



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 683861 A5

⑤ Int. Cl.⁵: E 21 D 9/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑰ Gesuchsnummer: 3182/91

⑳ Anmeldungsdatum: 30.10.1991

㉔ Patent erteilt: 31.05.1994

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.05.1994

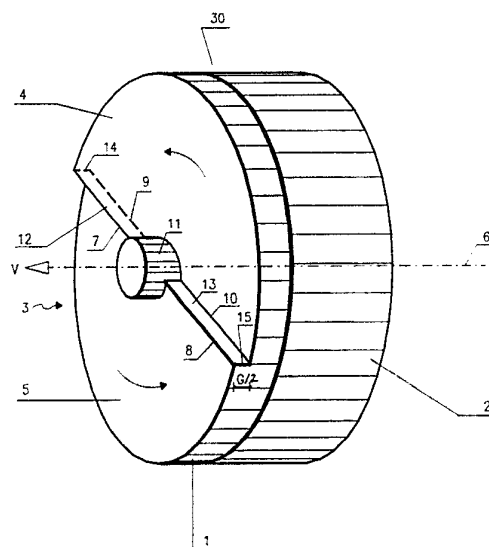
⑦③ Inhaber:
Heierli & Co. Patentverwertungsgesellschaft,
Zürich 6

⑦② Erfinder:
Heierli, Werner, Dr., Zürich
Baumann, Kurt, Alpnach Dorf

⑦④ Vertreter:
Hug Interlizenz AG, Zürich

⑤④ **Tunnelvortriebsmaschine.**

⑤⑦ Die beschriebene Tunnelvortriebsmaschine ist vorgesehen für Tunnel grösseren Querschnitts (Durchmesser bis 12 Meter und mehr) sowie insbesondere für den Einsatz in Grundwasser führendem Lockergestein. Sie weist einen Schild mit einem zylindrischem Schildmantel auf. Ein vorderer Abschnitt (1) des Schildes ist drehbar. Die Stirnseite (3) des drehbaren Abschnitts ist wenigstens ausserhalb eines zentralen Bereichs (11) als schraubenflächenförmig gekrümmte, in Axialrichtung (6) des Tunnels gesehen wenigstens annähernd vollflächige Stützfläche für die Stützung der Ortsbrust ausgebildet. Vorzugsweise ist die Stützfläche aus mehreren, sich in Umfangs- und/oder Radialrichtung ergänzenden Schraubenflächen (4, 5) zusammengesetzt. In der Stützfläche ist mindestens ein Abbauspalt (12, 13) vorhanden, welcher bezüglich seiner Fläche gegenüber der Stützfläche im Winkel angeordnet ist. An dem mindestens einen Abbauspalt (12, 13) ist vorzugsweise eine Abbauvorrichtung angeordnet. Der Abbau des Erdreiches respektive von Fels erfolgt im Bereich der Stützfläche ausschliesslich an dem oder den Abbauspalt/en unter Stützung des Erdreiches.



Beschreibung

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Tunnelvortriebs- bzw. Bohrmaschine mit einem Schild mit zylindrischem Schildmantel.

Bei Maschinen dieser Art wird der Schild in das Erdreich (Fels, Lockergestein) vorgetrieben, wobei das Erdreich im Schutze des Schildmantels in dessen vorderem Bereich, an der sogenannten Tunnel- oder Ortsbrust, abgebaut wird. Die hintere Verlängerung des Schildmantels, auch Schildschwanz genannt, überlappt die schon errichtete Tunnelauskleidung, so dass diese im Schutze des Schildmantels laufend entsprechend dem Vorschub weitergebaut werden kann.

Das sich bei dieser Art des Tunnelvortriebs, vor allem in einem Material mit nur geringer innerer Kohäsion (wie z.B. Lockergestein) stellende Hauptproblem besteht darin, dass an der Ortsbrust nicht nur Material abgebaut, sondern die Ortsbrust gleichzeitig, um Setzungen oder gar Tagbrüche zu verhindern, gegen den Erddruck abgestützt werden muss. Führt das Erdreich Grundwasser, so muss die Ortsbrust gleichzeitig auch gegen den Grundwasserdruck abgedichtet werden. Besonders kritisch ist dies in Fällen, in denen ein Tunnel in zum Teil nur sehr geringer Tiefe, welche kleiner als sein Durchmesser sein kann, durch Material mit praktisch fehlender Kohäsion, mit oder ohne Grundwasser unter überbautem Gelände hindurchgeführt werden muss.

Stand der Technik

Zur Abstützung der Ortsbrust und zum gleichzeitigen Zurückhalten von Grundwasser sind bisher vornehmlich das sogenannte Druckluftverfahren, der sogenannte Hydroschildvortrieb oder das sogenannte Membranschildverfahren verwendet worden (vergl. «Tunnelbau» Ausgabe 1986, Seiten 319–362 sowie Ausgabe 1987, Seiten 103–139, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.; H. Eckard und P.M. Schmelzle: «Entwicklung des Membranschildverfahrens für den hydraulischen Rohrvortrieb», TIS 19/88, Seiten 580–588).

Beim Druckluftverfahren wird an der Ortsbrust ein mit Druckluft beaufschlagter Abbauraum installiert. Die Druckluft verhindert das Eindringen des an der Ortsbrust anstehenden Grundwassers in den Abbauraum. Das Druckluftverfahren ist nur beschränkt, d.h. nur bei bestimmten Baugrundverhältnissen einsetzbar. Zur Abstützung der Ortsbrust sind oft zusätzliche Mittel, wie z.B. hydraulisch gegen die Ortsbrust gepresste Stützplatten, erforderlich. Beim sogenannten Bade-System wird ein die Ortsbrust gleichzeitig abbauender wie abstützender Bohrkopf verwendet. Der Bohrkopf führt innerhalb des lediglich in Vortriebsrichtung sich bewegenden Schildmantels eine pendelnde Drehbewegung aus und ist in bewegliche, ebene Stützplatten und umsteuerbare, mit Schürfmessern besetzte, ebenfalls ebene Schürfplatten unterteilt. Der Abbau erfolgt an Schlit-

zen, welche sich durch Schrägstellen der genannten Platten zwischen diesen ergeben. Ganz allgemein nachteilig beim Druckluftverfahren sind insbesondere die hohen Arbeitskosten, die sich ergebenden Arbeitsverzögerungen sowie das immer noch recht beachtliche Risiko eines Niederbruches bei heterogenen Baugrundverhältnissen und das Risiko von Ausbläsern.

Beim Hydroschildvortrieb wird die Ortsbrust durch eine Stützflüssigkeit gestützt. Als Stützflüssigkeit wird in der Regel eine Bentonitsuspension verwendet. Der Abbauraum wird vor der Ortsbrust durch eine Druckwand vom hinteren Schild und vom bereits erstellten Tunnel abgeteilt, wobei der Abbauraum durch eine Tauchwand in zwei miteinander kommunizierende Räume unterteilt ist. Der vor der Tauchwand liegende Raum wird vollständig, der dahinter liegende Raum lediglich teilweise mit der Stützflüssigkeit angefüllt. Oberhalb der Stützflüssigkeit ergibt sich im letztgenannten Raum ein Luftraum, welcher mit Druck beaufschlagt ist. Durch Regelung des Luftdrucks kann der Druck, der von der Stützflüssigkeit auf die Ortsbrust ausgeübt wird, reguliert werden. Der Abbau erfolgt im allgemeinen mittels eines offenen Schneidrades in der Stützflüssigkeit. Das abgebaute Material wird mit der Stützflüssigkeit über Pumpenleitungen abtransportiert. Das dabei «verbrauchte» Bentonit verursacht allerdings recht hohe Kosten. Wegen des hohen Materialpreises von Bentonit lohnt es sich, dieses aufwendig, zwecks erneuter Verwendung, von dem abgebauten Material abzutrennen. Die dafür erforderlichen Trennvorrichtungen und ihr Betrieb sind oft so teuer wie die Tunnelvortriebsmaschine und ihr Betrieb selbst. Bentonit ist auch nicht bei allen Bodenarten verwendbar.

Das Membranschildverfahren ist eine Kombination aus dem Druckluftverfahren und der Flüssigkeitsstützung. Hierbei wird eine dünne Suspensionsmembran aus Bentonit innerhalb eines mit Druckluft beaufschlagten Abbauraumes auf die Ortsbrust durch Sprühen aufgebracht. Die Bentonitsuspension hat die Eigenschaft, dass sie das Porengefüge des Bodens gegen das Eindringen von Druckluft verschliesst, so dass die Druckluft über die Bentonitmembran eine flächenhafte Stützung der gesamten Ortsbrust bewirkt, ohne in den Boden hinein zu entweichen. Die während des Materialabbaus an der Ortsbrust in der Membran allerdings ständig entstehenden Fehlstellen müssen durch Nachsprühen von Bentonit stets und sofort wieder geschlossen werden. Obwohl der Bentonitverbrauch bei diesem Verfahren geringer als bei der vorbeschriebenen Flüssigkeitsstützung ist, muss doch auch der gesamte Querschnitt der Ortsbrust mit Bentonitsuspension abgedichtet sein und durch den Abbau verbrauchtes Bentonit ständig ersetzt werden. Das Verfahren ist nicht bei allen Bodenverhältnissen anwendbar; die Gefahr von Ausbläsern und von Einbrüchen kohäsionslosen Materials bleibt bestehen.

Darstellung der Erfindung

Die bekannten, vorbeschriebenen Tunnelvor-

triebsmaschinen bzw. Tunnelvortriebsverfahren lösen das Problem der Funktionstrennung zwischen den Funktionen «Stützung der Ortsbrust» und «Abbau des Materials an der Ortsbrust» zu wenig konsequent. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher insbesondere, eine bei allen Bodenarten, insbesondere jedoch in Grundwasser führendem Lockergestein einsetzbare Tunnelvortriebsmaschine der eingangs genannten Art anzugeben, bei der eine klarere Trennung zwischen den Funktionen «Stützung der Ortsbrust» und «Abbau des Materials an der Ortsbrust» realisiert ist und welche ohne den Einsatz einer Stützflüssigkeit betrieben werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch eine Tunnelvortriebsmaschine mit den im Patentanspruch angegebenen Merkmalen. Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen gekennzeichnet.

Die erfindungsgemässe Tunnelvortriebsmaschine ist demnach prinzipiell dadurch gekennzeichnet, dass der Schild einen vorderen drehbaren Abschnitt mit einer Stirnseite aufweist, die wenigstens in einem Radialbereich ausserhalb eines zentralen Bereichs als schraubenflächenförmig gekrümmte, in Richtung der Schildachse gesehen wenigstens annähernd vollflächige Stützfläche für die Stützung der Ortsbrust ausgebildet ist und dass in dieser Stützfläche mindestens ein Abbauspalt vorhanden ist, welcher bezüglich seiner Fläche gegenüber der Stützfläche im Winkel angeordnet ist.

Die Stützfläche kann in dem genannten Radialbereich entweder durch eine, sich über eine volle Windung erstreckende Schraubenfläche gebildet oder, was bevorzugt ist, aus mehreren, sich in Radial- und/oder Umfangsrichtung ergänzenden, in Axialrichtung gegebenenfalls gegeneinander versetzten Schraubenflächen zusammengesetzt sein. Im letztgenannten Fall ergeben sich in der Schraubenfläche mehrere Abbauspalte.

Die Erzeugenden der mindestens einen Schraubenfläche können beliebig zur Schildachse ausgerichtete Geraden, in sich abgelenkte Geraden, treppenförmig abgestufte Geraden oder Kurven sein. Bevorzugt sind sie jedoch rechtwinklig zur Schildachse ausgerichtete Geraden. Ist die Stützfläche aus mehreren Schraubenflächen zusammengesetzt, so sollten diese die gleiche Erzeugende und übereinstimmende Ganghöhe haben.

An dem mindestens einen Abbauspalt ist vorzugsweise eine Abbauvorrichtung vorgesehen.

