

(19)



(11)

EP 3 530 871 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.09.2020 Patentblatt 2020/39

(51) Int Cl.:
E21B 7/28 (2006.01) **E21B 21/08 (2006.01)**
E21B 7/04 (2006.01) **E21B 44/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **19157706.3**

(22) Anmeldetag: **18.02.2019**

(54) **VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN ODER AUFWEITEN EINER ERDBOHRUNG**

DEVICE FOR GENERATING OR EXTENDING A BOREHOLE

DISPOSITIF DE PRODUCTION OU D'ÉLARGISSEMENT D'UN FORAGE DE SOL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **22.02.2018 DE 102018104020**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.08.2019 Patentblatt 2019/35

(73) Patentinhaber: **TERRA AG für Tiefbautechnik
6260 Reiden (CH)**

(72) Erfinder: **JENNE, Dietmar
4805 Brittnau (CH)**

(74) Vertreter: **Schaumburg und Partner
Patentanwälte mbB
Postfach 86 07 48
81634 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A1- 2004 028 476 US-B1- 6 315 062

EP 3 530 871 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung, die ein Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug hat, das über ein Zug- und/oder Druckelement mit einer Antriebseinheit verbunden ist und durch diese mit einer Vorschubgeschwindigkeit durch das Erdreich zur Antriebseinheit hin oder von der Antriebseinheit weg bewegbar ist. Die Vorrichtung hat ferner eine Pumpe zum Fördern einer Spülflüssigkeit zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug, wobei die Spülflüssigkeit am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug austritt. Eine Steuereinheit dient zum Steuern zumindest der Pumpe. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich.

[0002] Aus dem Dokument DE 101 15 233 A1 ist eine Horizontalbohranlage bekannt, bei der eine Hochdruckpumpe zum Zuführen von Spülflüssigkeit zum Bohrgestänge und eine Mischeinrichtung zum Aufbereiten der Spülflüssigkeit mit einem eine Mischpumpe aufweisenden Mischaggregat auf dem Fahrwerk der Horizontalbohranlage angeordnet sind.

[0003] Aus dem Dokument DE 10 2015 107 194 A1 ist eine Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung bekannt, bei der der Vortrieb des Gestänges abhängig vom Drehmoment zur Rotation des Gestänges geregelt wird. Beim Vorschub des Bohrwerkzeugs kann Spülflüssigkeit durch das Bohrgestänge zum Bohrkopf geleitet werden. Weitere Horizontalbohranlagen mit einem Vorschubantrieb zum Antrieb eines ein Bohrwerkzeug tragenden Bohrgestänges, das unter gleichzeitiger Drehung mit Hilfe eines Vorschubantriebs im Erdreich vorgeschoben wird, sind aus den Dokumenten DE 10 2010 004 287 A1 und US 6,189,628 B1 bekannt.

[0004] Dokument DE 199 01 001 A1 offenbart eine Erdbohranlage, bei der ein Antriebsschlitten zum Antrieb eines Bohrgestänges vorgesehen ist, der zum Zuführen von Spülflüssigkeit einen entsprechenden Anschluss hat.

[0005] Der im Stand der Technik mit Hilfe der Spülflüssigkeitspumpe erzeugte und durch das Bohrgestänge zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug geleitete Volumenstrom der Spülflüssigkeit ist dabei unabhängig von der Vortriebsgeschwindigkeit konstant und kann durch eine Bedienperson manuell vorgegeben werden, beispielsweise durch eine Drehzahlvorgabe der Antriebseinheit der Pumpe zum Pumpen der Spülflüssigkeit.

[0006] Dokument US 6,315,062 B1 offenbart eine automatische Regelung für eine Spülflüssigkeitspumpe eines Horizontalbohrgerätes, wobei die Geschwindigkeit mit der Spülflüssigkeit durch die Spülflüssigkeitspumpe in das Bohrloch gepumpt wird, typischerweise abhängig von einer Vielzahl von Faktoren ist, einschließlich der Bohrgeschwindigkeit des Horizontalbohrgeräts und dem Durchmesser des Bohrwerkzeugs oder des Aufweitwerkzeugs. Ausgehend von den aktuellen Werten der Faktoren wird das Fördervolumen der Spülflüssigkeitspumpe erhöht oder reduziert.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich sowie ein Verfahren zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich anzugeben, durch die eine Erdbohrung sowie das Aufweiten einer Erdbohrung unter Verwendung einer Spülflüssigkeit einfach und effizient möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 wird erreicht, dass der Volumenstrom der Spülflüssigkeit, d. h. die Menge der am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug bereitgestellten Spülflüssigkeit automatisch durch die Steuereinheit eingestellt wird. Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass der Volumenstrom der Spülflüssigkeit abhängig von der Vorschubgeschwindigkeit, mit der das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug durch das Erdreich bewegt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass das mit Hilfe des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs gelöste Erdreich mit Hilfe ausreichend Spülflüssigkeit aus dem Bohr- und/oder Aufweitbereich entfernt und aus der Erdbohrung herausgespült wird. Ferner wird eine Verschwendung von Spülflüssigkeit in Folge eines zu hohen Volumenstroms bei geringer Vorschubgeschwindigkeit vermieden. Auch ist ein Eingriff einer Bedienperson nicht mehr zwingend erforderlich, um den Volumenstrom der Spülflüssigkeit an die Vorschubgeschwindigkeit des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs anzupassen.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Zug- und/oder Druckelement ein aus mehreren rohrförmigen Gestängeabschnitten zusammengesetztes Bohrgestänge ist und wenn die Pumpe die Spülflüssigkeit durch das Bohrgestänge hindurch zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug fördert. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Pumpe einen maximalen Förderdruck im Bereich zwischen 50 bar und 150 bar, insbesondere von 75 bar erzeugt. Ferner ist es besonders vorteilhaft, wenn die Pumpe eine Förderleistung im Bereich von 50 bis 400 Liter Spülflüssigkeit pro Minute, insbesondere 95 bis 150 Liter Spülflüssigkeit pro Minute hat. Das Bohrgestänge hat durch die rohrförmigen Gestängeabschnitte im zusammengesetzten Durchgang eine durchgehende Öffnung von der dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug entfernten Ende bis zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug zugewandten Ende, so dass die Spülflüssigkeit zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug durch das Gestänge hindurch geleitet werden kann.

[0011] Bei alternativen Ausführungsformen ist das Zug- und/oder Druckelement als Seil ausgebildet, wobei eine separate Zuführung zum Zuführen der Spülflüssigkeit zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug vorgesehen ist. Die separate Zuführung erfolgt insbesondere über einen Schlauch.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Steuereinheit den von der Pumpe erzeugten Volumenstrom direkt proportional, insbesondere linear, zur Vorschubge-

schwindigkeit ändert. Hierdurch ist eine einfache Steuerung, insbesondere eine einfache Bestimmung der bereitzustellenden und zu fördernden Menge Spülflüssigkeit möglich.

[0013] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit die Pumpe derart steuert, dass der Volumenstrom beim Betrieb der Vorrichtung einen voreingestellten Mindestvolumenstrom nicht unterschreitet. Hierdurch wird sichergestellt, dass immer Spülflüssigkeit am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug vorhanden ist bzw. austritt, damit das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug erforderlichenfalls ausreichend gekühlt und der Bohrkana-
 5 lisiert wird. Auch wird hierdurch sichergestellt, dass bei einer geringen Vorschubgeschwindigkeit oder bei Stillstand die durch die rohrförmigen Gestängeabschnitte gebildete Spülflüssigkeitszuleitung nicht leerläuft, so dass bei erneutem Beginn des Vorschubs des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs ausreichend Spülflüssigkeit im Bereich des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs austritt und bei steigender Vorschubgeschwindigkeit unmittel-
 10 barerhöht werden kann.

[0014] Ferner ist es vorteilhaft, wenn eine lineare Abhängigkeit des Volumenstroms der Spülflüssigkeit im Bereich zwischen einem voreingestellten Mindestvolumenstrom und einem voreingestellten maximalen Volumenstrom von der Vorschubgeschwindigkeit im Bereich vom Stillstand bis zu einer voreingestellten maximalen Vorschubgeschwindigkeit besteht. Alternativ oder in einer weiteren Betriebsart kann eine lineare Abhängigkeit des Volumenstroms der Spülflüssigkeit im Bereich zwischen
 25 einem voreingestellten Mindestvolumenstrom und einem voreingestellten maximalen Volumenstrom von der Vorschubgeschwindigkeit im Bereich zwischen einer voreingestellten unteren Vorschubgeschwindigkeit bis zu einer voreingestellten maximalen Vorschubgeschwindigkeit bestehen. Dabei kann es vorteilhaft sein, wenn der voreingestellte Mindestvolumenstrom, der voreingestellte maximale Volumenstrom, die voreingestellte untere Vorschubgeschwindigkeit und die voreingestellte maximale Vorschubgeschwindigkeit, beispielsweise
 30 über eine Bedieneinheit der Vorrichtung, einstellbar und/oder änderbar sind. Dadurch sind eine einfache Bedienung und ein sicherer Betrieb der Vorrichtung möglich. Insbesondere kann hierdurch einfach der Bereich der linearen Abhängigkeit des Volumenstroms von der Vorschubgeschwindigkeit eingestellt werden.

[0015] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit die Antriebseinheit zum Antrieb des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs steuert. Die Steuereinheit kann die Antriebseinheit dann derart steuern, dass die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrgestänges beim Erreichen des mit Hilfe der Pumpe maximal erreichbaren Volumenstroms der Spülflüssigkeit nicht weiter erhöht. Dadurch wird sichergestellt, dass ausreichend Spülflüssigkeit am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug zum Erzeugen oder
 45 Aufweiten der Erdbohrung verfügbar ist, insbesondere zum Transport von dem aus der Erdbohrung abzuführenden Erdreich.

[0016] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn ein Sensor die Bohrgeschwindigkeit des Bohrwerkzeugs und/oder die Einzugsgeschwindigkeit des Aufweitwerkzeugs als Vorschubgeschwindigkeit ermittelt und eine Information über die Vorschubgeschwindigkeit zur Steuereinheit überträgt. Alternativ oder zusätzlich kann ein Sensor vorgesehen sein, der den mit Hilfe der Pumpe erzeugten Volumenstrom der Spülflüssigkeit ermittelt und eine Information über den Volumenstrom zur Steuereinheit überträgt. Hierdurch kann die Steuereinheit die Vorschubgeschwindigkeit korrekt ermitteln und/oder den durch die Pumpe erzeugten Volumenstrom der Spülflüssigkeit kann exakt eingestellt werden. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Steuereinheit die Vorschubgeschwindigkeit auf einen voreingestellten Sollwert regelt oder in Abhängigkeit eines zum Drehen des Zug- und/oder Druckelements beim Bohren oder Aufweiten aufgewendeten Drehmoments, wobei das Drehmoment insbesondere durch den für eine hydraulische Antriebseinheit zum Drehen des Zug- und/oder Druckelements erforderlichen Arbeitsdruck ermittelt wird. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Drehmoment auf einem voreingestellten Drehmomentensollwert geregelt wird und die Vorschubgeschwindigkeit des Zug- und/oder Druckelements als Stellgröße dient. Hierdurch ist ein einfacher und insbesondere automatischer Betrieb der Vorrichtung möglich.

