



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 011 775 T2** 2008.06.05

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 644 671 B1**

(51) Int Cl.⁸: **F24J 3/08** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 011 775.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB2004/002552**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 736 768.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/003648**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.06.2004**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **13.01.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.04.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.02.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.06.2008**

(30) Unionspriorität:

613511 03.07.2003 US

(73) Patentinhaber:

**Enlink Geoenergy Services, Inc., Houston, Tex.,
US**

(74) Vertreter:

Kador & Partner, 80469 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR**

(72) Erfinder:

JOHNSON, Jr. Howard, Kennesaw, GA 30144, US

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ERDWÄRMESONDE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Konstruieren bzw. Erstellen eines Geothermie-Wärmetauschers.

[0002] Der Geothermie-Wärmetauscher verwendet die Erde als Wärmequelle oder Wärmesenke. Mittels eines Wärmetauscherfluids, das durch ein in der Erde vergrabenes Rohr fließt, kann Wärme in das Fluid oder aus diesem strömen. Das Fluid kann z. B. verwendet werden, um einen Raum in einem Gebäude zu heizen oder zu kühlen.

[0003] Die Energieeffizienz einer Geothermie-Wärmepumpe (GHP) oder eines Austauschersystems ist wesentlich besser als von herkömmlichen Alternativen zum Heizen, Belüften und Klimatisieren (HVAC) wie z. B. Luft-Wärmepumpen, Erhitzer, Kühler, Heizöfen, Kühltürme usw. Eine Geothermie-Wärmepumpe kann häufig etwa 50% der Energie einsparen, die zum Betreiben eines herkömmlichen HVAC-Systems zum Heizen und Kühlen des gleichen Raums erforderlich ist.

[0004] Ein Grund, warum diese energieeffiziente GHP-Heiz-/Kühltechnologie nicht umfangreicher angewendet wird, besteht darin, dass die Kosten der anfänglichen Installation gewöhnlich höher sind als für herkömmliche HVAC-Systeme. Häufig dienen 50% und mehr der Installationskosten eines GHP-Systems zum Konstruieren eines oder mehrerer Geothermie-Wärmetauscher im Boden. Trotz der finanziellen Einsparung, die beim Heizen/Kühlen eines Raums mit der GHP-Technologie zur Verfügung steht, kann es mehrere Jahre dauern, bis die Installationskosten zurückgewonnen werden. Es ist deswegen wünschenswert, dass die Installationskosten möglichst gering gehalten werden, so dass die GHP-Technologie in größerem Umfang berücksichtigt und ausgewählt wird.

[0005] Das Konstruieren eines Geothermie-Wärmetauschers umfasst das Bohren eines Bohrlochs im Boden und das Installieren einer Wärmeschleife darin. Die Wärmeschleife wird an der Verwendungsstelle für einen effizienten Wärmeübergang von dem umgebenden Boden oder in diesen mit einem wärmeleitenden Medium eingegossen. Wenn die geologischen Bedingungen jedoch ungewöhnlich schwierig sind, können die Bohr- und Fertigstellungskosten dramatisch ansteigen und die Installationskosten des Geothermie-Wärmepumpensystems werden unerschwinglich hoch.

[0006] Typischerweise wird ein Bohrloch bis zu einer Tiefe im Bereich von etwa 46 m bis 153 m (150 bis 500 Fuß) und mit einem kleinen Durchmesser (gewöhnlich 0,02 m (0,75 Zoll) bis 0,03 m (1,25 Zoll)) gebohrt, eine Schleife aus Polyethylenrohr wird ein-