Mit dem erfindungsgemässen «Schraubenschild» wird eine praktisch perfekte Trennung der Funktionen «Stützung der Ortsbrust» und «Materialabbau an der Ortsbrust» erreicht. Der Materialabbau findet beim Tunnelvortrieb in dem genannten Radialbereich nur an dem mindestens einen Abbauspalt sowie im wesentlichen auch nur parallel zu der schraubenflächenförmigen Stützfläche statt. Entsprechend dem fortschreitenden Materialabbau wird der vordere Schildabschnitt um seine Achse gedreht und dabei gleichzeitig vorgeschoben. Es ergibt sich in Richtung der Schildachse (Axialrichtung/Tunnelachse) ein praktisch vollflächiger, ständiger,

prinzipiell spaltfreier und direkter Kontakt zwischen der Stützfläche und dem Erdreich. Bedingt durch ihre schraubenflächenförmige Ausbildung wird die Stützfläche beim Tunnelvortrieb stets exakt parallel zur Oberfläche des abgebauten Erdreichs an der Ortsbrust entlang bewegt. Im Verhältnis zur Gesamtfläche der Stützfläche kann die Fläche des mindestens einen Abbauspalt sehr klein (z.B. 6%) gehalten werden, so dass die dort auftretenden Abstütz- und Abdichtprobleme verhältnismässig einfach beherrschbar sind.

Die erfindungsgemässe Tunnelbohrmaschine ist insbesondere auch für grosse Tunneldurchmesser (bis 12 Meter und mehr) geeignet, für die zunehmender Bedarf besteht. Sie ist weiter geeignet für (oder zumindest leicht anpassbar an) praktisch alle Bodenarten, so dass ein Tunnel selbst in unterschiedlichsten Bodenschichten (z.B. Fels, Lockergestein mit oder ohne Grundwasser, Lehm) ohne Maschinenwechsel aufgeföhren werden kann. Das Grundwasserproblem kann in einfacher Weise dadurch beherrscht werden, dass an dem mindestens einen Abbauspalt eine Abbauvorrichtung vorgesehen wird, welche diesen vollständig überdeckt und abdichtet.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

In den beigefügten Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 den Schild einer Tunnelvortriebsmaschine gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit einem vorderen und einem hinteren Schildabschnitt in einer Ansicht seitlich von vorn auf die als Stützfläche für die Ortsbrust ausgebildete Stirnfläche des vorderen Schildabschnitts,

Fig. 2 den vorderen Abschnitt des gleichen Schildes ebenfalls in einer Ansicht seitlich von vorn,

Fig. 3 einen Blick von hinten in das Innere des Schildes und auf die Rückseite der als Stützfläche ausgebildeten Stirnfläche des vorderen Schildabschnitts,

Fig. 4 in Ausschnittsvergrösserung eine rückseitig an der Stützfläche montierte Abbauvorrichtung,

Fig. 5 einen Querschnitt durch die Abbauvorrichtung selbst und durch einen dieser zugeordneten Schiebermechanismus zum Verschliessen des Abbauspalt unterhalb der Abbauvorrichtung,

Fig. 6 einen vergrösserten Ausschnitt des vorderen Schildabschnittes, wiederum in einer Ansicht seitlich von vorn,

Fig. 7 einen vergrösserten Ausschnitt der Rückseite der Stützfläche mit verschiedenen an dieser vorgesehenen Vorrichtungen,

Fig. 8 in Ausschnittsvergrösserung den Antriebsmechanismus für den vorderen drehbaren Schildabschnitt,

Fig. 9 in einer Fig. 1 entsprechenden Darstellung einen Schild, bei dem der Schildmantel des hinteren Schildabschnitts aussenseitig mit Rippen versehen ist,

Fig. 10 in einem Diagramm den vor allem auf die Stirnfläche des vorderen Schildabschnitts wirkenden Erddruck als Funktion der Relativverschiebung der Tunnelvortriebsmaschine gegenüber dem Erdreich,

Fig. 11 in geschnittener Darstellung den Überlappungsbereich zwischen dem Schildmantel des vorderen und des hinteren Schildabschnittes,

Fig. 12 schematisch verschiedene mögliche Varianten für die Wahl der Erzeugenden für die Stützfläche,

Fig. 13 schematisch weitere mögliche Varianten für die Wahl der Erzeugenden,

Fig. 14 eine Aufsicht von vorn auf die Stützfläche des vorderen Schildabschnittes eines Schildes gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, und

Fig. 15 den Schildabschnitt von Fig. 14 in Seitenansicht.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Fig. 1 und 2 zeigen den Schild dieser Tunnelvortriebsmaschine, welche für den Tunnelvortrieb in Grundwasser führendem, nicht standfesten Bodenmaterial geeignet ist.

Der Schild ist in einen vorderen Schildabschnitt 1 und einen hinteren Schildabschnitt 2 unterteilt. Der vordere Schildabschnitt 1 ist am hinteren Schildabschnitt 2 drehbar gelagert, umfasst einen Teil des äusseren Schildmantels und weist auf seiner Stirnseite 3 eine mit dem genannten Schildmantelteil fest verbundene Stützfläche für die Ortsbrust auf. Der dargestellte Schild kann ohne weiteres einen Durchmesser von z.B. 12 m oder mehr aufweisen.

Die Stützfläche für die Ortsbrust auf der Stirnseite 3 des vorderen Schildabschnitts 1 wird in diesem Ausführungsbeispiel gebildet durch zwei Schraubenflächen 4 und 5, deren Erzeugende jeweils eine rechtwinklig zur Schildachse 6 ausgerichtete Gerade ist. Die beiden Schraubenflächen 4 und 5 erstrecken sich jeweils über eine halbe Windung und sind um 180° gegeneinander versetzt, so dass sie sich zu einer vollen Windung ergänzen. In Axialrichtung sind sie im vorliegenden Ausführungsbeispiel derart relativ zueinander angeordnet bzw. versetzt, dass ihre vorderen Kanten 7 und 8, welche im folgenden auch als radiale Schneidkanten bezeichnet werden, sowie auch ihre hinteren Kanten 9 und 10, jeweils in einer gemeinsamen Axialebene liegen. Die übereinstimmende halbe Ganghöhe $G/2$ der beiden Schraubenflächen 4, 5 ist klein gegenüber dem Durchmesser des vorderen Schildabschnitts 1 gewählt und sollte in der Regel nur etwa ein Zehntel dieses Durchmessers betragen. Sie kann von Fall zu Fall den bodenmechanischen Eigenschaften des Erdreiches angepasst werden.

Im Zentrum der beschriebenen Stützfläche und diese nach innen abschliessend ist ein hohler Zylinder 11 angeordnet, welcher nachfolgend als Zentrumszylinder bezeichnet wird. Dieser ragt ein Stück weit über die Stützfläche in Tunnelvortriebsrichtung vor, was aber nicht unbedingt erforderlich ist.

Bedingt durch ihre Zusammensetzung aus den beiden Schraubenflächen 4 und 5 sowie durch deren gegenseitigen Axialversatz ergeben sich in der

Stützfläche im Radialbereich zwischen dem Zentrumszylinder 11 und der äusseren Schildmantelfläche 16 zwei Spalte 12 und 13. Diese sind (hier bedingt durch die Wahl der Erzeugenden der Schraubenflächen als rechtwinklig zur Schildachse 6 ausgerichtete Geraden) von rechteckiger Form und bezüglich ihrer Fläche senkrecht zu den Schraubenflächen 4, 5 ausgerichtet. Die Spalte werden begrenzt durch die vorerwähnten vorderen und hinteren radial verlaufenden Kanten 7–10 der Schraubenflächen 4, 5, sowie durch in Axialrichtung verlaufende Kanten 14, 15 auf der Mantelfläche 16 des vorderen Schildabschnitts 1 sowie 17, 18 am Zentrumszylinder 11. Die genannten Kanten 14, 15 werden im folgenden auch als axiale Schneidkanten bezeichnet. Die Kanten 7 und 9 sowie die Kanten 8 und 10 verlaufen parallel zueinander, so dass die Breite der Spalte 12 und 13 über ihre gesamte radiale Erstreckung konstant ist.

Die Spalte 12 und 13, im folgenden auch als radiale Abbauspalte bezeichnet, sind im Betrieb durch jeweils eine auf ihre Spaltfläche als radiale Abbaufäche einwirkende radiale Abbauvorrichtung dicht verschlossen. In Fig. 3, einer Ansicht des vorderen Schildabschnitts von hinten, d.h. von der Tunnelseite her gesehen, ist lediglich eine radiale Abbauvorrichtung am Abbauspalt 12 dargestellt und mit 19 bezeichnet. Im Zentrumszylinder 11 ist ebenfalls eine auf seine Querschnittsfläche als zentrale Abbaufäche einwirkende zentrale Abbauvorrichtung (nicht dargestellt) vorgesehen, welche diese Abbaufäche gleichfalls vollständig abschliesst. Indem dadurch alle Öffnungen in der Stirnseite 3 des vorderen Schildabschnitts 1 durch die erwähnten Abbauvorrichtungen vollständig abgeschlossen sind, werden Grundwasser und Erdreich am Austreten gehindert.

Der zum Vortrieb des Tunnels erforderliche Abbau von Erdreich findet lediglich an den Spalten 12 und 13 sowie innerhalb des Zentrumszylinders 11 statt. Entsprechend dem fortschreitenden Materialabbau wird der vordere Schildabschnitt 1 in Richtung der in Fig. 1 dargestellten Pfeile um seine Achse 6 gedreht und die gesamte Schildkonstruktion in Vortriebsrichtung V entsprechend der Ganghöhe der Schraubenflächen 4, 5 weiter vorgeschoben. Dabei wird die Stirnseite 3 des vorderen Schildabschnitts 1 stets leicht gegen die Ortsbrust im Tunnel (bis zum Erreichen des sog., später noch erläuterten Ruhedrucks) gepresst. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass der hintere Schildabschnitt 2 in geeigneter Weise (z.B. mittels hydraulischer Vorschubpressen) an der bereits eingebauten Tunnelauskleidung (üblicherweise sog. Tübbing) oder an den Seitenflächen des bereits ausgehobenen Tunnelraumes laufend abgestützt wird. Charakteristisch für die erfindungsgemässe Konstruktion ist, dass jeder Punkt auf den Schraubenflächen auf einer Spirale in das Erdreich gleitet, ohne sich in das Erdreich zu pressen oder von diesem zu entfernen. Zwischen dem Erdreich und den Schraubenflächen entsteht prinzipiell kein Zwischenraum.

Die radialen Abbauvorrichtungen können, wie im dargestellten Ausführungsbeispiel die Abbauvorrichtung 19, als ein nur zur Abbaufäche hin offener, rückseitig an der Stützfläche 3 lösbar montierter

und rückseitig geschlossener Abbaukasten ausgebildet sein, welcher mit Anschlüssen 20 und 21 zum Einleiten von Wasser und zum Abpumpen des Gemisches Wasser/Abbaumaterial versehen ist (Fig. 4). Unerwünschte Setzungen im Erdreich können dadurch sicher vermieden werden, dass aus den Abbaukästen pro Zeiteinheit nur soviel des Gemisches aus Wasser und Abbaumaterial entnommen bzw. abgepumpt wird, wie während der gleichen Zeit an Wasser in die Abbaukästen eingeleitet und an Abbaumaterial, entsprechend der Vorschub- und Drehgeschwindigkeit des vorderen Schildabschnittes 1, an der Abbaufont abgebaut wird. Der Abbaukasten bleibt also stets voll Material und Wasser. Mittels eines nicht dargestellten Druckluftpuffers kann der Wasserdruck im Abbaukasten reguliert und insbesondere dem örtlichen Druck des Grundwassers angepasst werden. Insbesondere bei grösseren Tunneldurchmessern ist vorzugsweise der Abbaukasten 19, wie dies Fig. 4 ebenfalls zeigt, in radialer Richtung noch in mehrere Kammern unterteilt, um dem höhenabhängig oder sonst unterschiedlichen Druck des Grundwassers zwischen Tunnelfirst und Tunnelsohle Rechnung tragen zu können. Der Druck in jeder Kammer wird dann getrennt gesteuert, wobei sich der Druck natürlich fortlaufend mit der Drehstellung des vorderen Schildabschnittes 1 verändert.

