

(19)



(11)

EP 3 865 655 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.08.2021 Patentblatt 2021/33

(51) Int Cl.:
E21B 4/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21156269.9**

(22) Anmeldetag: **10.02.2021**

(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:
KH MA MD TN

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

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

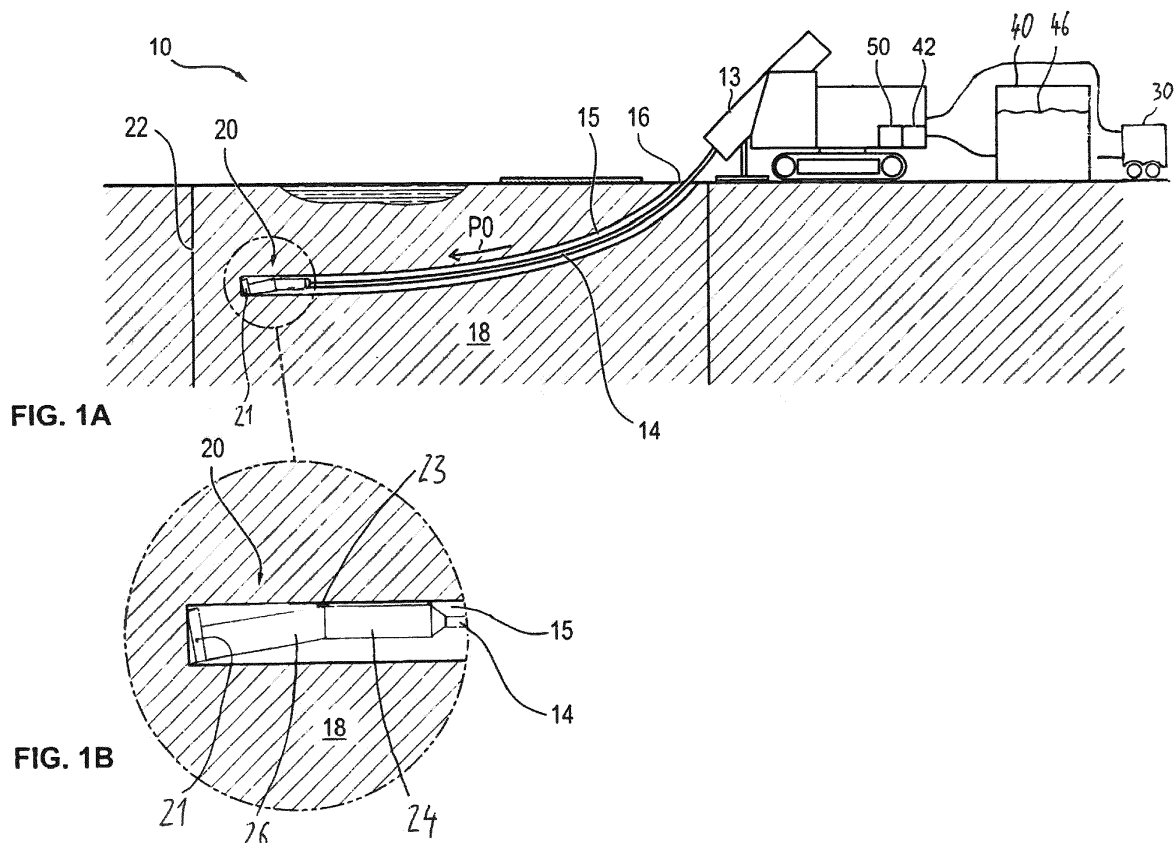
(74) Vertreter: **Schaumburg und Partner**
Patentanwälte mbB
Postfach 86 07 48
81634 München (DE)

(30) Priorität: **12.02.2020 DE 102020103596**

(54) VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN EINER ERDBOHRUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10, 12) und ein Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung im Erdreich (18), die einen Imlochbohrhammer (20), eine Druckluftherzeugungseinheit (30) zum Erzeugen eines Druckluftstroms zum Antrieb des Imlochbohrhammers

(20) und ein hohles Gestänge (14) hat. Ein erstes Ende des Gestänges ist mit dem Imlochbohrhammer (20) verbunden. Dem anderen zweiten Ende des Gestänges (14) ist zumindest ein Teil des Druckluftstroms zuführbar. Dem Druckluftstrom ist eine Flüssigkeit (46) zugesetzt.



EP 3 865 655 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen einer Erdbohrung. Die Vorrichtung umfasst einen Imlochbohrhammer und ein hohles Gestänge, dessen erstes Ende mit dem Imlochbohrhammer verbunden ist. Dem anderen, zweiten Ende des Gestänges wird zumindest ein Teil eines mit Hilfe einer Druckluftherzeugungseinheit erzeugten Druckluftstroms zum Antrieb des Imlochbohrhammers zugeführt.

[0002] Ein Imlochbohrhammer ist beispielsweise aus dem Dokument EP 0 851 091 A2 bekannt. Vorrichtungen zum Erzeugen einer Erdbohrung sind insbesondere aus den Dokumenten EP 2 957 710 B1 und EP 2 085 566 B1 bekannt. Bekannte Vorrichtungen können eine Pumpe zum Fördern einer Spülflüssigkeit zum Bohrwerkzeug umfassen. Die Spülflüssigkeit tritt dann am Bohrwerkzeug aus. Es sind Steuereinheiten zum Steuern der Pumpe und Bohrvorrichtung bekannt.

[0003] 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.

[0004] Üblicherweise werden Imlochbohrhammer für gesteuerte Horizontalbohrungen im felsigen Erdreich genutzt. Oft kommt es jedoch vor, dass die Bohrung nach dem Durchdringen eines Felsabschnitts in Mischböden, wie Kies, Sand und/oder Lehm, fortgeführt werden muss. Bekannte Felsbohrwerkzeuge haben einen Bohrkopf mit in Vortriebsrichtung vorderer asymmetrischer Steuerfläche. In weichem, verdrängbarem Untergrund wird der Bohrkopf durch den Untergrund gedrückt. Um eine geradlinige Bohrung auszuführen, wird der Bohrkopf im Bereich von 30 bis 100, insbesondere im Bereich von 30 bis 60, Umdrehungen pro Minute gleichmäßig gedreht. Bei der Verwendung eines Imlochbohrhammers wird der gesamte Imlochbohrhammer einschließlich Bohrkopf mit Hilfe des Gestänges gedreht und nach vorne gedrückt. Zum Vortrieb in Fels wird der Schlagkolben des Imlochbohrhammers mit Hilfe von Druckluft beispielsweise mit 2000 Schlägen je Minute angetrieben und dabei so hin und her bewegt, dass er auf einen vorzugsweise frei beweglichen Bohrkopf des Imlochbohrhammers trifft. Hierdurch wird ein runder Bohrkanal in Fels hergestellt, der einen geradlinigen Verlauf hat.

[0005] Zur Richtungsänderung des Bohrkanals ist der Bohrkopf einseitig abgeschrägt, wodurch die asymmetrische Steuerfläche gebildet werden kann. Zum Steuern in eine gewünschte Richtung wird der Bohrkopf zusammen mit dem Imlochbohrhammer in die gewünschte Drehstellung gedreht, in der durch die asymmetrische Steuerfläche eine Ablenkung des Bohrkopfs in die gewünschte Richtung bewirkt wird. Dann wird der Imlochbohrhammer zusammen mit dem Bohrkopf pendelnd um diese Drehstellung in einem Winkelbereich von bei-

spielsweise $\pm 45^\circ$ um die gewünschte Richtungsänderung hin und her bewegt und gleichzeitig mit Hilfe des Gestänges nach vorn gedrückt.

[0006] Zum Ausführen eines gekrümmten Verlaufs des Bohrkanals in Mischböden, wird der Imlochbohrhammer in eine Drehstellung gebracht, in der durch die asymmetrische Steuerfläche eine Ablenkung des Bohrkopfs in die gewünschte Richtung bewirkt wird, wobei der Bohrkopf dann ohne Drehung nach vorne gedrückt wird. Der Bohrkopf rutscht dann entlang seiner Steuerfläche in die gewünschte Richtung. Dies ist in hartem, insbesondere im felsigen Untergrund nicht möglich.

[0007] Der Bohrkopf des Imlochbohrhammers kann Hartmetallstifte umfassen, insbesondere Kugelstifte und konkav geformte Stifte. Bei jedem Schlag brechen diese Hartmetallstifte kleine Stücke, die sogenannten Cuttings, aus dem Fels heraus.

[0008] Diese erläuterte Bohrtechnik funktioniert in Fels gut, hat aber den Nachteil, dass sie in Mischböden, wie Kies, Sand und Lehm, nicht zuverlässig eingesetzt werden kann, da der auch als Bohrkronen bezeichnete Bohrkopf durch den Mischboden hindurchgedrückt wird und dabei Mischboden von vorn in Abluftöffnungen in der Bohrkronen eindringen kann und diese verstopft. Anders als bei bekannten Erdraketen tritt die Abluft beim Imlochbohrhammer vorne an der Bohrkronen durch mindestens zwei Abluftkanäle aus. Die Abluftkanäle haben bei einer Bohrkronen mit einem Durchmesser von beispielsweise 130 mm einen Durchmesser von 15 mm. Es muss sichergestellt sein, dass durch die Abluftkanäle genug Abluft, d.h. genug austretende zum Antrieb des Imlochbohrhammers genutzte Druckluft, nach vorne aus dem Bohrkopf austreten kann, um die im Fels abgetragenen Cuttings aus dem Bohrbereich heraus und am Imlochbohrhammer vorbei nach hinten in den Bohrkanal zu blasen. Üblicherweise ist die Bohrkronen im Bereich von 10 % bis 20 % größer im Durchmesser als der Außendurchmesser des Imlochbohrhammers.

[0009] Bei Mischböden, insbesondere bei Lehm oder Sand, schafft es die Abluft oft nicht, von vorn in die Abluftkanäle eingedrungenes Material wieder aus den Abluftöffnungen herauszublasen. Hierdurch kommt es zu Verstopfungen der Abluftöffnungen mit Lehm und Sand, die dann zum Stillstand des Imlochbohrhammers führen. Der Bohrvorgang kann dann nicht oder nur eingeschränkt fortgesetzt werden.

[0010] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen einer Erdbohrung im Erdreich anzugeben, durch die eine Erdbohrung mit Hilfe eines Imlochbohrhammers sowohl in Fels als auch in Mischböden sicher möglich ist.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 wird erreicht, dass die dem Druckluftstrom

zugesetzte Flüssigkeit das Verstopfen der Abluftkanäle verhindert, da durch die Flüssigkeit insbesondere die Reibung zwischen dem in die Abluftöffnungen eingedrungenen Erdreich und der Innenwand der Abluftöffnungen reduziert ist und ein Ausblasen des Erdreichs aus den Abluftöffnungen zumindest einfacher möglich ist. Die Druckluft wird insbesondere mit einem Druck von 14 bar bis 24 bar als Druckluftstrom zugeführt, dem dann die Flüssigkeit zugeführt wird. Die Flüssigkeit wird hierzu mit Hilfe einer Hochdruckpumpe in den Druckluftstrom gefördert. Der Druck der Flüssigkeit ist dabei einfach etwas höher als der Druck der Druckluft. Insbesondere ist der Druck der Flüssigkeit 0,5 bar bis 10 bar höher als der Druck des Druckluftstroms. Die zugesetzte Flüssigkeit kann beispielsweise Wasser sein oder Wasser mit einem Additiv. Bereits reines Wasser verhindert die Verstopfung der Abluftkanäle des Imlochbohrhammers, insbesondere von Abluftkanälen der Bohrkronen des Imlochbohrhammers. Beim Zusatz von entsprechenden Additiven wird die Gleitreibung zwischen der Innenwandung der Abluftkanäle und des eingedrungenen Erdreichs weiter verringert. Werden als Additive geeignete Polymere eingesetzt, können diese zusätzlich die Abbaugeschwindigkeit des Felsbodens erhöhen, die Standfestigkeit des Bohrkanals stabilisieren und den Transport der Cuttings aus dem Bohrkanal nach hinten ermöglichen.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Vorrichtung eine Antriebseinheit zum Antrieb des Gestänges zur Antriebseinheit hin oder von der Antriebseinheit weg und/oder zur Drehung des Gestänges um dessen Längsachse hat. Durch den Antrieb des Gestänges von der Antriebseinheit weg wird ein Vorschub des Imlochbohrhammers bzw. einer Bohrkronen des Imlochbohrhammers erreicht. Durch eine entsprechend gesteuerte Drehung des Gestänges kann ein geradliniger Verlauf oder, wenn gewünscht, eine entsprechende Krümmung des Bohrkanals in eine gewünschte Richtung erreicht werden.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Vorrichtung in verschiedenen Betriebsmodi betrieben werden kann, wobei dem zweiten Ende des Gestänges abhängig vom gewählten Betriebsmodus wahlweise entweder der Druckluftstrom mit zugesetzter Flüssigkeit oder eine Spülflüssigkeit zuführbar ist. Durch das Zuführen der Spülflüssigkeit alternativ zum Druckluftstrom kann insbesondere weiches Erdreich ohne Betätigung des Imlochbohrhammers weggespült werden, wobei gleichzeitig der Bohrkanal mit entsprechenden Zusätzen der Spülflüssigkeit stabilisiert werden kann.

