

(19)



(11)

EP 3 091 173 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.11.2016 Patentblatt 2016/45

(51) Int Cl.:
E21B 44/02^(2006.01) E21B 44/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16168005.3**

(22) Anmeldetag: **03.05.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **JENNE, Dietmar**
4805 Brittnau (CH)
• **GRABER, Roman**
5745 Salenwil (CH)

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

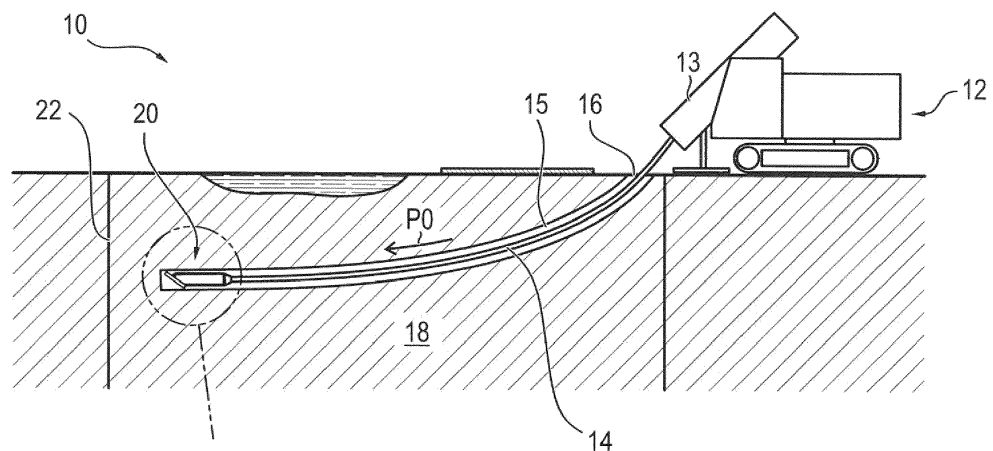
(30) Priorität: **08.05.2015 DE 102015107194**

(71) Anmelder: **TERRA AG fuer Tiefbautechnik**
6260 Reiden (CH)

(54) **BOHRANLAGE ZUM ERZEUGEN ODER AUFWEITEN EINER ERDBOHRUNG IM ERDREICH UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES VORSCHUBANTRIEBS EINER SOLCHEN BOHRANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich (18) und ein Verfahren zur Steuerung eines Vorschubantriebs (336, 338) einer solchen Bohranlage (10). Ein mit einem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) verbundenes Bohrgestänge (14) wird mit Hilfe eines Drehantriebs (334) um seine Längsachse gedreht und mit Hil-

fe eines Vorschubantriebs (336, 338) in Richtung seiner Längsachse durch das Erdreich (18) bewegt. Die durch den Vorschubantrieb (336, 338) auf das Bohrgestänge (14) in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft wird auf einen voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) begrenzt.

FIG. 1A**EP 3 091 173 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Vorschubantriebs einer Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich, bei dem ein mit dem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug verbundenes Bohrgestänge mit Hilfe eines Drehantriebs um seine Längsachse gedreht und mit Hilfe des Vorschubantriebs in Richtung seiner Längsachse durch das Erdreich bewegt wird. Die durch den Vorschubantrieb auf das Bohrgestänge in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft wird auf einen voreingestellten Wert begrenzt. Ferner betrifft die Erfindung eine Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich.

[0002] Aus dem Dokument DE 197 08 097 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung des Vorschubantriebs einer zum Erzeugen von Erdbohrungen bestimmten Bohranlage bekannt. Die Bohranlage hat ein Bohrwerkzeug tragendes Bohrgestänge, das unter gleichzeitiger Drehung in dem Erdreich vorgeschoben wird. Die Vorschubgeschwindigkeit des Vorschubantriebs wird in Abhängigkeit des am Bohrgestänge auftretenden Drehmoments geregelt. 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.

[0003] Bei bekannten steuerbaren Horizontalbohranlagen, wie sie beispielsweise aus dem Dokument DE 197 08 997 A1 bekannt sind, wird ein Sollwert für das am Bohrgestänge zu dessen Drehung wirkende Drehmoment M_{soll} vorgegeben. Eine Steuereinheit steuert die Vorschubgeschwindigkeit eines durch das Erdreich zu bewegendes Bohrwerkzeugs bzw. eines durch das Erdreich zu bewegendes Aufweitwerkzeugs mit einem in die mit Hilfe des Aufweitwerkzeugs erzeugte Öffnung einziehenden Rohrs so, dass ein ermitteltes Ist-Drehmoment M_{ist} gleich dem voreingestellten Soll-Wert M_{soll} ist. Beim Aufweiten einer Bohrung und einem gleichzeitigen Einzug eines neuen Rohres bedeutet dies, solange $M_{\text{ist}} < M_{\text{soll}}$ wird die Einzugsgeschwindigkeit v erhöht. Dadurch werden die Kräfte, die auf das Aufweitwerkzeug, insbesondere auf einen Aufweitkopf, wirken, größer. Dies führt zu einer Erhöhung des am Bohrgestänge wirkenden Drehmoments M_{ist} . Die Einzugsgeschwindigkeit v wird solange erhöht, bis das tatsächliche Drehmoment M_{ist} dem voreingestellten Sollwert M_{soll} erreicht. Bei homogenem Untergrund wird das Aufweitwerkzeug dann mit relativ konstanter Einzugsgeschwindigkeit durch das Erdreich bewegt. Wird der Untergrund härter oder trifft das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug auf einen Stein oder Fels, wird das wirkende Drehmoment M_{ist} größer als der Sollwert M_{soll} . Daraufhin wird der Vorschub gestoppt, bis sich das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug freigedreht hat und das aktuelle wirkende Drehmoment M_{ist}

wieder kleiner als der Sollwert M_{soll} ist. Anschließend wird die Vorschubgeschwindigkeit wieder solange erhöht, bis der aktuelle Wert des Drehmoments M_{ist} den Sollwert erreicht hat.

[0004] Jedoch erfolgt sowohl das Bohren einer Pilotbohrung mit Hilfe eines Bohrwerkzeugs als auch das Aufweiten der Pilotbohrung bzw. das Aufweiten einer bereits im Erdreich vorhandenen Öffnung im Stand der Technik immer mit der maximalen Einzugskraft. Je nach Untergrund kann dies dazu führen, dass die Hartmetallzähne eines Bohrwerkzeugs oder eines Aufweitwerkzeugs so ins Erdreich oder in Fels gedrückt oder gezogen werden, dass sie sich im Erdreich bzw. Fels verhaken. Dadurch kann sich das Bohrwerkzeug bzw. der Aufweitkopf nicht weiterdrehen und bleibt stehen.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich sowie ein Verfahren zur Steuerung eines Vorschubantriebs der Bohranlage anzugeben, durch die eine Erdbohrung sowie das Aufweiten einer Erdbohrung einfach und effizient möglich ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Bohranlage mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Bei dem Verfahren zur Steuerung des Vorschubantriebs einer Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich wird ein mit einem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug verbundenes Bohrgestänge mit Hilfe eines Drehantriebs der Bohranlage um seine Längsachse gedreht und mit Hilfe des Vorschubantriebs in Richtung seiner Längsachse durch das Erdreich bewegt. Ferner wird die durch den Vorschubantrieb auf das Bohrgestänge in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft auf einen voreingestellten Wert begrenzt. Der Vorschubantrieb ist vorzugsweise eine Vorschubantriebseinheit, die eine translatorische Antriebsbewegung des Bohrgestänges erzeugt. Dabei wird das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug entweder vom Vorschubantrieb weg in das Erdreich gedrückt oder zum Vorschubantrieb hin durch das Erdreich gezogen. Vorzugsweise ist das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug zumindest in einer Drehrichtung an dem vom Vorschubantrieb entfernten Ende des Bohrgestänges drehfest mit diesem verbunden.

[0008] Durch ein solches Verfahren zur Steuerung des Vorschubantriebs wird verhindert, dass das Bohrwerkzeug oder das Aufweitwerkzeug mit einer zu großen Kraft gegen das Erdreich gedrückt wird, wobei insbesondere eine Blockade des Bohrwerkzeugs aufgrund zu großer Vorschubkraft verhindert wird. Durch eine geeignete Beschränkung der Vorschubkraft wird sichergestellt, dass ein abruptes Verhaken von Schneidelementen des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs mit dem Erdreich verhindert wird, wodurch eine durch eine solche Blockierung des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs bewirkte Unterbrechung des Bohrvorgangs sowie extreme Belastungen

des Bohrgestänges und des Bohrwerkzeugs vermieden werden.