Im Abbaukasten 19 können den bodenmechanischen Eigenschaften angepasste aktive Abbaugeräte, wie z.B. Bohrhämmer, vorgesehen werden. Die Abbaugeräte sind vorzugsweise austauschbar gegen gleichartige oder, sofern die bodenmechanischen Anforderungen dies erfordern, auch gegen andersartige Abbaugeräte. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, die Abbauvorrichtung als Ganzes demontieren und gegen eine andere Abbauvorrichtung austauschen zu können.

Um örtliche und zeitliche Lücken in der Stützung der Ortsbrust sowie der Grundwasserabdichtung während eines Werkzeugwechsels oder eines Wechsels einer ganzen Abbauvorrichtung zu vermeiden, sollten die Abbauspalte 12, 13, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, durch eine Schiebervorrichtung 22 verschliessbar sein. Damit der Schieber vorgeschoben werden kann, müssen vorgängig im Abbaukasten vorhandene Abbaugeräte, welche in Fig. 5 nicht besonders dargestellt und mit 23 bezeichnet sind, von der Abbaufont im Abbauspalt etwas zurückgezogen werden. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt es sich, wenn eine Abbauvorrichtung ausgetauscht werden soll, den vorderen Schildabschnitt so weit zu drehen, bis die Abbaufäche unter der auszuwechselnden Abbauvorrichtung waagrecht und nach unten gerichtet zu liegen kommt, so dass kein Bodenmaterial auf dem Abbaukasten lastet.

Eine Schiebervorrichtung kann mit Vorteil natürlich auch an der zentralen Abbaufäche im Zentrumszylinder 11 vorgesehen werden.

Anstelle mittels Schiebervorrichtungen könnte je nach Bodenart das Erdmaterial und das Grundwasser auch mit Druckluft, wie beim bekannten Druckluftverfahren, am Eindringen gehindert werden. Das Risiko von Setzungen oder eines Niederbruchs ist gegenüber dem herkömmlichen Druckluftverfahren

erheblich geringer, da die Fläche der radialen Abbauspalte, wie bereits erwähnt, nur jeweils wenige Prozent der Ortsbrustfläche beträgt. Auch hierbei ist es wieder von Vorteil, den vorderen Schildabschnitt so weit zu drehen, bis die Abbauspalte waagrecht zu liegen kommen, da in diesem Fall der Druckpegel des Grundwassers über die Fläche der Abbauspalte konstant ist.

Beim Abbauvorgang kann auf bekannte Techniken aufgebaut werden. Mögliche Abbautechniken sind: Schrämmen, Schrämmen mit Düse (Wasserstrahl), Fräsen, Bohren, Meisseln, Rollmeisseln, Einrammen von Schneidwerkzeugen, Einpressen von Schneidwerkzeugen oder auch das eingangs erläuterte Membranschildverfahren. Auch hierbei ist das Abstützproblem wegen der verhältnismässig sehr kleinen Fläche der Abbauspalte 12, 13 wieder wesentlich weniger kritisch als das bei den eingangs erläuterten bekannten Verfahren. Die z.B. im Zusammenhang mit dem Membranschildverfahren eingangs erwähnten Nachteile fallen deshalb kaum ins Gewicht.

Die vorerwähnten Schneidkanten 7, 8 sowie 14, 15 an den radialen Abbauspalten 12, 13 können beispielsweise mit einer dichten Reihe von Gesteinsbohrhämmern besetzt werden, welche den Weg für die Schneidkanten freibohren. Auf einen Vorschub für die Bohrer kann verzichtet werden, da dieser – nebst dem erforderlichen Anpressdruck – durch die Drehung des vorderen Schildabschnittes 1 geliefert wird.

Bezüglich ihrer Wirkrichtung sollten die im Abbaukasten eingesetzten Abbaugeräte vornehmlich jeweils in Schraubenrichtung der beiden Schraubenflächen 4, 5, d.h. tangential zu diesen Flächen ausgerichtet sein. Da die Krümmung der Schraubenflächen zu ihrer Achse hin zunimmt, ist diese Richtung abhängig vom jeweiligen Radialabstand des Einbauortes der einzelnen Abbaugeräte. So müssen Abbaugeräte, welche mit geringem Achsabstand, d.h. näher am Zentrumszylinder eingebaut sind, mehr in axialer Richtung als solche mit grösserem Achsabstand ausgerichtet sein.

Mit Vorteil kann auch vorgesehen sein, die entlang der radialen wie auch der axialen Schneidkanten 7, 8 und 14, 15 an den radialen Abbauspalten 12, 13 angeordneten Abbaugeräte bezüglich ihrer Wirkrichtung so anzuordnen, dass sich ein leichtes Überschneiden dieser Kanten ergibt. Durch das Überschneiden kann die Reibungskraft auf die Stützfläche beim Drehen erheblich reduziert werden. Das Überschneiden muss jedoch in Grenzen gehalten werden, damit keine zu grossen Setzungen entstehen.

Sofern die für das Überschneiden vorgesehenen Abbaugeräte bezüglich ihrer Wirkung und/oder ihrer Wirkrichtung einzeln oder zumindest in Gruppen steuerbar sind, kann durch ein unterschiedlich gesteuertes Überschneiden, insbesondere der äusseren axialen Schneidkanten 14, 15 am Schildmantel, die Tunnelbohrmaschine bezüglich ihrer Vortriebsrichtung gesteuert und korrigiert werden.

Für den Abbau im Zentrumszylinder 11 sind ebenfalls die vorgenannten Abbautechniken geeignet. Es liegen hier insbesondere Verhältnisse vor

wie beim Vortrieb von Tunneln mit verhältnismässig kleinen Durchmessern. Der Durchmesser des Zentrumszylinders 11 sollte an sich möglichst klein sein. Je kleiner der Durchmesser gewählt wird, desto steiler wird allerdings auch die Steigung der Schraubenflächen 4, 5 zum Zentrumszylinder hin bei kleinen Radien. Dies kann den Abbau an den radialen Abbauspalten erschweren. Ein Durchmesser des Zentrumszylinders von etwa einem Sechstel des Schilddurchmessers erscheint für viele Anwendungsfälle geeignet. Für bestimmte Anwendungen könnte ggf. auf den Zentrumszylinder auch ganz verzichtet werden.

Der Abtransport des Materials aus den Abbauvorrichtungen erfolgt am besten mittels Abpumpen in Rohren. Gegebenenfalls muss das Material noch in den Abbauvorrichtungen durch den Einsatz von Steinbrechern genügend zerkleinert werden, damit es in den Rohren mit Wasser abpumpbar ist. Bei fehlendem Grundwasser ist auch ein Abtransport ohne Wasser möglich.

Beim Drehen des vorderen Schildabschnitts 1 muss die zwischen diesem und dem Erdreich auftretende Reibung überwunden werden. Als eine Massnahme zur Reduktion dieser Reibung wurde bereits das Überschneiden an den radialen Abbauspalten 12, 13 erwähnt. Zur Reduktion der Reibung kann zudem ein Schmiermittel (z.B. Bentonit und/oder Luftblasen) zwischen das Erdreich und die Stützfläche sowie zwischen das Erdreich und die äussere Mantelfläche des vorderen Schildabschnittes 1 eingepresst werden, sodass dort ein Schmierfilm mit oder ohne Luftblasen entsteht. Dazu dienen die in Fig. 2 und Fig. 6 mit 24 bezeichneten Reihen von Schmierdüsen respektive Luftdüsen auf den vorgenannten Flächen. Eine Reihe von Düsen/Luftdüsen ist jeweils in Drehrichtung hinter den Schneidkanten 7, 8 bzw. 14, 15 der radialen Abbauspalte angeordnet. Weitere Reihen von Düsen/Luftdüsen sind im rechten Winkel dazu auf der Stützfläche respektive in Axialrichtung auf der Schildmantelfläche 16 angeordnet. Zum Schutz der Schmierdüsen/Luftdüsen 24 bieten sich knappe Überschneidbleche entlang der Schneidkanten 7, 8 bzw. 14, 15 der radialen Abbauspalte 12, 13 an, welche in Drehrichtung den Schmierdüsen vorgelagert sind. In Fig. 6 sind diese Überschneidbleche gut erkennbar und mit 25 bezeichnet.

Da die Überschneidbleche 25 einem erhöhten Verschleiss ausgesetzt sind, müssen sie leicht, von hinten, d.h. von der Tunnelseite her, auszuwechseln sein. Sofern ein gesteuertes Überschneiden, wie vorstehend erläutert, erwünscht ist, müssen sie zudem, gemeinsam mit den für das Überschneiden verwendeten Abbaugeräten, so verstellbar sein, dass das Überschneidmass über die radialen bzw. axialen Schneidkanten hinaus von Null bis zu einem definierten maximalen Überschneidmass stufenlos und in Abhängigkeit von der Drehstellung eingestellt werden kann.

Es ist möglich, die Überschneidbleche 25 in die Abbauvorrichtungen 19 baulich zu integrieren und diese als Ganzes verschiebbar bzw. verdrehbar zu montieren. Die Überschneidbleche 25 könnten auch zusammen mit den speziell für das Überschneiden

vorgesehenen Abbaugeräten eine eigene Überschneidvorrichtung bilden.

Die durch die Abbauvorrichtungen 19 nicht überdeckte Fläche auf der Rückseite der Stützfläche kann nutzbringend für die Montage weiterer Installationselemente verwendet werden. So können z.B. zur weiteren Reduktion der Reibung Vibratoren rückseitig an der Stützfläche befestigt werden, durch welche diese in Schwingungen geringer Amplitude versetzt wird. Ein solcher Vibrator ist in Fig. 7 mit 26 bezeichnet. Des Weiteren können dort Sensoren, insbesondere Radarsensoren, montiert werden, mit deren Hilfe z.B. im Erdreich vor der Stützfläche eingelagerte Blöcke frühzeitig erkannt und bei Bedarf vorgängig zerkleinert werden können. Ein solcher Radarsensor ist in Fig. 7 mit 27 bezeichnet. Zur Durchführung von Werkzeugen zur vorgängigen Zerkleinerung grösserer Blöcke oder zur mechanischen Sondierung sind die mit 28 bezeichneten Stopfbüchsen vorgesehen. Schliesslich sind in der Stützfläche auch noch zu öffnende Luken oder Schleusen 29 zur Entnahme von Bodenproben vorgesehen. Die Schleusen sind notwendig bei Grundwasser führendem Erdreich oder bei nicht standfestem Erdreich.

Der vordere Schildabschnitt 1 ist mittels über den Schildmantel verteilter reibungsarmer Lager (nicht dargestellt) am hinteren Schildabschnitt 2 zug- und druckfest gelagert. Diese Lagerung kann auch so ausgebildet werden, dass dort eine leichte, für die Richtungssteuerung der Tunnelvortriebsmaschine ausnutzbare Gelenkwirkung zur Steuerung entsteht, d.h., dass der vordere Schildabschnitt 1 bezüglich seiner Achse gegenüber der Achsrichtung des hinteren Schildabschnitts um einen kleinen Winkel gedreht werden kann. Der Spalt zwischen beiden Schildabschnitten ist mittels einer Dichtung 30 abgedichtet. Zum Drehantrieb des vorderen Schildabschnitts dienen hydraulische, am Schildmantel 31 des hinteren Schildabschnitts 2 innenseitig befestigte Antriebsmotoren 33. Zur Kraftübertragung von den Antriebsmotoren 33 auf den vorderen Schildabschnitt 1 dient ein an diesem vorgesehener Zahnkranz/Zahnstange 32.

Die Drehlagerung sowie die Kraftübertragung am äusseren Schildmantel ergibt die geringeren Beanspruchungen gegenüber einer zentrisch angeordneten Welle. Zudem bleibt der Bereich im Zentrum des Tunnels frei für andere Installationen wie z.B. die Absaugrohrleitungen. Eine zentrische Antriebsvorrichtung wäre aber auch möglich.