[0017] Ferner ist es vorteilhaft, wenn ein Spülflüssigkeitstank zum Bereitstellen der Spülflüssigkeit vorgesehen ist und wenn ein Sensor den Füllstand der Spülflüssigkeit im Spülflüssigkeitstank detektiert sowie eine Information über den Füllstand im Spülflüssigkeitstank zur Steuereinheit überträgt. Die Steuereinheit kann dann beim Erreichen eines voreingestellten unteren Grenzwerts des Füllstandes den Antrieb des Zug- und/oder Druckelements bzw. des Gestänges beim Erreichen oder Unterschreiten des unteren Grenzwerts stoppen. Dadurch wird sichergestellt, dass während des Bohrvorgangs ausreichend Spülflüssigkeit sowohl zum gegebenenfalls erforderlichen Kühlen des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs und/oder zum Austrag des abzubauen-
 40 den Erdreichs aus der Erdbohrung zur Verfügung steht.

[0018] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Spülflüssigkeit Wasser und Betonit, Wasser und Polymere oder Wasser, Betonit und Polymere enthält. Hierdurch ist der Einsatz von für Erdbohrungen günstigen Spülflüssigkeiten einfach möglich.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Sensor den Druck der Spülflüssigkeit zwischen der Pumpe und dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug ermittelt und eine dem Druck entsprechende Information zur Steuereinheit überträgt. Dann kann die Steuereinheit die Pumpe derart steuern, dass die Pumpe bis zum Erreichen eines voreingestellten Mindestdrucks der Spülflüssigkeit ihre maximale Förderleistung erzielt, so dass die Pumpe den mit Hilfe dieser Pumpe maximal möglichen Volumenstrom erzeugt. Dadurch ist ein sehr schnelles Befüllen der durch die Gestängeabschnitte gebildeten Leitung zwi-
 55

schen Pumpe und Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug mit Spülflüssigkeit möglich, so dass nur geringe Stillstandszeiten erforderlich sind, in denen kein aktiver Bohrvorgang erfolgt.

[0020] Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit die Pumpe nach dem Erreichen des Mindestdrucks derart ansteuert, dass der Volumenstrom der Spülflüssigkeit auf einen voreingestellten Mindestvolumenstrom reduziert wird, wenn kein Vorschub des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs erfolgt. Hierdurch wird erreicht, dass nur der Mindestvolumenstrom an Spülflüssigkeit austritt, wenn kein Vorschub erfolgt, so dass Spülflüssigkeit gespart werden kann.

[0021] Ferner ist es besonders vorteilhaft, wenn ein Sensor den Druck der Spülflüssigkeit zwischen der Pumpe und dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug ermittelt und eine dem Druck entsprechende Information zur Steuereinheit überträgt. Die Steuereinheit kann dann dem Antrieb zum Vorschub des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs erst nach dem Erreichen des Mindestdrucks aktivieren. Hierdurch wird sichergestellt, dass kein Vorschub des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs erfolgt, bis die Mindestmenge an Spülflüssigkeit am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug austritt. Hierdurch ist insbesondere ein einfacher, und falls gewünscht auch ein automatischer, Betrieb der Vorrichtung möglich.

[0022] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit die Vorrichtung erst in einer ersten Betriebsart derart steuert, dass der Volumenstrom der Spülflüssigkeit unabhängig von der Vorschubgeschwindigkeit insbesondere manuell durch eine Bedienperson einstellbar ist. Ferner kann die Steuereinheit die Vorrichtung in einer zweiten Betriebsart derart steuern, dass der Volumenstrom der Spülflüssigkeit proportional zur Vorschubgeschwindigkeit geändert wird, wobei vorzugsweise eine Umschaltung während des Betriebs der Vorrichtung zwischen der ersten Betriebsart und der zweiten Betriebsart erfolgt. Hierdurch kann die Vorrichtung einfach in der ersten Betriebsart in Betrieb gesetzt werden und anschließend in die zweite Betriebsart umgeschaltet werden, so dass die Vorrichtung sehr einfach und sicher bedient werden kann.

[0023] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Das Verfahren kann dabei in gleicher Weise weitergebildet werden wie die Vorrichtung, insbesondere mit den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

[0024] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, die die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den beigefügten Figuren näher erläutert.

[0025] Es zeigen:

Figur 1A eine schematische Darstellung einer Bohranlage zum gesteuerten Bohren einer Pilotbohrung, mit der eine Durchgangsöffnung im Erdreich erzeugt wird, die nachfolgend mithilfe eines Aufweitwerkzeugs aufweitbar

ist;

Figur 1B einen vergrößerten Ausschnitt der Bohranlage nach Figur 1A, wobei der Bohrkopf zum Erzeugen der Pilotbohrung dargestellt ist;

Figur 1C eine schematische Darstellung einer Bohranlage zum Aufweiten der mit der Bohranlage nach Figur 1A erzeugten Pilotbohrung mithilfe eines Aufweitwerkzeugs;

Figur 1D einen vergrößerten Ausschnitt der Bohranlage nach Figur 1C, wobei das Aufweitwerkzeug zum Aufweiten der Pilotbohrung dargestellt ist;

Figur 2 ein Blockschaltbild mit Steuerkomponenten zum Steuern der an einem Bohr- oder Aufweitwerkzeug der Bohranlage nach den Figuren 1A bis 1D austretenden Menge Spülflüssigkeit;

Figur 3 einen Ablaufplan zum Steuern des Volumenstroms der am Bohr- oder Aufweitwerkzeug nach den Figuren 1A bis 1D austretenden Spülflüssigkeit; und

Figur 4 ein Diagramm mit dem Verlauf des Volumenstroms der Spülflüssigkeit in Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit des Bohr- oder Aufweitwerkzeugs der Bohranlage gemäß einer Ausführungsform.

[0026] In Figur 1A ist eine Bohranlage 10 zum gesteuerten Bohren einer Pilotbohrung gezeigt. Die Bohranlage 10 arbeitet nach einem Horizontalbohrverfahren, das auch als Horizontal Directional Drilling (HDD) Verfahren bezeichnet wird. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird hierzu eine unter der Handelsbezeichnung Terra-Jet erhältliche Horizontalbohranlage eingesetzt. Eine solche Horizontalbohranlage ist beispielsweise aus dem Dokument DE 101 15 233 A1 bekannt. Beim HDD-Verfahren wird ein aus mehreren Gestängeabschnitten 13 zusammengesetztes Gestänge 14 mithilfe eines Horizontalbohrgerätes 12 an einem Startpunkt 16 mit einem an dem Horizontalbohrgerät 12 entfernten Ende des Gestänges 14 angeordneten Bohrkopf 20 in Richtung des Pfeils PO in das Erdreich 18 eingebracht. Das Horizontalbohrgerät 12 hat eine Pumpe 42, die über einen Schlauch 48 Spülflüssigkeit 46 aus einem Spülflüssigkeitsbehälter 40 ansaugt und mit hohem Druck in das hohle Gestänge 14 fördert. Die Spülflüssigkeit 46 tritt mit hohem Druck am Bohrkopf 20 aus. Durch den hohen Druck und durch Hartmetallzähne des Bohrkopfs 20 wird ein Bohrloch ins Erdreich 18 geschnitten.

[0027] Der Bohrkopf 20 ist an seinem vorderen Ende asymmetrisch abgeflacht und wird mithilfe des Gestänges 14 zum Erzeugen eines geraden Bohrlochs kontinu-

ierlich gedreht. Bei einer gewünschten seitlichen Bewegung, Aufwärtsbewegung oder Abwärtsbewegung wird der Bohrkopf 20 in einer für diese gewünschte Bewegung geeigneten Position angehalten und nicht weitergedreht, so dass aufgrund der asymmetrisch abgeflachten Form des vorderen Endes des Bohrkopfs 20 eine entsprechende Ablenkbewegung des Bohrkopfs 20 im Erdreich 18 erfolgt. In Figur 1B ist eine Detailansicht des von dem Horizontalbohrgerät 12 entfernten Endes des Gestänges 14 zusammen mit dem Bohrkopf 20 gezeigt. Im Bohrkopf 20 ist eine elektronische Sonde angeordnet, die mithilfe eines entsprechenden Ortungsgerätes jederzeit von der Erdoberfläche aus exakt geortet werden kann, so dass die Position des Bohrkopfs 20 im Erdreich 18 jederzeit exakt bestimmbar ist.

[0028] Die Bewegungsbahn des Bohrkopfs 20 und damit der Verlauf des Bohrkanals 15 der Pilotbohrung wird einfach durch kontrolliertes Stoppen der Drehung des Bohrkopfs 20 über das Gestänge 14 gesteuert, so dass die Steuerfläche des Bohrkopfs 20 in eine für die gewünschte Bewegung erforderliche Stellung gebracht wird. Auch nach dem gezielten Stoppen der Drehung des Bohrkopfs 20 wird mit Hilfe der Pumpe 42 weiterhin Spülflüssigkeit 46 durch das Gestänge 14 gefördert und der Bohrkopf 20 wird weiter über das Gestänge 14 vorangetrieben, so dass mithilfe der Spülflüssigkeit 46 und des Vortriebs des Bohrkopfs 20 der Bohrvorgang des gewünschten Verlaufs des Bohrlochs fortgesetzt wird.

[0029] Nach Erreichen des Zielpunkts 22, der beispielsweise in einer Zielgrube vorgesehen ist, wird der Bohrkopf 20 durch einen Aufweitkopf 24 ersetzt, der beim Zurückziehen des Gestänges 14 die zuvor erzeugte Pilotbohrung aufweitet und gleichzeitig ein HDPE-Rohr 26 einzieht, wie dies in den Figuren 1C und 1D gezeigt ist. HDPE-Rohre sind aus High-Density-Polyethylen hergestellt, wobei dieses High-Density-Polyethylen ein thermoplastischer Kunststoff mit hoher Dichte ist, so dass die aus HDPE hergestellten Rohre eine hohe Zähigkeit und Steifigkeit, eine sehr gute chemische Beständigkeit, gute Gleiteigenschaften, geringe Feuchtaufnahme, sehr gute Verarbeitungseigenschaften, sehr gut verschweißbar sind und physiologisch unbedenklich sind. Bei anderen Ausführungsformen können auch Rohre 26 aus anderen Materialien, insbesondere aus Metall, eingezogen werden.

[0030] Das Horizontalbohrgerät 12 erzeugt die für den Aufweitvorgang erforderliche Zugkraft am Gestänge 14 und leitet weiterhin Spülflüssigkeit 46 zum Aufweitkopf 24. Die Spülflüssigkeit 46 unterstützt zumindest das Aufweiten der Pilotbohrung und dient ferner zum Ableiten und Austragen des beim Aufweitvorgang gelösten überschüssigen Erdreichs 18. Insbesondere bei steinigem Erdreich 18, Geröll und Fels muss zumindest ein Teil des mithilfe des Aufweitwerkzeugs 24 beim Aufweitvorgang kontaktierten Erdreichs 18 abgeführt werden. Dies kann insbesondere durch den Ringspalt zwischen dem als Bohrkanal 15 bezeichneten bereits aufgeweiteten Bereich der Pilotbohrung und dem eingezogenen Rohr 26

erfolgen. Die in den Ringspalt eingebrachte Spülflüssigkeit 46 verringert auch die Mantelreibung zwischen dem Rohr 26 und dem Bohrkanal 15.

