungsgebundene oder drahtlose Fernsteuerung die Schlitzmaschine 14 weiterbewegt. Bei vollautomatischer Fortbewegung muß ein geeignetes Navigationssystem vorgesehen sein, anhand dessen sich die Schlitzmaschine 14 im Raum orientieren kann. Als technische Hilfsmittel für die Meß- und Steuertechnik kommen unter anderem Kreiselgeräte, Lasergeräte, optische Bauelemente zur Verwendung von Laserlicht oder auch Inklinometer in Frage

15 Patentansprüche

1. Verfahren für den Tunnelbau, bei dem ein Tunnel ausgehend von der Ortsbrust in Vortriebsrichtung geführt und eine Stüttschicht eingebracht wird, wobei die Stüttschicht vorseilend hergestellt wird, indem zunächst am Ort der zukünftigen Stüttschicht ein Schlitz hergestellt und dieser dann mit einem tragfähigem Material, insbesondere Beton, verfüllt wird und danach im Schutz der Stüttschicht der Tunnel vorgetrieben wird, wobei ausgehend von der Ortsbrust eine vollständig um den Tunnelumfang herum laufende Stüttschicht hergestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

bei der Herstellung der Stüttschicht einer Schraubenlinie gefolgt wird, die eine Ganghöhe in etwa gleich der Bearbeitungsbreite der den Schlitz herstellenden Vorrichtung hat.

2. Verfahren für den Tunnelbau, insbesondere nach Anspruch 1, bei dem ein Tunnel ausgehend von der Ortsbrust in Vortriebsrichtung geführt und eine Stüttschicht eingebracht wird, wobei die Stüttschicht vorseilend hergestellt wird, indem zunächst am Ort der zukünftigen Stüttschicht ein Schlitz hergestellt und dieser dann mit einem anfangs formbaren, dann tragfähigen Material, insbesondere Beton, verfüllt wird und danach im Schutz der Stüttschicht der Tunnel vorgetrieben wird, wobei ausgehend von der Ortsbrust eine vollständig um den Tunnelumfang herumlaufende Stüttschicht hergestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

bei einem Umlauf der Stüttschicht der oben liegende Teil in Tunnelvortriebsrichtung weiter vorne liegt als der unten liegende Teil, und die Stüttschicht in in radialer Richtung nicht überlappende Weise durch mehrere umlaufende Stützringe so hergestellt wird, daß aufeinanderfolgende Stützringe nur in Vortriebsrichtung aneinander liegen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß

das Herstellen der Stützschiicht und der Tunnelvor-
trieb zumindest zeitweise gleichzeitig erfolgen.

4. Vorrichtung für den Tunnelbau, mit
einem vorne liegendem, materialabtragendem
Werkzeug (61), das über eine bestimmte Breite und
eine bestimmte Höhe und mit Hilfe seiner Anlen-
kung (67, 68, 71) in mehreren Richtungen Material
zur Bildung eines Schlitzes abtragen kann,
einer Fortbewegungseinrichtung (63, 67, 68, 71,
72, 73), die hinter dem materialabtragenden Werk-
zeug (61) angeordnet ist mit der die Vorrichtung vor-
wärtsbewegt und gelenkt werden kann, und
einer Steuer- bzw. Regeleinrichtung, die die Tätig-
keit des materialabtragenden Werkzeugs und der
Fortbewegungseinrichtung steuert bzw. regelt,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Fortbewegungseinrichtung (63, 67, 68, 71) eine
Einrichtung (68) umfaßt, mit der die Vorrichtung im
den Schlitz umgebenden Boden verspannt werden
kann, und daß die Steuer- bzw. Regeleinrichtung
zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
Ansprüche 1 bis 3 ausgelegt ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
gekennzeichnet durch
eine Betoniereinrichtung, mit der der vom material-
abtragenden Werkzeug (61) geschaffene Freiraum
mit Beton verfüllt werden kann.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Breite kleiner als 0,5m, vorzugsweise kleiner als
0,3m ist.

Claims

1. Method for constructing tunnels in which a tunnel
starting from the -working face is driven in the ad-
vancing direction and a supporting layer is brought
in such that it is made in an advancing manner by
firstly providing a slot at the location of the future
supporting layer and thereafter filling it with a ma-
terial capable of bearing a load, particularly con-
crete, and advancing the tunnel protected by the
supporting layer, wherein starting from the working
face a supporting layer is produced that fully sur-
rounds the tunnel circumference,
characterized in that,
in producing the supporting layer a helix is followed,
the helix having a pitch of about the processing
width of the device producing the slot.
2. Method for constructing tunnels, particularly ac-
cording to claim 1, in which a tunnel starting from
the working face is driven in the advancing direction
and a supporting layer is brought in such that it is

made in an advancing manner by firstly providing a
slot at the location of the future supporting layer and
thereafter filling it with a material capable of bearing
a load, particularly concrete, and advancing the tun-
nel protected by the supporting layer, wherein start-
ing from the working face a supporting layer is pro-
duced that fully surrounds the tunnel circumfer-
ence,

characterized in that,

in one turn of the supporting layer the top part is, in
advancing direction, more forward than the bottom
part, and the supporting layer is made in a non over-
lapping manner in radial direction by a plurality of
surrounding support rings such that subsequent
supporting rings abut only in advancing direction.