Um die Fähigkeit des hinteren Schildabschnittes (2) zu verbessern, das Drehmoment des vorderen Schildabschnitts (1) aufzunehmen und in den Baugrund abzuleiten, können auf dem Mantel des hinteren Schildabschnitts aussenseitig in Axialrichtung verlaufende, sowie über den Umfang verteilte Längsrippen 35 versehen werden, welche in das Erdreich eingreifen. Solche Längsrippen sind in Fig. 9 angedeutet.

Die Längsrippen 35 können fest angeschweisst sein. Vorzugsweise sind sie jedoch von innen, d.h. von der Tunnelseite her in ihrer Höhe verstellbar und weiter vorzugsweise auch noch von innen austauschbar montiert.

Damit die erfindungsgemässe Schildkonstruktion die beim Tunnelvortrieb auf sie einwirkenden Kräfte sicher aufnehmen kann, muss sie ausreichend steif sein. Lediglich eine der zu diesem Zweck vorgesehenen Aussteifungen im vorderen Schildabschnitt ist in Fig. 3 dargestellt und mit 34 bezeichnet.

Die Kräfte, die auf den Schild einwirken, sind der Überlagerungsdruck, die seitlichen Drücke, der Auflagerdruck von unten, welche auf die Schildmantelfläche einwirken, der Druck von vorne gegen die Stützfläche, die Reibungskräfte sowie die Antriebskräfte. Die Grösse der Kräfte ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten im Untergrund. d.h von der Bodenart, der Überlagerungshöhe und dem Grundwasserspiegel. Die grösste Beanspruchung des Schildmantels tritt auf, wenn der Überlagerungsdruck und der Seitendruck unterschiedlich gross sind. Dies tritt ein, wenn an den Ulmen ein Mehrausbruch vorhanden und der Schild seitlich nicht ausreichend abgestützt ist. Ähnliche Beanspruchungen treten ein, wenn der seitliche Druck sehr gross ist und ein Mehrausbruch an der Firste und im Sohlenbereich auftritt. Die Kräfte, welche auf den Schildmantel einwirken, sind prinzipiell die gleichen, wie bei den konventionellen Tunnelvortriebsmaschinen.

Die Grösse der Reibungskräfte an der Stirnfläche 3 (parallel zur Stirnfläche) wird unter anderem bestimmt durch die Grösse der auf die Stirnfläche infolge des Erddruckes und des hydrostatischen Drucks (senkrecht zu Stirnfläche) einwirkenden Normalkräfte. Durch geeignete Steuerung von Vorschub und Abbaugeschwindigkeit der Maschine können die Normalkräfte allerdings beeinflusst werden. Wenn der Vorschub grösser als die Abbauleistung ist, baut sich ein sog. passiver Erddruck E_p auf, im umgekehrten Fall, ein sog. aktiver Erddruck E_a . Der passive Erddruck E_p erzeugt fast unüberwindbare Kräfte, beim aktiven Erddruck E_a ist die Gefahr von Setzungen vorhanden. Die Maschine wird so vorzugsweise gesteuert, dass sich ein Druck im Bereich des Ruhedruckes einstellt. Im Diagramm von Fig. 10, in dem der Erddruck E als Funktion der Relativverschiebung R_v der Tunnelbohrmaschine gegenüber dem Erdreich dargestellt ist, ist der Ruhedruck mit E_0 bezeichnet und der Arbeitsbereich 36 der erfindungsgemässen Tunnelbohrmaschine um den Ruhedruck herum mit 36. Bei der erfindungsgemässen Tunnelvortriebsmaschine ist der auf den Schild einwirkende Erddruck meist geringer als bei herkömmlichen Maschinen (z.B. bei dem eingangs erwähnten Bade-Schild), da bei der erfindungsgemässen Tunnelvortriebsmaschine in Axialrichtung (abgesehen eventuell vom Abbau im Zentrumszylinder) nicht abgebaut wird, sondern nur an den Abbauspalten in Richtung senkrecht dazu.

Für die Überwindung der Haftreibung beim Anfahren der Drehbewegung kann der vordere Schildabschnitt 1 ruckartig in Drehbewegung versetzt werden, indem man z.B. eine sich radial bewegende (rotierende) Masse abbremst.

Die Reibungskräfte, welche auf die Mantelfläche des vorderen, sich drehenden Schildabschnittes 1 wirken, können konstruktiv dadurch reduziert wer-

den, dass die Ausdehnung dieses Schildabschnittes in axialer Richtung verringert wird. Um dennoch eine ausreichend stabile Lagerung des vorderen Schildabschnittes am hinteren Schildabschnitt 2 zu erreichen, kann vorgesehen werden, den Schildmantel des vorderen Schildabschnittes teilweise in seinem Durchmesser etwas zu reduzieren und ihn in den Schildmantel des hinteren Schildabschnitts hineinzuschieben und mit diesem überlappen zu lassen, wie die in Fig. 11 dargestellt ist. Die Dichtung 30 ist entsprechend auszubilden.

Wie bereits erwähnt, kann die erfindungsgemässe Tunnelvortriebsmaschine durch unterschiedliches Überschneiden entlang der Schneidkanten 7, 8 und 14, 15 an den radialen Abbauspalten 12, 13, vermittle der gelenkigen Lagerung des vorderen Schildabschnittes 1 an dem hinteren Schildabschnitt 2, andererseits jedoch auch durch differenzierten Druckaufbau (im Tunnelquerschnitt gesehen) bezüglich ihrer Vortriebsrichtung gesteuert werden. Es können Kurven in horizontaler und in vertikaler Richtung gefahren werden.

Die erfindungsgemässe Tunnelvortriebsmaschine kann auch ohne Anwendungsbeschränkungen in verschiedensten Lockermaterialien und darüber hinaus, bei Einsatz einer geeigneten Abbauvorrichtung 19, auch im festen Fels eingesetzt werden. Ein Wechsel zu einer anderen Tunnelvortriebsmaschine beim Durchstossen von festen Felspartien ist daher nicht erforderlich. Für den Abbau in Fels oder in einem anderem standfestem Material ohne Grundwasser ist es nicht unbedingt erforderlich, dass die Abbauvorrichtungen geschlossen sind. Die Abbauspalte können hierbei ohne weiteres offen oder teilweise offen bleiben. Bei speziellen Bodenverhältnissen könnte sogar ganz auf Abbauvorrichtungen mit aktiven Abbaugeräten verzichtet werden. In diesem Falle würde der Abbau des Erdreiches allein durch Schneiden mit den erwähnten Schneidkanten erfolgen. Sofern die erfindungsgemässe Tunnelbohrmaschine ausschliesslich oder vornehmlich für Fels oder standfestes Material ohne Grundwasser verwendet werden soll, können die Abbauspalte auch relativ grossflächiger bemessen werden. Auch können hierbei (durch mehr als zwei einander ergänzende Teilwindungen von ineinanderliegenden Schraubenflächen) mehr als nur zwei Abbauspalte von Vorteil sein. Die Stützfläche könnte auch lediglich durch eine volle Windung einer einzigen Schraubenfläche gebildet sein. Diese Ausführungsform ergibt sich aus der beschriebenen, wenn die gegenseitige Axialverschiebung der beiden Schraubenflächen 4, 5 aufgehoben wird.

Die Erzeugenden der Schraubenflächen müssen nicht notwendig gerade sein. In den Fig. 12 und 13 sind mit Kleinbuchstaben a-z bezeichnete Beispiele von Schraubenflächen gezeigt, deren Erzeugende schiefwinklig zur Axialrichtung ausgerichtete Geraden, in Axialrichtung gekrümmte Kurven oder in Radialrichtung geknickte bzw. treppenförmig abgestufte Geraden oder Kurven sind. Die verschiedenen dargestellten Varianten können auch miteinander kombiniert werden.

Der mindestens eine Abbauspalt in der Stützfläche muss nicht notwendig senkrecht zu dieser aus-

gerichtet sein. Aber selbst dann, wenn er in einem nicht rechten Winkel angeordnet sein sollte, bleibt davon die Abbaurichtung im wesentlichen parallel zur Stützfläche unberührt.

Am Zentrumszylinder könnten wie an den Schneidkanten der radialen Abbauf lächen ebenfalls Überschneidbleche vorgesehen werden.

Die Fig. 14 und 15 zeigen eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Tunnelvortriebsmaschine, bei welcher die Stützfläche für die Ortsbrust nicht durch sich in Umfangsrichtung, wie beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel, sondern durch sich in Radialrichtung ergänzende Schraubenflächen gebildet wird. Im gewählten Beispiel sind drei, sich jeweils über den vollen Umfang, jedoch jeweils nur über einen Teil des Radialbereichs zwischen dem Zentrumszylinder 11 und dem äusseren Schildmantel 16 erstreckende und konzentrisch zueinander angeordnete, kreisringförmige Schraubenflächen 37, 38, 39 vorgesehen, wobei eine andere Anzahl von konzentrischen Schraubenflächen ebenfalls möglich wäre. Die Stützfläche weist drei Abbauspalte 41, 42 und 43 auf, welche um 120° gegeneinander verdreht angeordnet sind. Die einzelnen Schraubenflächen 37, 38, 39 sind in Axialrichtung derart relativ zueinander angeordnet (was aber ebenfalls nicht zwingend ist), dass sie zu einer einheitlichen Schraubenfläche 40 verschmelzen. Lediglich entlang der Abbauspalte sowie der mit 44 und 45 bezeichneten Kanten ergibt sich in der Schraubenfläche 40 ein axialer Versatz um die Ganghöhe G. Der axiale Versatz entlang der Kanten 44 und 45 ist jeweils durch eine Zylinderfläche verschlossen. Solche Zylinderflächen müssten ggf. auch entlang der strichliert in Fig. 14 eingezeichneten Grenzlinien zwischen den konzentrischen Schraubenflächen 37, 38 und/oder 39 vorgesehen werden, sofern diese anders als im gewählten Beispiel axial zueinander versetzt sein sollten.

An den Abbauspalten 41, 42, 43 sind auch in diesem Ausführungsbeispiel wieder Abbauvorrichtungen 46 vorgesehen, wobei diese hier mit sich aktiv drehenden Abbauzylindern versehen sind. Die Rotationsachsen dieser Zylinder verlaufen parallel zur Schildachse 6. Vorzugsweise dichten die Abbauvorrichtungen 46 die Abbauspalte auch wieder ab, so dass die Tunnelvortriebsmaschine für Grundwasser führendes Erdreich einsetzbar ist.

Die Abbauzylinder bauen durch die Drehbewegung, die sie ausführen, auf der dem Erdreich zugewandten Seite Material ab und führen es auf der vom Erdreich abgewandten Seite einem Rohr 47 zu, in welchem es mit Wasser abgeführt wird.

Die Abbauzylinder könnten sich auch um eine senkrecht zu den Abbauf lächen ausgerichtete Achse drehen (nicht dargestellt). Hierbei würde jedoch nur ein Teil der weitgehend rechteckförmigen Abbauf läche durch den Abbauzylinder abgedeckt. Diese Anordnung ist deshalb nur geeignet in einem Material, in dem die nicht direkt angegriffenen Flächen der Abbauspalte während des Abbaus von selbst nachbrechen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung könnte auch die zuerst beschriebene Ausführungsform, bei welcher die Stützfläche durch sich in Umfangsrich-

tung ergänzende Schraubenflächen mit der weiteren Ausführungsform, bei der sich die Schraubenflächen in Radialrichtung ergänzen, kombiniert werden. Auch könnten Abbauvorrichtungen mit sich drehenden Abbauzylindern bei der zuerst erläuterten Ausführungsform und umgekehrt Abbau- und/oder Überschneidvorrichtungen der im Zusammenhang mit dieser Ausführungsform erläuterten Art bei der weiteren Ausführungsform verwendet werden.

Patentansprüche

1. Tunnelvortriebsmaschine, insbesondere für den Einsatz in Grundwasser führendem Lockergestein, mit einem Schild mit zylindrischem Schildmantel, dadurch gekennzeichnet, dass der Schild einen vorderen drehbaren Abschnitt (1) mit einer Stirnseite (3) aufweist, die wenigstens in einem Radialbereich ausserhalb eines zentralen Bereichs (11) als schraubenflächenförmig gekrümmte, in Richtung der Schildachse (6) gesehen wenigstens annähernd vollflächige Stützfläche für die Stützung der Ortsbrust ausgebildet ist und dass in dieser Stützfläche mindestens ein Abbauspalt (12, 13, 41-43) vorhanden ist, welcher bezüglich seiner Fläche gegenüber der Stützfläche im Winkel angeordnet ist.

2. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützfläche in dem genannten Radialbereich durch eine, sich über eine volle Windung erstreckende Schraubenfläche gebildet wird oder aus mehreren, sich in Umfangs- und/oder Radialrichtung ergänzenden, in Axialrichtung gegebenenfalls gegeneinander versetzten Schraubenflächen (4, 5 37-39) zusammengesetzt ist.

3. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugenden der mindestens einen Schraubenfläche beliebig zur Schildachse (6) ausgerichtete Geraden, in sich abgelenkte oder treppenförmig-abgestufte Geraden oder Kurven, vorzugsweise jedoch rechtwinklig zur Schildachse ausgerichtete Geraden sind.

4. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass an dem mindestens einen Abbauspalt eine Abbauvorrichtung (19, 46) vorgesehen ist, welche vorzugsweise den Abbauspalt überdeckt und durch welche weiter vorzugsweise der Abbauspalt dicht verschliessbar ist.

5. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbauvorrichtung (19, 46) als ein zur Abbauspaltfläche hin offener, rückseitig an der Stützfläche montierbarer Abbaukasten ausgebildet ist, welcher mit Anschlüssen (20, 21, 47) zum Einleiten von Wasser und zum Abpumpen von Wasser und Abbaumaterial versehen ist.

6. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Abbaukasten in radialer Richtung in zwei oder mehr Kammern unterteilt ist und dass der Druck in den mindestens zwei Kammern separat regulierbar und insbesondere dem je nach Drehstellung verschiedenen örtlichen Druck des Grundwassers anpassbar ist.

7. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der An-

sprüche 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbauvorrichtung mit aktiven Abbaugeräten versehen ist, welche bezüglich ihrer Wirkrichtung im wesentlichen parallel zu der vom jeweiligen Radialabstand abhängigen Schraubenrichtung der mindestens einen Schraubenfläche wirken.

8. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbauvorrichtung mit aktiven Abbaugeräten versehen ist, welche bezüglich ihrer Wirkrichtung derart ausgerichtet sind, dass ein ggf. auch drehstellungsabhängig gesteuertes Überschneiden der als radiale Schneidkante wirkenden, mindestens einen vorderen Kante (7, 8) der mindestens einen Schraubenfläche (4, 5) möglich ist.

9. Tunnelvortriebsmaschine nach einem Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Abbauspalt aussenseitig auf der Mantelfläche (16) des vorderen Schildabschnitts (1) durch eine in Axialrichtung verlaufende, als axiale Schneidkante (14, 15) wirkende Schildmantelkante begrenzt ist und dass die Abbauvorrichtung mit aktiven Abbaugeräten versehen ist, welche bezüglich ihrer Wirkrichtung derart ausgerichtet sind, dass ein gesteuertes Überschneiden dieser Kante möglich ist.

10. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbaugeräte ohne Vorschubvorrichtung fest montierte Bohrhämmer zum Meisseln Werkzeuge zum Schrämmen, zum Schrämmen mit Wasserstrahl, zum Fräsen, zum Bohren, zum Schneiden oder zum Einpressen/Einrammen von Schneidwerkzeugen, zur Abbautechnik nach dem Membranverfahren geeignet oder als rotierende Abbauzylinder ausgebildet sind.

11. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbauvorrichtung als Ganzes auswechselbar ist und dass ein Schiebermechanismus (22) vorgesehen ist, um den radialen Abbauspalt bei demontierter Abbauvorrichtung dicht zu verschliessen.

12. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass koaxial zum Schildmantel (16) des vorderen Schildabschnittes im Zentrum der Stützfläche ein Zentrumszylinder (11) angeordnet ist.

13. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnfläche des Zentrumszylinders (11) als zentrale Abbaufäche dient und dass eine auf diese einwirkende zentrale Abbauvorrichtung vorgesehen ist, welche die zentrale Abbaufäche überdeckt und für den Vortrieb in Grundwasser führenden oder nicht standfesten Bodenarten vorzugsweise dicht abschliesst.

14. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zentrale Abbauvorrichtung zur Abbautechnik nach dem Membranschildverfahren geeignet ausgebildet ist.

15. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise rückseitig an der Stützfläche Vibratoren (26) befestigt sind.

16. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in der Stützfläche Stopfbüchsen (28) für die Durchfüh-

rung von Werkzeugen, Sonden oder dergl. vorgesehen sind.

17. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass an der Stützfläche sowie auf dem Schildmantel (16) des vorderen Schildabschnittes (1) Schmierdüsen (24), vorzugsweise in einer oder mehreren Reihen angeordnet sind, zum Einpressen eines Schmiermittels zwischen das Erdreich und die Stützfläche sowie zwischen das Erdreich und den Schildmantel des vorderen Schildabschnittes.

18. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass längs der als im wesentlichen radiale Schneidkante (7, 8) wirkenden vorderen Kante der mindestens einen Schraubenfläche ein Überschneidblech (25) vorgesehen ist, welches vorzugsweise beweglich montiert und vorzugsweise drehstellungsabhängig gesteuert bis zu einem maximalen Überschneidmass über die Stützfläche hinaus vorschiebbar und welches weiter vorzugsweise von der Tunnelseite her auswechselbar ist.

19. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Abbauspalt aussenseitig auf der Mantelfläche (16) des vorderen Schildabschnitts (1) durch eine in Axialrichtung verlaufende, als axiale Schneidkante (14, 15) wirkende Schildmantelkante begrenzt ist und dass längs dieser Kante ein Überschneidblech (25) vorgesehen ist, welches vorzugsweise beweglich montiert und gesteuert bis zu einem maximalen Überschneidmass über die Schildmantelfläche nach aussen hinaus vorschiebbar und welches weiter vorzugsweise von der Tunnelseite her auswechselbar ist.

20. Tunnelvortriebsmaschine nach den Ansprüchen 16, 17 und 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Schmierdüsen (24) längs der Überschneidbleche (25) angeordnet ist.

21. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass an der Stützfläche rückseitig Sensoren (27), Sonden oder dergleichen, insbesondere Radarvorrichtungen, zur Erkennung von im Erdreich vor der Stützfläche vorhandenen Inhomogenitäten, z.B. eingelagerten Blöcken, vorgesehen sind.

22. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass in der Stützfläche Luken oder Schleusen vorgesehen sind, welche die Entnahme von Proben aus dem Erdreich vor der Stützfläche erlauben.

23. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Schild in den genannten drehbaren vorderen (1) und einen nicht drehbaren, an der Nachlaufschalung fixierbaren und gegen diese abstützbaren hinteren Abschnitt (2) von grösserer axialer Länge unterteilt ist und dass der Trennspalt zwischen den beiden Abschnitten mittels einer Dichtung (30) abgedichtet ist.

24. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass der vordere Schildabschnitt (1) am hinteren Schildabschnitt (2) zug- und druckfest sowie vorzugsweise leicht drehbar gelagert ist.

25. Tunnelvortriebsmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass zum Drehantrieb des vorderen Schildabschnitts (1) mindestens ein vorzugsweise hydraulischer, am Schildmantel (31) des hinteren Schildabschnitts (2) innenseitig befestigter und mit einem Zahnkranz (32) am Schildmantel (16) des vorderen Schildabschnitts (1) in Eingriff befindlicher Antriebsmotor (33) vorgesehen ist.

5

26. Tunnelvortriebsmaschine nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Schildmantel des hinteren Schildabschnitts (2) aussenseitig mit in Axialrichtung verlaufenden, sowie über den Umfang verteilten Längsrippen (35) versehen ist.

10

27. Tunnelvortriebsvorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe der Rippen von der Tunnelseite her veränderbar und die Rippen ggf. auswechselbar sind.