[0031] Zur Vermeidung einer nicht zentrischen Aufweitung der Pilotbohrung, insbesondere in Folge einer Ablenkung des Aufweitwerkzeugs 24 durch inhomogenes Erdreich, hat das Aufweitwerkzeug 24 einen Zentrierbereich 25, der in Bezug auf den Aufweitbereich 31 des Aufweitwerkzeugs 24 in Bewegungsrichtung des Aufweitwerkzeugs 24 stromaufwärts angeordnet ist und im Wesentlichen dem Durchmesser der aufgeweiteten Öffnung entspricht. Dadurch hat das Aufweitwerkzeug 24 über den Zentrierbereich 25 eine große Abstützfläche, über die eine Gegenkraft zu den auf den Aufweitbereich 31 quer zur Bewegungsrichtung P1 wirkenden Querkraften bereitgestellt werden kann. Dadurch wird eine Ablenkung des Aufweitwerkzeugs 24 auf einfache Art und Weise wirkungsvoll vermieden, so dass die Pilotbohrung bzw. eine bereits im Erdreich 18 vorhandene Durchgangsöffnung mithilfe des Aufweitwerkzeugs 24 zentrisch aufgeweitet werden kann.

[0032] Gleichzeitig mit dem Aufweitvorgang wird das neu zu verlegende Rohr 26, im vorliegenden Fall ein HDPE-Rohr, eingezogen. Je nach Untergrund können auch zwei oder mehr Aufweitwerkzeuge 24 nacheinander mit bis zu einem Durchmesser von 1000 mm eingesetzt werden. Üblicherweise werden dann Rohre 26 bis zu einem Durchmesser von 800 mm oder ein Rohrbündel aus mehreren Rohren eingezogen. Als Spülflüssigkeit 46 kann Wasser mit Betonit oder Polymeren eingesetzt werden. Solche Spülflüssigkeiten 46 stabilisieren den Bohrkanal 15, vermindern die Reibung zwischen Bohrgestänge 14 und Erdreich 18 sowie die Reibung zwischen dem einzuziehenden Rohr 26 und dem Erdreich 18. Ferner wird mithilfe der Spülflüssigkeit 46 Erdreich 18 durch das bereits zum Teil eingezogene Rohr 26 aus dem Bohrkanal 15 herausgeführt.

[0033] Figur 1D zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der in Figur 1C gezeigten Anordnung 10. In diesem Ausschnitt sind das von dem Horizontalbohrgerät 12 entfernte Ende des Gestänges 14, der Aufweitkopf 24 und das bereits zum Teil ins Erdreich 18 eingezogene Rohr 26 dargestellt.

[0034] Eine Steuereinheit 50 des Horizontalbohrgeräts 12, insbesondere eine speicherprogrammierbare Steuereinheit (SPS), steuert die Pumpe 42 zum Fördern der Spülflüssigkeit 46 durch das Gestänge 14 an. Die Pumpe 42 ist durch die Steuereinheit 50 insbesondere derart ansteuerbar, dass der Volumenstrom der durch die Pumpe 42 geförderten und somit der am Bohr- bzw. Aufweitkopf 20, 24 austretenden Spülflüssigkeit 46 steuerbar ist.

[0035] Das Horizontalbohrgerät 12 hat vorzugsweise einen Drehantrieb zum Drehen des Gestänges 14 um eine Längsachse und den Vorschubantrieb zum Bewegen des Gestänges 14 entlang seiner Längsachse durch das Erdreich 18 zusammen mit dem an dem vom Vorschubantrieb entfernten Ende des Gestänges 14 mit die-

sem verbundenen Bohrkopf 20 oder Aufweitkopf 24.

[0036] Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild mit Steuerkomponenten zum Steuern der an einem Bohr- oder Aufweitwerkzeug 20, 24 der Bohranlage 10 nach den Figuren 1A bis 1D austretenden Menge Spülflüssigkeit 46. Die Steuereinheit 50 ist mit einer ersten Antriebseinheit 52 zum Vortrieb des Gestänges 14 verbunden. Die Antriebseinheit 52 ist vorzugsweise eine hydraulische Antriebseinheit, wobei eine erste Sensoreinheit 54 den Arbeitsdruck, mit dem die erste Antriebseinheit 52 betrieben wird, erfasst und eine Information über den Druck an die Steuereinheit 50 übermittelt. Mit Hilfe der Information über den ermittelten Druck kann die Steuereinheit 50 unmittelbar die Kraft ermitteln, mit der das Gestänge 14 und das mit dem Gestänge 14 verbundene Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug 20, 24 durch das Erdreich 18 bewegt wird. Die Steuereinheit 50 ist ferner mit einer zweiten Antriebseinheit 56 zum Drehen des Gestänges 14 verbunden. Auch die zweite Antriebseinheit 56 zum Drehen des Gestänges 14 ist vorzugsweise eine hydraulische Antriebseinheit. Ferner ist eine zweite Sensoreinheit 58 zum Erfassen des durch die Antriebseinheit 56 erzeugten Drehmoments zum Drehen des Gestänges 14 vorgesehen. Bei der Ausführung der zweiten Antriebseinheit 56 als hydraulische Antriebseinheit kann die zweite Sensoreinheit 58 einen Drucksensor umfassen, der den Arbeitsdruck der zweiten Antriebseinheit 56 erfasst. Über den auf das Gestänge 14 wirkenden bekannten Hebelarm kann einfach das am Bohr- und/oder Aufweitkopf 20, 24 übermittelte Drehmoment ermittelt werden. Die zweite Sensoreinheit 58 ermittelt somit eine Information über die am Gestänge 14 zu dessen Drehung wirkende Kraft, das am Gestänge 14 wirkende Moment und/oder den zum Betrieb der zweiten Antriebseinheit 56 wirkenden Arbeitsdruck, wenn die zweite Antriebseinheit 56 als hydraulische Antriebseinheit ausgebildet ist.

[0037] Ferner ist die Pumpe 42 zum Pumpen der Spülflüssigkeit mit der Steuereinheit 50 verbunden und wird durch die Steuereinheit 50 angesteuert. Ferner kann eine dritte Sensoreinheit 60 zur Ermittlung der Drehzahl der Pumpe 42 und/oder des Volumenstroms der Spülflüssigkeit 46 vorgesehen sein, die eine Information über die Drehzahl und/oder den Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 durch das Gestänge 14 an die Steuereinheit 50 übermittelt, die dann den ermittelten Istwert des Volumenstroms mit einem voreingestellten Sollwert des Volumenstroms der Spülflüssigkeit 46 vergleicht und bei einer Abweichung des Istwerts vom Sollwert die Pumpe 42 derart ansteuert, dass die Sollwertabweichung des Istwerts eine Antriebseinheit der Pumpe 42 derart ansteuert, dass die Sollwertabweichung verringert oder beseitigt wird. Somit erfolgt eine Regelung des Volumenstroms der Spülflüssigkeit auf einen voreingestellten bzw. zuvor von der Steuereinheit 50 ermittelten Sollwert. Die Ermittlung des Sollwerts für den Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 erfolgt erfindungsgemäß dadurch, dass die Steuereinheit 50 abhängig von der mit Hilfe einer sechsten Sensoreinheit 64 ermittelten Vorschubge-

schwindigkeit des Gestänges 14 den erforderlichen Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 ermittelt. Somit wird bei einer Änderung der Vorschubgeschwindigkeit automatisch der Sollwert für den Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 verändert. Ferner ist der Füllstandssensor 44 zum Ermitteln des Füllstands der Spülflüssigkeit im Spülflüssigkeitsbehälter 40 als vierte Sensoreinheit mit der Steuereinheit 50 verbunden und übermittelt eine Information über den Füllstand der Spülflüssigkeit 46 im Spülflüssigkeitsbehälter 40 an die Steuereinheit 50, so dass diese bei Unterschreiten eines voreingestellten Sollwerts sowohl die erste Antriebseinheit 52 als auch die zweite Antriebseinheit 56 stoppt. Eine fünfte Sensoreinheit 62 ermittelt den Druck, mit dem die Pumpe 42 die Spülflüssigkeit 46 durch das Gestänge 14 fördert.

[0038] Figur 3 zeigt einen Ablaufplan zum Steuern der am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug der Figuren 1a bis 1d austretenden Menge Spülflüssigkeit 46. Der Ablauf wird im Schritt S10 gestartet. Anschließend wird im Schritt S12 geprüft, ob ein Spülvorgang aktiv ist, d. h. ob die Pumpe 42 Spülflüssigkeit 46 durch das Gestänge 14 zum Bohr- und/oder Aufweitkopf 20, 24 fördert. Ist dies nicht der Fall, so wird Schritt S12 erneut ausgeführt. Wird im Schritt S12 jedoch festgestellt, dass der Spülvorgang aktiv ist, so wird anschließend im Schritt S14 geprüft, ob der mit Hilfe der Sensoreinheit 62 ermittelte Druck der Spülflüssigkeit 46 im Gestänge 14 einen voreingestellten Mindestdruck erreicht oder überschritten hat. Ist das nicht der Fall, so wird anschließend im Schritt S16 die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass diese Spülflüssigkeit 46 mit maximalem Volumenstrom in das rohrförmige Gestänge 14 fördert. Anschließend wird Schritt S14 erneut ausgeführt.

[0039] Wird im Schritt S14 jedoch festgestellt, dass der ermittelte Druck der Spülflüssigkeit 46 im Gestänge 14 den voreingestellten Wert für den Mindestdruck erreicht oder überschritten hat, so wird anschließend im Schritt S18 die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass die Pumpe lediglich einen voreingestellten Mindestvolumenstrom Spülflüssigkeit 46 in das Gestänge 14 fördert. Anschließend erfolgt im Schritt S20 eine Freigabe der ersten Antriebseinheit 52 und der zweiten Antriebseinheit 56. Dadurch kann die Steuereinheit 50 die erste Antriebseinheit 52 sowie die zweite Antriebseinheit 56 automatisch aktivieren oder alternativ durch eine Bedieneingabe einer Bedienperson an einem Bedienpult des Bohrgeräts 12 aktivieren. Anschließend wird im Schritt S22 mit Hilfe der sechsten Sensoreinheit 64 die Vorschubgeschwindigkeit des Gestänges 14 ermittelt. Ausgehend von der im Schritt S22 ermittelten Vorschubgeschwindigkeit berechnet die Steuereinheit 50 den Wert des mit Hilfe der Pumpe 42 zu erzeugenden Volumenstroms der Spülflüssigkeit 46. Dabei erfolgt die Berechnung auf der Grundlage der direkten Abhängigkeit des zu erzeugenden Volumenstroms von der ermittelten Vorschubgeschwindigkeit. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um eine lineare Abhängigkeit, zumindest in einem Bereich der Vorschubgeschwindigkeit.

[0040] Ausgehend vom ermittelten zu erzeugenden Volumenstrom wird anschließend im Schritt S26 die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass die Pumpe 42 mit einer dem zu erzeugenden Volumenstrom entsprechenden Drehzahl betrieben wird. Im Schritt S28 wird dann geprüft, ob die erste Antriebseinheit 52 und die zweite Antriebseinheit 56 gestoppt worden sind. Ist das nicht der Fall, so wird der Ablauf im Schritt S22 fortgesetzt, wobei die Schritte S22 bis S28 erneut abgearbeitet werden.

[0041] Wird im Schritt S28 jedoch festgestellt, dass sowohl die erste Antriebseinheit 52 als auch die zweite Antriebseinheit 56 gestoppt worden sind, so wird anschließend im Schritt S30 geprüft, ob der Bohrvorgang beendet werden soll. Ist das nicht der Fall, d. h. wenn der Bohrvorgang nur kurzzeitig unterbrochen worden ist und ohne Gestängewechsel weitergeführt werden soll, wird der Ablauf im Schritt S18 fortgesetzt und die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass der voreingestellte Mindestvolumenstrom an Spülflüssigkeit 46 in das Gestänge 14 gefördert wird.