3. Method according to claim 1 or 2,
characterized in that,
making the supporting layer and advancing the tun-
nel are made partially simultaneously.
4. Apparatus for constructing tunnels, comprising a
forward, material removing tool (61) capable of re-
moving material over a certain width and a certain
height in a plurality of directions by means of its link-
age,
moving means (63, 67, 68, 71, 72, 73) provided be-
hind the material removing tool (61) for advancing
and directing the apparatus, and
a control means controlling the operation of the ma-
terial removing tool and of the moving means,
characterized in that,
the moving means (63, 67, 68, 71) comprises a
means (68) for bracing the apparatus into the sur-
rounding ground, and the control means is adapted
to implement the method according to one of the
claims 1 to 3.

5. Apparatus according to claim 4,
characterized by
concreting means for filling the space made by the
material removing tool (61) with concrete.
6. Apparatus according to claim 4 or 5,
characterized in that,
the width is smaller than 0.5 m, preferably smaller
than 0.3 m.

Revendications

1. Procédé pour la construction de tunnel, dans lequel
on creuse un tunnel en partant du front de taille vers
l'avant et on introduit une couche protectrice, dans
lequel la couche protectrice est fabriquée à l'avan-
ce, en ménageant d'abord une fente sur le lieu de
la future couche protectrice et en remplissant en-
suite celle-ci d'un matériau résistant à l'écrasement,

notamment le béton, et en creusant ensuite le tunnel vers l'avant à l'abri de la couche protectrice, une couche protectrice entourant entièrement la circonférence du tunnel étant alors fabriquée en partant du front de taille,

caractérisé en ce que,

pour la fabrication de la couche protectrice, on suit une hélice qui a un pas d'une largeur d'usinage à peu près identique à celle du dispositif fabriquant la fente.

2. Procédé pour la construction de tunnel, en particulier conformément à la revendication 1, dans lequel on creuse un tunnel en partant du front de taille vers l'avant et on dépose une couche protectrice, où la couche protectrice est fabriquée à l'avance, en ménageant d'abord une fente sur le lieu de la future couche protectrice et en remplissant ensuite celle-ci d'un matériau, d'abord formable puis résistant à l'écrasement, notamment le béton, et en creusant ensuite le tunnel vers l'avant à l'abri de la couche protectrice, une couche protectrice entourant entièrement la circonférence du tunnel étant alors fabriquée en partant du front de taille,
caractérisé en ce que,
 lors d'une révolution de la couche protectrice, la partie supérieure se trouve plus en avant dans le sens de creusement du tunnel que la partie inférieure et la couche protectrice est fabriquée par le biais de plusieurs anneaux de protection rotatifs sans se chevaucher dans le sens radial de telle façon que les anneaux de protection successifs ne se trouvent côte à côte que dans le sens de l'avancée.
3. Procédé conformément à la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
 la fabrication de la couche protectrice et le creusement du tunnel s'effectue au moins par moment simultanément.
4. Dispositif pour la construction de tunnel muni d'un outil (61) d'excavation de matériau situé à l'avant, qui peut excaver le matériau sur une largeur déterminée et une hauteur déterminée et à l'aide de son articulation (67, 68, 71) dans plusieurs directions pour former une fente,
 d'un système de déplacement (63, 67, 68, 71, 72, 73) qui est disposé derrière l'outil (61) d'excavation du matériau grâce auquel le dispositif se déplace vers l'avant et peut être commandé, et
 d'un système de commande ou de régulation qui commande ou régule l'activité de l'outil d'excavation du matériau et du système de déplacement,
caractérisé en ce que
 le système de déplacement (63, 67, 68, 71) comprend un système (68) grâce auquel le dispositif peut être haubané dans le sol entourant la fente et que le dispositif de commande ou de régulation est

conçu pour exécuter le procédé conformément à l'une des revendications 1 à 3.

5. Dispositif conformément à la revendication 4,
caractérisé par
 un système de bétonnage grâce auquel l'espace libre créé par l'outil (61) d'excavation du matériau peut être rempli par du béton.
6. Dispositif conformément à l'une des revendications 4 ou 5,
caractérisé en ce que
 la largeur est inférieure à 0,5 m, de préférence inférieure à 0,3 m.