gesetzt und die Schleife wird an der Verwendungsstelle eingegossen. Anschließend werden Rohrgräben zwischen mehreren derartigen Bohrlochern gegraben und die Bodenschleifenenden werden zusammen parallel mit einem gemeinsamen Kopfstück verbunden und dann an Wärmepumpen angeschlossen. Dann wird bewirkt, dass Wasser durch dieses geschlossene Schleifensystem zirkuliert, und Wärme wird von dem Boden absorbiert oder an diesen abgegeben, wie es die Wärmepumpen erfordern. Wenn die so genannte Technologie der Wärmepumpe mit "Direktaustausch" verwendet wird, werden häufig Kupfer-Kühlmitteleitungen in direktem Kontakt mit dem Boden angeordnet und der Wärmeaustausch erfolgt direkt mit dem Boden anstelle eines sekundären Wärmeaustausches zwischen Wasser und Kühlmittel. Sowohl die Systeme der Technologie der Wärmepumpe mit "Wasserquelle" als auch die Technologie der Wärmepumpe mit Direktaustausch stehen zur Verfügung. Beide Systeme sind in Bezug auf die Probleme des Bohrens und der Fertigstellung mit den Bodenwärmetauschern ähnlich.

[0007] Ein typischer Entwurf eines Bodenschleifen-Wärmetauschers für eine kleine Schule könnte das Bohren von etwa 100 Löchern, jedes mit einer Tiefe von etwa 91 m (300 Fuß) erfordern, wobei eine große Schule z. B. etwa 1000 derartige Löcher erfordern könnte. Hohe Bohrgeschwindigkeiten und eine durchgehende Produktion sind bevorzugt, um die Kosten des Bodenwärmetauschers niedrig zu halten. Ein Typ der Bohranordnung, der zum Aufbau eines Geothermie-Wärmetauschersystems verwendet wird, erzeugt eine große Anzahl von Löchern, die verhältnismäßig tief sind. Eine schnelle Aktivierung und Einrichtung zwischen eng beabstandeten Löchern, hohe Bohrgeschwindigkeiten bei der Durchdringung und eine Lochstabilität sind wesentlich. Die Bohrtechnologie, die bei anderen Bohrdisziplinen verwendet wird, ist jedoch nicht sehr geeignet oder optimiert für derartige Geothermie-Anwendungen. Steinbruchbohren, seismisches Bohren und Tiefbaubohren erfordern jeweils eine große Anzahl von Löchern in einem verhältnismäßig kompakten geographischen Bereich, die benötigten Löcher haben jedoch eine verhältnismäßig geringe Tiefe von häufig weniger als etwa 30 m (100 Fuß). Für Unterwasserförderbohrungen und geotechnische Erkundungsbohrungen werden die Löcher tiefer gebohrt, haben jedoch eine verhältnismäßig geringe Anzahl. Bei den Hilfsoperationen wie z. B. Probennahme, Aufzeichnung, Einstellung von Pumpen, Installation von Steuer- und Überwachungsrichtungen usw. ist die Geschwindigkeit, mit der Unterwasserförderquellen oder umweltverträgliche Förderbohrungen gebohrt werden, weniger wichtig als bei Geothermie-Projekten.

[0008] Außerdem werden viele Bohrtürme gewöhnlich entworfen, um in lediglich einem speziellen Formationstyp optimal zu bohren. Lockere Formationen

wie z. B. Sand-/Ton-/Kiesformationen werden gewöhnlich am besten unter Verwendung von Schlammbohrtechniken gebohrt. Das Schlammbohrsystem verwendet ein Schlammgemisch-/Zirkulationssystem, das Duplex- oder Triplex-Schlammumpen enthält. Das Bohrschlamm-Zirkulationssystem transportiert den gebohrten Abraum aus dem Bohrloch und dient außerdem zur Unterstützung, das gebohrte Loch vor dem Einstürzen zu bewahren. Wenn harte oder felsige Bedingungen angetroffen werden, wird der Bohrfortschritt bedeutend verlangsamt. Wenn äußerst instabile Bodenbedingungen angetroffen werden, muss das Schlammgewicht sorgfältig geregelt werden, um den Einsturz des Lochs zu verhindern und/oder zu verhindern, dass ein "Ausspülen" oder übermäßiges Aushöhlen auftritt.