[0015] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Vorrichtung mindestens eine Pumpe zum Fördern der Flüssigkeit in den von der Druckluftherzeugungseinheit erzeugten Druckluftstrom und/oder zum Fördern der Spülflüssigkeit in das hohle Gestänge hat. Hierdurch kann insbesondere eine einzige Pumpe sowohl zum Fördern der Flüssigkeit in den Druckluftstrom als auch zum Fördern der Spülflüssigkeit in das hohle Gestänge genutzt werden. Die Menge der Flüssigkeit zum Verhindern von Verstopfun-

gen im Abluftkanal des Imlochbohrhammers ist dabei mindestens Faktor 10, insbesondere im Bereich zwischen Faktor 10 und Faktor 100 geringer als die förderbare Menge Spülflüssigkeit pro Zeiteinheit.

[0016] Die Pumpe hat vorzugsweise einen maximalen Förderdruck im Bereich zwischen 50 bar und 150 bar, insbesondere 75 bar oder 100 bar. Der maximale Förderdruck ist insbesondere stufenlos einstellbar. Zum Fördern der Flüssigkeit in den Druckluftstrom erzeugt die Pumpe einen Flüssigkeitsvolumenstrom im Bereich von 0,25 bis 30 Liter pro Minute, vorzugsweise im Bereich von 3 bis 8 Liter pro Minute. Zum Fördern der Spülflüssigkeit in das Gestänge kann die Pumpe insbesondere in Abhängigkeit von der Größe des Imlochbohrhammers bzw. des Durchmessers des zu erzeugenden Bohrkanals einen maximalen Flüssigkeitsvolumenstrom im Bereich von 50 bis 2000 Liter pro Minute, insbesondere einen maximalen Flüssigkeitsvolumenstrom von 50 bis 400 Liter pro Minute, vorzugsweise einen maximalen Flüssigkeitsvolumenstrom im Bereich von 95 bis 150 Liter pro Minute erzeugen. Die Pumpe wird hierzu entsprechend angesteuert. Zur genauen Erfassung des von der Pumpe erzeugten Flüssigkeitsvolumenstroms kann auch eine Volumenstrommessung, insbesondere über eine Blende oder Düse erfolgen.

[0017] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Gestänge aus mehreren rohrförmigen Gestängeabschnitten zusammengesetzt ist. Ein solches Gestänge wird auch als Bohrgestänge bezeichnet. Die einzelnen Gestängeabschnitte können nacheinander in die Vorrichtung eingesetzt werden, wobei die Vorrichtung einen Vorschub in Vortriebsrichtung erzeugt bis ein Gestängeabschnitt in Richtung Bohrloch bewegt worden ist, so dass ein weiterer Gestängeabschnitt in die Vorrichtung einsetzbar ist.

[0018] Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Druckluftherzeugungseinheit den Druckluftstrom beim Betrieb des Imlochbohrhammers mit einem Druck im Bereich zwischen 7 bar und 24 bar, insbesondere im Bereich zwischen 14 bar und 24 bar, erzeugt und/oder dass der erzeugte Druckluftstrom im Bereich von 3 m³ bis 15 m³ pro Minute, vorzugsweise im Bereich zwischen 8 m³ bis 10 m³, erzeugt wird. Hierdurch ist die Druckluftherzeugungseinheit geeignet, bekannte Imlochbohrhämmer anzutreiben. Der Druckluftstrom wird auch als Druckluftvolumenstrom bezeichnet.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Steuer- einheit den von der Pumpe erzeugten Flüssigkeitsvolumenstrom direkt proportional, vorzugsweise linear, zu dem durch das Gestänge strömenden Druckluftstrom ändert. Hierdurch wird sichergestellt, dass ausreichend Flüssigkeit durch die Abluftöffnungen austreten kann, so dass die innere Oberfläche der Austrittsöffnungen während des Betriebs des Imlochbohrhammers benetzt bleibt, insbesondere bei einem Vorschub des Imlochbohrhammers, bei dem Erdreich in die Abluftöffnungen eintritt.

[0020] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Imlochbohrhammer ein Gehäuse, eine im Gehäuse angeord-

nete pneumatische Schlageinheit und einen Arbeitskopf, der auch als Bohrkronen bezeichnet wird, umfassen kann. Im Arbeitskopf ist mindestens ein Austrittskanal zum Abführen des Druckluftvolumenstroms vorhanden, der nach dem Antrieb des Imlochbohrhammers aus diesem austritt. Insbesondere ist das Gehäuse des Imlochbohrhammers drehfest mit dem Gestänge verbunden, wobei dem Imlochbohrhammer der Druckluftstrom über das Gestänge zuführbar ist. Im Arbeitskopf können insbesondere zwei, drei oder vier Austrittskanäle zum Abführen des Druckluftvolumenstroms vorhanden sein. Der Arbeitskopf ist vorzugsweise längsverschiebbar relativ zum Gehäuse des Imlochbohrhammers angeordnet.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Austrittskanal eine Austrittsöffnung an der in Vorschubrichtung des Imlochbohrhammers weisenden Vorderseite hat. Hierdurch tritt die Druckluft als Abluft an der Vorderseite des Imlochbohrhammers aus, so dass die bei Felsbohrungen vom Fels mit Hilfe des Imlochbohrhammers abgetragenen Cuttings mit Hilfe der Abluft aus dem Bohrbereich geblasen werden.

[0022] Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Arbeitskopf eine mit Hartmetallelementen bestückte Bohrkronen umfasst. Hierdurch kann der Imlochbohrhammer auch zum Erzeugen von Bohrungen im Fels eingesetzt werden.

[0023] Der Arbeitskopf ist vorzugsweise ein runder Exzenterbohrkopf mit einer Exzenterbohrkronen oder ein Aufweitbohrkopf mit einer Aufweitkronen. Die Exzenterbohrkronen hat zugsweise einen runden Querschnitt. Dadurch wird beim Betrieb des Imlochbohrhammers ein runder Bohrkanael erzeugt.

[0024] Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Imlochbohrhammer einen vorderen ersten im Wesentlichen zylindrischen Gehäuseabschnitt und einen mit dem ersten Gehäuseabschnitt fest verbundenen zweiten Gehäuseabschnitt hat, wobei sich die Längsachse des ersten Gehäuseabschnitts und die Längsachse des zweiten Gehäuseabschnitts in einem ersten Winkel im Bereich von 1° bis 10°, vorzugsweise in einem ersten Winkel im Bereich von 1° bis 4°, schneiden. Ein typischer Winkel beträgt 2°. Hierdurch hat das Gehäuse einen Knick zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt und dem zweiten Gehäuseabschnitt. Dieser Knick ist vorzugsweise so angeordnet, dass seine Außenwand deckungsgleich mit der Stelle, an der eine Exzenterbohrkronen ihren Überschnitt hat. Der Knick zeigt somit in die gewünschte Steuerrichtung. Der Knick hat insbesondere auf seiner Außenseite einen Abriebschutz, der insbesondere durch Radialschweißnähte aus Hartauftrag erzeugt werden kann. Hierdurch wird der Bereich, der immer mit der Außenwandung des Bohrkanaels in Kontakt ist, geschützt. Beim Steuern des Imlochbohrhammers stützt sich dieser an der Stelle des Außenknicks am Bohrkanael ab. Besonders vorteilhaft ist es, wenn sich die Längsachse des zweiten Gehäuseabschnitts und die Längsachse des Gestänges in einem zweiten Winkel im Bereich von 0,5° bis 5°, vorzugsweise in einem zweiten Winkel im Bereich von 1° bis 2°, schneiden. Hierbei ist es besonders vor-

teilhaft, wenn sich die Längsachse des Gestänges und die Längsachse des ersten Gehäuseabschnitts in einem Winkel schneiden, der der Summe des ersten Winkels und des zweiten Winkels entspricht. Beim Vorsehen des ersten Winkels und des zweiten Winkels haben diese vorzugsweise denselben Betrag.

[0025] Der zweite Gehäuseabschnitt hat insbesondere einen Aufnahmebereich zur Aufnahme eines elektronischen Senders, durch den mit Hilfe eines entsprechenden Ortungsgerätes die Ortung des Imlochbohrhammers und somit des Bohrkopfs möglich ist.

[0026] Am vorderen Ende des ersten Gehäuseabschnitts ist vorzugsweise ein Ausbläser angeordnet, der zwei seitliche, nach hinten geneigte Düsen hat. Damit werden die abgebauten Cuttings nach hinten in Richtung des Gestänges weggeführt. Ferner kann zwischen Bohrgestänge und dem Imlochbohrhammer ein Ausbläser angeordnet sein, der mindestens eine nach hinten in Richtung des Bohrgestänges weisende Düse hat. Alternativ oder zusätzlich kann zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt und dem zweiten Gehäuseabschnitt ein Ausbläser angeordnet sein, der mindestens eine nach hinten in Richtung des Bohrgestänges weisende Düse hat. Bei langen Bohrkanaelen können mehrere Ausbläser entlang des Gestänges angeordnet sein, vorzugsweise in einem Abstand im Bereich zwischen 10 m und 30 m, vorzugsweise im Abstand von 20 m. Hierdurch kann der erzeugte Bohrkanael vollständig nach hinten freigeblasen werden. Je nach Düsengröße erhöht sich die erforderliche Luftmenge zum Antrieb des Imlochbohrhammers und zum Betrieb der Ausbläser um 0,5 m³ bis 1 m³ pro Minute je Ausbläser.

[0027] Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung im Erdreich, bei dem ein Druckluftstrom zum Antrieb eines Imlochbohrhammers erzeugt und dem Imlochbohrhammer über ein hohles Gestänge zugeführt wird. Dem Druckluftstrom wird eine Flüssigkeit zugesetzt. Hierdurch werden dieselben Vorteile erreicht wie bei der Vorrichtung nach Anspruch 1. Ferner kann das Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung in gleicher Weise weitergebildet werden wie die Vorrichtung nach Anspruch 1, insbesondere durch die Merkmale der abhängigen Ansprüche.