15

20

25

30

35

40

45

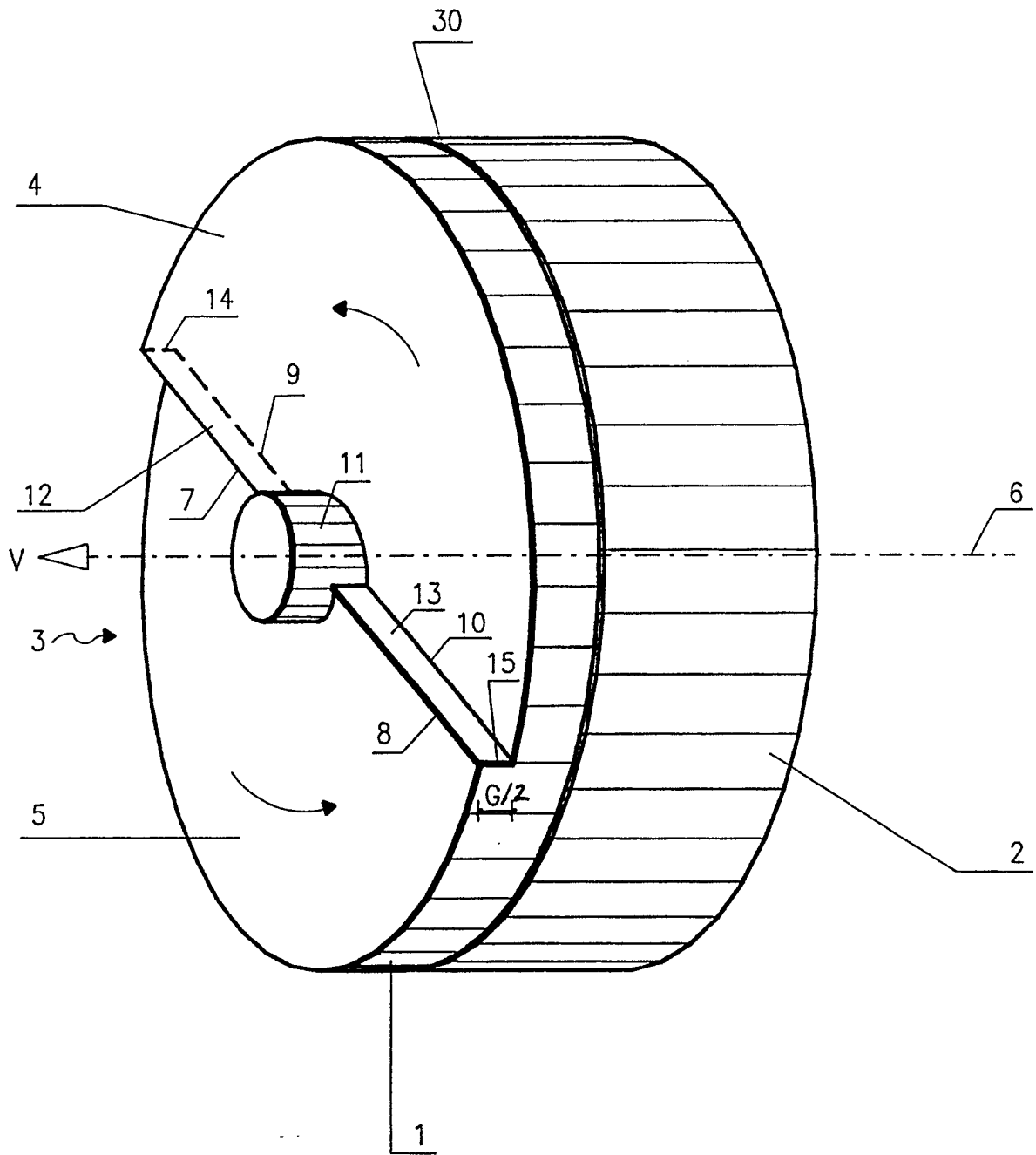
50

55

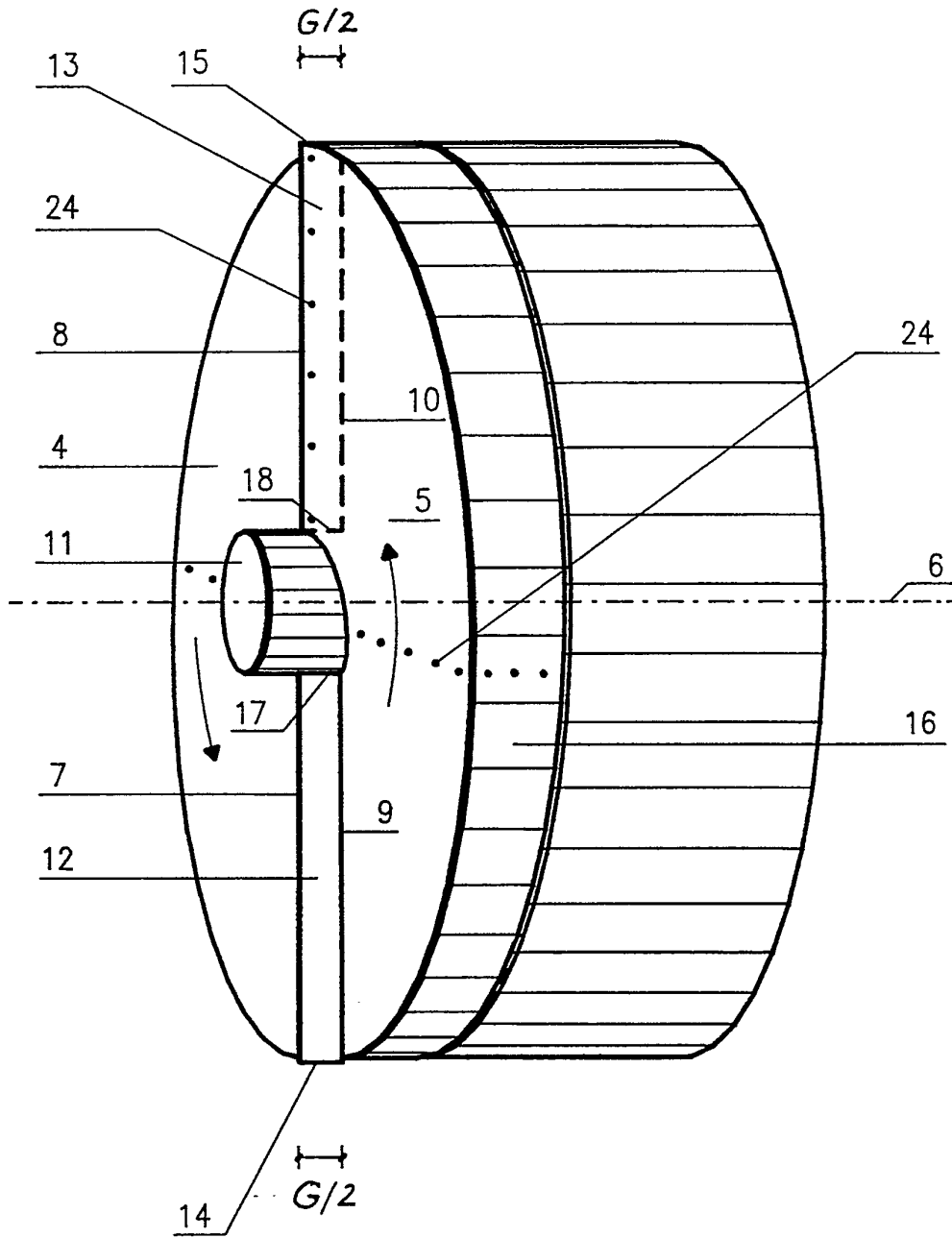
60

65

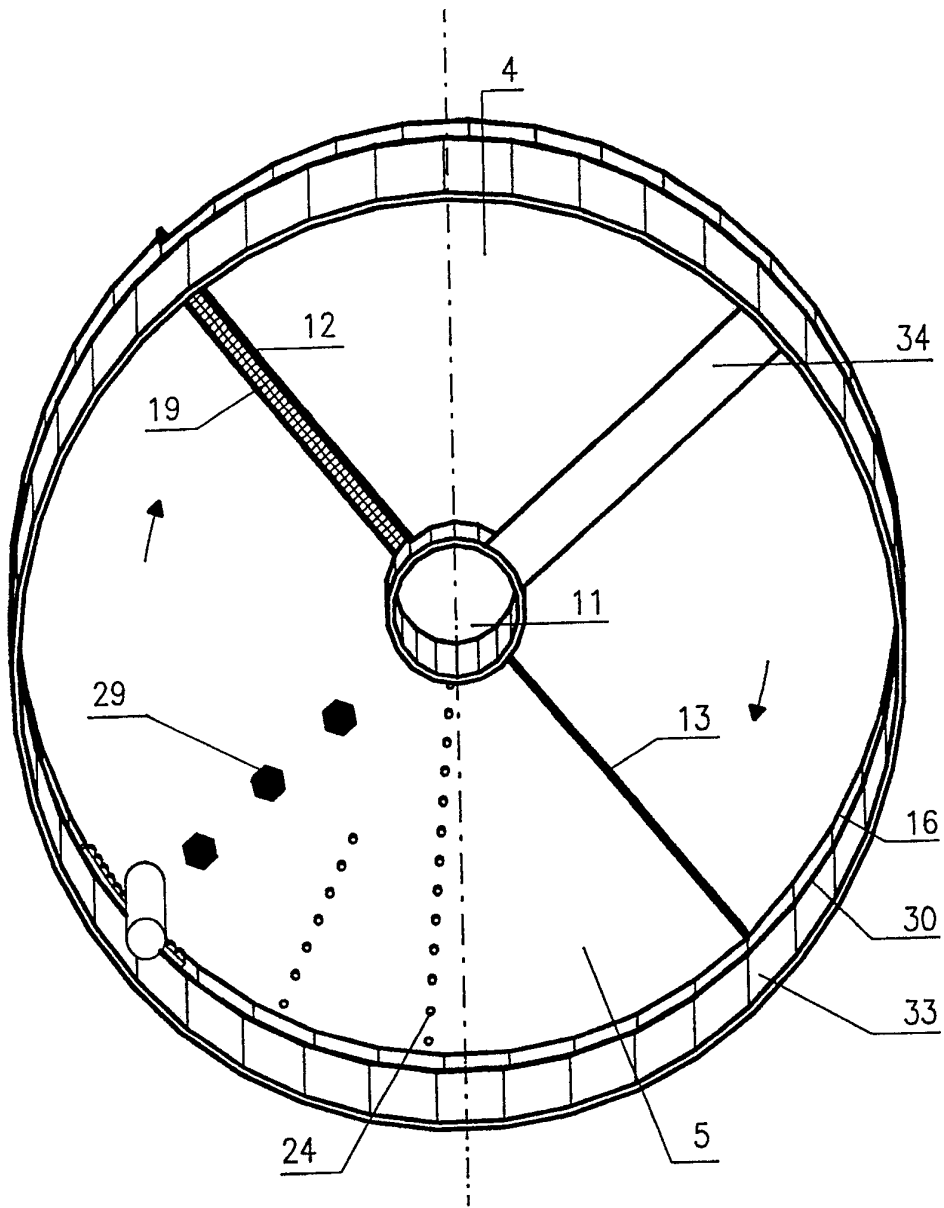
10



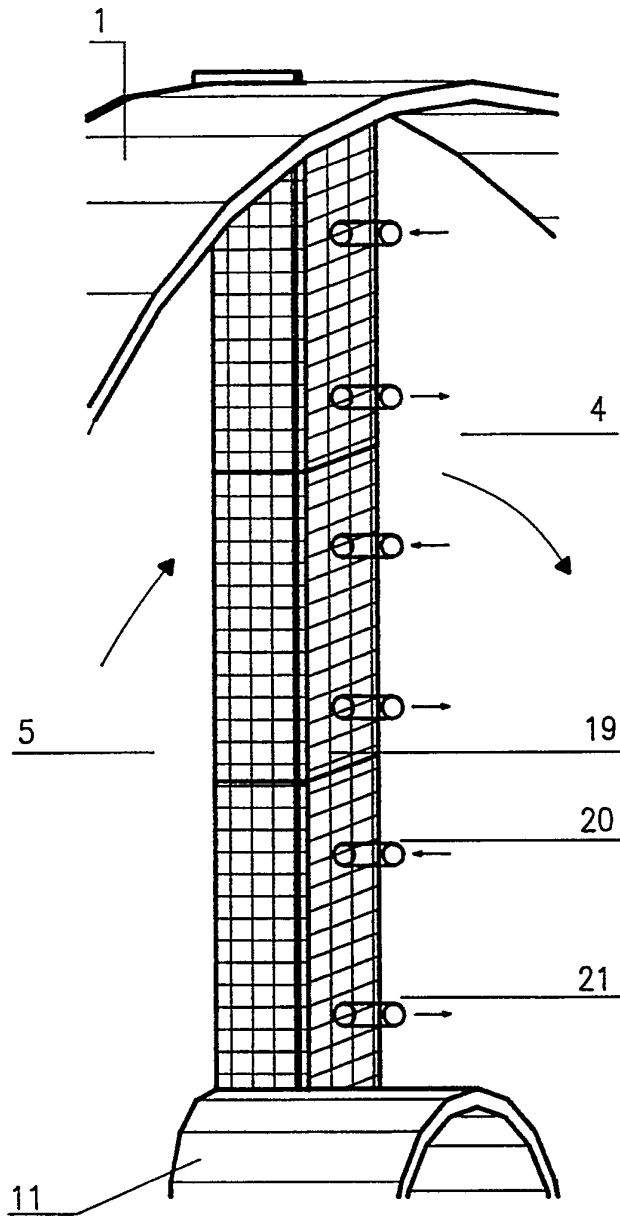
FIGUR 1