[0042] Wird im Schritt S30 jedoch festgestellt, dass ein Ende des Bohrvorgangs erfolgen soll, insbesondere weil die Erdbohrung bzw. der Aufweitvorgang beendet ist oder ein Gestängeabschnitt zum Gestänge 14 hinzugefügt werden soll oder ein Gestängeabschnitt vom Gestänge 14 entfernt werden soll, so wird der Ablauf im Schritt S32 beendet. Nach einem Gestängewechsel oder nach einem Austausch des Bohrwerkzeugs 20 gegen das Aufweitwerkzeug 24 wird der Ablauf erneut gestartet.

[0043] Bei anderen Ausführungsformen wird die Vorschubgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Vorschubkraft und/oder des Vorschubdrehmoments geregelt. Bei weiteren Ausführungsformen kann der mit Hilfe der Pumpe 42 geförderte Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 erfasst und auf den im Schritt S24 berechneten Sollwert geregelt werden. Bei weiteren Ausführungsformen kann anstatt des Gestänges 14 auch ein Zugseil eingesetzt werden, wobei die Spülflüssigkeit dann durch einen zusätzlich zum Aufweitwerkzeug 24 verlaufenden Schlauch geleitet wird und im Bereich des Aufweitwerkzeugs 24 austritt.

[0044] Bei den beschriebenen Ausführungsformen kann eine Bedienerperson, insbesondere ein Bohrmeister, aufgrund ihrer/seiner Erfahrung den aus seiner Sicht optimalen Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 für den konkret vorliegenden bzw. zu erwartenden Untergrund bei einer relativ geringen Vorschubgeschwindigkeit einstellen. Der Volumenstrom der Spülflüssigkeit wird auch als Spülleistung bezeichnet. Der Volumenstrom ist zumindest dann korrekt eingestellt, wenn am Ende des Bohrkannals 15 ein kontinuierlicher Austrag von Bohrschlamm, d. h. von Spülflüssigkeit gemischt mit abgebauten Erdreich 18, stattfindet. In diesem Fall startet die Steuereinheit 50 mit dem Ablauf nach Fig.3 erst im Schritt S22, d. h. die Schritte S12 bis S20 werden nicht ausgeführt. Wie bereits erwähnt, kann die Vorschubgeschwindigkeit mit Hilfe eines durch die Steuereinheit 50 bereitgestellten

Assistenzsystem automatisch dem Untergrund angepasst werden, insbesondere mit Hilfe der bereits erwähnten drehmomentabhängigen Regelung der Vorschubgeschwindigkeit. Eine solche Regelung wird auch als Bohrautomatik bezeichnet. Dadurch wird die Vorschubgeschwindigkeit automatisch reduziert, wenn der Untergrund härter wird, und automatisch erhöht, wenn das Erdreich weicher wird.

[0045] Der wiederholte Ablauf der Schritte S22 bis S24 führt dazu, dass bei zunehmender Vorschubgeschwindigkeit auch die Spülleistung, d. h. der Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46, zunimmt. Ausgehend von der Einstellung der Spülflüssigkeitsmenge durch eine Bedienerperson erfolgt bei einer Erhöhung der Geschwindigkeit eine gleichzeitige Erhöhung der Spülleistung vorzugsweise um denselben Prozentsatz, d. h. wenn die Vorschubgeschwindigkeit um 20 % zunimmt, wird die Spülleistung ebenfalls um 20 % erhöht. Nimmt die Geschwindigkeit um 50 % ab, wird auch die Spülleistung um 50 % reduziert. Das Reduzieren der Spülleistung erfolgt vorzugsweise nur bis zu einem voreingestellten Mindestvolumenstrom. Kann der Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 aufgrund des Erreichens des durch die Pumpe 46 maximal erzeugten Volumenstroms nicht weiter erhöht werden, so wird die Vorschubgeschwindigkeit nicht weiter erhöht.

[0046] Durch das Vorsehen eines Mindestvolumenstroms wird sichergestellt, dass selbst dann Spülflüssigkeit 42 am Bohr- und/oder Aufweitkopf 20, 24 austritt, wenn das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug 20, 24 insbesondere an Fels nur mit sehr geringer Geschwindigkeit gedreht werden kann oder ein Stillstand des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs 20, 24 auftritt. Die Vorschubgeschwindigkeit des Gestänges 14 kann insbesondere mit einem Wegsensor oder anhand der zum Vorschub des Gestänges 14 eingesetzten Menge an Hydraulikflüssigkeit ermittelt werden, wenn es sich bei der Antriebseinheit 56 zum Vorschub des Gestänges um einen Hydraulikantrieb handelt. Der Spülflüssigkeitsbehälter 40 hat insbesondere ein Fassungsvermögen im Bereich von 1 bis 5 m³. Wird mehr Spülflüssigkeit 46 benötigt, können auch mehrere Spülflüssigkeitsbehälter 40 vorgesehen sein, die vorzugsweise miteinander verbunden sind oder die umschaltbar mit der Pumpe 42 über den Schlauch 48 verbunden werden können.

[0047] Der Füllstandssensor 44 kann so ausgebildet sein, dass er eine Information über die aktuelle Füllhöhe der Spülflüssigkeit 46 im Spülflüssigkeitsbehälter 40 angibt, wobei die Steuereinheit 50 dann mit Hilfe eines voreingestellten Grenzwerts überprüft, ob dieser erreicht oder unterschritten ist. Bei anderen Ausführungsformen kann der Sensor lediglich ein Signal beim Unterschreiten eines voreingestellten Grenzwerts an die Steuereinheit 50 übertragen, so dass die Steuereinheit über das Unterschreiten des voreingestellten Grenzwerts informiert wird. Bei Unterschreiten des voreingestellten Grenzwerts werden die erste Antriebseinheit 52 und die zweite Antriebseinheit 56 gestoppt, bis wieder ausreichend

Spülflüssigkeit 46 im Behälter ist oder ein weiterer Spülflüssigkeitsbehälter 40 mit der Pumpe 42 verbunden worden ist.

[0048] Beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts des Füllstands im Spülflüssigkeitsbehälter 40 wird vorzugsweise eine Information über eine Bedieneinheit der Bohreinheit an eine Bedienperson ausgegeben.

[0049] Abhängig von dem Bohrgerät 12 werden Gestängeabschnitte von 3 m oder 4,5 m Länge eingesetzt. Bei Großbohranlagen können auch Gestängeabschnitte bis zu 10 m eingesetzt werden. Zum Gestängewechsel stoppt die Bedienperson die erste Antriebseinheit 52 und die zweite Antriebseinheit 56 und stoppt dann die Pumpe 42. Bei anderen Ausführungsformen kann ein automatischer Stopp der ersten Antriebseinheit und der zweiten Antriebseinheit 52, 56 beim Erreichen eines zum Antrieb des Gestänges 14 dienenden Antriebsschlittens des Bohrgeräts 12 und die anschließende Abschaltung der Pumpe 42. Während des Gestängewechsels wird die Pumpe 42 nicht aktiviert, d. h. es erfolgt keine Förderung von Spülflüssigkeit 46. Nach dem Gestängewechsel wird die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass sie mit 100 % ihrer Förderleistung betrieben wird. Dies wird solange beibehalten, bis das Gestänge 14 wieder mit Spülflüssigkeit 46 gefüllt ist und ein voreingestellter Mindestspüldruck erreicht worden ist. Der Mindestspüldruck kann fest voreingestellt sein oder ist über eine Bedieneinheit des Bohrgeräts 12, insbesondere durch eine Bedieneingabe einer Bedienperson, änderbar. Der Mindestspüldruck kann bei einer Pilotbohrung nach den Figuren 1A und 1B auf 20 bar voreingestellt sein und für eine Aufweitung einer bereits vorhandenen Erdbohrung nach den Figuren 1C und 1D vorzugsweise bei 10 bar liegen. Somit ist der voreingestellte Mindestspüldruck bei Pilotbohrungen höher als bei Aufweitungen.

[0050] Nachdem der Mindestspüldruck erreicht worden ist, wird die erste Antriebseinheit 52 aktiviert und das Gestänge 14 wird gedreht. Sobald die Drehzahl der ersten Antriebseinheit 52 den Drehzahlwert des Gestänges 14 vor dem Gestängewechsel erreicht hat, wird die zweite Antriebseinheit 56 aktiviert und die Vorschubgeschwindigkeit vorzugsweise auf den Vorschubgeschwindigkeitswert vor dem Gestängewechsel eingestellt. Anschließend wird die Bohrautomatik aktiviert, so dass insbesondere eine drehmomentabhängige Einstellung der Vorschubgeschwindigkeit erfolgt.

[0051] Bei anderen Ausführungsformen kann die Steuereinheit 50 vor dem Start des Bohrvorgangs die zum Durchführen der Bohrung und/oder Aufweitung erforderliche Menge an Spülflüssigkeit berechnen. Hierbei dient die Steuereinheit 50 als Bordcomputer der Bohrvorrichtung 12.

[0052] Das korrekte erforderliche Spülvolumen ergibt sich aus dem Volumen der zu erzeugenden Erdbohrung bzw. aus dem Volumen des beim Erzeugen der Erdbohrung oder Aufweiten der Erdbohrung abzubauenen Erdreichs 18 und einem Spülungsfaktor. Der Spülungsfaktor

wird auch als Mudfaktor bezeichnet. Im Folgenden wird die Berechnung einer für eine konkrete Erdbohrung benötigte Gesamtmenge an Spülflüssigkeit 46 erläutert. Es soll ein Bohrkanal 15 mit einer Länge von 120 m und einem Durchmesser von 260 mm im Horizontalbohrverfahren hergestellt werden. Das Volumen des zu erzeugenden Bohrkanals 15 berechnet sich wie folgt:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot l,$$

wobei V das Volumen des Bohrkanals 15 ist, d der Durchmesser des Bohrkanals 15 und l die Länge des Bohrkanals 15. Für den 120 m langen Bohrkanal 15 mit einem Durchmesser von 260 mm ergibt sich ein Gesamtvolumen von 6.371 l. Dieses Ergebnis kann beispielsweise auf den nächsten 100 l aufgerundet werden. Das Volumen V wird dann mit einem Spülungsfaktor multipliziert. Es wurde erkannt, dass der Spülungsfaktor von den Untergrundverhältnissen, d. h. vom Erdreich 18, abhängig ist. Für Kies hat sich ein Spülungsfaktor von 3 als günstig erwiesen. Bei speziellen Kiesarten haben sich auch Spülungsfaktoren von 4 oder 5 als günstig erwiesen. Bei Sand hat sich ein Spülungsfaktor von 4 als günstig erwiesen, bei Lehm von 5. Bei speziellen Lehmartypen waren auch schon Spülungsfaktoren von 1 bis 2 ausreichend. Bei Ton hat sich ein Spülungsfaktor von 6 als günstig erwiesen. Bei sandigem Erdreich 18 mit einem Spülungsfaktor von 4 ergibt sich bei dem aufgerundeten Volumen des Bohrkanals 28 von 6.400 l und einem Spülungsfaktor von 4 ein Gesamtbedarf an Spülflüssigkeit 46 von 25.600 l. Es ist vorteilhaft, die Spülflüssigkeit 46 bereits vor Beginn der Bohrung als Gesamtmenge bereitzustellen. Es sind jedoch auch Mischanlagen bekannt, bei denen die Spülflüssigkeit 46 kontinuierlich durch Zuführen von Wasser und Spülflüssigkeitszusätzen, wie Betonit oder Polymere, erzeugt werden. Zum Aufbereiten der Spülflüssigkeit 46 sind verschiedene Mischstationen bekannt. Es ist auch möglich, die Spülflüssigkeit nach Gebrauch zu recyceln. Insbesondere kann ein Absetzbehälter vorgesehen sein, in dem sich der Bohrschlamm absetzt und die oben befindliche Spülflüssigkeit der Bohrvorrichtung wieder zugeführt wird.