[0028] Zum Erzeugen gerader Bohrkanaele, d.h. um geradeaus zu bohren, wird der schlagende Imlochbohrhammer mit 30 bis 60 Umdrehungen pro Minute gedreht und mit geringem Anpressdruck vorwärts geschoben. Je nach Felshärte kann dadurch eine Vortriebsgeschwindigkeit im Bereich von 2 m/h bis 10 m/h erreicht werden. In weichem Fels kann eine Vortriebsgeschwindigkeit von bis zum 20 m/h erreicht werden. Um einen gekrümmten Bohrkanael zu erzeugen, d.h. um den Imlochbohrhammer zu steuern, wird der Imlochbohrhammer mit dem Bohrkopf so gedreht, dass der Hartmetallauftrag auf dem Knick und der Überschnitt der Exzenterbohrkronen in die zur gewünschten Steuerrichtung entgegengesetzten Richtung zeigen. Der Imlochbohrhammer steuert somit in die dem Hartmetallauftrag am Knick entgegengesetz-

ten Richtung. Der Knick zeigt somit in die gewünschte Steuerrichtung. Dann wird der Imlochbohrhammer zusammen mit der Bohrkronen um einen Winkel im Bereich von $\pm 10^\circ$ bis $\pm 45^\circ$, insbesondere im Bereich von $\pm 5^\circ$ bis $\pm 20^\circ$, um die in die gewünschte Richtung zeigende Drehstellung alternierend hin und her bewegt und vorwärts geschoben.

[0029] Üblicherweise wird zuerst eine gesteuerte Pilotbohrung fertiggestellt, ein Bohrkanal mit relativ geringem Durchmesser erzeugt. Diese Pilotbohrung muss in der Regel auf einen größeren Durchmesser aufgeweitet werden. Hierzu wird eine spezielle Aufweitkronen genutzt, die einen größeren Durchmesser hat. Beispielsweise hat die Exzenterbohrkronen zum Herstellen der Pilotbohrung einen Durchmesser von 130 mm und die Aufweitkronen einen Durchmesser von 200 mm. Die Aufweitkronen hat an ihrem vorderen Ende vorzugsweise eine 10 cm bis 20 cm lange zylindrische Führung, die einen etwas kleineren Durchmesser hat als die Pilotbohrung. Zum Aufweiten wird der Felsbohrhammer am Ende der erzeugten Pilotbohrung vom Bohrgestänge getrennt. Das Bohrgestänge wird durch die erzeugte Pilotbohrung zurückgezogen. Die Aufweitkronen wird dann anstelle der Exzenterbohrkronen auf den Imlochbohrhammer montiert. Anschließend wird der Imlochbohrhammer schlagend durch den Bohrkanal der Pilotbohrung getrieben. Durch den vorderen zylindrischen Führungsabschnitt folgt der Imlochbohrhammer mit der Aufweitkronen exakt dem Bohrkanal der Pilotbohrung, der dadurch auf einen Durchmesser von beispielsweise 200 mm aufgeweitet wird.

[0030] Beim Erzeugen der Pilotbohrung erfolgt nach dem Vorschub eines Gestängeabschnitts eine Unterbrechung, in der ein weiterer Gestängeabschnitt in das Gestänge eingefügt wird. Die Gestängeabschnitte sind insbesondere im Bereich zwischen 2 m und 3 m lang. Bei anderen Ausführungsformen können auch andere Längen, insbesondere 4 m oder 5 m lange Gestängeabschnitte verwendet werden. Nach dem Vorschub des Gestänges um einen Gestängeabschnitt kann eine Pumpe zum Einbringen der Flüssigkeit in den Druckluftstrom eine größere Fördermenge fördern als beim Zuführen der Flüssigkeit in den Druckluftvolumenstrom, wobei dann vorzugsweise kein Druckluftvolumenstrom mehr erzeugt wird und der Imlochbohrhammer nicht mehr betrieben wird. Die dann geförderte Flüssigkeit fließt durch den Imlochbohrhammer in den erzeugten Bohrkanal. Gleichzeitig wird der Bohrkopf zusammen mit dem Imlochbohrhammer über die Länge eines Gestängeabschnitts, beispielsweise über 3 m, zurückgezogen und dann wieder über dieselbe Länge nach vorne bewegt. Dadurch wird ein Flüssigkeitsschwall erzeugt, der den erzeugten Bohrkanal gründlich reinigt. Hierdurch werden die mit Hilfe des Imlochbohrhammers vom Fels abgebauten Cuttings auch über längere Bohrkanäle von beispielsweise 50 m bis 150 m nach hinten geschwemmt und aus dem Bohrkanal ausgetragen.

[0031] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich

aus der folgenden Beschreibung, die die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den beigefügten Figuren näher erläutert.

5 Es zeigen:

[0032]

- 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 2 eine Darstellung eines mit einem Bohrgestänge verbundenen Imlochbohrhammers in einem Bohrkanal gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Figur 3 den Imlochbohrhammer nach Figur 2 ohne Bohrkanal;
- Figur 4 eine perspektivische Darstellung eines Bohrkopfs des Imlochbohrhammers nach den Figuren 2 und 3;
- Figur 5 eine Seitenansicht des Bohrkopfs nach Figur 4;
- Figur 6 eine perspektivische Darstellung eines Verbindungsstücks zwischen einem ersten Gehäuseabschnitt und einem zweiten Gehäuseabschnitt des Imlochbohrhammers nach den Figuren 2 und 3;
- Figur 7 eine Seitenansicht des Verbindungsstücks nach Figur 6;
- Figur 8 einen Längsschnitt des Verbindungsstücks nach den Figuren 6 und 7;
- Figur 9 eine perspektivische Darstellung eines Ausblägers zur Verwendung zwischen einem Gestänge und dem Imlochbohrhammer oder zwischen einzelnen Gestängeabschnitten des Gestänges;
- Figur 10 eine Seitenansicht des Ausblägers nach Figur 9;
- Figur 11 einen Längsschnitt des Ausblägers nach den Figuren 9 und 10;
- Figur 12 eine perspektivische Darstellung eines Aufweitkopfs, der anstelle des Bohrkopfs nach den Figuren 4 und 5 beim Imlochbohrhammer nach den Figuren 2 und 3 einsetzbar ist;
- Figur 13 eine Seitenansicht des Aufweitkopfs nach Figur 12;
- Figur 14 ein Blockschaltbild eines Flüssigkeitskreislaufs eines Horizontalbohrgeräts der Bohranlage nach Figur 1A; und
- Figur 15 eine Darstellung eines mit einem Bohrgestänge verbundenen Imlochbohrhammers in einem Bohrkanal gemäß einer zweiten

Ausführungsform.

[0033] 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 Imlochbohrhammer 20 in Richtung des Pfeils P0 in das Erdreich 18 eingebracht. Der Imlochbohrhammer 20 hat einen mit Hartmetallspitzen (nicht dargestellt) bestückten Bohrkopf 21, durch den ein Bohrkanal auch in einem Felsgestein hergestellt werden kann.

[0034] Die Bohranlage 10 umfasst eine Druckluftherzeugungseinheit 30 zum Erzeugen eines Druckluftstroms, der in das hohle Gestänge 14 gefördert wird. Die Druckluftherzeugungseinheit 30 ist vorzugsweise eine separate Baueinheit, die über einen Druckluftschlauch mit dem Horizontalbohrgerät 12 verbunden ist, über den der erzeugte Druckluftstrom dem Horizontalbohrgerät 12 zuführbar ist. Der Druckluftstrom wird dann über das Gestänge 14 zum Imlochbohrhammer 20 geleitet und dient zum Antrieb des Imlochbohrhammers 20. Der Imlochbohrhammer 20 ist derart aufgebaut, dass mit Hilfe der Druckluft ein Schlagkolben angetrieben wird, der mit einer Vielzahl von Schlägen pro Minute im Bereich zwischen 1000 und 3000 Schlägen, insbesondere von 2000 Schlägen, pro Minute, auf den frei beweglichen Bohrkopf 21 trifft. Die Hartmetallelemente des Bohrkopfs 21 sind insbesondere Kugelstifte oder konkave Stifte. Mit jedem Schlag brechen die Hartmetallelemente kleine Stücke, sogenannte Cuttings, aus dem Fels heraus. Diese Cuttings werden mit Hilfe der Druckluft des Imlochbohrhammers 20 aus dem Bereich vor dem Bohrkopf 21 herausgeblasen.

[0035] Erfindungsgemäß hat das Horizontalbohrgerät 12 eine Pumpe 42, die über einen Schlauch 48 Flüssigkeit 46 aus einem Flüssigkeitsbehälter 40 ansaugt und mit hohem Druck in den mit Hilfe der Druckluftherzeugungseinheit 30 erzeugten Druckluftstrom hineinfördert. Das geförderte Volumen der Flüssigkeit 46 ist um Faktor 100 bis Faktor 3000, insbesondere um Faktor 800 bis 2000, geringer als der mit Hilfe der Druckluftherzeugungseinheit 30 erzeugte Druckluftstrom.

[0036] Der Imlochbohrhammer 20 hat einen Knick 23 mit einer Abwinklung im Bereich zwischen 1° und 4°, typischerweise mit einer Abwinklung von 2°. Der Knick 23 dient zur Abstützung des Imlochbohrhammers 20 im Bohrkanal 15 insbesondere beim Herstellen eines gebogenen bzw. gekrümmten Bohrkanals 15. Der Bohrkopf

21 ist ein Exzenterbohrkopf und wird zusammen mit dem gesamten Imlochbohrhammer 20 mit Hilfe des Gestänges 14 zum Erzeugen eines geraden Bohrkanals 15 kontinuierlich gedreht. Bei einer gewünschten seitlichen Bewegung, Aufwärtsbewegung oder Abwärtsbewegung, wird der Bohrkopf 21 in einer für die gewünschte Bewegung geeigneten Position angehalten und in einer pendelnden Bewegung um die Position im Bereich zwischen +/- 10° und +/- 45° kontinuierlich hin und her bewegt, so dass aufgrund des Knicks 23 eine entsprechende Ablenkbewegung des Bohrkopfs 21 und des Imlochbohrhammers 20 im Erdreich 18 erfolgt. Die Mittelachse einer mit Hartmetallelementen bestückten Bohrkronen des Bohrkopfs 21 verläuft in einem Abstand parallel zur Drehachse des Bohrkopfs 21, wie nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 4 und 5 noch näher erläutert wird.

[0037] Figur 1B zeigt eine Detailansicht des von dem Horizontalbohrgeräts 12 entfernten Endes des Gestänges 14 zusammen mit dem Imlochbohrhammer 20 und dem Bohrkopf 21 gezeigt. Im Imlochbohrhammer 20 ist im hinteren Gehäuseabschnitt 24 eine elektronische Sonde angeordnet. Der Schlagkolben und die Steuerkanäle zum Steuern des Schlagkolbens sind vorzugsweise im vorderen Gehäuseabschnitt 26 des Imlochbohrhammers 20 angeordnet.

[0038] Mit Hilfe der im hinteren Gehäuseabschnitt 24 angeordneten elektronischen Sonde kann mit Hilfe eines entsprechenden Ortungsgerätes die Sonde und somit die Position des Imlochbohrhammers 20 jederzeit von der Erdoberfläche aus exakt bestimmt werden. Zusätzlich werden am Ortungsgerät die Drehstellung und die Neigung des Bohrkopfs angezeigt.

[0039] Die Bewegungsbahn des Bohrkopfs 21 und damit der Verlauf des Bohrkanals 15 der Pilotbohrung wird einfach durch kontrolliertes Stoppen der Drehung des Bohrkopfs 21 über das Gestänge 14 und eine pendelnde Drehbewegung um diese Position herum gesteuert.

[0040] Die durch das Fördern der Flüssigkeit 46 in den Druckluftstrom zum Imlochbohrhammer 20 transportierte Flüssigkeit 46 tritt zusammen mit der Abluft des Imlochbohrhammers 20 über die Abluftkanäle im Bohrkopf 21 aus, so dass die innere Oberfläche der Abluftkanäle mit dieser Flüssigkeit 46 benetzt ist. Gelangt der Bohrkopf 21 insbesondere nach dem Durchdringen von Felsgestein in Mischboden, kann Erdreich 18 von vorn in die Abluftkanäle des Bohrkopfs 21 eindringen. Jedoch kann das eingedrungene Erdreich 18 durch die zugesetzte Flüssigkeit 46 dann schlechter an den Innenseiten der Abluftkanäle anhaften und kann dadurch mit Hilfe der Abluft einfach aus den Abluftkanälen ausgeblasen werden. Die Flüssigkeit kann darüber hinaus in die Abluftkanäle eingedrungenes Erdreich verflüssigen, so dass das so verflüssigte Erdreich 18 einfach durch die Abluft wieder ausgeblasen werden kann.