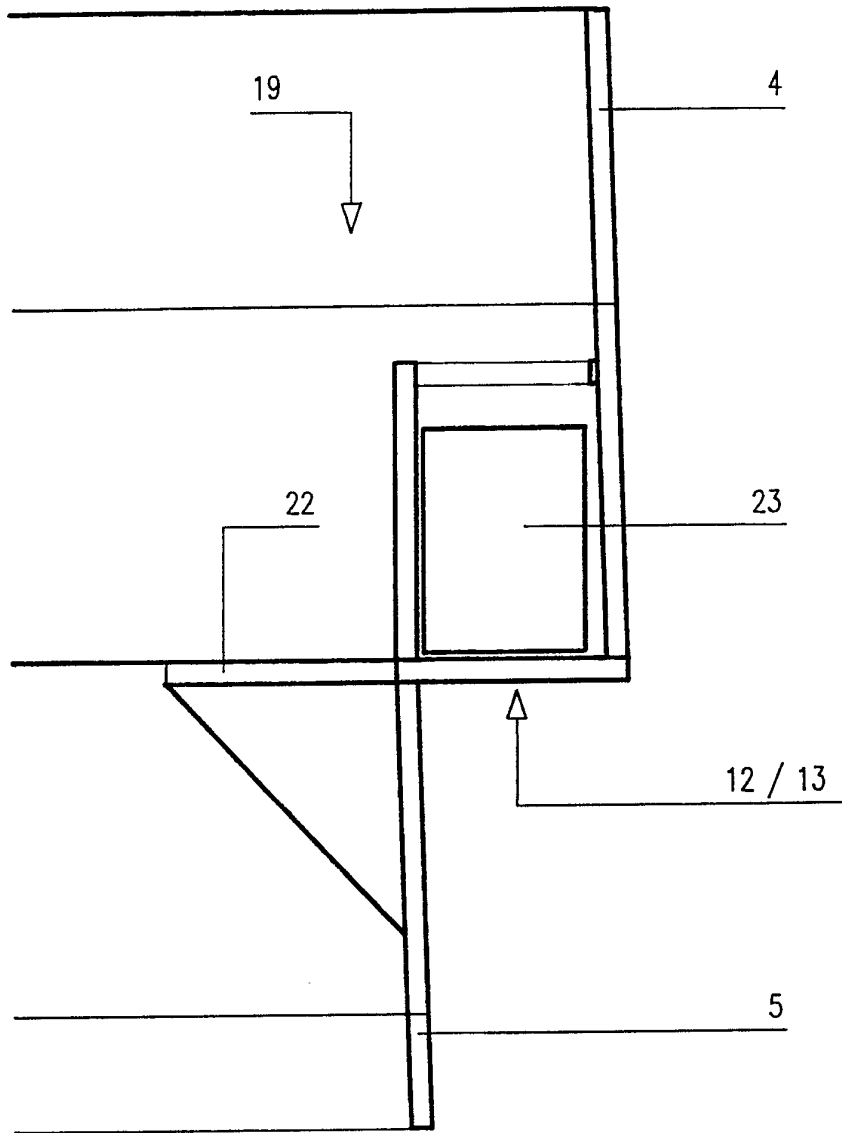
FIGUR 2



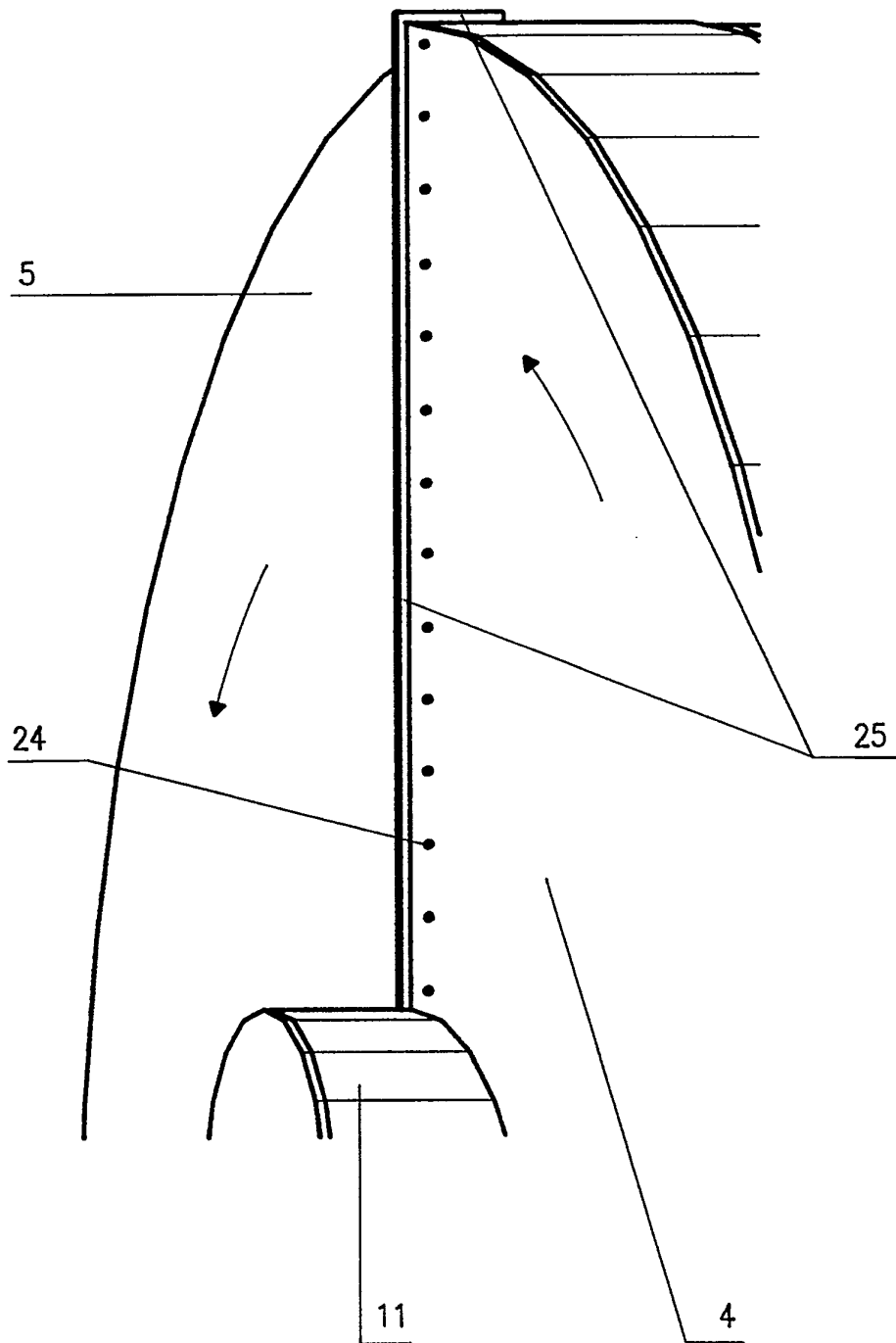
FIGUR 3



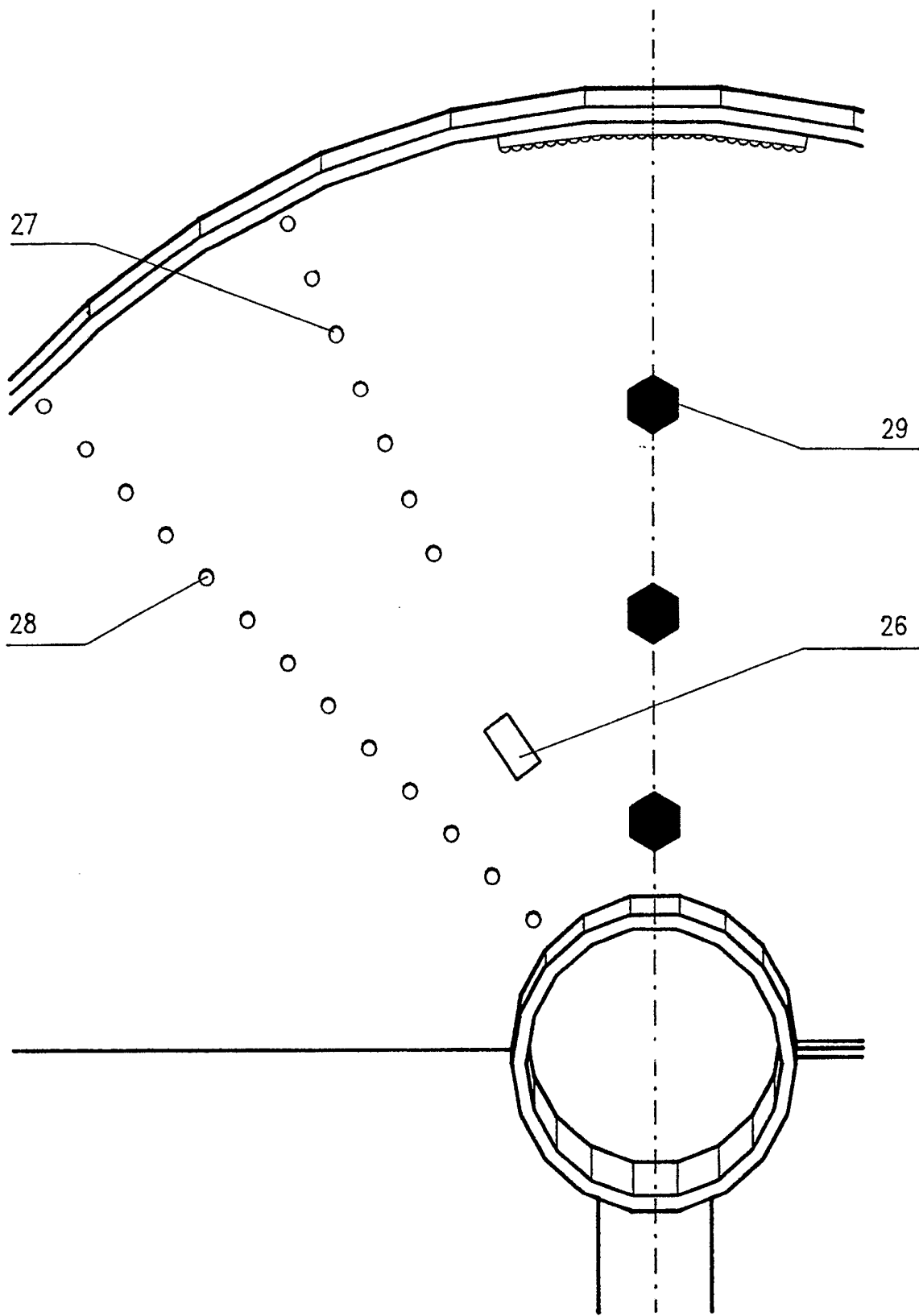
FIGUR 4



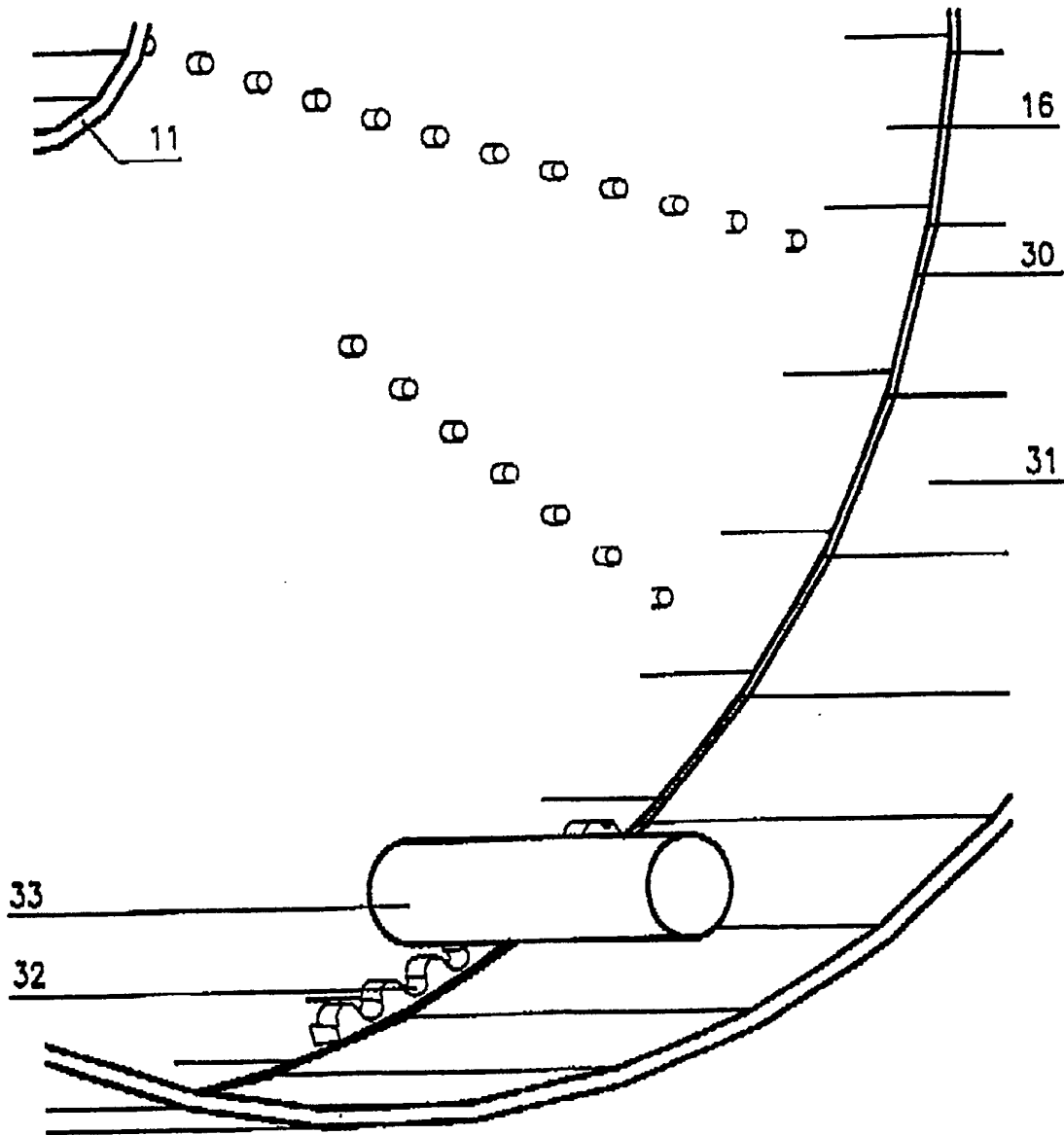
FIGUR 5



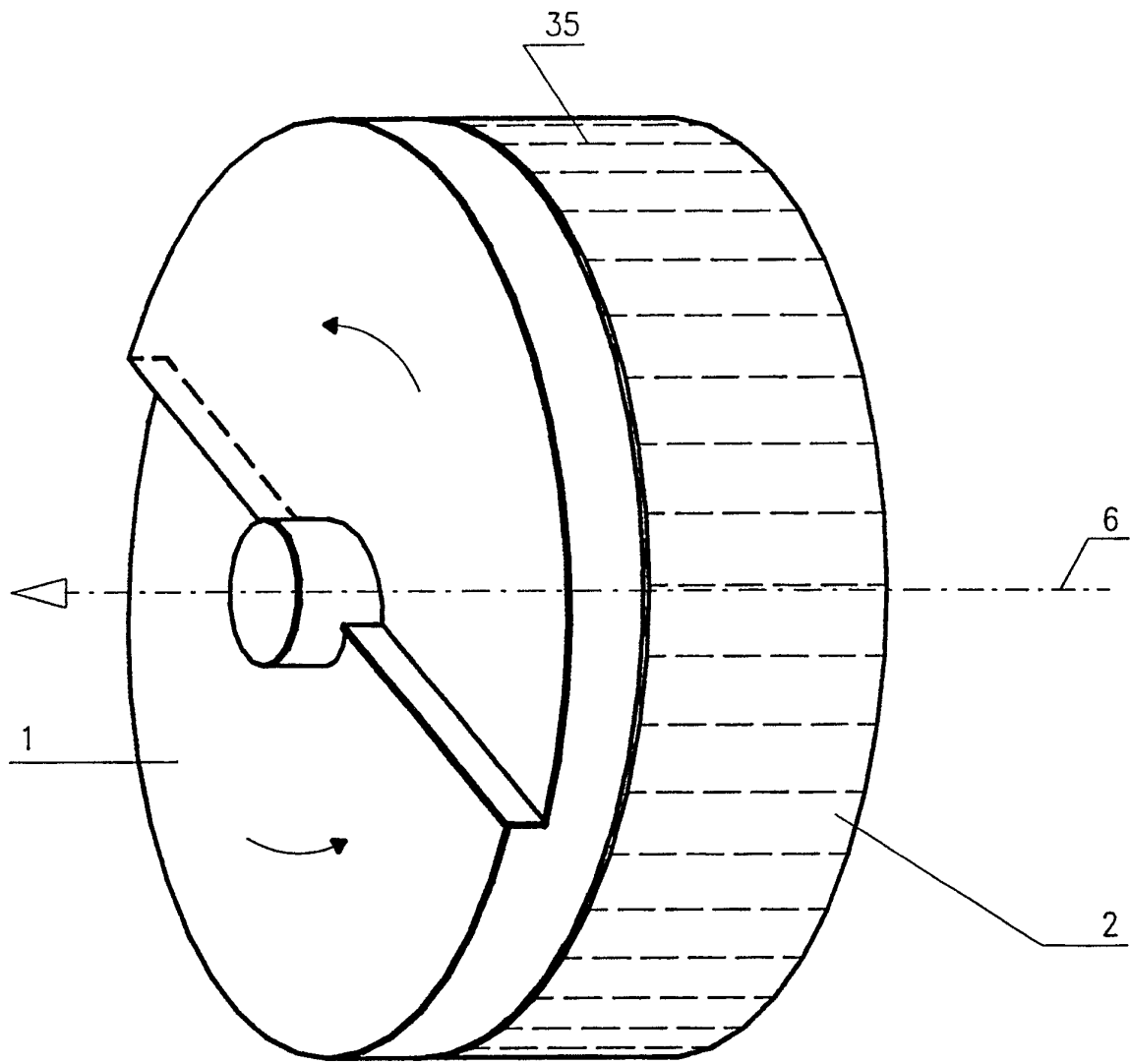
FIGUR 6