[0009] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Vorschubkraft als Ist-Wert ermittelt wird und wenn der ermittelte Ist-Wert mit einem voreingestellten Soll-Wert verglichen wird. Beim Erreichen und/oder Überschreiten des voreingestellten Soll-Werts wird die durch den Vorschubantrieb auf das Bohrgestänge ausgeübte Vorschubkraft reduziert. Vorzugsweise wird der Betrag der Vorschubkraft als Ist-Wert ermittelt und mit dem voreingestellten Soll-Wert verglichen. Hierdurch ist eine einfache und sichere Überwachung und Begrenzung der Vorschubkraft möglich.

[0010] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Vorschubkraft wahlweise derart auf das Bohrgestänge ausgeübt wird, dass das mit dem Bohrgestänge verbundene Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug durch die Vorschubkraft von dem Vorschubantrieb weg oder zum Vorschubantrieb hin bewegt wird. Dadurch kann die Bohranlage das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug sowohl vom Vorschubantrieb wegbewegen als auch zum Vorschubantrieb hinbewegen, so dass auf einfache Art und Weise eine Pilotbohrung mit Hilfe eines Bohrwerkzeugs durch das Erdreich hergestellt werden kann und anschließend das Bohrwerkzeug am Ende des Bohrgestänges von diesem getrennt wird und das Ende des Bohrgestänges mit einem Aufweitwerkzeug verbunden wird, wobei das Aufweitwerkzeug dann zum Vorschubantrieb hinbewegt, d.h. durchs Erdreich gezogen, wird.

[0011] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrgestänges und/oder die auf das Bohrgestänge ausgeübte Vorschubkraft in Abhängigkeit des auf das Bohrgestänge zu dessen Drehung ausgeübten Drehmoments eingestellt werden. Dadurch kann die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft als Stellgröße in einem Regelkreis zur Regelung des Drehmoments genutzt werden. Vorzugsweise werden die Stellgrößen Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit gemeinsam verstellt, bis eine der Stellgrößen einen unteren und/oder oberen voreingestellten Grenzwert erreicht. Anschließend wird nur die andere Stellgröße weiter verstellt. Durch eine Beschränkung der Vorschubkraft auf den voreingestellten Grenzwert wird erreicht, dass auch bei einer Regelung des Drehmoments keine derart große Kraft auf das Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug ausgeübt wird, dass dieses stehenbleibt. Insbesondere wird ein Verhaken von Schneiden des Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs mit Steinen oder Fels im Erdreich verhindert.

[0012] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das auf das Bohrgestänge zu dessen Drehung ausgeübte Drehmoment als Ist-Wert ermittelt und mit einem voreingestellten Soll-Wert verglichen wird und wenn eine Regelabweichung aus der Differenz aus Soll-Wert und Ist-Wert ermittelt wird. Bei einer positiven Regelabweichung werden die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft reduziert und bei einer negativen Regelabweichung werden die Vorschubgeschwindigkeit und die

Vorschubkraft erhöht. Hierdurch erfolgt eine Regelung des Drehmoments, durch die ein einfacher und sicherer Betrieb der Bohranlage möglich ist.

[0013] Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft nur dann geändert werden, wenn der Betrag der Regelabweichung einen voreingestellten Wert überschreitet. Dadurch wird die Regelung vereinfacht und insbesondere ein Ausschwingen des Regelkreises vermieden.

[0014] Zusätzlich oder alternativ ist es vorteilhaft, bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft solange zu erhöhen, bis sie den voreingestellten Wert erreicht hat. Somit wird nach Erreichen des voreingestellten Werts der Vorschubkraft auch bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft nicht weiter erhöht. Doch kann eine Bedienperson den voreingestellten Wert ändern, so dass dann abhängig von der ermittelten Regelabweichung bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft weiter bis zum neuen voreingestellten Grenzwert erhöht werden kann.

[0015] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit gleichzeitig so lange erhöht werden, bis die Vorschubkraft den voreingestellten Wert erreicht hat. Bei einer negativen Regelabweichung werden die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit gleichzeitig so lange verringert, bis keine Regelabweichung mehr oder eine positive Regelabweichung festgestellt wird.

[0016] Vorzugsweise wird nach Erreichen des voreingestellten Werts der Vorschubkraft nur noch die Vorschubgeschwindigkeit erhöht, bis diese einen für die Vorschubgeschwindigkeit voreingestellten maximalen Wert erreicht hat. Vorzugsweise dient als Antriebseinheit ein Hydraulikaggregat, wobei am Hydraulikaggregat der vom Hydraulikaggregat erzeugte Druck unabhängig von der vom Hydraulikaggregat geförderten Menge an Hydraulikflüssigkeit eingestellt werden kann. Der vom Hydraulikaggregat erzeugte Druck ist ein Maß für die Vorschubkraft und die vom Hydraulikaggregat geförderte Menge ein Maß für die Vorschubgeschwindigkeit. Dadurch lassen sich am Hydraulikaggregat auf einfache Art und Weise die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit vorgeben. Die Vorgabe dieser Werte erfolgt insbesondere durch eine Steuereinheit der Bohranlage, die über eine geeignete Schnittstelle mit dem Hydraulikaggregat zur Vorgabe von Soll-Werten für Druck und Menge verbunden ist. Die Steuereinheit ist vorzugsweise eine speicherprogrammierbare Steuerung der Bohranlage.

[0017] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der voreingestellte Wert der Vorschubkraft und/oder der voreingestellte Wert der Vorschubgeschwindigkeit über eine Bedieneinheit einstellbar und beim Betrieb der Bohranlage durch eine Bedienperson oder durch eine Vorgabe einer weiteren Steuereinheit oder eines Steueralgorithmus veränderbar ist.

[0018] Der Ist-Wert des Drehmoments wird vorzugs-

weise ausgehend von der auf das Bohrgestänge wirkenden Dreh-Antriebskraft ermittelt. Die Dreh-Antriebskraft kann bei einem hydraulischen Antrieb des Bohrgestänges einfach aufgrund des Drucks der dem Hydraulikmotor zugeführten Hydraulikflüssigkeit ermittelt werden.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn sowohl der Drehantrieb als auch der Vorschubantrieb hydraulische Antriebe sind.

[0020] Ferner ist es vorteilhaft, wenn zur Änderung der Vorschubgeschwindigkeit die Menge des dem Vorschubantrieb zugeführten Druckmittels, insbesondere der dem Vorschubantrieb zugeführten Hydraulikflüssigkeit, verändert wird. Zur Änderung der Vorschubkraft wird der Druck des dem Vorschubantrieb zugeführten Druckmittels, insbesondere der dem Vorschubantrieb zugeführten Hydraulikflüssigkeit, geändert.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der voreingestellte Wert zur Begrenzung der Vorschubkraft vor Beginn einer Erdbohrung abhängig von der zu erwartenden Beschaffenheit des Erdreichs auf einen Wert im Bereich zwischen 20 % und 98 % der durch den Vorschubantrieb erzeugbaren Vorschubkraft eingestellt wird, vorzugsweise auf einen Wert im Bereich zwischen 20 % und 40 %.

[0022] Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Soll-Wert des Drehmoments auf einen Wert im Bereich von 70 % bis 90 % des durch den Drehantrieb erzeugbaren Drehmoments zum Drehen des Bohrgestänges voreingestellt wird.

[0023] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich, vorzugsweise nach dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder einer zuvor beschriebenen Weiterbildung dieses Verfahrens. Die Bohranlage hat einen Vorschubantrieb, der eine Vorschubkraft auf ein Bohrgestänge ausübt und ein mit dem Bohrgestänge verbundenes Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug in Richtung der Längsachse des Bohrgestänges durch das Erdreich bewegt. Ferner hat die Bohranlage einen Drehantrieb, der eine Rotationskraft auf das Bohrgestänge ausübt und ein Drehmoment zur Drehung des Bohrgestänges und des mit diesem verbundenen Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs um die Längsachse des Bohrgestänges erzeugt. Die Bohranlage hat weiterhin eine Steuereinheit, die den Vorschubantrieb derart steuert, dass die durch den Vorschubantrieb auf das Bohrgestänge in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft auf einen voreingestellten Wert begrenzt wird. Dadurch ist ein einfacher und sicherer kontinuierlicher Betrieb der Bohranlage sowohl zum Einbringen einer Pilotbohrung in das Erdreich mit Hilfe eines Bohrwerkzeugs als auch zum Aufweiten einer Pilotbohrung mit Hilfe eines Aufweitwerkzeugs einfach möglich.