[0041] Die Flüssigkeit 46 kann insbesondere Wasser sein. Vorzugsweise wird dem Wasser ein Additiv zugesetzt, vorzugsweise ein Polymer. Mit Hilfe des Additivs wird die Reibung zwischen dem in die Abluftkanäle ein-

gedrungenen Erdreich 18 und der Wandung der Abluftkanäle weiter herabgesetzt und ein Anhaften von eingedrungenem Erdreich 18 an den Innenseiten des Abluftkanals verhindert. Darüber hinaus wird in den Abluftkanal eingedrungenes Erdreich 18 durch die Flüssigkeit 46 verflüssigt und kann dann einfach durch die Abluft aus dem Abluftkanal geblasen werden.

[0042] Nach Erreichen eines Zielpunkts 22, der sich beispielsweise in einer Zielgrube befindet, wird der Imlochbohrhammer 20 vom Gestänge 14 getrennt und das Gestänge wird gestängeabschnittsweise zum Startpunkt 16 zurückgezogen. Anschließend kann erforderlichenfalls der Bohrkanal 15 der Pilotbohrung mit Hilfe eines Aufweitkopfes in einem zweiten Bohrvorgang aufgeweitet werden.

[0043] Insbesondere bei losem Erdreich kann anstelle des Druckluftstroms mit Hilfe der Pumpe 42 auch Spülflüssigkeit durch das hohle Gestänge 14 und durch den Imlochbohrhammer 20 geführt werden, die am Bohrkopf 21 austritt und das vor dem Bohrkopf 21 befindliche Erdreich 18 zumindest zum Teil wegspült. Dadurch kann unterschiedliches Erdreich 18 mit Hilfe des Imlochbohrhammers 20 ohne Werkzeugwechsel durchdrungen werden und ein Bohrkanal 15 mit gewünschtem Verlauf hergestellt werden.

[0044] Eine Steuereinheit 50 des Horizontalbohrgeräts 12, insbesondere eine speicherprogrammierbare Steuereinheit (SPS), steuert die Druckluftherzeugungseinheit 30 und die Pumpe 42 zum Fördern der Spülflüssigkeit 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 Bohrkopf 21 austretenden Flüssigkeit 46 steuerbar ist. Ferner hat das Horizontalbohrgerät 12 vorzugsweise einen Drehantrieb zum Drehen des Gestänges 14 um eine Längsachse und einen 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 Imlochbohrhammer 20.

[0045] Figur 2 zeigt eine Darstellung eines mit einem Bohrgestänge 14 verbundenen Imlochbohrhammers 20 in einem Bohrkanal 15 gemäß einer ersten Ausführungsform. In Figur 3 ist dieser Imlochbohrhammer 20 ohne Bohrkanal 15 dargestellt. In den Figuren 2 und 3 ist der in den Figuren 1A und 1B lediglich schematisch dargestellte Imlochbohrhammer 20 detailliert dargestellt. Der Bohrkanal 15 ist in Figur 2 oben und unten jeweils durch zwei parallel verlaufende Linien dargestellt. Vor dem Bohrkopf 21 ist durch jeweils zwei parallel verlaufende Strichlinien der erwartete Verlauf des Bohrkanals 15 bei Fortsetzung der Bohrung dargestellt.

[0046] Der vordere erste Gehäuseabschnitt 26 ist mit Hilfe eines Verbindungsstücks 23 mit dem hinteren zweiten Gehäuseabschnitt 24 verbunden. Wie bereits erwähnt, ist im ersten Gehäuseabschnitt 26 das Schlagwerk des Imlochbohrhammers 20 mit dem Schlagkolben

angeordnet. Im zweiten Gehäuseabschnitt 24 ist ein Aufnahmebereich für eine Ortungssonde vorgesehen. Der Aufnahmebereich ist mit Hilfe eines Deckels verschließbar. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Bohrkopf 21 ein mit Hartmetallelementen bestückter Exzenterbohrkopf 21, der nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 4 und 5 noch näher erläutert wird. Bei anderen Ausführungsformen können auch andere Bohrköpfe 21 eingesetzt werden. Der Bohrkopf 21 ist drehfest mit den Gehäuseabschnitten 24, 26 und somit mit dem Bohrgestänge 14 verbunden.

[0047] Der seitliche Überstand des Exzenterbohrkopfs 21 ist auf derselben Seite, wie ein an einer durch das Verbindungselement 23 erzeugten Knickstelle zwischen den Gehäuseabschnitten 24 und 26. Der Kontaktbereich 64 stützt den Imlochbohrhammer 20 an der Wandung des Bohrkanals 15 ab, wobei durch die Drehung des Imlochbohrhammers 20 der Kontaktbereich 64 an der inneren Wandung des Bohrkanals 15 entlang bewegt wird und diese Wandung dabei kontaktiert.

[0048] Zwischen dem Bohrgestänge 14 und dem Imlochbohrhammer 20 ist ein Ausbläser 28 angeordnet, der zwei nach hinten in Richtung des Bohrgestänges 14 weisende Düsen hat, aus denen eine definierte Luftmenge austritt, die dazu dient, die abgebauten Cuttings in Richtung des Startpunkts 16 des Bohrkanals 15 zu bewegen.

[0049] Figur 4 zeigt eine perspektive Darstellung des Bohrkopfs 21 des Imlochbohrhammers 20 nach den Figuren 2 und 3. Der Bohrkopf 21 hat einen Schaft 32, der im vorderen ersten Gehäuseabschnitt 26 aufgenommen ist. Der Schlagkolben des Imlochbohrhammers schlägt bei Betrieb des Imlochbohrhammers 20 auf die hintere Stirnseite 33 des Schafts 32.

[0050] Am vorderen Ende des Schafts 32 schließt sich die Exzenterbohrkrone 34 an, die an ihrer Vorderseite mit einer Vielzahl von Hartmetallelementen, von denen eines mit dem Bezugszeichen 36 bezeichnet ist, bestückt ist. Ferner hat der Bohrkopf 21 vier Austrittskanäle 38a bis 38d, aus denen der Druckluftstrom nach dessen Nutzung zum Antrieb des Imlochbohrhammers 20 nach vorn austritt, wodurch die Abluft dazu genutzt wird, die mit Hilfe der Hartmetallelemente 36 vom Fels abgetragenen Cuttings aus dem Bohrbereich weg und am Imlochbohrhammer 20 vorbei zu blasen.

[0051] Figur 6 zeigt eine perspektivische Ansicht des Verbindungselements 23 zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt 26 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 24 des Imlochbohrhammers 20 nach den Figuren 2 und 3. Figur 7 zeigt eine Seitenansicht des Verbindungselements 23 und Figur 8 einen Längsschnitt des Verbindungselements 23. Das Verbindungselement 23 hat einen ersten Gewindeabschnitt 60 mit einem konischen Außengewinde und einen zweiten Gewindeabschnitt 66 mit einem konischen Innengewinde. Der erste Gehäuseabschnitt 26 hat an der dem Verbindungselement 23 zugewandten Seite ein zum Gewindeabschnitt 66 komplementäres Außengewinde und der zweite Gehäuseabschnitt 24 hat an seiner dem Verbindungselement 23 zu-

gewandten Vorderseite einen zum Gewindeabschnitt 60 komplementären Gewindeabschnitt mit einem Innengewinde. Das Verbindungselement 23 hat eine innere durchgehende Öffnung 62, durch die die von der Druckluft erzeugungseinheit 30 erzeugte und durch das Gestänge 14 und den Ausbläser 28 sowie durch den zweiten Gehäuseabschnitt 24 geleitete Druckluft hindurch strömt und dem ersten Gehäuseabschnitt 26 zugeführt wird. Die Längsachsen der Gewindeabschnitte 60, 66 schneiden sich in einem Winkel α , so dass durch das Verbindungselement 23 ein Knick zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt 26 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 24 vorhanden ist, wenn die Gehäuseabschnitte 24, 26 über das Verbindungselement 23 miteinander verbunden sind. An der Außenseite des Knicks ist ein Abriebschutz 64 vorgesehen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Abriebschutz 64 durch mit Hilfe eines Schweißverfahrens aufgetragenem Hartauftrag gebildet. Hierdurch wird der Abrieb des Oberflächenmaterials des Verbindungselements 23 beim Kontakt der äußeren Knickstelle des Verbindungselements 23 mit dem Bohrkana 15 verringert, so dass hohe Standzeiten des Verbindungselements 23 und des gesamten Imlochbohrhammers 20 erreicht werden.

[0052] Figur 9 zeigt eine perspektivische Darstellung des Ausbläfers 28, der wie im Zusammenhang mit den Figuren 2 und 3 erläutert, zwischen dem Bohrgestänge 14 und dem Imlochbohrhammer 20 angeordnet ist. Weitere Ausbläser 28 können in größeren Abständen auch zwischen Gestängeabschnitten angeordnet werden, so dass durch die an diesen Ausbläsern 28 austretende Luft die Cuttings in diesem Bereich nach hinten Richtung Startpunkt 16 durch den Bohrkana 15 geblasen werden.

[0053] Figur 10 zeigt eine Seitenansicht des Ausbläfers 28 nach Figur 9 und Figur 11 einen Längsschnitt des Ausbläfers 28. Der Ausbläser 28 hat einen ersten Gewindeabschnitt 68 mit einem konischen Innengewinde und einen zweiten Gewindeabschnitt 70 mit einem konischen Außengewinde sowie eine durchgehende innere Öffnung 80 zum Leiten des Druckluftstroms vom Gestänge hin zum Imlochbohrhammer 20. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel hat der Ausbläser zwei schräg nach hinten weisende Auslassdüsen 76, 78, deren Längsachse die Längsachse des Ausbläfers 28 in einem spitzen Winkel schneidet. Ferner sind in die Außenwand des Ausbläfers 28 zwei Flächen 72, 74 eingearbeitet, in die insbesondere zum Lösen des Ausbläfers 28 vom Gestänge 14 und vom Imlochbohrhammer 20 ein Werkzeug, insbesondere ein Maulschlüssel, eingreifen kann. Bei anderen Ausführungsformen kann der Ausbläser 28 nur eine Ausblasdüse oder mehr als zwei Ausblasdüsen haben, insbesondere drei oder vier Ausblasdüsen.

[0054] Figur 12 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Aufweitkopfs 80, der zum Aufweiten einer Pilotbohrung anstelle des Exzenterbohrkopfs 21 beim Imlochbohrhammer 20 eingesetzt werden kann. Der Aufnahmeschaft 82 des Aufweitkopfs 80 ist vorzugsweise identisch mit dem Aufnahmeschaft 32 des Bohrkopfs 21

nach den Figuren 4 und 5. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Aufweitbohrkrone 86 mit einer Vielzahl von Hartmetallelementen bestückt, von denen ein Hartmetallelement mit dem Bezugszeichen 88 beispielhaft bezeichnet ist. Die Aufweitbohrkrone 86 ist bei diesem Ausführungsbeispiel symmetrisch ausgebildet, wobei beim Aufweitvorgang der erste Gehäuseabschnitt 26 und der zweite Gehäuseabschnitt 24 des Imlochbohrhammers ohne das Verbindungselement 23 miteinander verbunden werden, so dass der Imlochbohrhammer 20 dann keinen Knick hat, sondern gerade ist. Vor der Aufweitbohrkrone 86 hat der Aufweitbohrkopf 80 ein zylindrisches Führungselement 84, an dessen Vorderseite mehrere Hartmetallelemente angeordnet sind, von denen ein Hartmetallelement beispielhaft mit dem Bezugszeichen 90 bezeichnet ist. Der zylindrische Führungsbereich 84 hat etwa denselben Außendurchmesser wie der mit Hilfe des Exzenterbohrkopfs 21 erzeugte Bohrkana 15 der Pilotbohrung, so dass durch den zylindrischen Führungsabschnitt 84 der Aufweitbohrkopf 80 bei einem Aufweitbohrvorgang dem Verlauf des Bohrkana 15 der Pilotbohrung folgt. Der Aufweitkopf 80 hat mindestens eine, vorzugsweise zwei, Abluftöffnungen zum Austritt der Abluft des Imlochbohrhammers 20, die in Figur 12 nicht dargestellt sind.