Fig. 1A

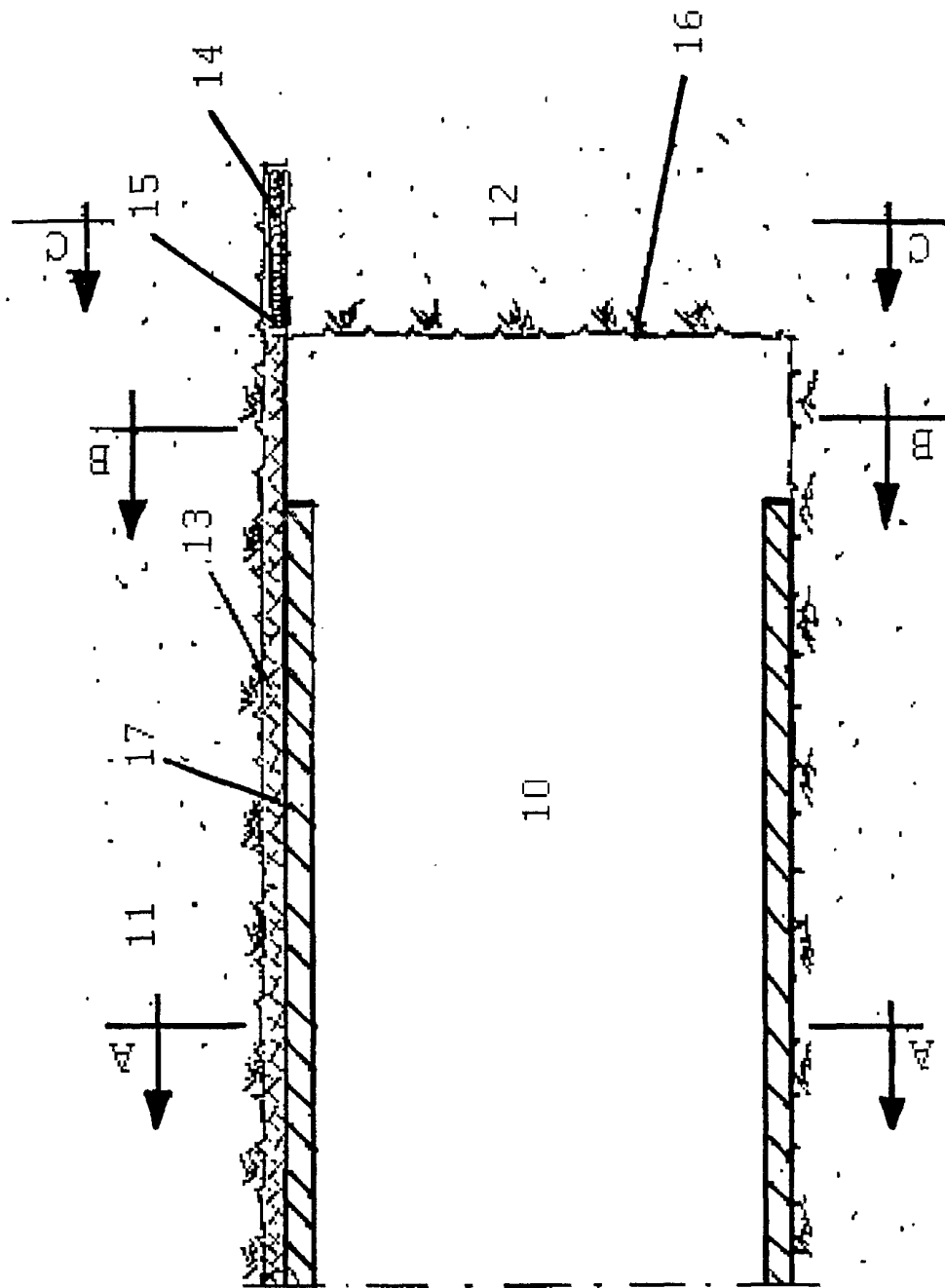
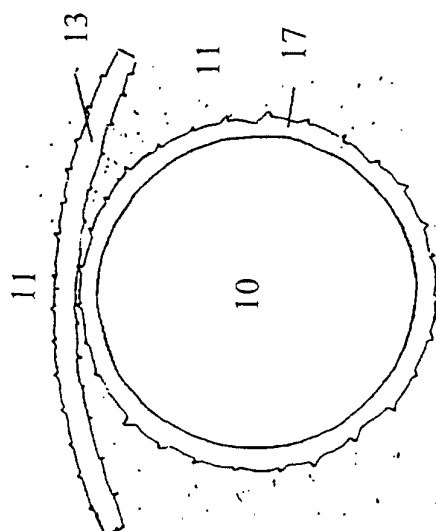
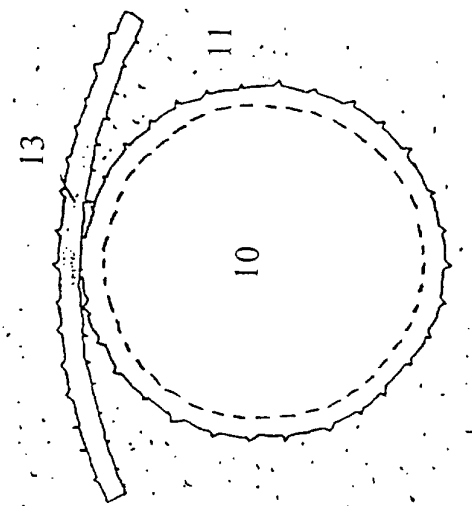