[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 das Blockschaltbild eines Regelkreises zur Steuerung der Bohranlage nach den Figuren 1A bis 1D;
- Figur 3 einen Ablaufplan der Steuerung eines Drehantriebs der Bohranlage zum Drehen eines Gestänges und eines Vorschubantriebs zum Vorschub des Gestänges;
- Figur 4 ein Bohrgerät gemäß einer zweiten 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 dem Horizontalbohrgerät 12 entfernten Ende des Gestänges 14 angeordneten Bohrkopf 20 in Richtung des Pfeils P0 in das Erdreich 18 eingebracht. Das Horizontalbohrgerät 12 bringt mit hohem Druck Spülflüssigkeit in das hohle Gestänge 14 ein. Die Spülflüssigkeit 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 kontinuierlich gedreht. Bei einer gewünschten seitlichen Bewegung, Aufwärtsbewegung oder Abwärtsbewegung wird

der Bohrkopf 20 in einer für diese gewünschte Bewegung geeigneten Position angehalten und nicht weiter gedreht, 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 Bohrlochs 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 weiterhin Spülflüssigkeit durch das Gestänge 14 geleitet und der Bohrkopf 20 weiter über das Gestänge vorangetrieben, so dass mithilfe der Spülflüssigkeit 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 Aufweitevorgang erforderliche Zugkraft am Gestänge 14 und leitet weiterhin Spülflüssigkeit zum Aufweitkopf 24. Die Spülflüssigkeit unterstützt zumindest das Aufweiten der Pilotbohrung und dient ferner zum Ableiten und Austragen des beim Aufweitevorgang gelösten überschüssigen Erdreichs 18. Insbesondere bei steinigem Erdreich 18, Geröll und Fels muss zumindest ein Teil des mithilfe des Aufweitwerkzeugs 24 beim Aufweitevorgang kontaktierten Erdreichs 18 abgeleitet werden. Dies kann insbesondere durch den Ringspalt zwischen dem als Bohrkanal bezeichneten bereits aufgeweiteten Bereich der Pilotbohrung und dem eingezogenen Rohr 26 erfolgen. Die in den Ringspalt eingebrachte Spülflüssigkeit verringert auch die Mantelreibung zwischen dem Rohr 26 und dem Bohrkanal.

[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 erfindungsgemäßen Aufweitwerkzeugs 24 zentrisch aufgeweitet werden kann.

[0032] Gleichzeitig mit dem Aufweitevorgang wird das neu zu verlegende Rohr 26, im vorliegenden Fall ein HDPE-Rohr, eingesetzt. 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 kann Wasser mit Betonit oder Ejactomer eingesetzt werden. Solche Spülflüssigkeiten stabilisieren den Bohrkanal, 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 Erdreich 18 durch das bereits zum Teil eingezogene Rohr 26 aus dem Bohrkanal 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. Wie der Bohrkopf 20 oder der Aufweitkopf 24 zu stark gegen festes Erdreich, Gestein oder Fels gezogen, so können Schneiden des Bohrkopfs 20 bzw. des Aufweitkopfs 24 mit einer solchen Kraft gegen das Erdreich 18 gezogen werden, dass eine Drehung des Bohrkopfs 20 bzw. Aufweitkopfs 24 selbst mit dem mit dem Horizontalbohrgerät 12 erzeugbaren maximalen Drehmoment nicht möglich ist. Um dies zu verhindern, erfolgt bei dieser Ausführungsform eine Begrenzung der maximalen Vorschubkraft auf einen voreingestellten Grenzwert. Hierzu wird vorzugsweise die durch einen Vorschubantrieb erzeugte Vorschubkraft ermittelt und mit dem voreingestellten Grenzwert verglichen. Vorzugsweise führt den Vergleich eine Steuereinheit, insbesondere eine speicherprogrammierbare Steuereinheit (SPS) des Horizontalbohrgeräts 12 durch.

[0034] Das Horizontalbohrgerät 12 hat vorzugsweise einen Drehantrieb zum Drehen des Gestänges 14 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 diesem verbundenen Bohrkopf 20 oder Aufweitkopf 24.

[0035] Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild eines in eine Steuereinheit 29 des Horizontalbohrgeräts 12 nach den Fig. 1A bis 1D implementierten Regelalgorithmus zur Ansteuerung eines Vorschubantriebs der Bohranlage 10 bzw. des Horizontalbohrgeräts 12. Der Drehantrieb ist ein hydraulischer Antrieb. Mit Hilfe eines Drucksensors 34 wird der Druck der Hydraulikflüssigkeit der dem Hydraulikantrieb zugeführten Hydraulikflüssigkeit ermittelt. Aus diesem Druck kann unmittelbar die Antriebskraft und das am Gestänge 14 wirkende Drehmoment M_{ist} ermittelt werden. Darüber hinaus kann die Drehzahl des Gestänges 14 mit Hilfe eines entsprechenden Drehzahlsensors 36 des Horizontalgeräts 12 ermittelt werden. Der Ist-Wert des Drehmoments M_{ist} wird einem Vergleich 28 zugeführt, der diesen Ist-Wert M_{ist} mit einem voreingestellten und in der Steuereinheit 29 des Horizontalbohrgeräts 12 gespeicherten Sollwerts M_{soll} verglichen. Der Vergleich 28 ermittelt aus der Differenz aus dem Ist-Wert M_{ist} und dem Soll-Wert M_{soll} eine Regelabweichung. Ausgehend von dieser Regelabweichung gibt der Regler 30 Stellsignale für die Vorschubgeschwindigkeit und die Vorschubkraft aus und ändert erforderlichenfalls die Vorschubrichtung. Diese Stellsignale werden als Stellgrößen zur Steuerung des Vorschubantriebs genutzt. Beim Einsatz eines hydraulischen Vorschubantriebs kann die Vorschubkraft durch den Druck der dem Hydraulikantrieb zugeführten Hydraulikflüssigkeit und die Vorschubgeschwindigkeit durch die dem Vorschubantrieb zugeführte Menge an Hydraulikflüssigkeit einfach eingestellt werden. Einem Hydraulikaggregat zum Bereitstellen der Hydraulikflüssigkeit für den Hydraulikantrieb wird dann ausgehend von der vom Regler 30 vorgegebenen Vorschubkraft ein Soll-Druck vorgegeben und ausgehend von der vom Regler 30 vorgegebenen Vorschubgeschwindigkeit ein Durchfluss, d.h. die vom Hydraulikaggregat in einer vorbestimmten Zeit geförderte Menge an Hydraulikflüssigkeit. Als Störgröße auf die Regelstrecke 32 wirkt dabei die Bodenbeschaffenheit, insbesondere die Änderung der Bodenbeschaffenheit von weichem Boden zu hartem Boden oder von Erdreich zu Stein, Geröll oder Fels. Neben dem voreinstellbaren unveränderbaren Soll-Wert M_{soll} für das Drehmoment ist auch ein maximaler Wert für die Vorschubkraft F_{max} voreinstellbar. Der Regler 30 begrenzt das Stellsignal der Vorschubkraft auf diesen Wert F_{max} . Zusätzlich kann ein weiterer Regelkreis zum Regeln der Vorschubkraft vorgesehen werden, wenn der Regler 30 zum Regeln des Drehmoments den voreingestellten maximalen Wert F_{max} der Vorschubkraft als Stellsignal ausgibt. Der weitere Regler sorgt dann dafür, dass die Vorschubkraft auch bei sich verändernder Bodenbeschaffenheit konstant auf den voreingestellten maximalen Wert der Vorschubkraft gehalten wird.