[0055] Bei anderen Ausführungsbeispielen können auch nicht symmetrische Aufweitbohrköpfe 80 eingesetzt werden. Auch ist es möglich, sowohl bei symmetrischen als auch bei asymmetrischen Aufweitköpfen 80 das Verbindungselement 23 weiterhin zu nutzen, so dass der erste Gehäuseabschnitt 26 und der zweite Gehäuseabschnitt 24 in einem Winkel α zueinander angeordnet sind. Der Winkel α hat einen Wert im Bereich zwischen 1° und 10° , vorzugsweise zwischen 1° und 4° , insbesondere 2° . Figur 13 zeigt eine Seitenansicht des Aufweitkopfs 80 nach Figur 12.

[0056] Figur 14 zeigt ein Blockschaltbild 100 eines Druckluft- und Flüssigkeitskreislaufs des Horizontalbohrgeräts 12 der Bohranlage 10 nach Figur 1a. Zum Durchführen von reinen Spülbohrungen ohne Betrieb des Imlochbohrhammers 20 wird aus dem Spülflüssigkeitstank 40 dem Eingang E1 Spülflüssigkeit 46 zugeführt. Die zugeführte Spülflüssigkeit 46 wird in einem LeitungsfILTER 102 von Schmutzpartikeln befreit und gelangt über einen motorisch betriebenen Kugelhahn 104 zur Pumpe 42. Beim Betrieb der Pumpe 42 und geöffnetem Kugelhahn 104 saugt die Pumpe 42 Spülflüssigkeit aus dem Behälter 40 an und fördert diese über einen Absperrhahn 108 und eine Winkeldrehverschraubung 110 am Ausgang A1 in das Bohrgestänge 14. Der Förderdruck der Pumpe 42 wird druckseitig mit Hilfe eines Drucktransmitters 106 erfasst. Mit Hilfe eines Drucktransmitters 118 wird weiterhin der Ansaugdruck der Pumpe 42 erfasst. Ferner umfasst die Anordnung einen Frostschutztank 112 zum Bereitstellen von Frostschutzmittel, der über eine Kugelhahnanordnung 114 mit der Saugseite der Pumpe 42 verbunden ist. Zwischen Kugelhahn 114 und der Pumpe 42 ist ein Rückschlagventil 116 angeordnet. Bei längerem Still-

stand der Bohrvorrichtung 12 im frostgefährdeten Bereich wird die Kugelhahnordnung 104 geschlossen und die Kugelhahnordnungen 108, 114 geöffnet, so dass beim Betrieb der Pumpe 42 Frostschutzflüssigkeit aus dem Frostschutztank 112 durch die Leitungen und die Pumpe 42 gefördert wird, so dass die Leitungen und die Pumpe 42 dann mit Frostschutzmittel gefüllt sind.

[0057] Beim Betrieb eines Imlochbohrhammers 20 wird über den Eingang E1 keine Spülflüssigkeit, sondern Wasser vorzugsweise mit einem Additiv, insbesondere einem Spezialpolymer, aus einem Tank 40 zugeführt. Zusätzlich erfolgt über einen Druckluftzweig 120 das Zuführen von einem Druckluftstrom über den Ausgang A1 in das Gestänge 14. Die Druckluft wird mit Hilfe der Druckluftherzeugungseinheit 30 erzeugt und über den Eingang E2 dem Druckluftzweig 120 zugeführt. Über ein motorisch betriebenes Dreiwegeventil 122 wird der Druckluftstrom über einen Hochdrucksperrhahn 128 und ein T-Stück 130 zur Winkeldrehverschraubung 110 dem Ausgang A1 und somit dem Bohrgestänge 14 zugeführt. Zum Erfassen des Luftdrucks ist ein Drucktransmitter 126 vorgesehen. Zum Anhalten des Imlochbohrhammers 20 wird das motorisch betriebene Dreiwegeventil 122 umgesteuert, so dass der über den Eingang E2 zugeführte Druckluftstrom über einen Schalldämpfer 124 in die Umgebung entweicht. Die Druckluft am Ausgang A1 hat zum Betrieb des Imlochbohrhammers 20 einen Wert im Bereich zwischen 10 bar und 24 bar. Am T-Stück 130 sind der Wasserkreislauf und der Luftkreislauf verbunden, wobei am T-Stück 130 in den Druckluftstrom bei Felsbohrungen die über den Eingang E1 zugeführte Flüssigkeit zugeführt wird. Hierbei wird die Pumpe 42 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert, dass sie nur eine geringe Flüssigkeitsmenge fördert, vorzugsweise eine Förderleistung von 3 l/min bis 5 l/min hat, wohingegen sie für Horizontalbohrungen im Mischerdreich 18 durch die Steuereinheit 50 derart angesteuert wird, dass sie 40 l/min bis 100 l/min, insbesondere 60 l/min, Spülflüssigkeit 46 fördert. Der Luftvolumenstrom der Druckluft liegt im Bereich zwischen 5 m³/min und 15 m³/min, abhängig vom eingesetzten Imlochbohrhammer 20.

[0058] Figur 15 zeigt eine Darstellung eines mit dem Bohrgestänge 14 verbundenen Imlochbohrhammers 200 in dem Bohrkanal 15 gemäß einer zweiten Ausführungsform. Der Imlochbohrhammer 200 nach Fig. 15 unterscheidet sich von dem Imlochbohrhammer 20 nach Figur 2 ff. dadurch, dass zusätzlich zum Verbindungsstück 23 zwischen den Gehäuseabschnitten 24, 26 ein zweites Verbindungsstück 123 zwischen dem Ende des Gestänges 14 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 24 bzw. zwischen dem Ausbläser 28 und dem zweiten Gehäuseabschnitt 24 vorgesehen ist. Auch das Verbindungselement 123 erzeugt eine Knickstelle zwischen dem zweiten Gehäuseabschnitt 26 und dem Gestänge 14 und hat einen abriebfesten Kontaktbereich 164, durch den der Imlochbohrhammer 200 an der Wandung des Bohrkanals 15 abgestützt wird, wobei durch die Drehung des Imlochbohrhammers 22 die Kontaktbereiche 64, 164

an der inneren Wandung des Bohrkanals 15 entlang bewegt werden und diese Wandung dabei kontaktieren. Durch die beiden Verbindungselemente 23, 123 wird der Imlochbohrhammer 200 sowohl gegenüber dem Gestänge 14 mit Hilfe des Verbindungselements 123 als auch in sich zwischen den Gehäuseabschnitten 24 und 26 abgelenkt, wobei der Gesamtwinkel zwischen der Längsachse des Gestänges 14 und dem ersten Gehäuseabschnitt 26 sich zusammensetzt aus dem Winkel der Verbindungselemente 123 und 23, wobei zumindest im Bereich des Imlochbohrhammers 200 die Längsachse des Gestänges 14, die Längsachse des zweiten Gehäuseabschnitts 24 und die Längsachse des ersten Gehäuseabschnitts 26 in einer Ebene liegen.

[0059] Vorzugsweise bewirken die Verbindungselemente 23, 123 denselben Winkel zwischen den durch das jeweilige Verbindungselement verbundenen Gehäuseabschnitten 24, 26 bzw. Gestänge 14. Dieser Winkel liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 0,5° bis 5°, vorzugsweise im Bereich von 0,5° bis 2°, insbesondere von 1° bis 2°. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verbindungselemente 23, 123 identisch aufgebaut sind, so dass die Herstellungskosten und der Aufwand zum Vorhalten von Ersatzteilen gering ist. Insbesondere der zweite Gehäuseabschnitt 24 kann bei anderen Imlochbohrhammern eine andere Länge im Verhältnis zum ersten Gehäuseabschnitt 26 haben. Der Abschnitt zwischen den beiden Verbindungselementen 123, 23 liegt im Bereich zwischen 50 % und 150 % der Länge des ersten Gehäuseabschnitts 26, in dem das Schlagwerk des Imlochbohrhammers 200 angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen einer Bohrung im Erdreich, mit einem Imlochbohrhammer (20), mit einer Druckluftherzeugungseinheit (30) zum Erzeugen eines Druckluftstroms zum Antrieb des Imlochbohrhammers (20), und mit einem hohlen Gestänge (14), dessen erstes Ende mit dem Imlochbohrhammer (20) verbunden ist, wobei dem anderen zweiten Ende des Gestänges (14) zumindest ein Teil des Druckluftstroms zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Druckluftstrom eine Flüssigkeit (46) zugesetzt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Antriebseinheit zum Antrieb des Gestänges (14) zur Antriebseinheit hin oder von der Antriebseinheit weg und/oder zur Drehung des Gestänges (14) um dessen Längsachse hat.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem zweiten Ende des Gestänges (14) abhängig vom Be-

triebsmodus wahlweise entweder der Druckluftstrom mit zugesetzter Flüssigkeit (46) oder eine Spülflüssigkeit zuführbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) mindestens eine Pumpe (42) zum Fördern der Flüssigkeit (46) in den von der Druckluft erzeugungseinheit (30) erzeugten Druckluftstrom und/oder zum Fördern der Spülflüssigkeit in das hohle Gestänge (14) hat. 5
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (42) einen maximalen Förderdruck im Bereich zwischen 50 bar und 150 bar, insbesondere 75 bar oder 100 bar, erzeugt und/oder zum Fördern der Flüssigkeit (46) in den Druckluftstrom einen Flüssigkeitsvolumenstrom im Bereich von 0,25 Liter pro Minute bis 30 Liter pro Minute, vorzugsweise im Bereich von 3 Liter pro Minute bis 8 Liter pro Minute, und/oder zum Fördern der Spülflüssigkeit in das Gestänge (14) einen Flüssigkeitsvolumenstrom im Bereich von 50 Liter pro Minute bis 2000 Liter pro Minute, vorzugsweise von 50 Liter pro Minute bis 400 Liter pro Minute, erzeugt. 10 15 20 25
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gestänge (14) ein aus mehreren rohrförmigen Gestängeabschnitten zusammengesetztes Bohrgestänge (14) ist. 30
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (50) den von der Pumpe (42) erzeugten Flüssigkeitsvolumenstrom direkt proportional, vorzugsweise linear, zu dem durch das Gestänge strömenden Druckluftvolumenstrom ändert. 35
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flüssigkeit (46) und/oder die Spülflüssigkeit Wasser ist, wobei vorzugsweise dem Wasser der Flüssigkeit (46) ein Polymer zugesetzt ist und/oder wobei die Spülflüssigkeit Bentonit und Wasser umfasst. 40 45
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Imlochbohrhammer (20) einen Arbeitskopf (21, 80), ein Gehäuse (24, 26) und eine im Gehäuse (26) angeordnete pneumatische Schlageinheit umfasst, wobei im Arbeitskopf (21, 80) mindestens ein Austrittskanal zum Abführen des zum Antrieb des Imlochbohrhammers (2) genutzten Druckluftstroms vorhanden ist, wobei das Gehäuse (24, 26) drehfest mit dem Gestänge (14) verbunden ist, wobei dem Imlochbohrhammer (20) der Druckluftstrom über das Gestänge (14) zuführbar ist. 50 55