[0009] Eine ständige Schlammregulierung kann dann der Bohrfortschritt bedeutend verlangsamen. Die Förderrate bei Schlammbohranwendungen kann stark schwanken und wird von der Formationsgeologie und durch die Expertise der Bohrfirma beeinflusst. Die Bohrfirma muss wissen, wann der Bohrschlamm verdünnt, verdickt oder schwerer gemacht werden muss, welche Bohrkronen ausgewählt werden müssen, welche Drehzahl zu verwenden ist, welche Zirkulationsdauer ausreichend ist, welche Zusätze dem Schlamm zugegeben werden müssen und welche Tiefenvorschubkraft anzuwenden ist usw. Diese Variablen können sich wesentlich ändern, wenn sich die Lithologie mit zunehmender Tiefe verändert. Außerdem kann das Schlammbohren den Wärmewiderstand des Bohrlochs im Bereich in der Nähe des Bohrlochs durch das Ausbilden eines Wandkuchens aus thermisch schwach leitendem Betonit-Bohrschlamm bedeutend ändern, deswegen müssen zusätzliche Löcher gebohrt werden.

[0010] Im anderen Extrem werden harte Formationen wie z. B. Kalkstein, Sandstein, Granit usw. gewöhnlich am wirtschaftlichsten mit Bohrlochhämmern gebohrt, die durch mit Druck beaufschlagter Luft angetrieben werden. Selbst dann, wenn die Bohrbedingungen überwiegend felsig sind, gibt es gewöhnlich eine Schicht aus nicht verfestigtem Deckgebirge (z. B. Sand, Ton, Kies) auf der Oberseite des Felses, die durchdrungen und stabilisiert werden muss, bevor die Bohrlochhämmer effektiv beginnen können, den Fels zu bohren. Wenn das Deckgebirge sehr weich oder instabil ist, muss der obere Abschnitt des Bohrlochs mit einem Futterrohr, das gewöhnlich aus Stahl ist, wenigstens über eine Tiefe bis zum Fels unterstützt werden. Wenn das Deckgebirge nicht stabilisiert ist, erodiert der obere Abschnitt des Bohrlochs oder wird "ausgewaschen", wenn der Fels gebohrt wird, was in extremen Fällen ein Umstürzen des Bohrturms bewirkt. Die Ausgaben für das herkömmlichen Bohren und Stabilisieren des Deckgebirges hat die Kosten vieler Geothermie-Projekte unerschwinglich hoch werden lassen.

[0011] Ein Geothermie-Bohrloch muss lediglich vorübergehend ausgefüllt werden. Nachdem das Wärmetauscherrohr eingesetzt und an der Verwendungsstelle eingegossen wurde, kann das Futterrohr entfernt werden. Eine dauerhafte Ausfütterung ist nicht nur teuer, sondern kann außerdem den thermischen Übergang von Wärme zwischen dem Wärmetauscherrohr und dem Boden verhindern. Selbst dann, wenn Karussells oder Magazine die Bohrröhre automatisch handhaben, wird ein Futterrohr häufig unter Verwendung von Schlingen, Seilen und Kabeln manuell gehandhabt. Bei vielen Fütterungsoperationen werden die Futterrohrabschnitte miteinander verschweißt, während sie in das Bohrloch geschoben werden, und mit einem Schweißbrenner getrennt, wenn sie aus dem Bohrloch herausgezogen werden. Neben der Tatsache, dass dies eine physisch anstrengende Tätigkeit ist, die zusätzliche Arbeit erfordert, ist der Prozess der Zuführung schwerer und sperriger Futterrohre für das Personal gefährlich. Die Logistik der Handhabung der Futterrohre an der Oberfläche bedingt gewöhnlich die Verwendung zusätzlicher Oberflächenausrüstungen wie z. B. Gabelstapler, Kräne, Kranfahrzeuge usw., wodurch zusätzliche Miet- und Arbeitskosten für Ausrüstungen entstehen.