[0036] Trifft der Bohrkopf 20 oder der Aufweitkopf 24 auf ein Hindernis, so steigt der Ist-Wert des Drehmo-

ments M_{ist} an und übersteigt den Soll-Wert M_{soll} . Daraufhin werden die Vorschubgeschwindigkeit und die Vorschubkraft reduziert. Dies erfolgt relativ schnell, vorzugsweise in einem Zeitraum zwischen 1 ms und 100 ms, um zu verhindern, dass das Gestänge 14 blockiert und der Bohrkopf 20 sowie das Gestänge 14 nicht weitergedreht werden können. Auch kann durch eine Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit und der Vorschubkraft ein blockiertes Gestänge 14 wieder gedreht werden. Abhängig von der ermittelten Regelabweichung beim Anstieg des Ist-Werts M_{ist} des Drehmoments erfolgt eine große Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit und der Vorschubkraft, die dann durch den Regler 30 wieder langsam, beispielsweise in einem Zeitraum von 0,3 bis 10 s wieder erhöht wird. Die Reduzierung bei einem Stillstand des Gestänges 14, d.h. beim Blockieren des Gestänges 14, erfolgt beispielsweise auf 15 % der voreingestellten Maximalwerte für Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit. Die Erhöhung und Reduzierung der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit können dabei kontinuierlich und/oder schrittweise erfolgen.

[0037] Figur 3 zeigt einen Ablaufplan zum Einstellen der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit beim Erzeugen einer Pilotbohrung oder beim Aufweiten einer Erdbohrung mit Hilfe des Horizontalbohrgeräts 12. Der Ablauf wird im Schritt S10 gestartet. Im Schritt S12 wird ein Soll-Wert M_{soll} des Drehmoments voreingestellt. Dies erfolgt durch eine Bedienperson abhängig von der auf der Bohrstrecke zu erwartenden Zusammensetzung und Art des Erdreichs 18. Beispielsweise wird der Soll-Wert M_{soll} des Drehmoments auf 80 % des durch die Horizontalbohranlage 12 maximal erzeugbaren Drehmoments voreingestellt. Nachfolgend wird im Schritt S14 durch eine Bedienperson ein Wert für die maximal zulässige Vorschubkraft F_{max} des Vorschubantriebs voreingestellt. Die Vorschubkraft muss insbesondere dafür aufgewendet werden, beim Aufweiten einer Erdbohrung und dem gleichzeitigen Einziehen eines neuen Rohrs 26 das Rohr 26 durch die aufgeweitete Öffnung im Erdreich 18 ziehen. Die maximale Vorschubkraft wird als Startwert auf beispielsweise 20 % der mit Hilfe des Vorschubantriebs erzeugbaren Vorschubkraft voreingestellt. Sowohl der voreingestellte Soll-Wert M_{soll} des Drehmoments als auch der Wert F_{max} der maximal zulässigen Vorschubkraft können während des Betriebs des Horizontalbohrgeräts 12 jederzeit von einer Bedienperson bei Bedarf geändert werden. Auch können die Schritte S12 und S14 getauscht oder übliche Einstellwerte bereits in der Steuereinheit 29 voreingestellt gespeichert sein, so dass diese bei Bedarf nur noch geändert werden müssen.

[0038] Nachdem der Soll-Wert M_{soll} für das Drehmoment und der Wert F_{max} für die maximal zulässige Vorschubkraft voreingestellt sind, wird der Bohrvorgang gestartet, wobei die Steuereinheit 29 des Horizontalbohrgeräts 12 den Drehantrieb zum Drehen des Gestänges 14 und den Vorschubantrieb zum Erzeugen einer Vorschubkraft zum Vorschub des Gestänges 14 aktivieren. Mit Hilfe der Vorschubkraft wird beim Herstellen einer

Pilotbohrung das Gestänge mit dem am Ende des Gestänges 14 angeordneten Bohrkopf 20 ins Erdreich hinein gedrückt und bei dem Aufweiten einer Erdbohrung wird der mit dem Gestänge 14 verbundene Aufweitkopf 24 durch die Vorschubkraft zum Horizontalbohrgerät 12 gezogen.

[0039] Im Schritt S18 werden dann die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit langsam erhöht. Das Erhöhen der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit kann kontinuierlich oder schrittweise erfolgen. Jedoch wird die Vorschubkraft nur so lange erhöht, bis die Vorschubkraft den voreingestellten Maximalwert $F_{\max}$ erreicht hat. Nach dem Erhöhen der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit im Schritt S18 wird anschließend im Schritt S20 geprüft, ob der Ist-Wert M_{Ist} des Drehmoments, das durch den Drehantrieb zum Drehen des Gestänges 14 erzeugt wird, größer ist als der voreingestellte Soll-Wert M_{Soll} des Drehmoments. Ist das der Fall, so wird anschließend im Schritt S22 überprüft, ob die tatsächliche Vorschubgeschwindigkeit kleiner als die voreingestellte Vorschubgeschwindigkeit ist oder ob der Vorschub gestoppt hat. Ist die Vorschubgeschwindigkeit kleiner als die vorgegebene Vorschubgeschwindigkeit oder ist der Vorschub gestoppt, so wird anschließend im Schritt S24 der voreingestellte Wert $F_{\max}$ der maximalen Vorschubkraft erhöht. Dies kann durch die Steuereinheit 29 schrittweise automatisch oder durch eine Bedienperson erfolgen. Nach dem Erhöhen des Maximalwerts der Vorschubkraft wird der Ablauf im Schritt S18 fortgesetzt, in dem die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit weiter erhöht werden.

[0040] Wird im Schritt S22 jedoch festgestellt, dass der Vorschub nicht gestoppt hat und die Vorschubgeschwindigkeit der gewünschten Vorschubgeschwindigkeit entspricht, so wird im Schritt S26 geprüft, ob der Bohr- oder Aufweitvorgang abgeschlossen ist. Ist dies der Fall, so ist der Ablauf im Schritt S28 beendet und die Horizontalbohranlage 12 kann durch eine Bedienperson abgeschaltet werden.

[0041] Wird im Schritt 26 festgestellt, dass der Bohrvorgang noch nicht abgeschlossen ist, so wird der Ablauf im Schritt S20 fortgesetzt. Wird im Schritt S20 festgestellt, dass der Ist-Wert M_{Ist} des Drehmoments gleich oder größer dem Soll-Wert M_{Soll} des Drehmoments ist, so werden anschließend im Schritt S30 die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit relativ schnell reduziert. Das Reduzieren der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit kann dabei schrittweise erfolgen. Nach dem Reduzieren der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit im Schritt S30 wird im Schritt S32 überprüft, ob das Gestänge 14 durch den Drehantrieb gedreht wird oder ob das Gestänge 14 blockiert ist. Ist das Gestänge 14 blockiert, so bewegt der Vorschubantrieb das Gestänge 14 anschließend im Schritt S34 in die entgegengesetzte Richtung. Hierzu wird insbesondere ein mit dem Gestänge 14 in Eingriff stehender Bohrschlitten des Vorschubantriebs entgegen der Bohr- bzw. Aufweirichtung bewegt. Anschließend wird der Ablauf im Schritt S32

fortgesetzt.

[0042] Wird im Schritt S32 festgestellt, dass das Drehen des Gestänges 14 nicht blockiert ist, d.h. dass sich das Gestänge 14 dreht, so wird im Schritt S36 geprüft, ob der Ist-Wert M_{Ist} des Drehmoments kleiner als ein um den Betrag x reduzierter Soll-Wert $M_{\text{Soll-x}}$ des Drehmoments ist. Ist dies der Fall, so wird der Ablauf im Schritt S18 fortgesetzt und die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit werden erhöht. Unterschreitet der Ist-Wert M_{Ist} des Drehmoments nicht den um den Betrag x reduzierten Soll-Wert $M_{\text{Soll-x}}$ des Drehmoments, so wird der Ablauf nach dem Schritt S36 mit Schritt S20 fortgesetzt.

[0043] Das Erhöhen der Vorschubkraft und Vorschubgeschwindigkeit im Schritt S18 erfolgt langsamer als das Reduzieren der Vorschubkraft und der Vorschubgeschwindigkeit im Schritt S30. Beispielsweise wird die Vorschubkraft um einen Faktor im Bereich von 2 bis 100 im Schritt S30 schneller reduziert als im Schritt S18 erhöht.