Fig. 1 B

Schnitt A - A



Schnitt B - B



Schnitt C - C

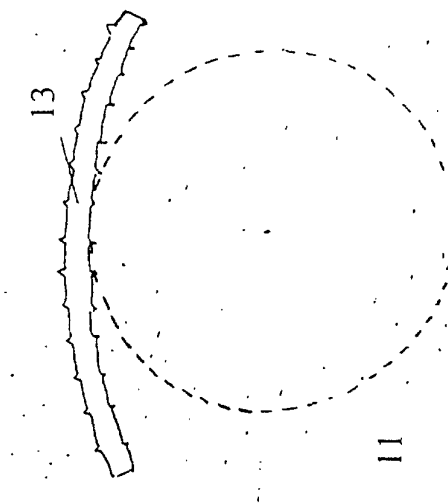


Fig. 2 A

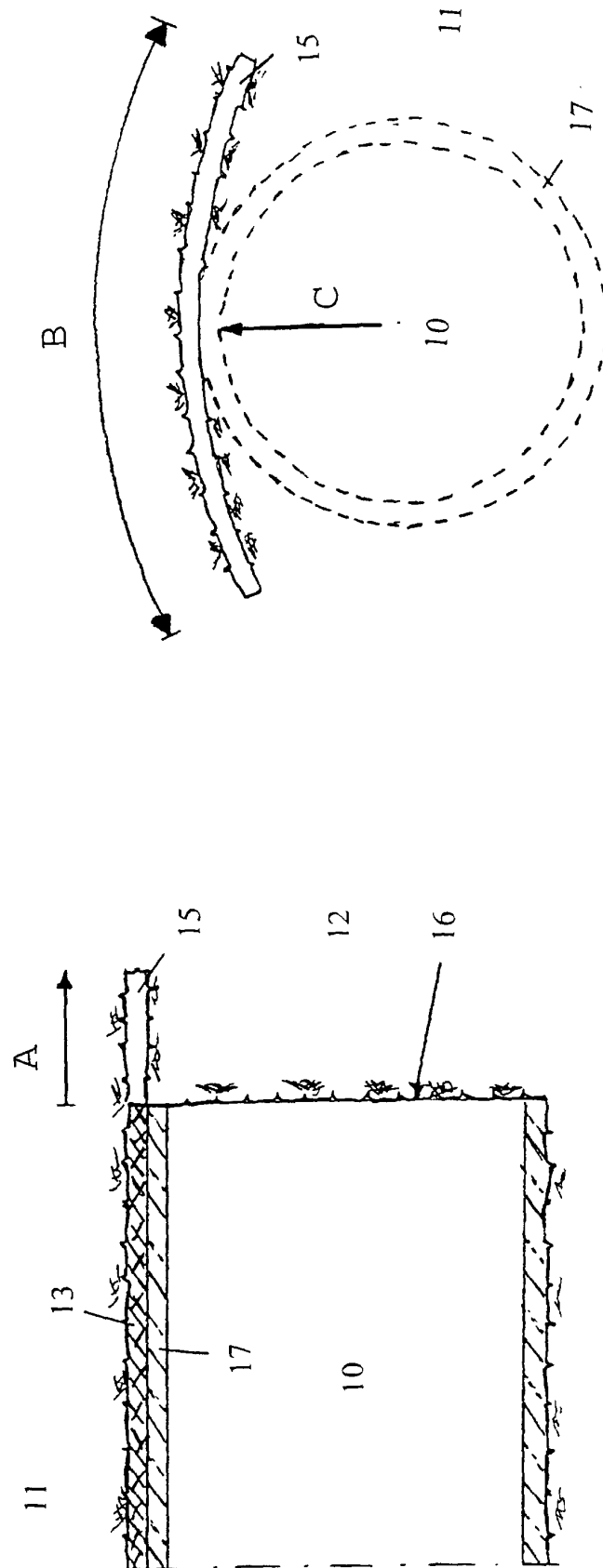


Fig. 2 B

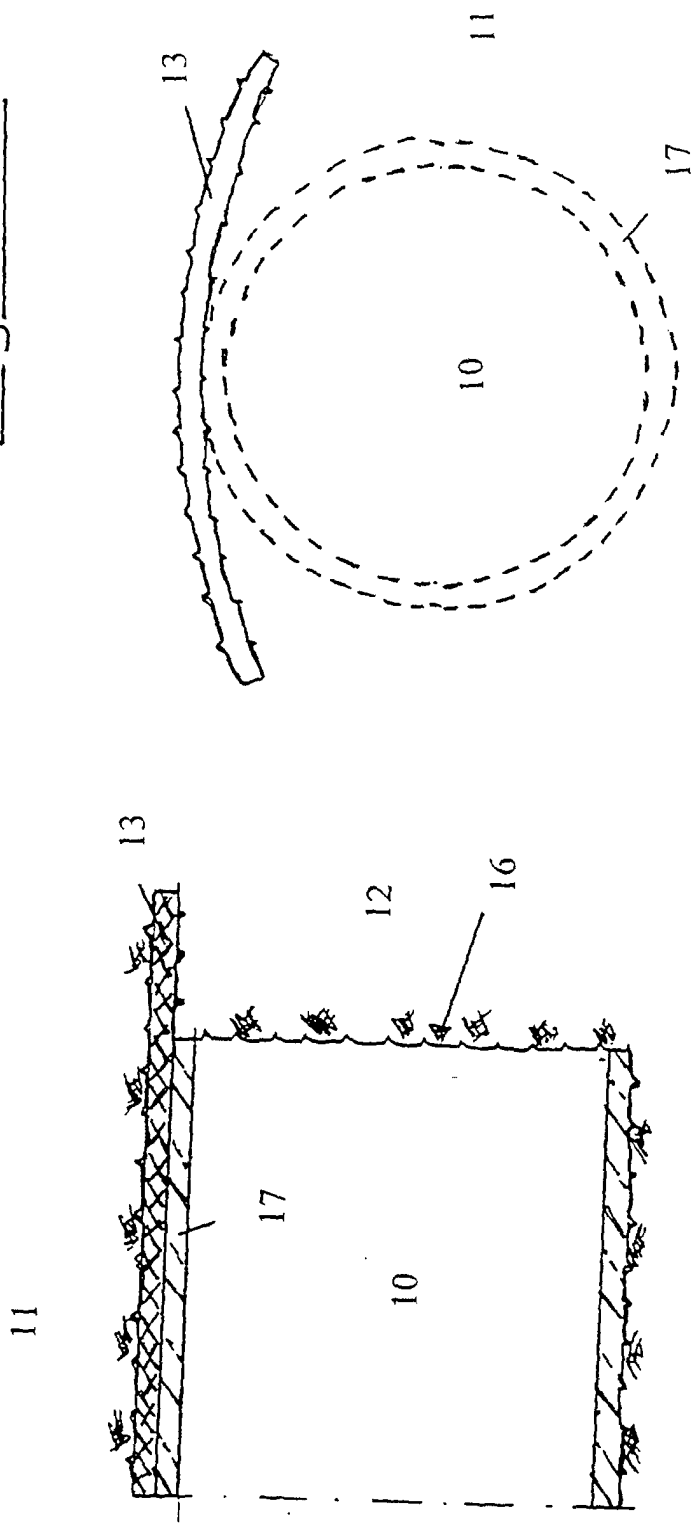


Fig. 2 C