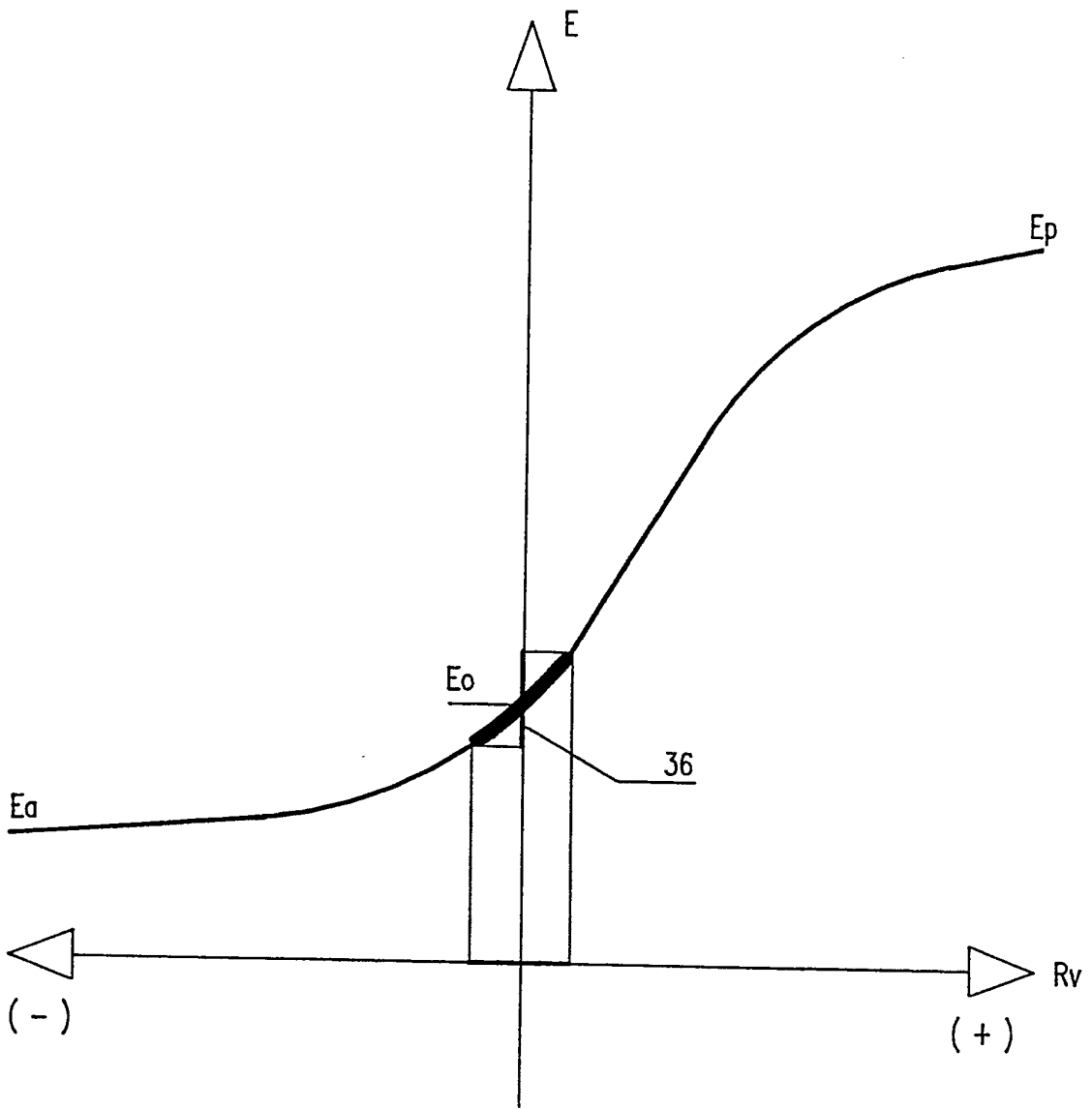
FIGUR 7



FIGUR 8



FIGUR 9



FIGUR 10

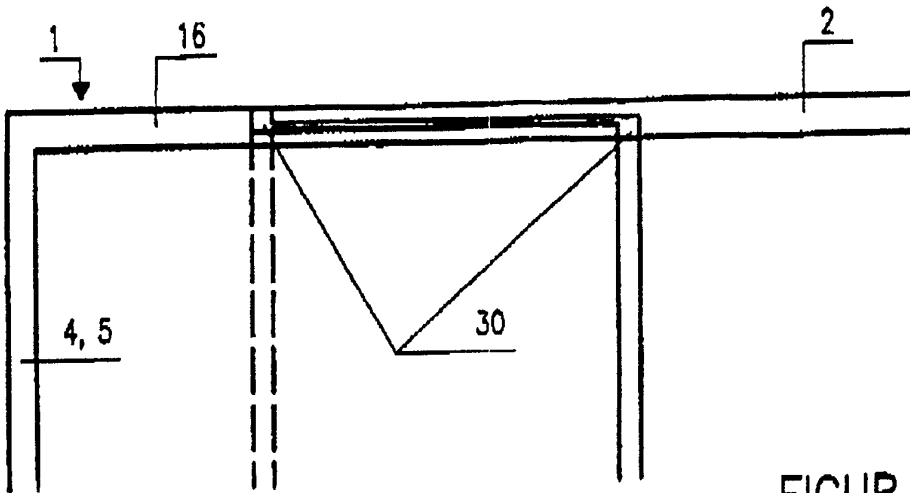


FIGURE 11

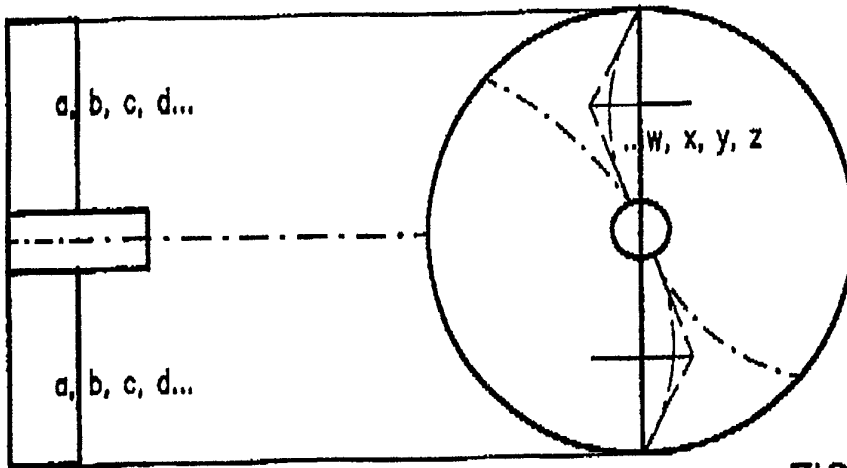


FIGURE 12

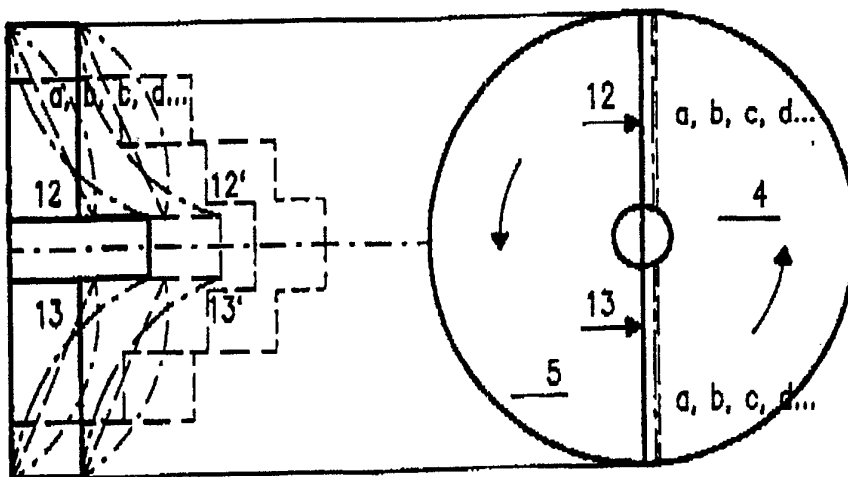


FIGURE 13