[0044] Figur 4 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Horizontalbohrgeräts 300 zum Herstellen und/oder Aufweiten einer Erdbohrung gemäß einer zweiten Ausführungsform. Das Bohrgerät 300 umfasst zwei eine Verschiebeeinheit 302 begrenzende Stirnplatten 304, 306, die über Verbindungselemente 308, 310, 312, 314 miteinander verbunden sind. Über diese Verbindungselemente 308 bis 314 ist der Abstand zwischen den Stirnplatten 304, 306 festgelegt. Mit den Verbindungselementen 312, 314 sind Abstützplatten 316 bis 322 verbunden, über die das Bohrgerät 300 in einer Grube oder einem Schacht abgestützt werden kann. Die Abstützplatten 316 bis 322 sind aus den durch die Stirnplatten 304, 306 ragenden offenen Enden der Verbindungselemente 314, 312 herausziehbar und über Bolzen 324, 326 in verschiedenen Auszugsstufen mit den Verbindungselementen 312, 314 verbindbar. Die Stirnplatte 304 hat eine Gestängedurchführung 328, durch die ein Gestängeabschnitt des Gestänges 14 hindurchführbar ist. Ferner sind Arretierungshebel 330, 332 gezeigt, durch die ein Gestängeabschnitt des Gestänges 14 wahlweise derart fixiert werden kann, dass er an einer Drehbewegung gehindert wird, so dass der fixierte Gestängeabschnitt mit einem weiteren Gestängeabschnitt verbunden werden kann oder von diesem weiteren Gestängeabschnitt getrennt werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann mithilfe der Klemmhebel 330, 332 eine Verschiebung eines Gestängeabschnitts in Vortriebsrichtung P2 sowie entgegengesetzt der Vortriebsrichtung verhindert werden.

[0045] Mit dem Verbindungselement 314 ist ein Bedienpult 315 verbunden, mit dessen Hilfe die Verschiebeeinheit 302 sowie ein hydraulischer Drehantrieb 334 zum Erzeugen einer Drehbewegung der Gestängeaufnahme 40 angesteuert werden kann. Der Drehantrieb 334 ist fest mit dem Schlitten 38 verbunden. Zur Kraftübertragung zwischen dem Drehantrieb 334 und der Gestängeaufnahme 40 ist eine im Schlitten 38 angeordnete Übertragungskette (nicht dargestellt) vorgesehen.

[0046] Die Verschiebeeinheit 302 hat zwei Zylinderanordnungen 336, 338, die als Vorschubantrieb dienen. Die erste Zylinderanordnung 336 hat einen ersten Zylinder 340 mit einem ersten Zylindergehäuse 342 und einer ersten Kolbenstange 344. Ferner hat die erste Zylinderanordnung 336 einen zweiten Zylinder 346, der ein zweites Zylindergehäuse 348 und eine zweite Kolbenstange 350 hat.

[0047] Die zweite Zylinderanordnung 338 hat einen ersten Zylinder 352 mit einem ersten Zylindergehäuse 354 und einer ersten Kolbenstange 355. Ferner umfasst die zweite Zylinderanordnung 338 einen zweiten Zylinder, der in Figur 4 von anderen Elementen verdeckt ist. Dieser zweite Zylinder hat ein zweites Zylindergehäuse sowie eine zweite Kolbenstange. Ein Ende der Kolbenstangen 344, 356 ist jeweils mit der ersten Stirnplatte 304 über eine Schraubverbindung fest verbunden. Die gegenüberliegenden zweiten Enden der Kolbenstangen 344, 356 sind mit der gegenüberliegenden zweiten Stirnplatte 306 verschraubt, so dass die Kolbenstangen 344, 356 als Führungselemente zum Führen der Verschiebewegung der Verschiebeeinheit 302 dienen. Die der Stirnplatte 304 zugewandte Seite der Zylindergehäuse 342, 352 sind über eine erste Zwischenplatte 364 verbunden. Mit der Verbindungsplatte 364 ist jeweils ein Ende der Kolbenstangen 350, 362 der zweiten Zylinder 346, 358 über eine Schraubverbindung fest verbunden. Ferner umfasst die Verschiebeeinheit 302 eine zweite Zwischenplatte 366, die an dem der zweiten Stirnplatte 306 zugewandten Ende der Zylindergehäuse 354, 342 der ersten Zylinder 340, 352 der Zylinderanordnungen 336, 338 fest verbunden ist. Ferner sind die den mit der ersten Zwischenplatte 364 fest verbundenen Enden der Kolbenstangen 350, 362 gegenüberliegenden Enden der Kolbenstangen 350, 362 mit der zweiten Zwischenplatte 366 über jeweils eine Schraubverbindung fest verbunden. Dadurch werden bei einer Bewegung der Zylindergehäuse 342, 354 entlang der Kolbenstangen 344, 356 die zweiten Zylinder 346, 358 zusammen mit den Zwischenplatten 364, 366 und dem mit den Zylindergehäusen 348, 360 verbundenen Schlitten 38 in Vortriebsrichtung P2 bzw. in entgegengesetzter Richtung verschoben.

[0048] Der Schlitten 38 kann bei einer durch die zweiten Zylinder 346, 358 erzeugten Verschiebewegung ebenfalls in Vortriebsrichtung P2 bzw. in entgegengesetzter Richtung verschoben werden.

[0049] Die Begrenzung der Vorschubkraft auf einen voreingestellten Grenzwert $F_{\max}$ erfolgt bei dem Horizontalbohrgerät 300 in gleicher Weise wie dies in Verbindung mit dem Horizontalbohrgerät 12 der ersten Ausführungsform in Verbindung mit den Figuren 1 bis 3 beschrieben worden ist. Hierzu hat das Horizontalbohrgerät 300 eine Steuereinheit 29.

[0050] Bei alternativen Bohrgeräten kann der Vorschubantrieb zum Erzeugen der Vorschubbewegung des Bohrgestänges auch einen Zahnstangenantrieb oder einen anderen geeigneten Antrieb umfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Vorschubantriebs einer Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich, bei dem ein mit einem Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) verbundenes Bohrgestänge (14) mit Hilfe eines Drehantriebes (334) um seine Längsachse gedreht und mit Hilfe des Vorschubantriebs (336, 338) in Richtung seiner Längsachse durch das Erdreich (18) bewegt wird, und bei dem die durch den Vorschubantrieb (336, 338) auf das Bohrgestänge (14) in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft auf einen voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) begrenzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorschubkraft als Ist-Wert ermittelt wird, dass der ermittelte Ist-Wert mit dem voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) verglichen wird, und dass beim Erreichen und/oder Überschreiten des voreingestellten Grenzwerts ($F_{\max}$) die durch den Vorschubantrieb 336, 338 auf das Bohrgestänge (14) ausgeübte Vorschubkraft reduziert wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorschubkraft wahlweise derart auf das Bohrgestänge (14) ausgeübt wird, dass das mit dem Bohrgestänge (14) verbundene Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) durch die Vorschubkraft von dem Vorschubantrieb (336, 338) wegbewegt oder zum Vorschubantrieb (336, 338) hinbewegt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrgestänges (14) und/oder die auf das Bohrgestänge (14) ausgeübte Vorschubkraft in Abhängigkeit des auf das Bohrgestänge (14) zu dessen Drehung ausgeübten Drehmoments eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das auf das Bohrgestänge (14) zu dessen Drehung ausgeübte Drehmoment als Ist-Wert (M_{Ist}) ermittelt und mit einem voreingestellten Soll-Wert (M_{Soll}) verglichen wird, dass eine Regelabweichung aus der Differenz aus Soll-Wert (M_{Soll}) und Ist-Wert (M_{Ist}) ermittelt wird, und dass bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft reduziert und bei einer negativen Regelabweichung die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft erhöht werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die die Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Vorschubkraft nur dann geändert wer-

den, wenn der Betrag der Regelabweichung einen voreingestellten Wert übersteigt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft so lange erhöht wird, bis sie den voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) erreicht hat. 5
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer positiven Regelabweichung die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit gleichzeitig so lange erhöht werden, bis die Vorschubkraft den voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) erreicht hat, dass bei einer negativen Regelabweichung die Vorschubkraft und die Vorschubgeschwindigkeit gleichzeitig so lange verringert werden, bis keine Regelabweichung mehr oder eine positive Regelabweichung festgestellt wird. 10 15 20
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der voreingestellte Grenzwert ($F_{\max}$) über eine Bedieneinheit einstellbar und beim Betrieb der Bohranlage (10) veränderbar ist. 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Wert (Mist) des Drehmoments ausgehend von der auf das Bohrgestänge (14) zu dessen Drehung wirkenden Antriebskraft ermittelt wird. 30
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehantrieb und der Vorschubantrieb hydraulische Antriebe sind. 35
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge des dem Vorschubantrieb (336, 338) zugeführten Druckmittels zur Änderung der Vorschubgeschwindigkeit verändert wird, und dass der Druck des dem Vorschubantrieb (336, 338) zugeführten Druckmittels zur Änderung der Vorschubkraft geändert wird. 40 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der voreingestellte Grenzwert ($F_{\max}$) vor Beginn einer Erdbohrung abhängig von der zu erwartenden Beschaffenheit des Erdreichs (18) auf einen Wert im Bereich zwischen 20% und 98% der durch den Vorschubantrieb (336, 338) erzeugbaren Vorschubkraft eingestellt wird. 50
14. Verfahren nach einem der Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert (M_{soll}) des Drehmoments auf einen Wert im Bereich vom 70% bis 90% des durch den Drehantrieb (334) erzeugbaren 55

Drehmoments zum Drehen des Bohrgestänges (14) eingestellt wird.