[0053] Das Erzeugen einer HDD-Bohrung mit einem Durchmesser von 260 mm erfolgt üblicherweise in mehreren Schritten. Beispielsweise wird eine Pilotbohrung mit einem Durchmesser von 100 mm erzeugt, wie dies in den Figuren 1A und 1B gezeigt ist. Anschließend erfolgt eine Zwischenaufweitung auf den Durchmesser 200 mm. Nachfolgend erfolgt eine Aufweitung mit gleichzeitigem Rohreinzug auf den Durchmesser von 260 mm, wie dies in den Figuren 1C und 1D gezeigt ist. Vorzugsweise berechnet die Steuereinheit 50 für die Pilotbohrung, die Zwischenaufweitung und die Endaufweitung jeweils das konkrete erforderliche Volumen der einzusetzenden Spülflüssigkeit 46. Hierzu wird das Volumen des Bohrkanals 15 der Pilotbohrung nach oben angegebener

Formel berechnet, wodurch sich ein Volumen von 942 l ergibt. Dieses Volumen kann beispielsweise auf 950 l aufgerundet werden. Das erforderliche Spülvolumen an Spülflüssigkeit 46 beträgt bei sandigem Boden 3.800 l.

[0054] Zur Berechnung der für die Zwischenaufweitung erforderlichen Spülflüssigkeitsmenge, d. h. dem Spülvolumen, wird zuerst das hinzukommende Volumen durch die Zwischenaufweitung ausgehend von der Pilotbohrung nach folgender Formel berechnet:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{zwischen}}^2 - d_{\text{pilot}}^2) \cdot l,$$

wobei d_{pilot} der Durchmesser der Pilotbohrung ist und d_{zwischen} der Durchmesser der Zwischenaufweitung ist.

[0055] Ausgehend von der Pilotbohrung ergibt sich somit ein Vergrößerungsvolumen von 2.827 l. Bei einer Aufrundung auf 2.850 l ergibt sich ein Spülvolumen bei sandigem Boden von 11.400 l. Das zusätzliche Volumen der Endaufweitung errechnet sich wie folgt:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{end}}^2 - d_{\text{zwischen}}^2) \cdot l,$$

wobei d_{end} der Durchmesser der Endaufweitung ist. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel mit einem Durchmesser der Zwischenaufweitung von 200 mm und einem Durchmesser der Endaufweitung von 260 mm ergibt sich ein zusätzliches Volumen der Endaufweitung von 2.601 l. Bei einer Rundung auf 2.600 l und einem Spülungsfaktor 4 bei sandigen Böden ergibt sich ein Gesamtspülvolumen für die Endaufweitung von 10.400 l.

[0056] Damit die Steuereinheit 50 für jeden Bohrvorgang (Pilotbohrung, Zwischenaufweitung, Endaufweitung) das erforderliche Spülvolumen, d. h. die erforderliche Menge Spülflüssigkeit, ermitteln kann, muss eine Bedienperson über eine Bedienoberfläche des Bohrgeräts 12 den Durchmesser des bereits vorhandenen Bohrkans 15 (bei Pilotbohrung ist $d = 0$), den Durchmesser des im nächsten Schritt zu bohrenden Bohrkans 15 und/oder den Enddurchmesser des zu erzeugenden Bohrkans, die Länge des zu erzeugenden Bohrkans 15 und den Spülungsfaktor bzw. die Art des Untergrunds eingeben. Zur Vereinfachung der weiteren Betrachtung wird angenommen, dass zum Herstellen der Pilotbohrung ein Spülvolumen von 12.000 l ermittelt wird. Die Steuereinheit 50 berechnet dann das konkret erforderliche Spülvolumen pro Meter Bohrkans 15 bzw. pro Meter Vortrieb. Hierzu wird das ermittelte Spülvolumen durch die Länge des Bohrkans 15 geteilt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel mit einer Länge des Bohrkans 15 von 120 m ergibt sich somit:

$$\frac{12.000 \text{ l}}{120 \text{ m}} = 100 \frac{\text{l}}{\text{m}}.$$

[0057] Wird von einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit von 2 m/min ausgegangen, so kann die erforderliche Menge an Spülflüssigkeit wie folgt berechnet werden:

$$100 \frac{\text{l}}{\text{m}} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 200 \frac{\text{l}}{\text{min}}.$$

Die Steuereinheit 50 steuert die Pumpe 42 so an, dass diese bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 2 m/min ein Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46 von 200 l/min erzeugt.

[0058] Die Steuereinheit 50 berechnet fortlaufend bei sich ändernder Vorschubgeschwindigkeit den von der Pumpe 42 zu erzeugenden Volumenstrom der Spülflüssigkeit 46. Die Steuereinheit 50 kann dabei als Regler dienen, der die Pumpe 42 als Stellglied derart ansteuert, dass dem Gestänge 14 und somit dem Bohr- und/oder Aufweitungskopf 20, 24 die ermittelte Menge Spülflüssigkeit 46 pro Meter zugeführt wird.

[0059] Hat die Pumpe 42 ihre maximale Förderleistung erreicht, steuert die Steuereinheit 50 die zweite Antriebseinheit 56 derart an, dass diese die Vorschubgeschwindigkeit nicht weiter erhöht.

[0060] Verringert sich die Geschwindigkeit unter einen voreingestellten Wert, so wird die Pumpe 42 von der Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass diese eine voreingestellte Mindestmenge bzw. einen voreingestellten Mindestvolumenstrom in das Gestänge 14 fördert. Ändert sich die Zusammensetzung des Erdreichs 18 bzw. der Untergrund, kann eine Bedienperson den Spülungsfaktor vorzugsweise über eine Bedieneinheit der Bohrvorrichtung 12 ändern, vorzugsweise in Schritten von 0,1.

[0061] Allgemein hat die Spülflüssigkeit folgende Aufgaben:

1. Das abgebaute Erdreich 18 wird aus dem Bohrkans 15 ausgetragen.
2. Der Bohrkans 15 wird durch Bildung einer aus den Spülflüssigkeitszusätzen der Spülflüssigkeit 46 gebildeten Wandung stabilisiert. Eine solche Wandung wird auch als Filterkuchenwandung bezeichnet.
3. Die Mantelreibung zwischen einem einzuziehenden Rohr und dem Erdreich 18 wird auf etwa 10 % der Trockenreibung zwischen Rohr und Erdreich 18 verringert.

[0062] Die Spülflüssigkeit 46 besteht üblicherweise aus Wasser und Betonit. Statt Betonit oder zusätzlich können dem Wasser Polymere zugemischt werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Spülflüssigkeit 46 zum Erfüllen der oben genannten Aufgaben entsprechend den Untergrundverhältnissen angemischt wird.

[0063] Figur 4 zeigt ein Diagramm mit dem Verlauf der eingesetzten Menge an Spülflüssigkeit in Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit des Bohr- oder Aufweitwerkzeugs 20, 24 der Bohranlage 10 gemäß einer Ausführungsform. Die Vorschubgeschwindigkeit ist hierbei auf der x-Achse und der Volumenstrom der Spülflüssigkeit auf der y-Achse angetragen. Bis zu einer Vorschubgeschwindigkeit v_1 wird mit Hilfe der Pumpe 42 ein Mindestvolumenstrom $\dot{V}_{\min}$ erzeugt. Nach Erreichen der Vorschubgeschwindigkeit v_1 und bei einer weiteren Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit v wird der Volumenstrom $\dot{V}$ linear erhöht, bis die Pumpe 42 ihre maximale Förderleistung erreicht hat. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der mit Hilfe der Pumpe 42 maximal erzeugbare Volumenstrom $\dot{V}_{\max}$. Dies ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel bei einer Vorschubgeschwindigkeit v_2 der Fall.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich, mit einem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24), das über ein Zug- und/oder Druckelement (14) mit einer Antriebseinheit (56) verbunden ist und durch diese mit einer Vorschubgeschwindigkeit (v) durch das Erdreich (18) zur Antriebseinheit (56) hin oder von der Antriebseinheit (56) weg bewegbar ist, mit einer Pumpe (42) zum Fördern einer Spülflüssigkeit (46) zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24), wobei die Spülflüssigkeit (46) am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) austritt, mit einer Steuereinheit (50) zum Steuern zumindest der Pumpe (42), wobei die Steuereinheit (50) den durch die Pumpe (42) erzeugten Volumenstrom ($\dot{V}$) der Spülflüssigkeit 46 abhängig von der Vorschubgeschwindigkeit (v) einstellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) die für eine Erdbohrung oder für eine Aufweitung einer Erdbohrung erforderliche Menge Spülflüssigkeit (46) pro Streckenabschnitt ausgehend von mindestens einem Parameter der zu erzeugenden Bohrung oder Aufweitung ermittelt und **dass** die Steuereinheit (50) die Pumpe (42) derart ansteuert, dass der Volumenstrom ($\dot{V}$) der Spülflüssigkeit (46) in Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit (v) so eingestellt wird, dass die ermittelte Menge Spülflüssigkeit pro Streckenabschnitt am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) austritt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zug- und/oder Druckelement ein aus mehreren rohrförmigen Gestängeabschnitten zusammengesetztes Bohrgestänge (14) ist, und dass die Pumpe (42) die Spülflüssigkeit (46) durch das Bohrgestänge (14) hindurch zum Bohr-

und/oder Aufweitwerkzeug fördert, wobei die Pumpe (42) vorzugsweise einen maximalen Förderdruck im Bereich zwischen 50 bar und 150 bar, insbesondere 75 bar, erzeugt und vorzugsweise eine maximale Förderleistung im Bereich von 50 bis 400 Liter pro Minute, vorzugsweise 95 oder 300 Liter pro Minute, hat.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) den von der Pumpe (42) erzeugten Volumenstrom ($\dot{V}$) direkt proportional, vorzugsweise linear, zur Vorschubgeschwindigkeit (v) ändert.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) die Pumpe (42) derart steuert, dass der Volumenstrom ($\dot{V}$) beim Betrieb der Vorrichtung (10, 12) einen voreingestellten Mindestvolumenstrom ($\dot{V}_{\min}$) nicht unterschreitet.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dass die Steuereinheit die Pumpe derart ansteuert, dass eine lineare Abhängigkeit des Volumenstroms ($\dot{V}$) im Bereich zwischen einem voreingestellten Mindestvolumenstrom und einem voreingestellten maximalen Volumenstrom von der Vorschubgeschwindigkeit (v) im Bereich vom Stillstand bis zu einer voreingestellten maximalen Vorschubgeschwindigkeit oder im Bereich zwischen einer voreingestellten unteren Vorschubgeschwindigkeit bis zu einer voreingestellten maximalen Vorschubgeschwindigkeit besteht, wobei vorzugsweise der voreingestellte Mindestvolumenstrom, der voreingestellte maximale Volumenstrom, die voreingestellte untere Vorschubgeschwindigkeit und die voreingestellte maximale Vorschubgeschwindigkeit insbesondere über eine Bedieneinheit einstellbar und/oder änderbar sind.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) die Antriebseinheit (56) zum Antrieb des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs (20, 24) steuert, wobei die Steuereinheit (50) die Antriebseinheit (56) derart steuert, dass die Vorschubgeschwindigkeit (v) des Bohrgestänges (14) beim Erreichen des mit Hilfe der Pumpe (42) maximal erreichbaren Volumenstroms ($\dot{V}_{\max}$) der Spülflüssigkeit (46) nicht weiter erhöht wird.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrwerkzeugs (20) und/oder die Einzugsgeschwindigkeit des Aufweitwerkzeugs (24) als Vorschubgeschwindigkeit (v) ermittelt und eine Information über die Vorschubgeschwindigkeit (v) zur Steuereinheit (50) überträgt und/oder dass ein Sensor den mit Hilfe der