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Austrittskanal eine Austrittsöffnung an der in Vorschubrichtung des Imlochbohrhammers (20) weisenden Vorderseite hat.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitskopf (21, 80) eine mit Hartmetallelementen bestückte Bohrkronen umfasst.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitskopf vorzugsweise ein runder Exzenterbohrkopf (21) mit einer Exzenterbohrkronen oder ein Aufweitbohrkopf (80) mit einer Aufweitkronen ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Imlochbohrhammer (20) einen vorderen ersten im wesentlichen zylindrischen Gehäuseabschnitt (26) und einen mit dem ersten Gehäuseabschnitt (26) fest verbundenen zweiten Gehäuseabschnitt (24) hat, wobei sich die Längsachse des ersten Gehäuseabschnitts (26) und die Längsachse des zweiten Gehäuseabschnitts (24) in einem Winkel im Bereich von 1° bis 10°, vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 1° bis 4°, schneiden, und/oder wobei sich die Längsachse des zweiten Gehäuseabschnitts (26) und die Längsachse des Gestänges (14) in einem Winkel im Bereich von 0,5° bis 5°, vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 1° bis 2°, schneiden.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Bohrgestänge (14) und dem Imlochbohrhammer (20) ist ein Ausbläser (28) angeordnet, der mindestens eine nach hinten in Richtung des Bohrgestänges (14) weisende Düse (76, 78) hat, und/oder nach Anspruch 13, dass zwischen dem ersten Gehäuseabschnitt (26) und dem zweiten Gehäuseabschnitt (24) ein Ausbläser (28) angeordnet ist, der mindestens eine nach hinten in Richtung des Bohrgestänges (14) weisende Düse (76, 78) hat.
15. Verfahren zum Erzeugen einer Bohrung im Erdreich, bei dem ein Druckluftstrom zum Antrieb eines Imlochbohrhammers (20) erzeugt und dem Imlochbohrhammer (20) über ein hohles Gestänge (14) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Druckluftstrom eine Flüssigkeit (46) zugesetzt wird.

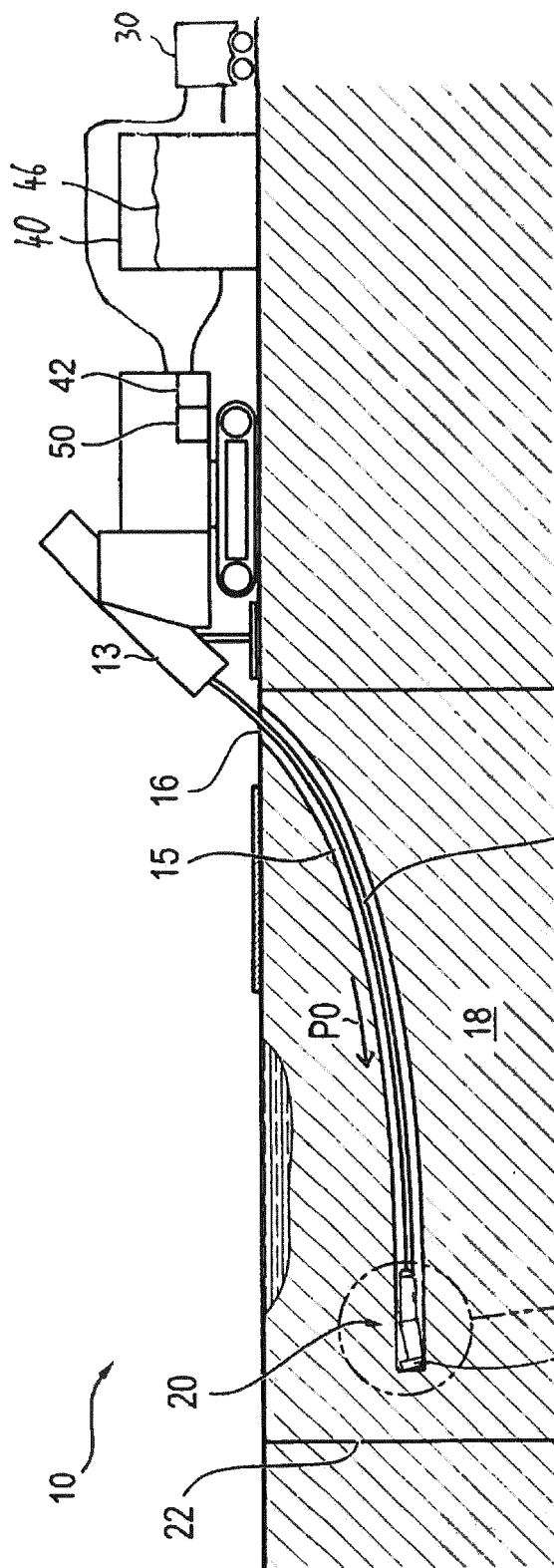


FIG. 1A

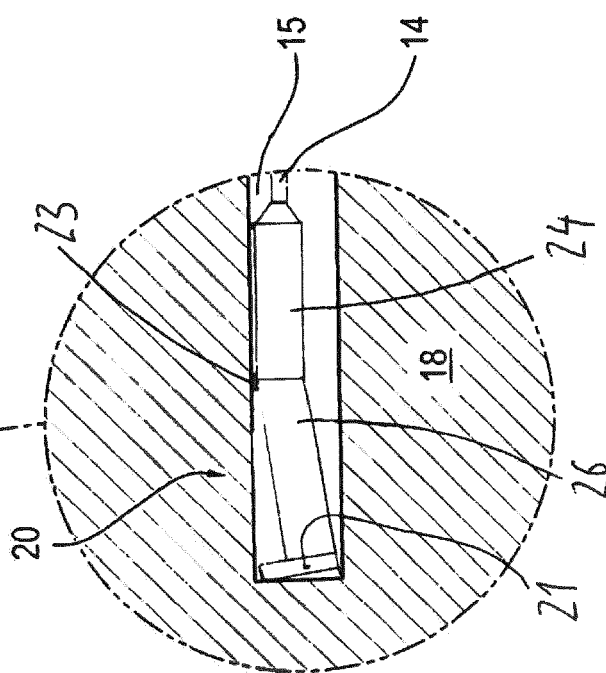
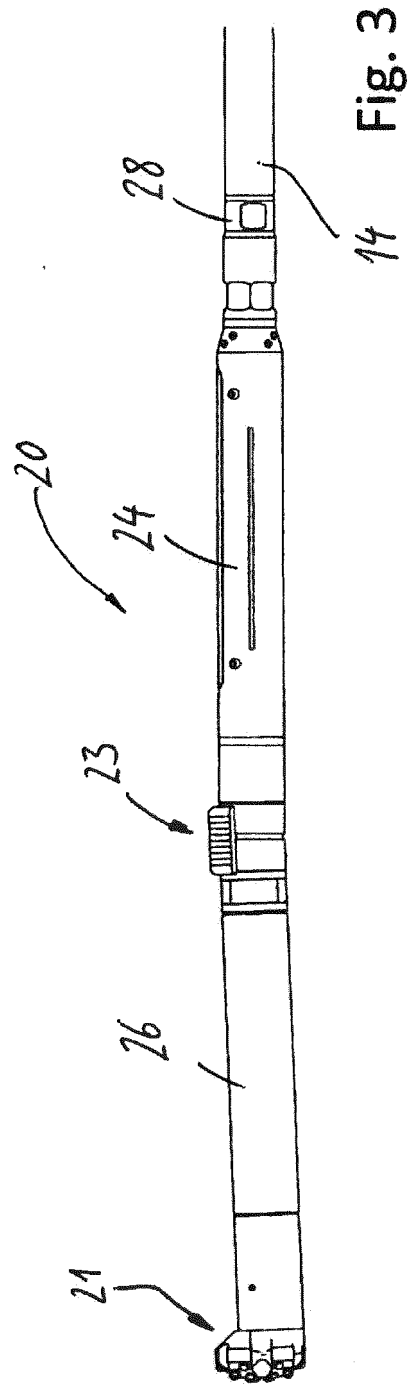
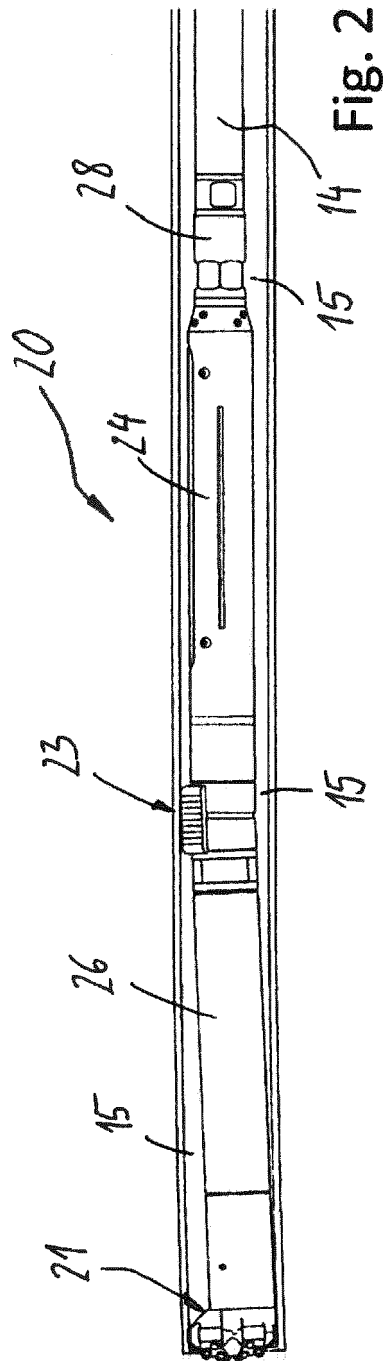