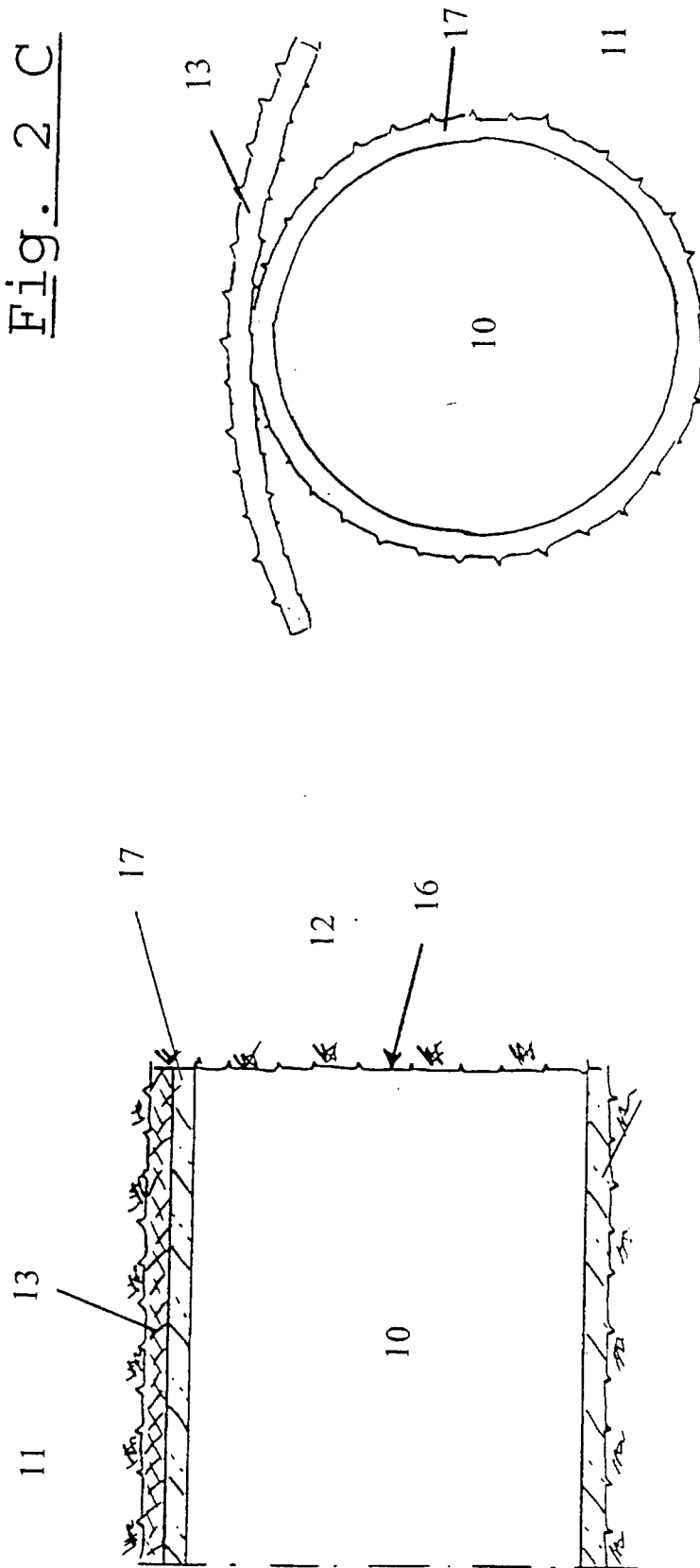


Fig. 3

Schnitt A-A

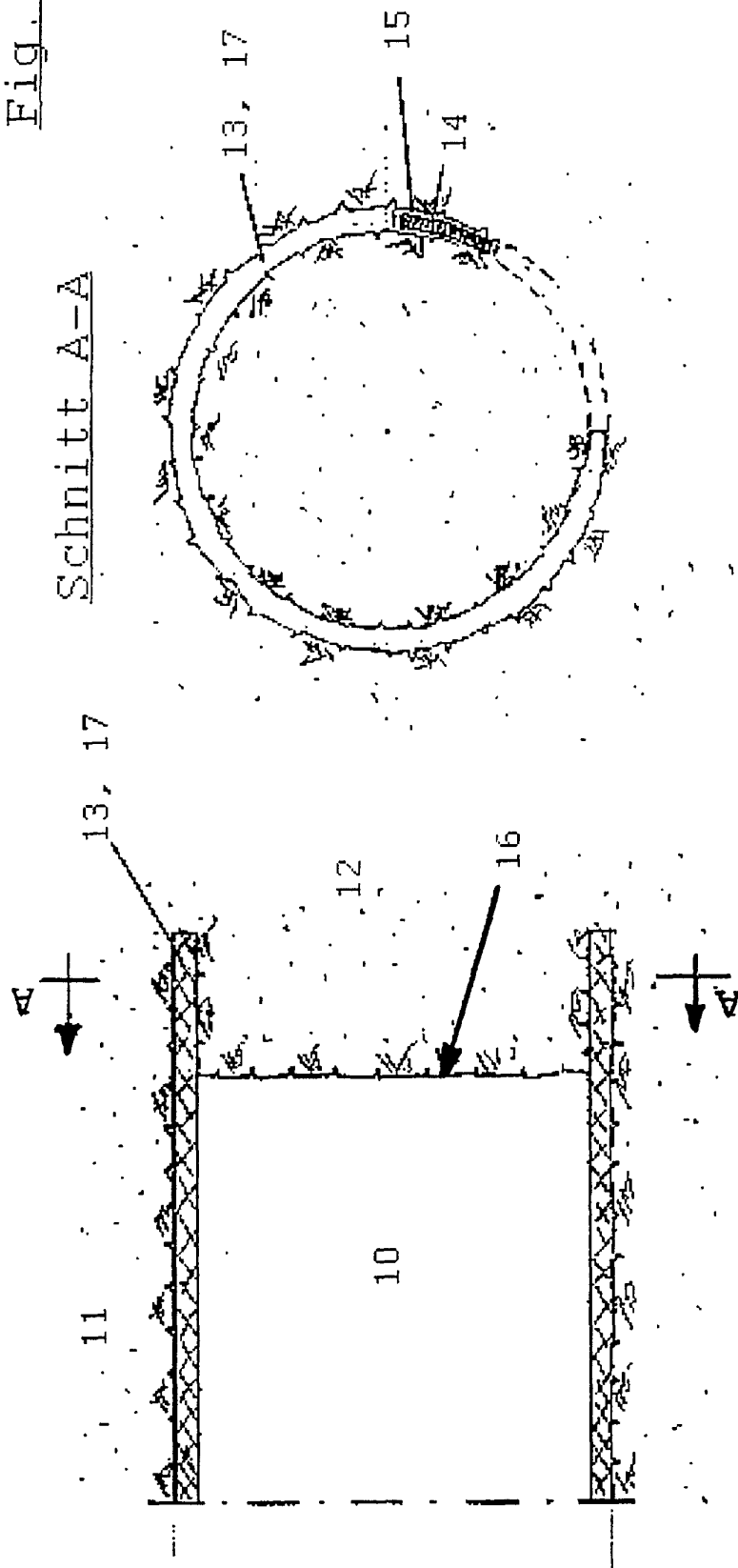


Fig. 4