[0012] Einem erfahrenen Bohrpersoneel ist es allgemein bekannt, dass das Stabilisieren eines Bohrlochs unter Verwendung von Stahl und anderen Ausfütterungen eine zuverlässige Möglichkeit ist, die Integrität des Bohrlochs sicherzustellen. Es ist jedoch ebenfalls allgemein bekannt, dass Stahlfutterrohre das teuerste Verfahren zum Stabilisieren eines Bohrlochs sind, und wegen ihrer hohen Kosten wird die Ausfütterung lediglich als ein Verfahren des letzten Auswegs verwendet. Eine übliche Praxis der Installation eines Futterrohrs besteht darin, ein Bohrloch mit herkömmlichen Mitteln zu bohren und dann das Futterrohr in das vorgebohrte Loch einzusetzen. Bei diesem Verfahren wird vorausgesetzt, dass das Loch ausreichend lange bestehen bleibt, um das Futterrohr bis zur gewünschten Tiefe einzusetzen. Wenn die Geologie jedoch sehr instabil ist, was häufig der Hauptgrund für das Einsetzen eines Futterrohrs ist, kann das vorgebohrte Loch einstürzen, bevor das Einsetzen des Futterrohrs beendet werden kann. Um diesen Zustand auszugleichen, wurden viele Bohrprozeduren und Spezialwerkzeuge entwickelt. Eines der wohlbekannten Konzepte ist das gleichzeitige Bohren während der Ausfütterung, bei dem das Futterrohr vorgeschoben wird, wenn das Loch gebohrt wird. Bei einigen Systemen nach dem Stand der Technik werden zwei Gruppen von Rohren mit unterschiedlichen Durchmessern, d. h. ein Bohrrrohr und ein Futterrohr ineinander liegend gleichzeitig vorgeschoben. Häufig werden zwei unabhängige Drehbohrkopfmechanismen verwendet, die jeweils das Futterrohr und das Bohrrrohr in entgegengesetzte Richtungen drehen, wobei sich die Drehköpfe längs

eines gemeinsamen Bohrmastes unabhängig voneinander in Längsrichtung bewegen können. Es kann eine komplexe Aufgabe sein, das Bohrrohr wirkungsvoll in das Futterrohr einzusetzen, beide an zwei getrennten Bohrköpfen anzuordnen, die Rohre mit unterschiedlichen Durchmesserabmessungen festzuklemmen, während die Gewindeverbindungen hergestellt und/oder getrennt werden, und das Rohr und das Futterrohr in entgegengesetzten Richtungen zu drehen, während sie unabhängig voneinander aufwärts und abwärts bewegt werden. Der Prozess ist inhärent kostenaufwendig, da die Maschine sehr kompliziert ist und zusätzliche Tätigkeiten und Ausrüstungen erforderlich sind, um das Rohr und das Futterrohr zu handhaben. Obwohl die Bohrungsfertigung zuverlässig, vorhersagbar und schnell ist, ist sie im Vergleich mit dem Verfahren, bei dem zuerst ein Loch gebohrt und anschließend das Futterrohr eingesetzt wird, trotzdem im Vergleich zum Bohren ohne Futterrohr verhältnismäßig langsam.

[0013] Ein weiteres Verfahren nach dem Stand der Technik zum Einrichten eines Futterrohrs verwendet eine Futterrohrsramme, um das Futterrohr in den Boden zu rammen. Nachdem das Futterrohr an der Verwendungsstelle eingerammt wurde, wird der Boden innerhalb des Futterrohrs ausgebohrt. Infolge des raschen Aufbaus einer Oberflächenreibung zwischen dem Boden und dem Futterrohr, der physikalischen Beschränkungen des Futterrohr und der hohen Leistung, die durch die Ramme gefordert wird, erfolgt der Futterrohrvortrieb langsam und kann häufig nur bis zu recht geringen Tiefen realisiert werden. Das Futterrohr bleibt außerdem häufig stecken und/oder wird beschädigt.