Pumpe (42) erzeugten Volumenstrom der Spülflüssigkeit (46) ermittelt und eine Information über den Volumenstrom zur Steuereinheit (50) überträgt.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Spülflüssigkeitsbehälter (40) zum Bereitstellen der Spülflüssigkeit (46) vorgesehen ist, dass ein Sensor (44) den Füllstand der Spülflüssigkeit (46) im Spülflüssigkeitsbehälter (40) detektiert und eine Information über den Füllstand im Spülflüssigkeitsbehälter (40) zur Steuereinheit (50) überträgt, dass die Steuereinheit (50) beim Erreichen eines voreingestellten unteren Grenzwerts des Füllstandes den Antrieb zum Vorschub des Zug- und/oder Druckelements (14) beim Erreichen oder Unterschreiten des unteren Grenzwerts stoppt. 5
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spülflüssigkeit (46) Wasser und Betonit und/oder ein Polymer enthält. 10
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor den Druck der Spülflüssigkeit zwischen der Pumpe (42) und dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) ermittelt und eine dem Druck entsprechende Information zur Steuereinheit (50) überträgt, dass die Steuereinheit (50) die Pumpe (42) derart steuert, dass die Pumpe (42) bis zum Erreichen eines voreingestellten Mindestdrucks der Spülflüssigkeit (46) mit ihre maximale Förderleistung betrieben wird. 15
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) die Pumpe (42) nach dem Erreichen des Mindestdrucks derart ansteuert, dass der Volumenstrom ($\dot{V}$) der Spülflüssigkeit (46) auf einen voreingestellten Mindestvolumenstrom reduziert wird, wenn kein Vorschub des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs (20, 24) erfolgt. 20
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor den Druck der Spülflüssigkeit (46) zwischen der Pumpe (42) und dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) ermittelt und eine dem Druck entsprechende Information zur Steuereinheit (50) überträgt, dass die Steuereinheit (50) die Antriebseinheit (52) zum Vorschub des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs (20, 24) erst nach dem Erreichen des Mindestdrucks aktiviert. 25
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) die Vorrichtung (10, 12) in einer ersten Betriebsart derart steuert, dass der Volumenstrom (17) der Spülflüssigkeit (46) unabhängig von der Vor-

schubgeschwindigkeit (v) einstellbar ist, und dass die Steuereinheit (50) die Vorrichtung (10, 12) in einer zweiten Betriebsart derart steuert, dass der Volumenstrom ($\dot{V}$) der Spülflüssigkeit (46) proportional zur Vorschubgeschwindigkeit geändert (v) wird, wobei vorzugsweise eine Umschaltung während des Betriebs der Vorrichtung (10, 12) zwischen der ersten und der zweiten Betriebsart erfolgt.

14. Verfahren zur Steuerung einer Vorrichtung zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich, bei dem ein mit einem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) verbundenes Zug- und/oder Druckelement (14) mit Hilfe einer Antriebseinheit (52) mit einer Vorschubgeschwindigkeit (v) in Richtung seiner Längsachse von der Antriebseinheit (52) weg oder zur Antriebseinheit (52) hin bewegt wird, bei dem eine Spülflüssigkeit (46) zum Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) gefördert wird, die am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) austritt, bei dem der Volumenstrom ($\dot{V}$) der am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) austretenden Spülflüssigkeit (46) abhängig von der Vorschubgeschwindigkeit (v) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für eine Erdbohrung oder für eine Aufweitung einer Erdbohrung erforderliche Menge Spülflüssigkeit (46) pro Streckenabschnitt ausgehend von mindestens einem Parameter der zu erzeugenden Bohrung oder Aufweitung ermittelt wird, und **dass** eine Pumpe (42) zum Fördern der Spülflüssigkeit (46) derart ansteuert, dass der Volumenstrom ($\dot{V}$) der Spülflüssigkeit (46) in Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit (v) so eingestellt wird, dass die ermittelte Menge Spülflüssigkeit pro Streckenabschnitt am Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) austritt. 30

Claims

1. Apparatus for producing or expanding an earth bore in the earth, having a drilling and/or expansion tool (20, 24), which is connected via a pulling and/or pushing element (14) to a drive unit (56) and, by way of the latter, is movable through the earth (18) towards the drive unit (56), or away from the drive unit (56), at an advancing speed (v), having a pump (42) for delivering a flushing liquid (46) to the drilling and/or expansion tool (20, 24), wherein the flushing liquid (46) exits at the drilling and/or expansion tool (20, 24), having a control unit (50) for controlling at least the pump (42), wherein the control unit (50) sets the volumetric flow rate (V), generated by the pump (42), 45

of the flushing liquid (46) in a manner dependent on the advancing speed (v), **characterized in that** the control unit (50) determines the quantity of flushing liquid (46) per route section that is required for an earth bore or for an expansion of an earth bore on the basis of at least one parameter of the bore to be produced or expansion, and **in that** the control unit (50) controls the pump (42) such that the volumetric flow rate ($\dot{V}$) of the flushing liquid (46) is set, in a manner dependent on the advancing speed (v), such that the determined quantity of flushing liquid per route section exits at the drilling and/or expansion tool (20, 24).

2. Apparatus according to Claim 1, **characterized in that** the pulling and/or pushing element is a drill pipe (14) which is assembled from multiple tubular pipe sections, and **in that** the pump (42) delivers the flushing liquid (46) through the drill pipe (14) to the drilling and/or expansion tool, wherein the pump (42) preferably generates a maximum delivery pressure in the range between 50 bar and 150 bar, in particular of 75 bar, and preferably has a maximum delivery capacity in the range from 50 to 400 litres per minute, preferably of 95 or 300 litres per minute.
3. Apparatus according to either of the preceding claims, **characterized in that** the control unit (50) changes the volumetric flow rate (V), generated by the pump (42), in a directly proportional manner, preferably linear manner, with respect to the advancing speed (v).
4. Apparatus according to Claim 3, **characterized in that** the control unit (50) controls the pump (42) such that, during the operation of the apparatus (10, 12), the volumetric flow rate (V) does not undershoot a preset minimum volumetric flow rate (V_{min}).
5. Apparatus according to Claim 3 or 4, that the control unit controls the pump such that there is a linear dependence of the volumetric flow rate (V) in the range between a preset minimum volumetric flow rate and a preset maximum volumetric flow rate on the advancing speed (v) in the range from standstill up to a preset maximum advancing speed or in the region between a preset lower advancing speed and a preset maximum advancing speed, wherein preferably the preset minimum volumetric flow rate, the preset maximum volumetric flow rate, the preset lower advancing speed and the preset maximum advancing speed are settable and/or changeable in particular via an operating unit.
6. Apparatus according to one of the preceding Claims 2 to 5, **characterized in that** the control unit (50) controls the drive unit (56) for driving the drilling and/or expansion tool (20, 24), wherein the control

unit (50) controls the drive unit (56) such that the advancing speed (v) of the drill pipe (14), upon attainment of the maximum volumetric flow rate (V_{max}) of the flushing liquid (46) that is attainable with the aid of the pump (42), is not increased further.

7. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** a sensor determines the advancing speed of the drilling tool (20) and/or the pulling-in speed of the expansion tool (24) as advancing speed (v), and transmits information about the advancing speed (v) to the control unit (50), and/or **in that** a sensor determines the volumetric flow rate, generated with the aid of the pump (42), of the flushing liquid (46) and transmits information about the volumetric flow rate to the control unit (50).
8. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** a flushing liquid container (40) for providing the flushing liquid (46) is provided, **in that** a sensor (44) detects the fill level of the flushing liquid (46) in the flushing liquid container (40) and transmits information about the fill level in the flushing liquid container (40) to the control unit (50), and **in that** the control unit (50), upon attainment of a preset lower limit value of the fill level, stops the drive for advancing the pulling and/or pushing element (14) upon attainment or undershooting of the lower limit value.
9. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** the flushing liquid (46) contains water and bentonite and/or a polymer.
10. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** a sensor determines the pressure of the flushing liquid between the pump (42) and the drilling and/or expansion tool (20, 24) and transmits information corresponding to the pressure to the control unit (50), and **in that** the control unit (50) controls the pump (42) such that the pump (42), up to the attainment of a preset minimum pressure of the flushing liquid (46), is operated at its maximum delivery capacity.
11. Apparatus according to Claim 10, **characterized in that** the control unit (50), after attainment of the minimum pressure, controls the pump (42) such that the volumetric flow rate (V) of the flushing liquid (46) is reduced to a preset minimum volumetric flow rate if no advancement of the drilling and/or expansion tool (20, 24) occurs.
12. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** a sensor determines the pressure of the flushing liquid (46) between the pump (42) and the drilling and/or expansion tool (20, 24) and transmits information corresponding to the pres-

sure to the control unit (50), and **in that** the control unit (50) activates the drive unit (52) for advancing the drilling and/or expansion tool (20, 24) only after attainment of the minimum pressure.

13. Apparatus according to one of the preceding claims, **characterized in that** the control unit (50) controls the apparatus (10, 12) in a first operating mode such that the volumetric flow rate (V) of the flushing liquid (46) is settable independently of the advancing speed (v), and **in that** the control unit (50) controls the apparatus (10, 12) in a second operating mode such that the volumetric flow rate (V) of the flushing liquid (46) is changed in a manner proportional to the advancing speed (v), wherein preferably switching between the first and second operating modes occurs during the operation of the apparatus (10, 12).
14. Method for controlling an apparatus for producing or expanding an earth bore in the earth, in which a pulling and/or pushing element (14) connected to a drilling and/or expansion tool (20, 24) is, with the aid of a drive unit (52), moved away from the drive unit (52), or towards the drive unit (52), in the direction of its longitudinal axis at an advancing speed (v), in which a flushing liquid (46) is delivered to the drilling and/or expansion tool (20, 24) and exits at the drilling and/or flushing tool (20, 24), in which the volumetric flow rate (V) of the flushing liquid (46) that exits at the drilling and/or flushing tool (20, 24) is set in a manner dependent on the advancing speed (v), **characterized in that** the quantity of flushing liquid (46) per route section that is required for an earth bore or for an expansion of an earth bore is determined on the basis of at least one parameter of the bore to be produced or expansion, and **in that** a pump (42) for delivering the flushing liquid (46) controls such that the volumetric flow rate (V) of the flushing liquid (46) is set, in a manner dependent on the advancing speed (v), such that the determined quantity of flushing liquid per route section exits at the drilling and/or expansion tool (20, 24).