15. Bohranlage zum Erzeugen oder Aufweiten einer Erdbohrung im Erdreich vorzugsweise nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Vorschubantrieb (336, 333), der eine Vorschubkraft auf ein Bohrgestänge (14) ausübt und ein mit dem Bohrgestänge (14) verbundenes Bohr- und/oder Aufweitwerkzeug (20, 24) in Richtung der Längsachse des Bohrgestänges (14) durch das Erdreich (18) bewegt, mit einem Drehantrieb (334), der eine Rotationskraft auf das Bohrgestänge (14) ausübt und ein Drehmoment zur Drehung des Bohrgestänges und des mit diesem verbundenen Bohr- und/oder Aufweitwerkzeugs (20, 24) um die Längsachse des Bohrgestänges (14) erzeugt, mit einer Steuereinheit (29), die den Vorschubantrieb (336, 338) derart steuert, dass die durch den Vorschubantrieb (336, 338) auf das Bohrgestänge (14) in Richtung seiner Längsachse ausgeübte Vorschubkraft auf einen voreingestellten Grenzwert ($F_{\max}$) begrenzt wird.

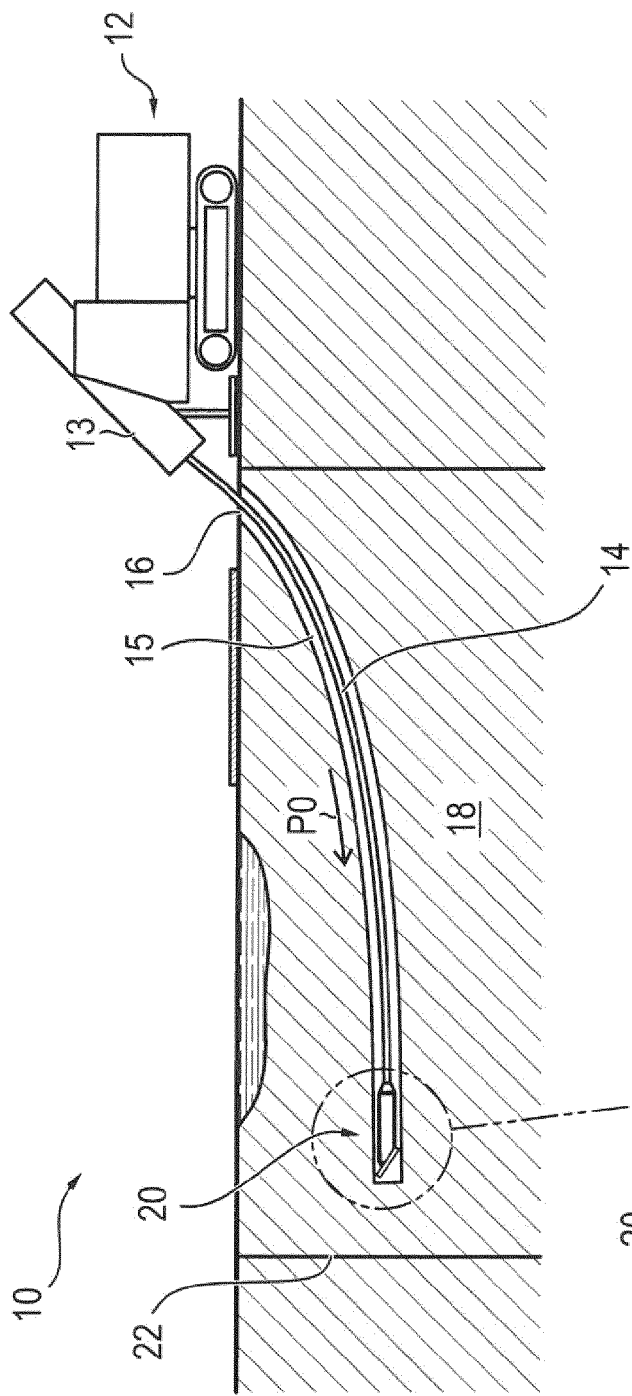


FIG. 1A

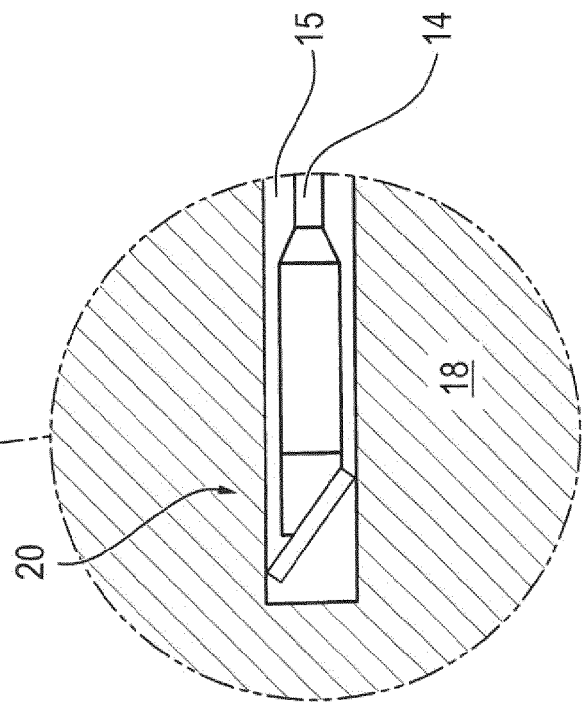


FIG. 1B

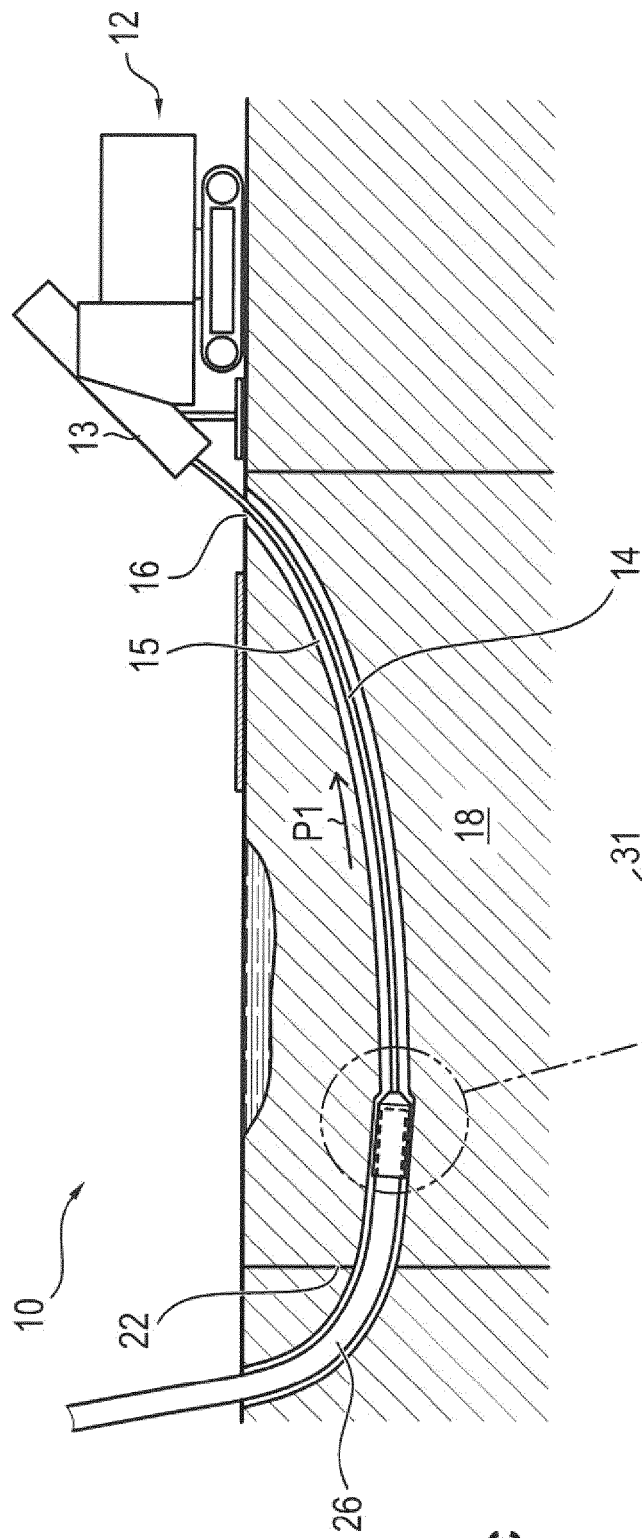


FIG. 1C

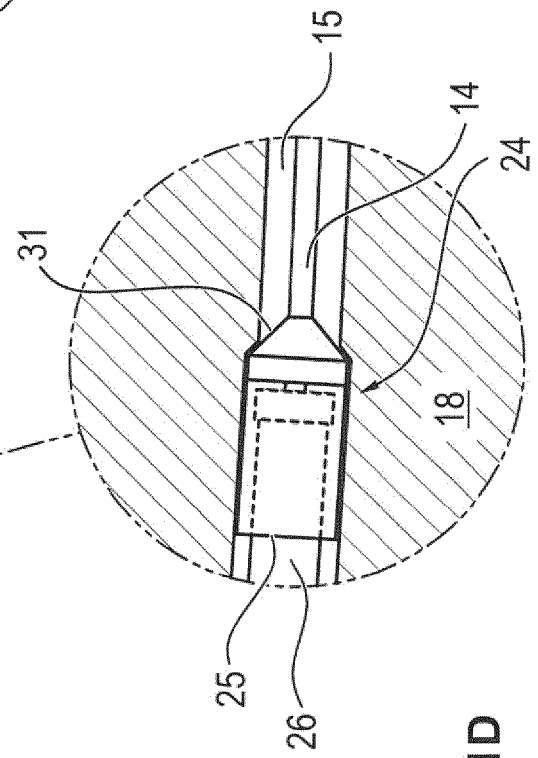


FIG. 1D

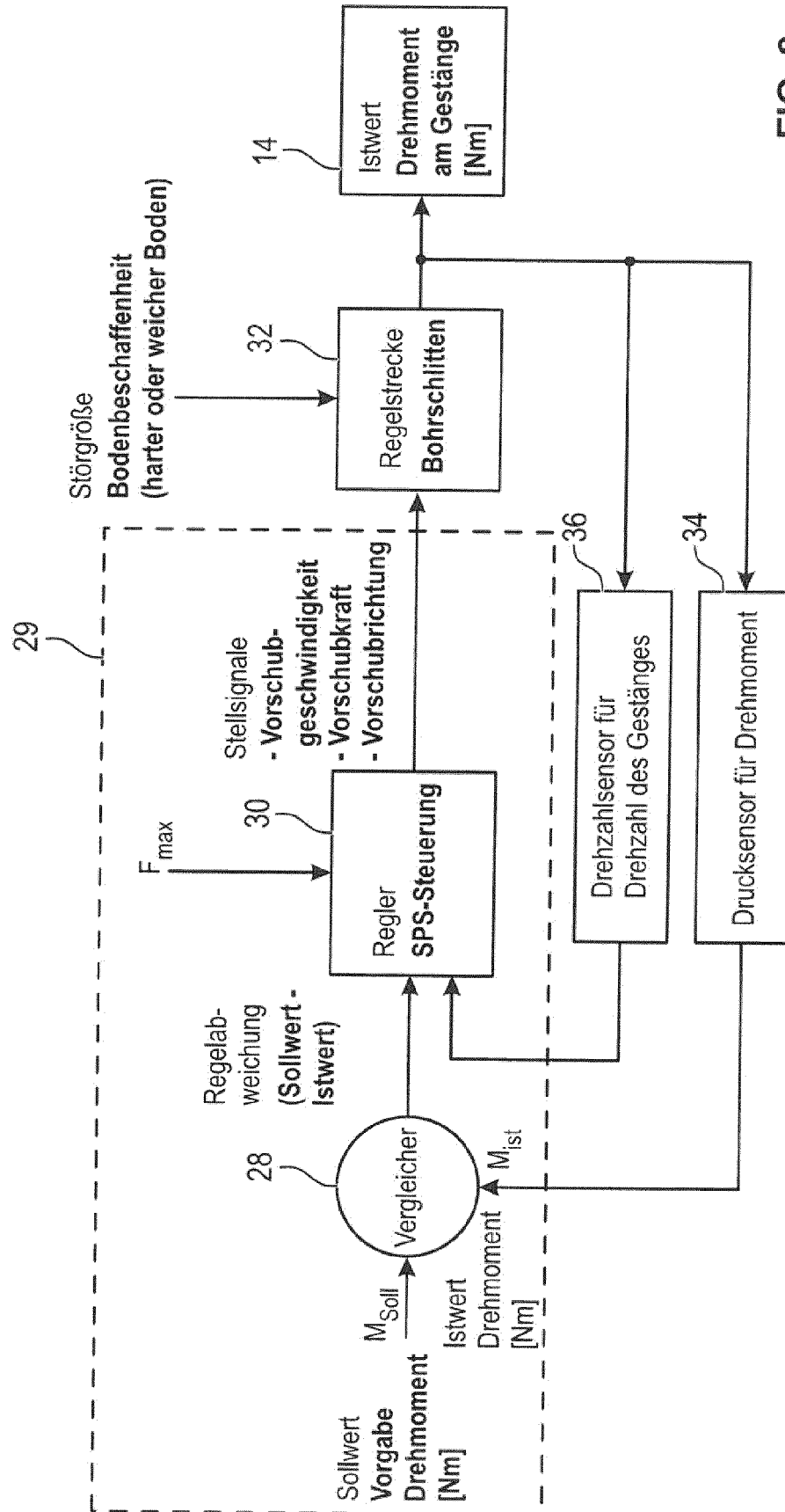
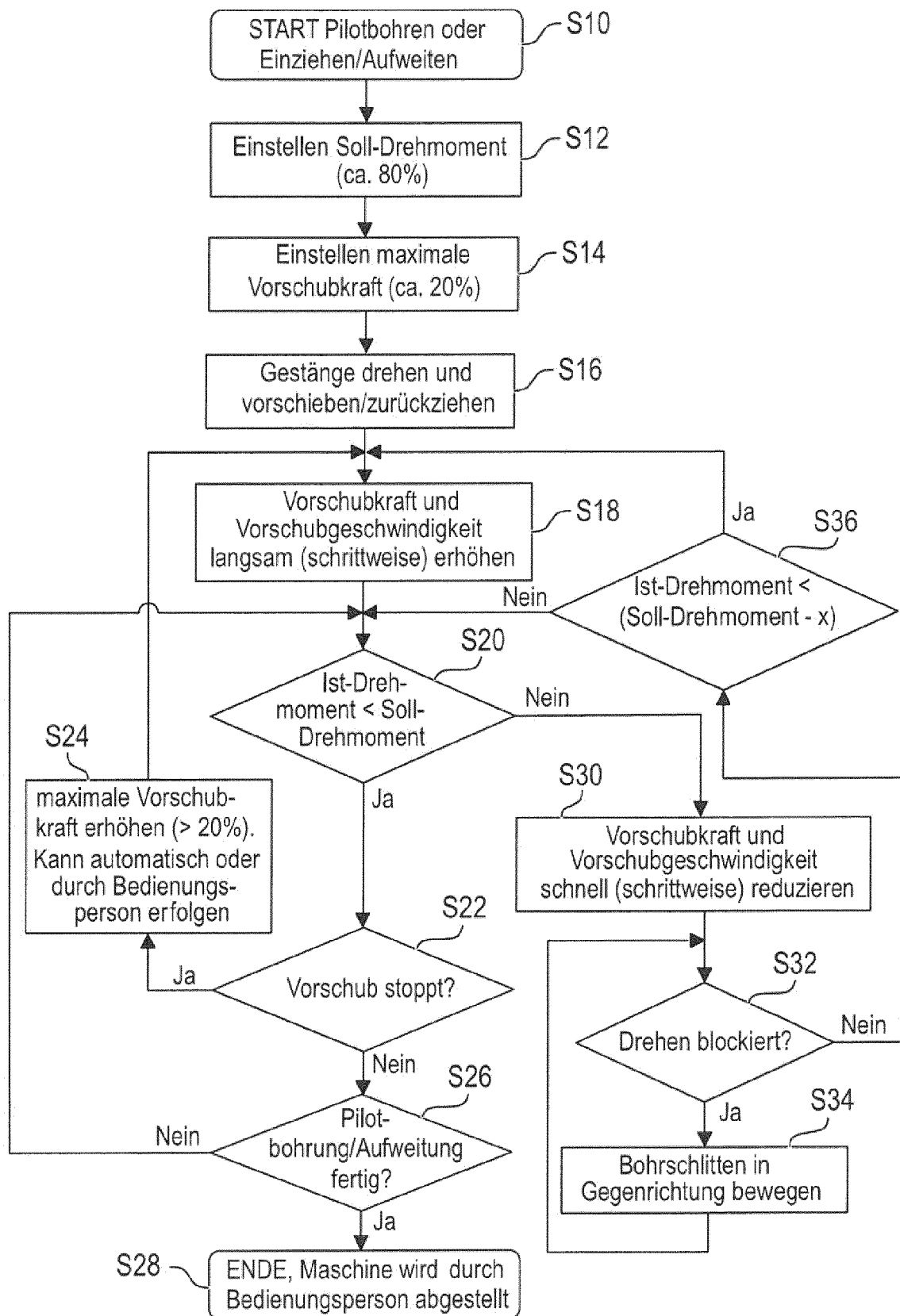