FIG. 1B



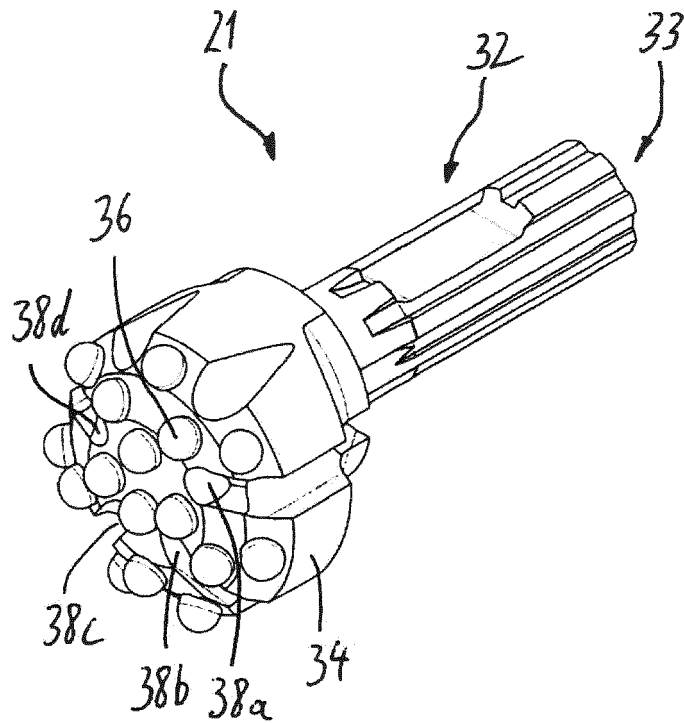


Fig. 4

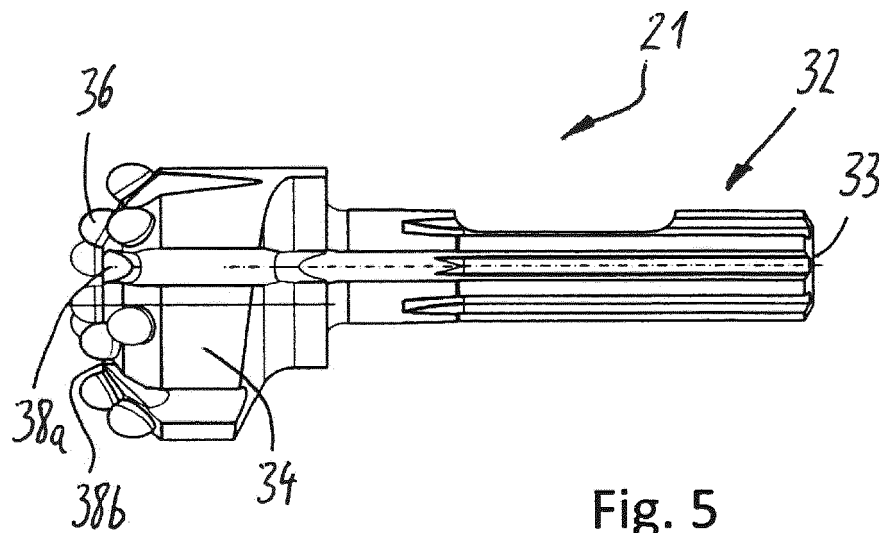


Fig. 5

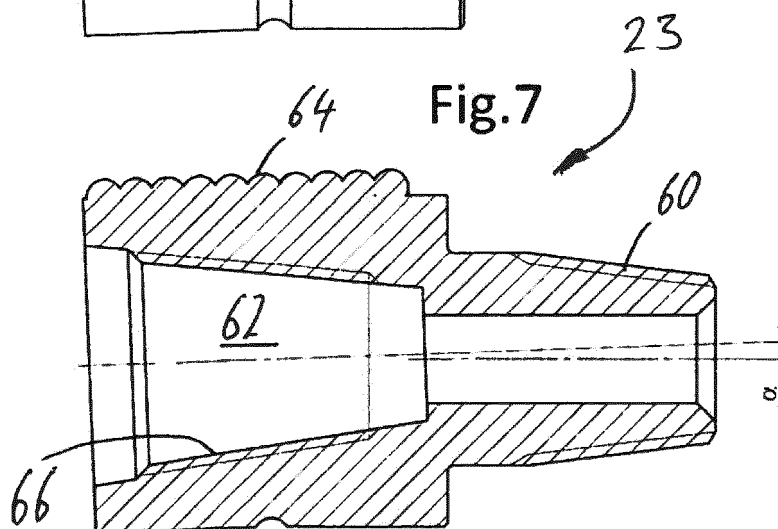
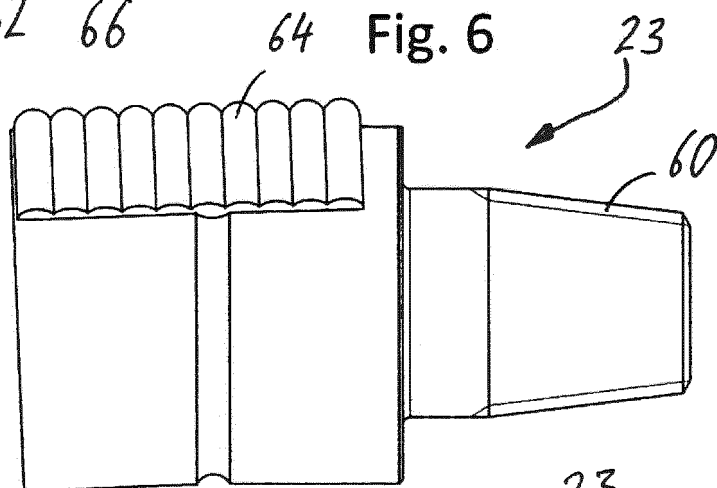
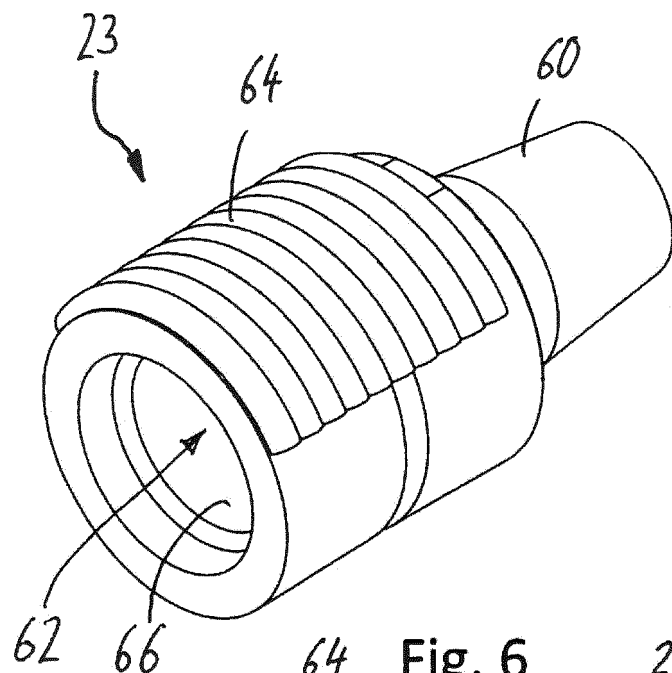