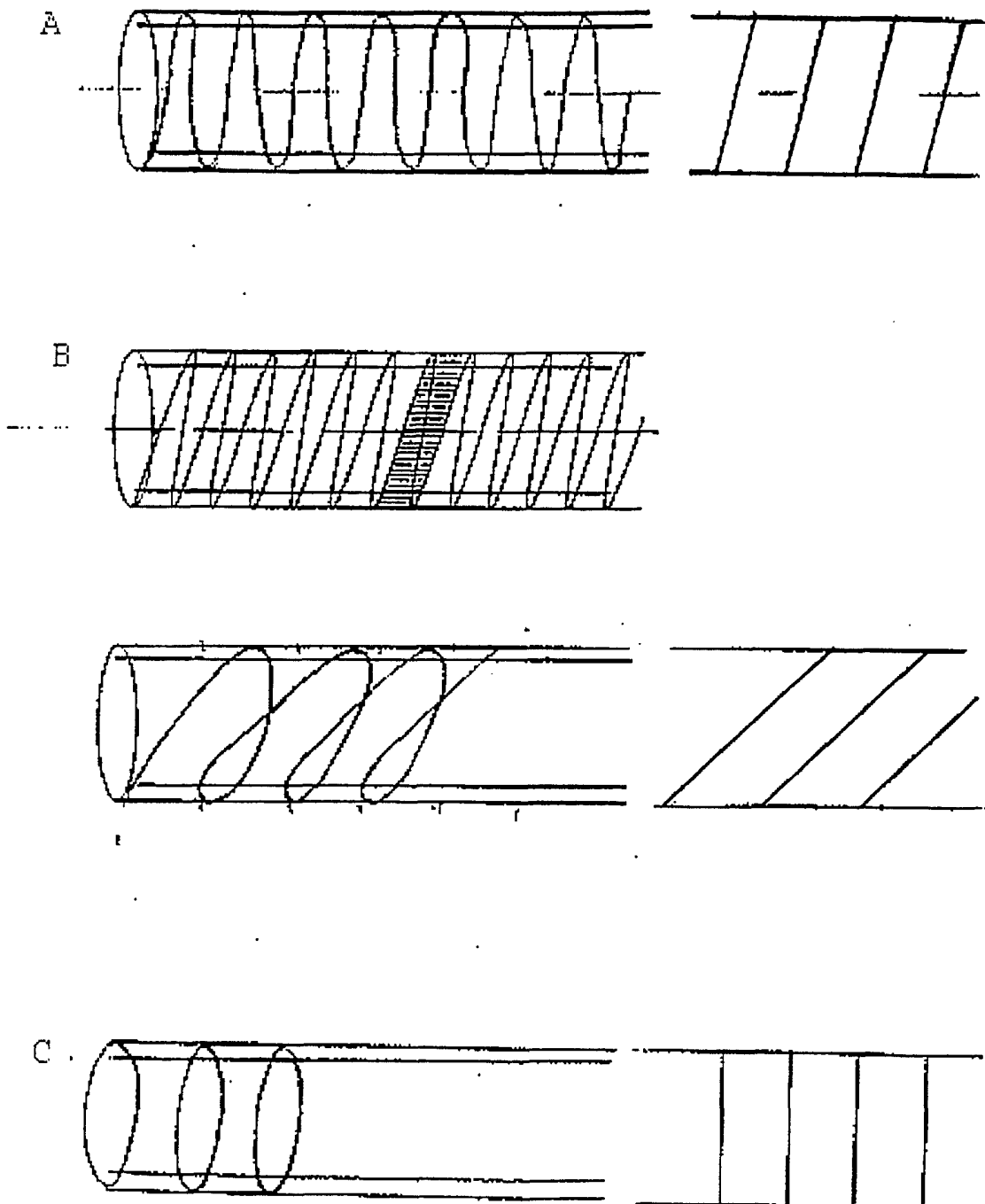
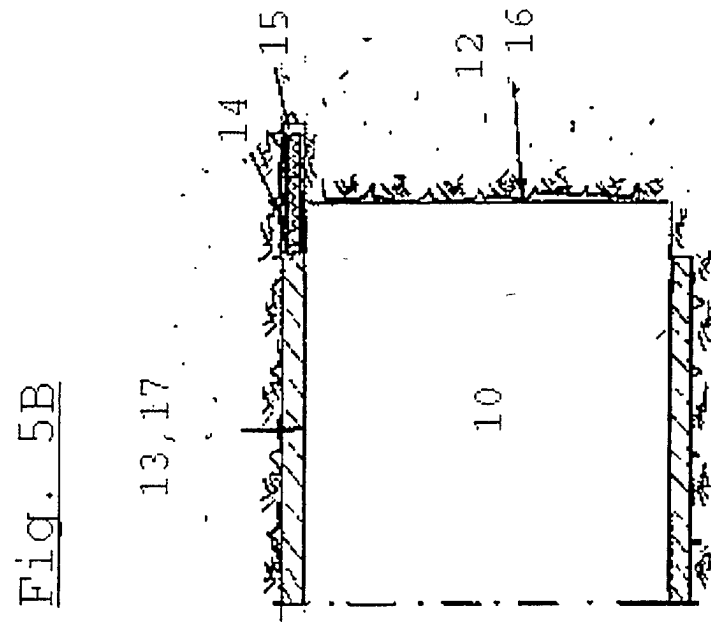
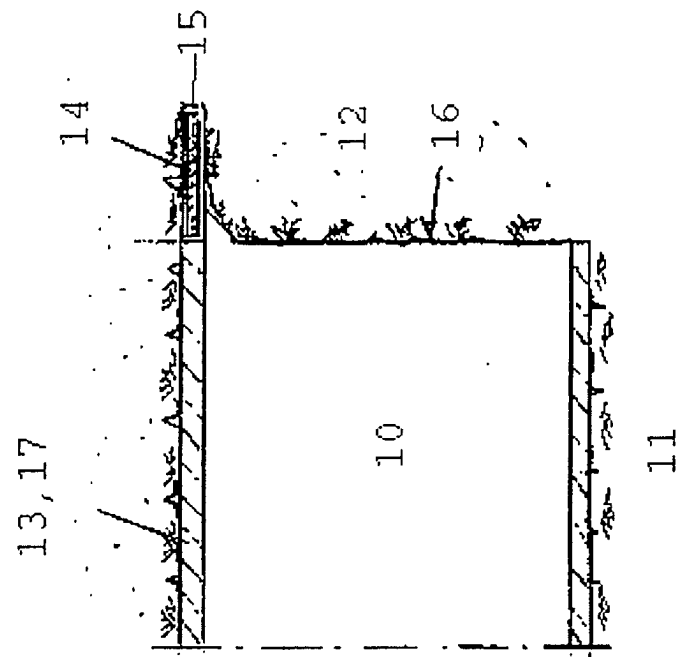