[0014] Es ist deswegen offensichtlich, dass dort, wo instabile geologische Bedingungen vorhanden sind, die Installation eines Geothermie-Wärmetauschers mit herkömmlichen Bohrtechniken unmöglich und/oder unerschwinglich teuer ist. Unter Verwendung herkömmlicher Bohrtechniken ist es z. B. für die meisten Bohrfirmen möglich, einen Futterrohrabschnitt mit einer Länge von etwa 6 m (20 Fuß) in eine weiche Formation einzusetzen. Wenn mehr als ein Futterrohrabschnitt erforderlich ist (d. h. die weiche Formation ist verhältnismäßig tief), steigen die Schwierigkeiten bei der Ausfütterung des Bohrlochs bis zu einem Punkt exponentiell an, an dem es nicht möglich ist, ein Loch mit herkömmlichen Bohrtechniken fertigzustellen. Selbst dann, wenn die Installation in instabilen geologischen Formationen erfolgreich ist, kann die Bohrfirma ferner möglicherweise nicht in der Lage sein, die Futterrohr herauszuziehen, da die Formation um sie herum zusammengefallen sein kann. Das Futterrohr im Bohrloch zu belassen (zumindest für Anwendungen einer Geothermie-Wärmepumpe) ist zu teuer und sehr unerwünscht, da die Wärmeübertragungseigenschaften zwischen der Wärmeschleife und dem Boden beeinträchtigt sind.

Deshalb werden Projekte des Geothermie-Wärmetausches dort, wo instabile Bodenbedingungen vorhanden sind, nicht vorgesehen, da das Bohren entweder nicht möglich oder zu teuer ist.

[0015] Es ist offensichtlich, dass ein Bedarf an einem verbesserten Verfahren zum Konstruieren eines Geothermie-Wärmetauschers besteht, das die Installation von Geothermie-Wärmetauschern in instabilen geologischen Formationen, z. B. in weichen Deckgebirgen ermöglicht.

[0016] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beruhen auf der Erkenntnis des Anmelders, dass die Anwendung von Schallbohrtechniken zum Konstruieren von Geothermie-Wärmetauschern eine unerwartete Anzahl von Vorteilen besitzt, die zusammenwirken, um die Konstruktion von Wärmepumpen z. B. in Bezug auf den Dauer- und Betriebswirkungsgrad des fertiggestellten Tauschers zu verbessern. Die Verwendung eines Schallbohrers zum Bohren des Bohrlochs verbessert die Durchdringungsraten, dies spart Zeit bei der gesamten Konstruktionstätigkeit, insbesondere deswegen, weil ein vollständiges Geothermie-Wärmetauschersystem häufig erfordert, dass mehrere Bohrlöcher (z. B. 1000) gebohrt und Wärmeschleifen eingesetzt werden. Durch das Pumpen von Bohrfluid während des Bohrens im Bohrstrang nach unten kann das Innere des Rohrs (der Rohre) im Wesentlichen frei von Material gehalten werden. Wenn die gewünschte Tiefe erreicht ist, bildet der Rohrstrang ein ausgefüttertes Bohrloch, wodurch ein Zusammenfallen des Lochs verhindert ist und die restlichen Konstruktionsprozeduren ausgeführt werden können. Dadurch können die getrennten Schritte zum Leeren des Bohrstrangs und Einsetzen eines Futterrohrs auf einen Schritt reduziert werden. Auf diese Weise kann das Zeitfenster, in dem instabile Bohrlöcher zusammenfallen können, verringert werden. Das ausgefütterte Bohrloch ist an seinem oberen Ende und unteren Ende offen, wodurch eine Vergussmasse durch das Innere des Rohrs (der Rohre) gepumpt oder gegossen werden kann, wobei das Rohr (die Rohre) nach einem derartigen Vergießen mit dem Schallbohrkopf in Schwingungen versetzt werden kann (können), was z. B. die Brücken- und Kanalbildung in der Vergussmasse verringert. Auf diese Weise kann der Wirkungsgrad des Geothermie-Wärmetauschers verbessert werden. Die Rohre werden während oder nach dem Schritt des Eingießens zurückgewonnen, wodurch sie beim Konstruieren des nächsten Wärmetauschers verwendet werden können. Die Schwingungen unterstützen beim Herausziehen des Rohrs (der Rohre), insbesondere dann, wenn die Formation im Bohrloch zusammengefallen ist. Dadurch ist der gesamte Konstruktionsprozess schneller und billiger und hat einen effizienteren Wärmetauscher zur Folge.