FIG. 2

FIG. 3



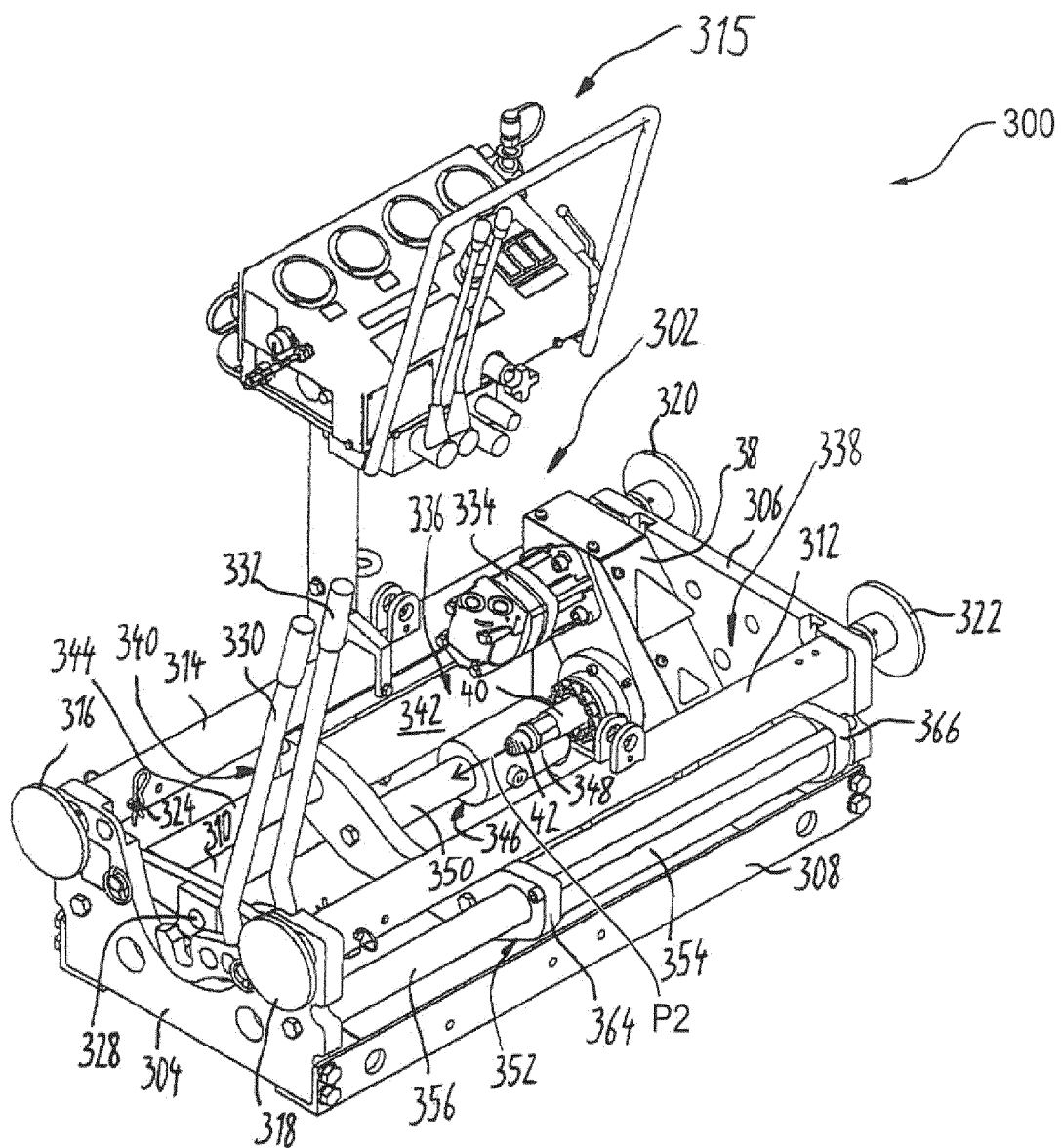


FIG. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 16 8005

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	DE 197 08 997 A1 (TERRA AG TIEFBAUTECHNIK [CH]) 17. September 1998 (1998-09-17) * Spalte 1, Zeile 62 - Spalte 3, Zeile 25 * * Spalte 3, Zeile 54 - Spalte 4, Zeile 3 * * Spalte 4, Zeile 38 - Spalte 5, Zeile 36 * * Abbildung * * Zusammenfassung *	1-15	INV. E21B44/02 E21B44/04
X	EP 2 767 672 A2 (PRAKLA BOHRTECHNIK GMBH [DE]) 20. August 2014 (2014-08-20) * Absatz [0008] - Absatz [0010] * * Absatz [0034] *	1-3,9, 11,13,15	
X	DE 101 49 018 A1 (TRACTO TECHNIK [DE]) 8. Mai 2003 (2003-05-08) * Zusammenfassung * * Absatz [0005] *	1,3,4,15	
X	EP 0 384 888 A1 (SIG SCHWEIZ INDUSTRIEGES [CH]) 29. August 1990 (1990-08-29) * Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 47 * * Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 36 * * Abbildung 1 * * Zusammenfassung *	1,3,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. September 2016	Prüfer Pieper, Fabian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 16 16 8005

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-09-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19708997 A1	17-09-1998	DE 19708997 A1	17-09-1998
		EP 0863293 A2	09-09-1998
		US 5913371 A	22-06-1999
EP 2767672 A2	20-08-2014	DE 202013001608 U1	08-03-2013
		EP 2767672 A2	20-08-2014
		RU 2014102430 A	10-08-2015
DE 10149018 A1	08-05-2003	DE 10149018 A1	08-05-2003
		GB 2380505 A	09-04-2003
		US 2003111265 A1	19-06-2003
EP 0384888 A1	29-08-1990	AU 630914 B2	12-11-1992
		AU 4917490 A	30-08-1990
		DE 59000150 D1	16-07-1992
		EP 0384888 A1	29-08-1990

EPO FORM P0461

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

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 19708097 A1 [0002]
- DE 102010004287 A1 [0002]
- US 6189628 B1 [0002]
- DE 19708997 A1 [0003]
- DE 10115233 A1 [0026]