Revendications

1. Dispositif pour produire ou élargir un forage dans le sol, avec un outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24), qui est relié par l'intermédiaire d'un élément de traction et/ou de pression (14) à une unité d'entraînement (56) et peut être déplacé par celle-ci à une vitesse d'avance (v) à travers le sol (18) en direction de l'unité d'entraînement (56) ou à distance de l'unité d'entraînement (56), avec une pompe (42) pour refouler un liquide de la-

vage (46) pour l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24), dans lequel le liquide de lavage (46) sort au niveau de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24),

- 5 avec une unité de commande (50) pour commander au moins la pompe (42), dans lequel l'unité de commande (50) règle le débit volumique (V), produit par la pompe (42), du liquide de lavage (46) en fonction de la vitesse d'avance (v), **caractérisé en ce**
10 **que** l'unité de commande (50) détermine la quantité de liquide de lavage (46) nécessaire pour un forage ou pour un élargissement d'un forage par section de trajet à partir d'au moins un paramètre du forage ou de l'élargissement à produire et
15 **que** l'unité de commande (50) commande la pompe (42) de telle sorte que le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) est réglé en fonction de la vitesse d'avance (v), de sorte que la quantité déterminée de liquide de lavage par section de trajet sort au niveau de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément de traction et/ou de pression est un train de tiges (14) composé de plusieurs sections de tiges tubulaires, et que la pompe (42) refoule le liquide de lavage (46) à travers le train de tiges (14) vers l'outil de forage et/ou d'élargissement, dans lequel la pompe (42) produit de préférence une pression de refoulement maximale dans la plage comprise entre 50 bar et 150 bar, en particulier 75 bar, et présente de préférence une puissance de refoulement maximale dans la plage de 50 à 400 litres par minute, de préférence 95 ou 300 litres par minute.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (50) modifie le débit volumique (V) produit par la pompe (42) de manière directement proportionnelle, de préférence de manière linéaire, par rapport à la vitesse d'avance (v).
4. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (50) commande la pompe (42) de telle sorte que le débit volumique (V), lors du fonctionnement du dispositif (10, 12), ne passe pas au-dessous d'un débit volumique minimal (V_{min}) pré-réglé.
5. Dispositif selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** l'unité de commande commande la pompe de telle sorte qu'une dépendance linéaire du débit volumique (V) dans la plage entre un débit volumique minimal pré-réglé et un débit volumique maximal pré-réglé par rapport à la vitesse d'avance (v) dans la plage de l'arrêt jusqu'à une vitesse d'avance maximale pré-réglée ou dans la plage entre une vitesse

d'avance inférieure prééglée jusqu'à une vitesse d'avance maximale prééglée est présente, dans lequel de préférence le débit volumique minimal prééglé, le débit volumique maximal prééglé, la vitesse d'avance inférieure prééglée et la vitesse d'avance maximale prééglée peuvent être réglés et/ou modifiés en particulier par l'intermédiaire d'une unité de commande utilisateur.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (50) commande l'unité d'entraînement (56) pour l'entraînement de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24), dans lequel l'unité de commande (50) commande l'unité d'entraînement (56), de telle sorte que la vitesse d'avance (v) du train de tiges (14), lorsque le débit volumique maximal ($V_{\max}$) pouvant être atteint à l'aide de la pompe (42) est atteint, n'est pas augmentée davantage.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** capteur détermine la vitesse d'avance de l'outil de forage (20) et/ou la vitesse d'insertion de l'outil d'élargissement (24) comme vitesse d'avance (v) et transmet une information concernant la vitesse d'avance (v) à l'unité de commande (50) et/ou qu'un capteur détermine le débit volumique du liquide de lavage (46) produit à l'aide de la pompe (42) et transmet une information concernant le débit volumique à l'unité de commande (50).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** contenant de liquide de lavage (40) destiné à fournir le liquide de lavage (46) est prévu, qu'un capteur (44) détecte le niveau du liquide de lavage (46) dans le contenant de liquide de lavage (40) et transmet une information concernant le niveau dans le contenant de liquide de lavage (40) à l'unité de commande (50), que l'unité de commande (50), lorsqu'une valeur limite inférieure prééglée du niveau est atteinte, arrête l'entraînement pour l'avance de l'élément de traction et/ou de pression (14) lorsque la valeur limite inférieure est atteinte ou n'est pas atteinte.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide de lavage (46) contient de l'eau et de la bentonite et/ou un polymère.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** capteur détermine la pression du liquide de lavage entre la pompe (42) et l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) et transmet une information correspondant à la pression à l'unité de commande (50), que l'unité de commande (50) commande la pompe (42) de telle

sorte que la pompe (42) fonctionne à sa puissance de refoulement maximale jusqu'à ce qu'une pression minimale prééglée du liquide de lavage (46) soit atteinte.

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (50) commande la pompe (42) une fois la pression minimale atteinte, de telle sorte que le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) est réduit à un débit volumique minimal prééglé, lorsqu'aucune avance de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) ne s'effectue.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** capteur détermine la pression du liquide de lavage (46) entre la pompe (42) et l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) et transmet une information correspondant à la pression à l'unité de commande (50), de telle sorte que l'unité de commande (50) n'active l'unité d'entraînement (52) pour l'avance de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) qu'une fois la pression minimale atteinte.
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (50) commande le dispositif (10, 12) dans un premier mode de fonctionnement, de telle sorte que le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) peut être réglé indépendamment de la vitesse d'avance (v), et que l'unité de commande (50) commande le dispositif (10, 12) dans un deuxième mode de fonctionnement, de telle sorte que le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) est modifié (v) de manière proportionnelle par rapport à la vitesse d'avance, dans lequel de préférence un basculement pendant le fonctionnement du dispositif (10, 12) entre le premier et le deuxième mode de fonctionnement s'effectue.
14. Procédé pour commander un dispositif pour produire ou élargir un forage dans le sol, selon lequel un élément de traction et/ou de pression (14) relié à l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) est déplacé à l'aide d'une unité d'entraînement (52) à une vitesse d'avance (v) en direction de son axe longitudinal à distance de l'unité d'entraînement (52),¹ selon lequel un liquide de lavage (46), qui sort au niveau de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24), est refoulé vers l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24), selon lequel le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) sortant au niveau de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24) est réglé en fonction de la vitesse d'avance (v), **caractérisé en ce que** la quantité de liquide de lavage (46) nécessaire

à un forage ou à un élargissement d'un forage par section de trajet est déterminée à partir d'au moins un paramètre du forage ou de l'élargissement à produire, et

qu'une pompe (42) pour refouler le liquide de lavage (46) commande de telle sorte que le débit volumique (V) du liquide de lavage (46) est réglé en fonction de la vitesse d'avance (v) de sorte que la quantité déterminée de liquide de lavage par section de trajet sort au niveau de l'outil de forage et/ou d'élargissement (20, 24). 5 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