Fig. 5A



Figur 6

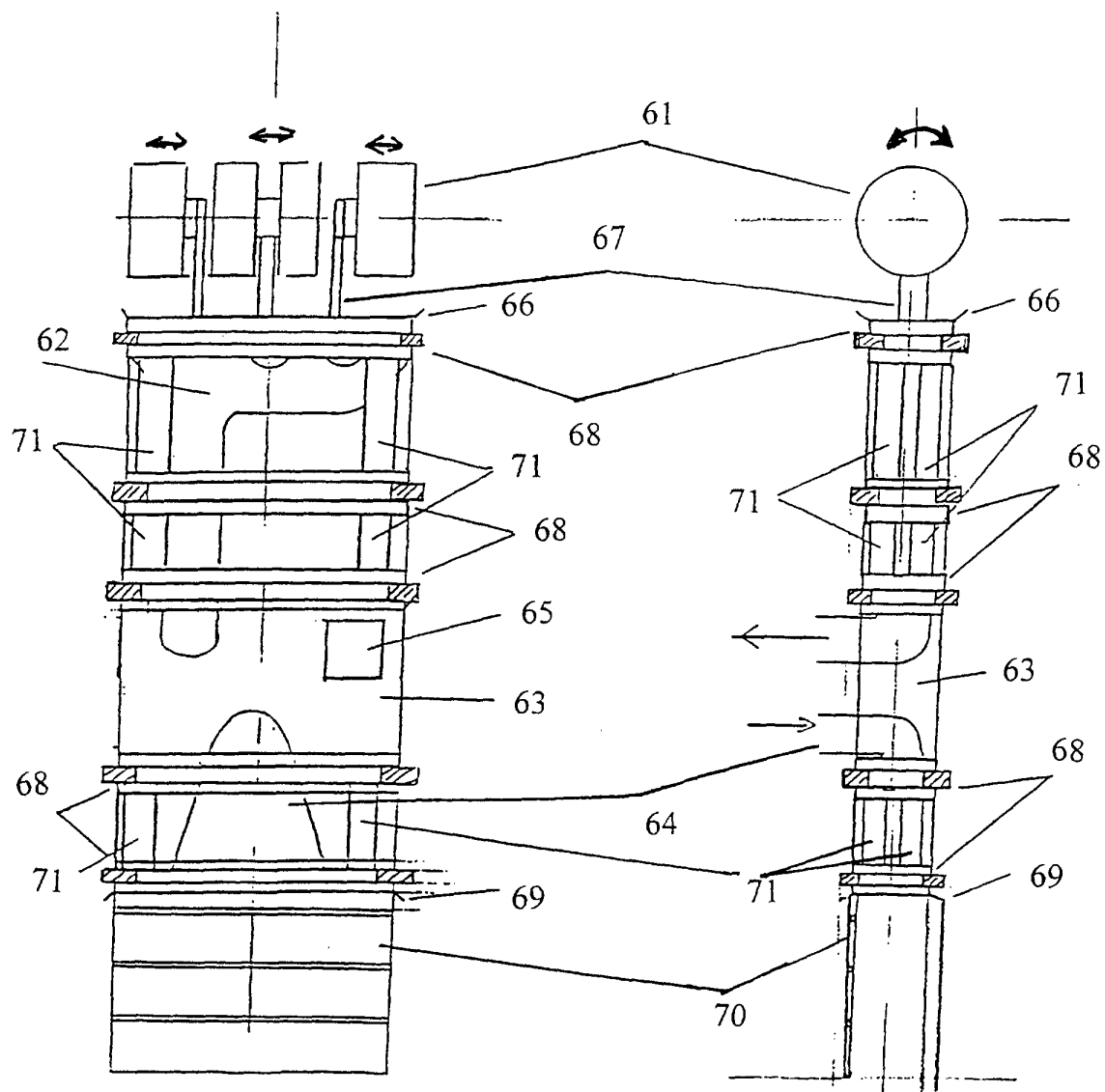
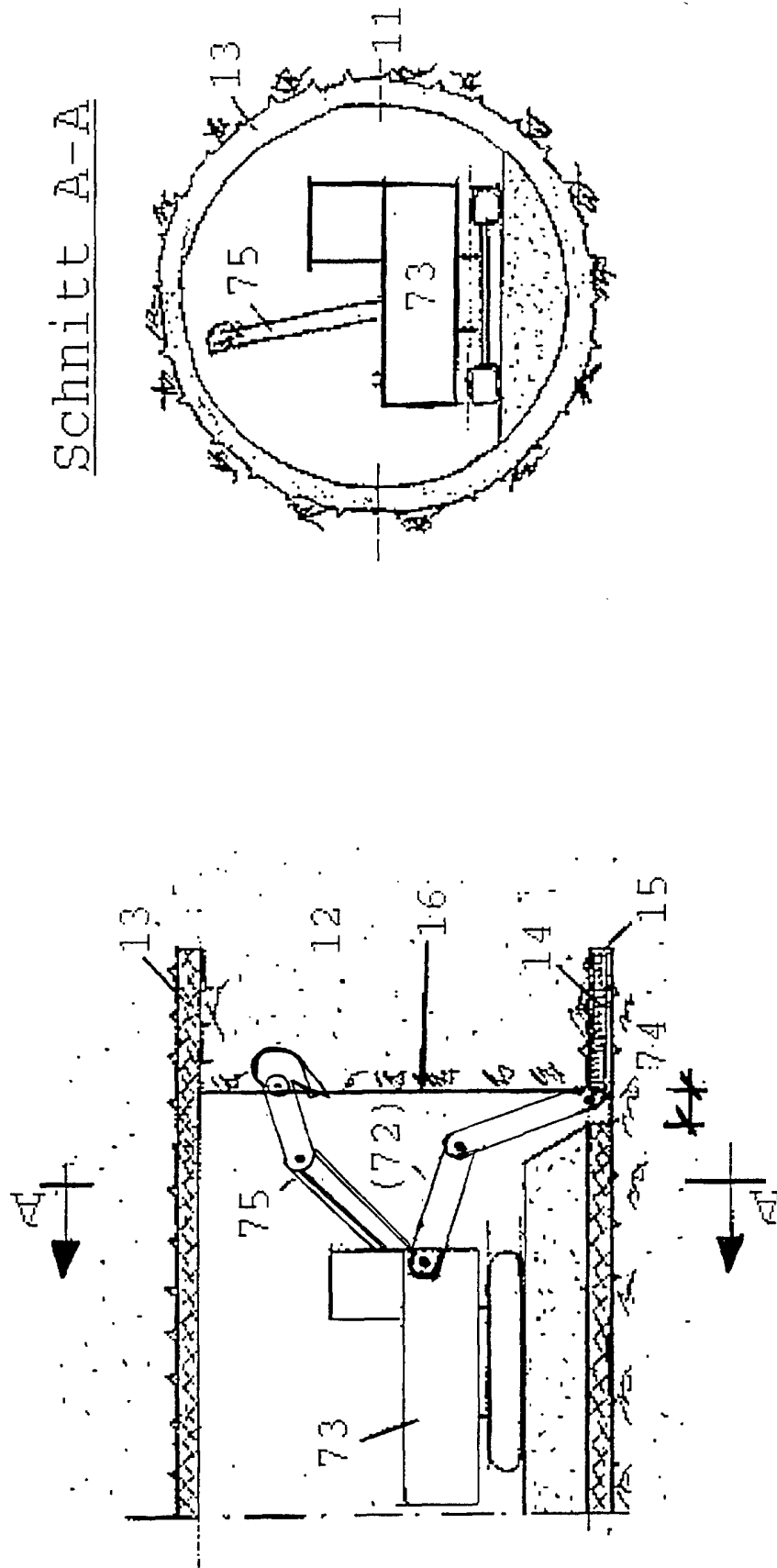


Fig. 7

Schnitt A-A



Figur 8