Fig. 8

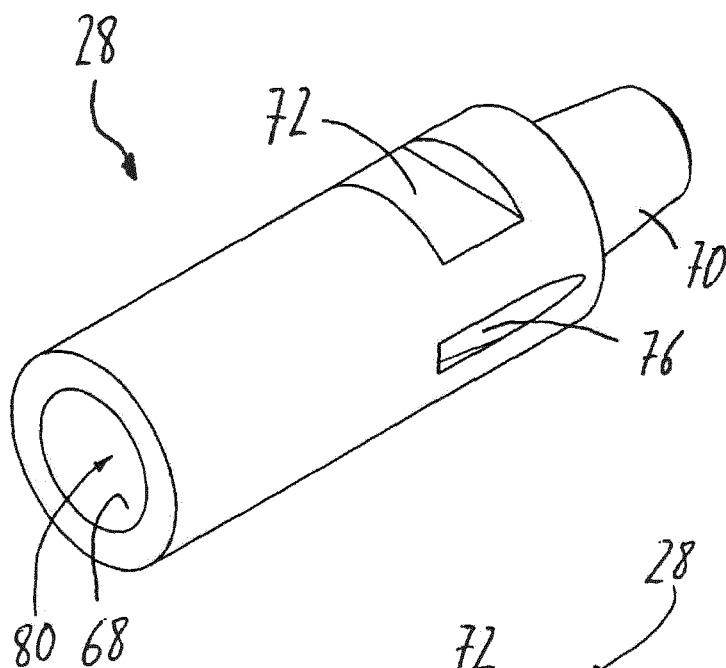


Fig. 9

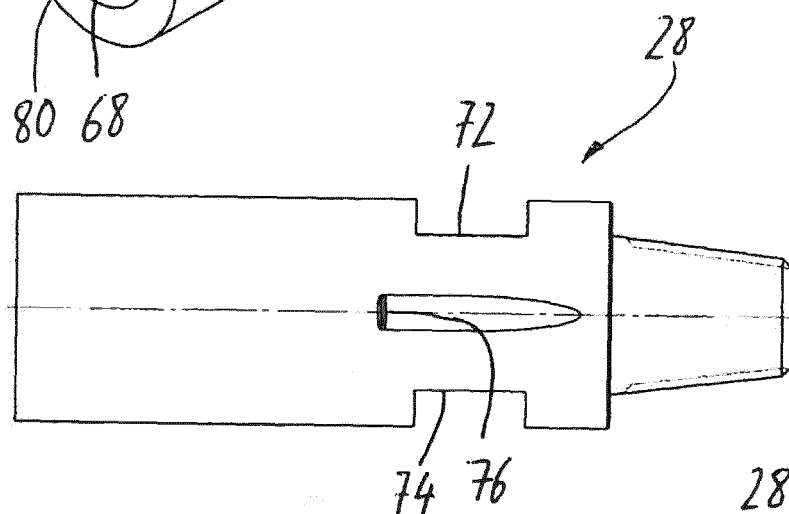


Fig. 10

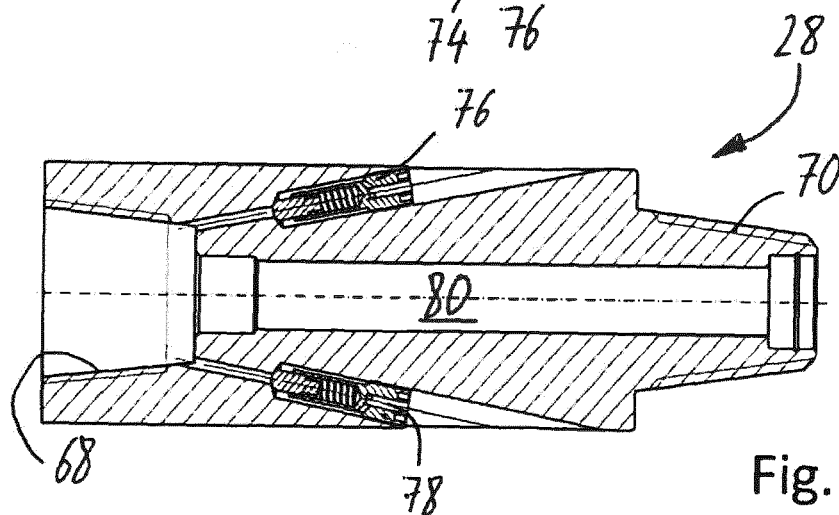
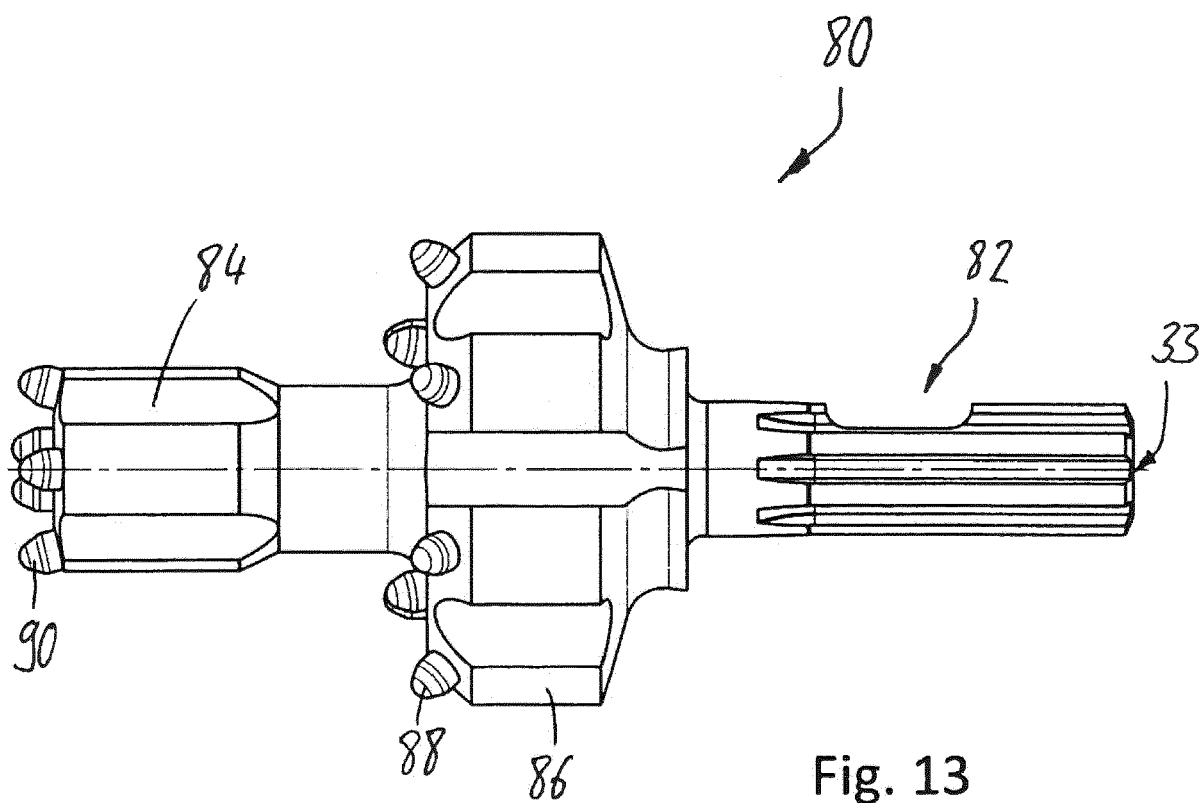
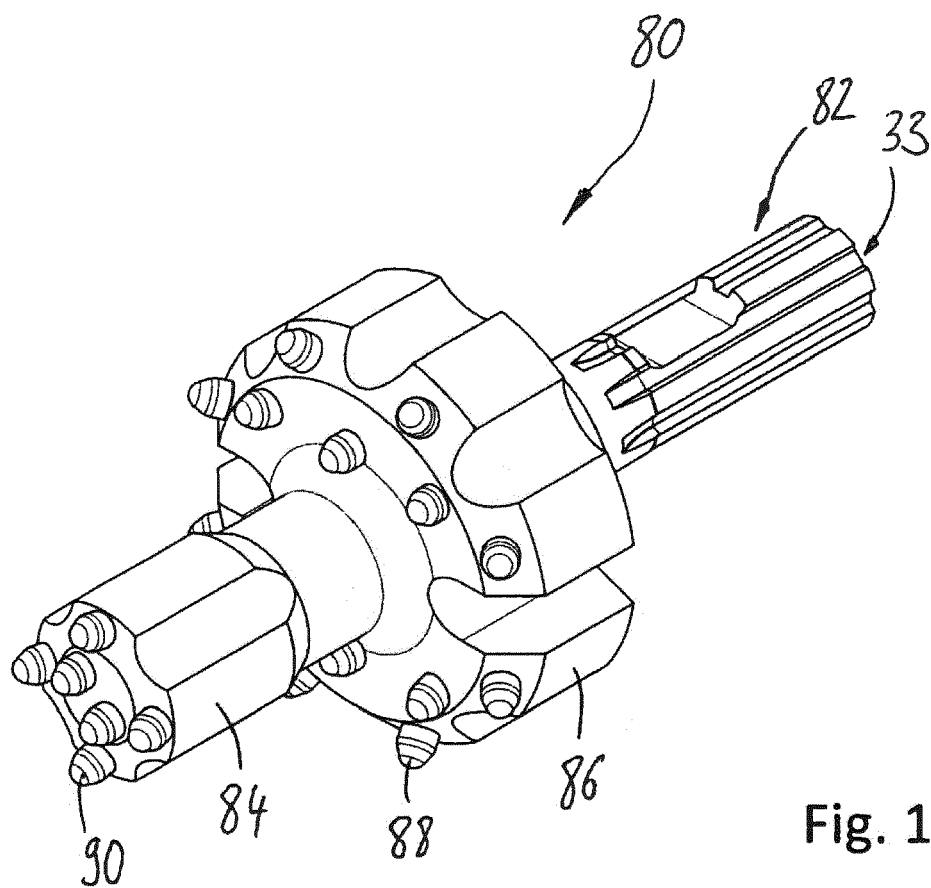
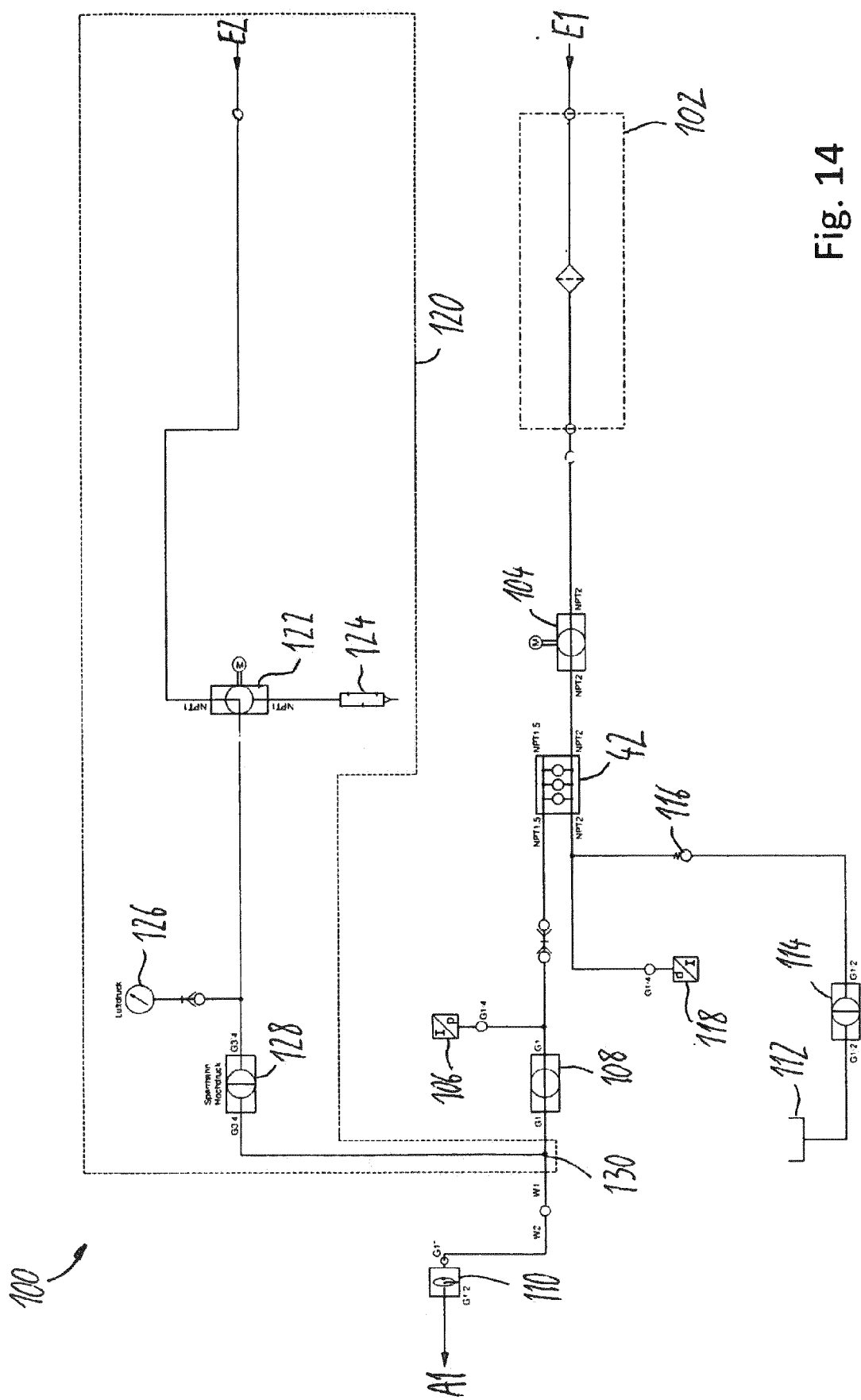


Fig. 11





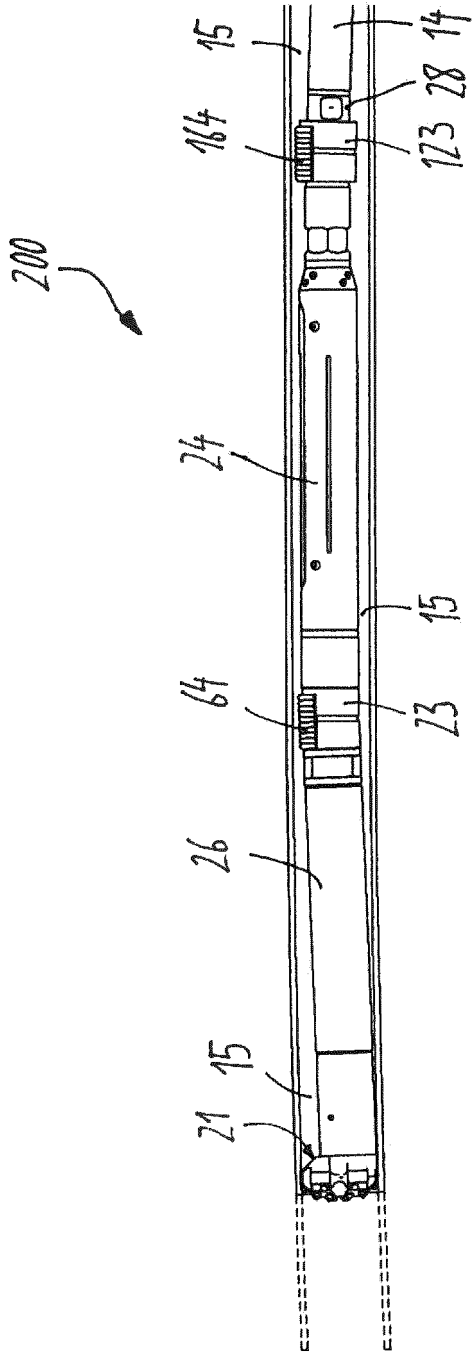


Fig. 15



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 15 6269

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	US 4 474 252 A (THOMPSON FARISH R [US]) 2. Oktober 1984 (1984-10-02) * Zusammenfassung * * Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 64 * * Spalte 5, Zeilen 11-28 * * Abbildungen 1-3 *	1,2,4-9, 14	INV. E21B4/14
X	US 2011/031018 A1 (MONTGOMERY MICHAEL E [US]) 10. Februar 2011 (2011-02-10) * Zusammenfassung * * Absätze [0035] - [0040], [0046] - [0048], [0050] - [0055] * * Anspruch 1 * * Abbildungen 1,3,4 *	1-13,15 14	
Y	US 2018/269664 A1 (PETERS MARC [DE] ET AL) 20. September 2018 (2018-09-20) * Absatz [0040] * * Abbildung 3a *	14	
X	US 6 125 952 A (BECCU RAINER [US] ET AL) 3. Oktober 2000 (2000-10-03) * Spalte 1, Zeilen 10-25 * * Spalte 2, Zeilen 41-59 *	1,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E21B
X	JP 2019 090207 A (TOMIDA CO LTD) 13. Juni 2019 (2019-06-13) * Zusammenfassung * * Absätze [0019] - [0021] * * Abbildungen 1-2 *	1,14	
X	JP 3 631705 B2 (FUJII TOSHIHIKO) 23. März 2005 (2005-03-23) * Zusammenfassung * * Abbildung 3 *	1,14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 14. Juni 2021	Prüfer Schouten, Adri
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 Patentedokument, 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 21 15 6269

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.

14-06-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4474252 A	02-10-1984	KEINE	
US 2011031018 A1	10-02-2011	US 2011031018 A1	10-02-2011
		US 2012247837 A1	04-10-2012
		WO 2011016914 A1	10-02-2011
US 2018269664 A1	20-09-2018	AU 2016272983 A1	14-12-2017
		AU 2019253829 A1	14-11-2019
		BR 112017025315 A2	31-07-2018
		CA 2986951 A1	08-12-2016
		CN 107667203 A	06-02-2018
		DE 102016109830 A1	01-12-2016
		DE 202016008021 U1	30-01-2017
		EP 3303753 A1	11-04-2018
		RU 2017146746 A	02-07-2019
		US 2018269664 A1	20-09-2018
		WO 2016192844 A1	08-12-2016
US 6125952 A	03-10-2000	KEINE	
JP 2019090207 A	13-06-2019	KEINE	
JP 3631705 B2	23-03-2005	JP 3631705 B2	23-03-2005
		JP 2003056271 A	26-02-2003

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

- EP 0851091 A2 [0002]
- EP 2957710 B1 [0002]
- EP 2085566 B1 [0002]
- DE 10115233 A1 [0003] [0033]