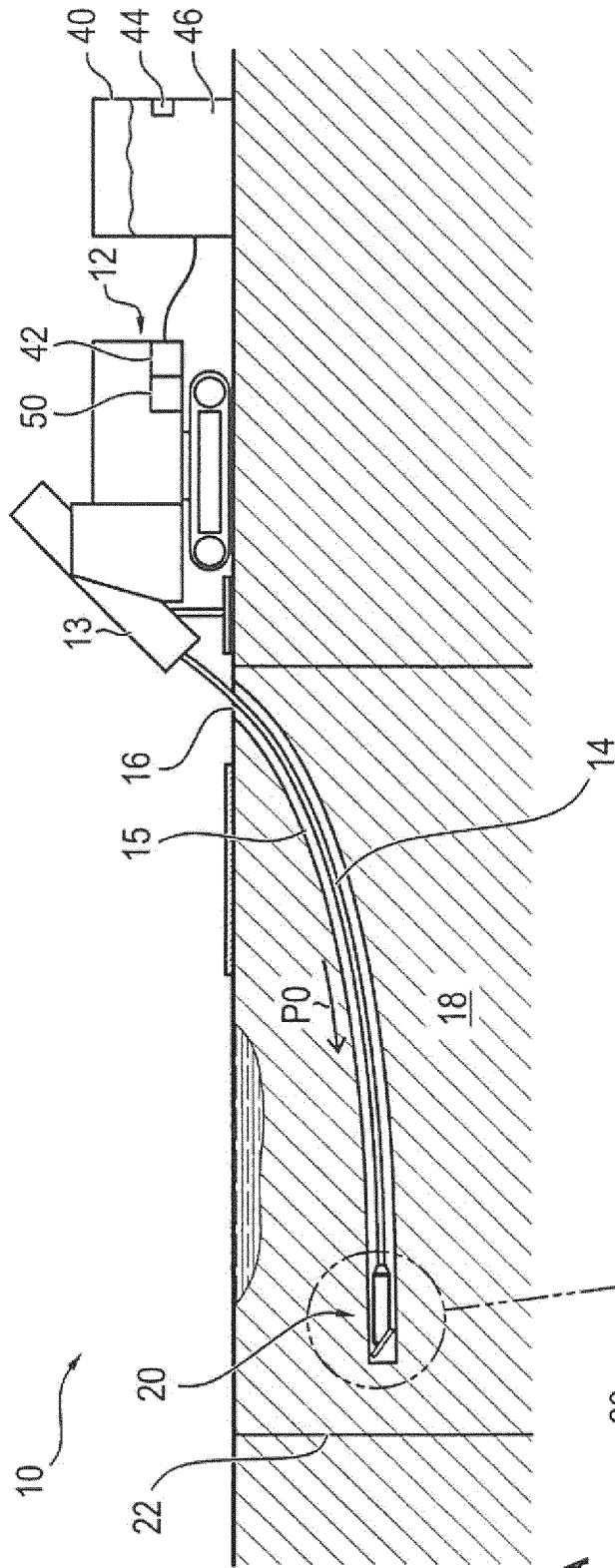


FIG. 1A

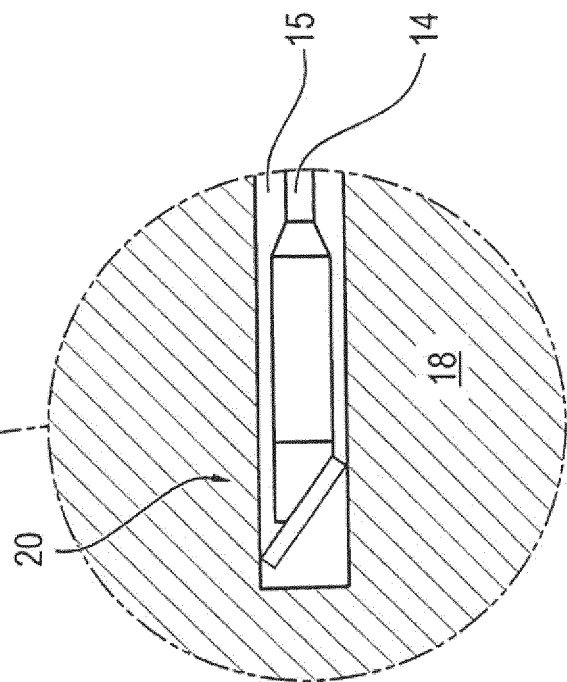


FIG. 1B

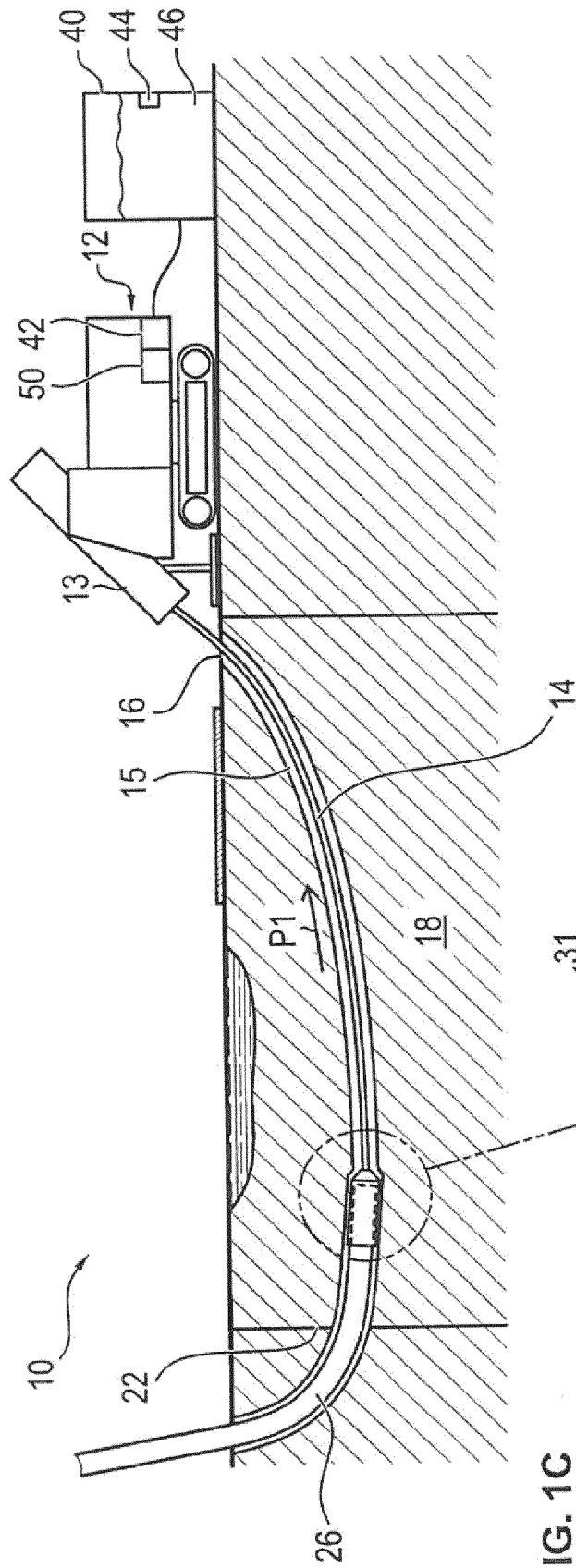


FIG. 1C

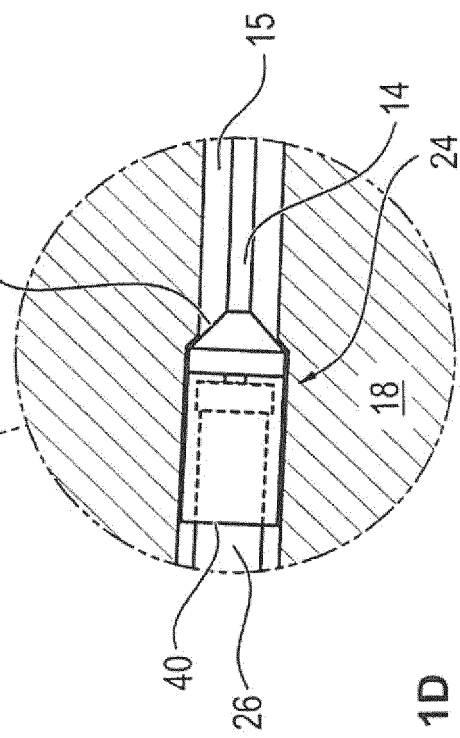


FIG. 1D

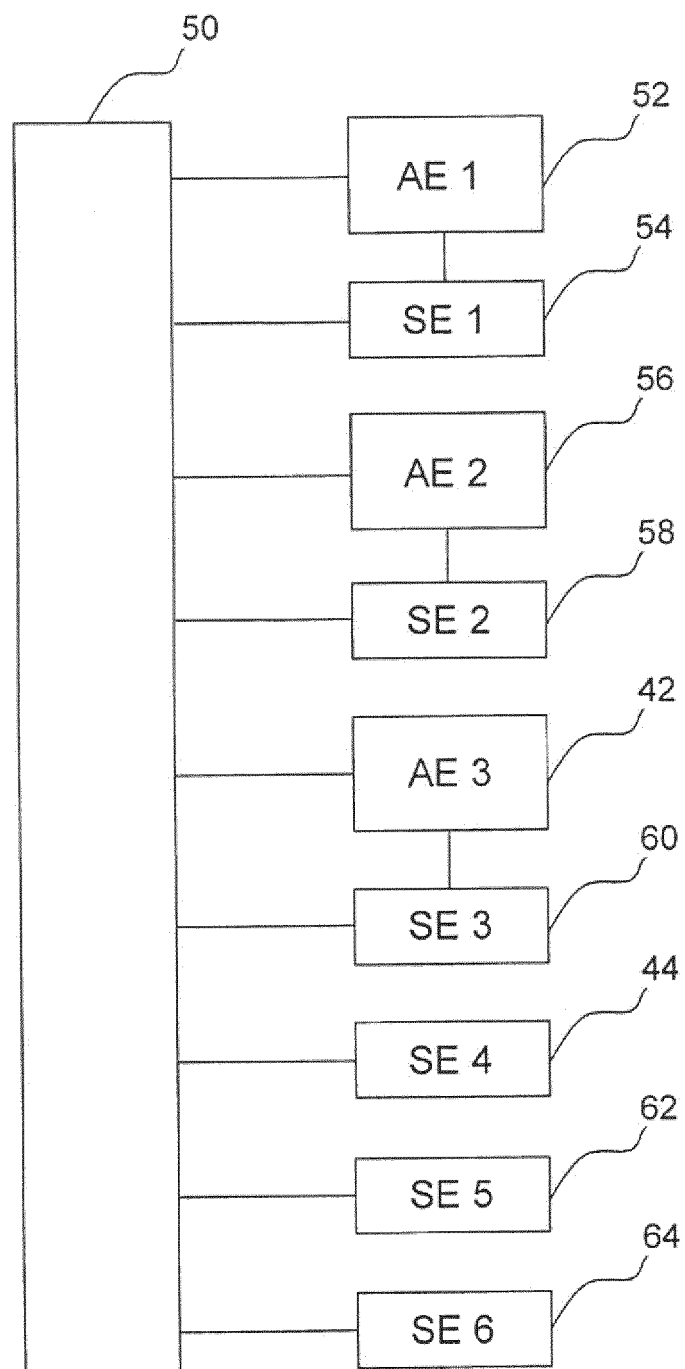


Fig. 2

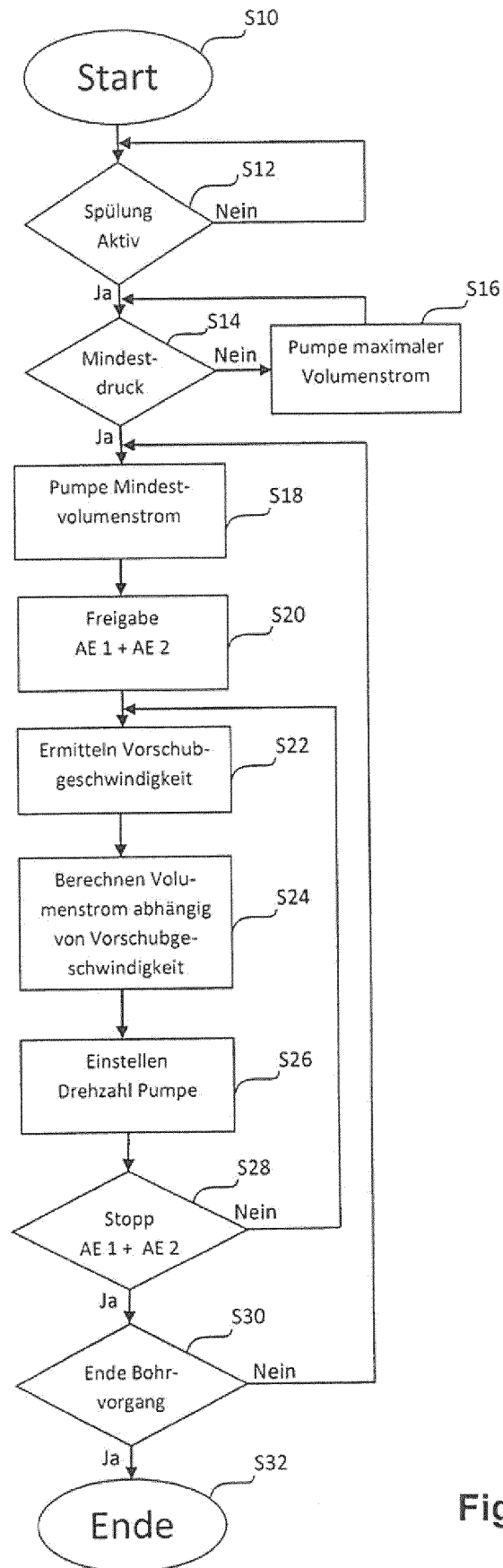


Fig. 3

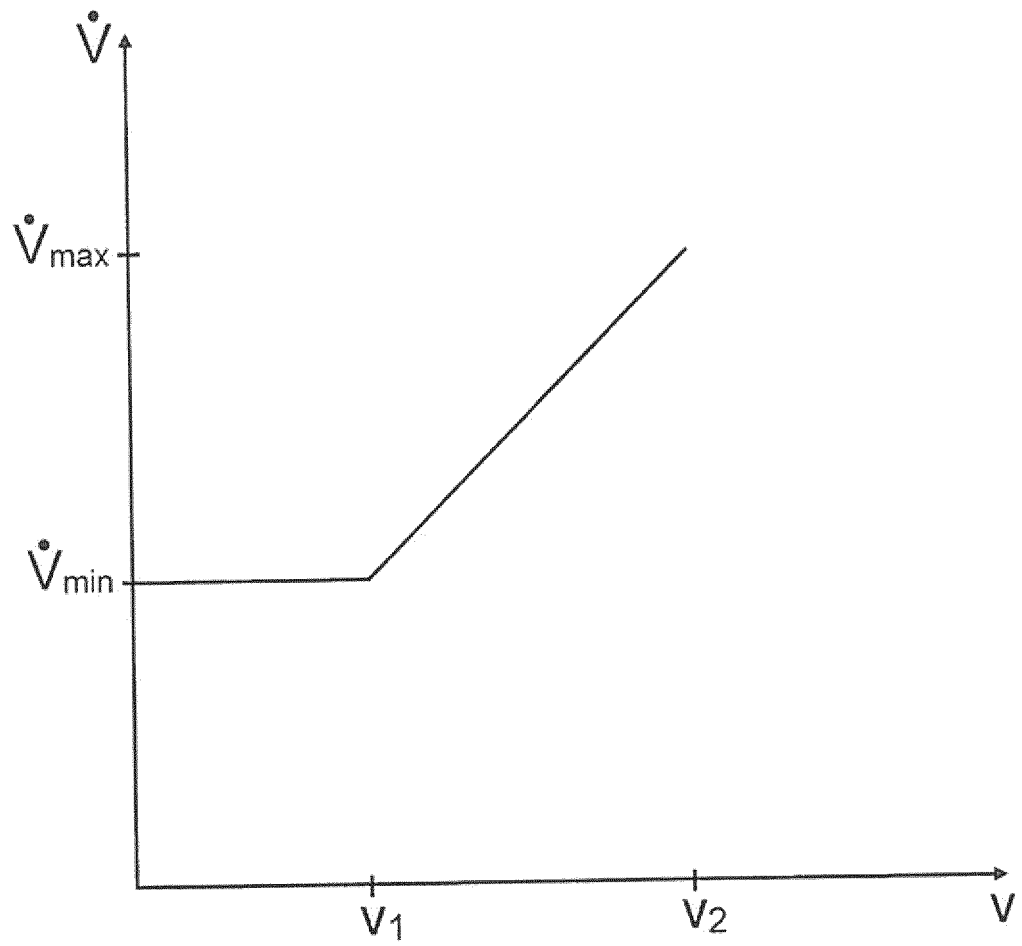


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10115233 A1 **[0002]** **[0026]**
- DE 102015107194 A1 **[0003]**
- DE 102010004287 A1 **[0003]**
- US 6189628 B1 **[0003]**
- DE 19901001 A1 **[0004]**
- US 6315062 B1 **[0006]**