[0017] Ein Schallbohrer kann betrieben werden, um ein Rohr oder einen Strang im Allgemeinen parallel zu einer Längsachse des Rohrs (der Rohre) in Schwingungen zu versetzen. Die Frequenz der Schwingung liegt gewöhnlich im Bereich von etwa 30 bis 180 Hz (daher die Bezeichnung "Schall") und kann im Gebrauch durch die Bedienperson verändert werden. Ein Schallbohrer umfasst einen Bohrkopf, der eine Oszillationseinrichtung und gewöhnlich außerdem einen Mechanismus zum Beaufschlagen des Rohrs (der Rohre) mit einer Drehbewegung aufweist. Die Oszillationseinrichtung wird durch einen Hydraulikmotor angetrieben und verwendet Ausgleichsgewichte (sich entgegengesetzt drehende Walzen), um im Wesentlichen sinusförmige Kräfte zu erzeugen, die an eine Bohrkrone am anderen des Rohrs (der Rohre) übertragen werden. Eine Luftfeder ist außerdem in dem Bohrkopf enthalten, um die abwechselnden Kräfte an dem Rohr (den Rohren) zu begrenzen. Im Gebrauch wird die Bohrkrone in aufwärts und abwärts gerichtete Schwingungen versetzt, wird gedreht und in die Formation vorgeschoben. Diese drei Bewegungen wirken zusammen, um schnelle Durchdringungsraten durch die meisten Formationstypen, insbesondere in Deckgebirgsformationen zu erzeugen. Die Bohrkrone selbst ist gewöhnlich ringförmig, wodurch sich ein Probenkern der Formation in das Rohr (die Rohre) bewegt.

[0018] Obwohl Prinzipien des Schallbohrens seit vielen Jahren allgemein bekannt sind, war die Anwendung dieser Prinzipien größtenteils auf spezielle Bereiche der geotechnischen Erkundung, der mineralischen Probennahme, der Umweltprobennahme und der Überwachung der Konstruktion von Förderbohrungen vorbehalten. Bei diesen Typen des Bohrens werden verhältnismäßig unzerstörte Kernproben des Bodens im Futterrohr aufgenommen und zur Analyse gewonnen, wenn das Bohren fortschreitet. Da die Hauptbetonung bei diesen Typen des Bohrens auf der Gewinnung von hochwertigen Bodenproben liegt, ist die Geschwindigkeit nicht wesentlich und die Möglichkeit der Verwendung des Schallbohrens für eine verhältnismäßig schnelle Geothermie-BohrloCHFertigung wurde zuvor nicht in Betracht gezogen. Außerdem können der Schallbohrkopf und die beim Schallbohren verwendete Werkzeugausrüstung wesentlich teurer sein als die Ausrüstung zum herkömmlichen Schlamm-dreh- und Luftbohren, und da das Geothermie-Bohren normalerweise als sehr "minderwertige" Bohrtätigkeit betrachtet wurde, wurde die Investition in Hightech-Schallausrüstungen zum Bohren von Bohrlochern nicht in Betracht gezogen.

[0019] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Konstruieren eines Geothermie-Wärmetauschers, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

(1) Bohren eines Bohrlochs im Boden unter Ver-

wendung eines Rohrs; und

(2) Installieren einer Wärmeschleife in dem Bohrloch; gekennzeichnet durch den folgenden Schritt: (3) während des Schrittes (1) Versetzen des Rohrs in Schwingungen und Pumpen von Bohrfluid in das Rohr, um Material, das durch das Bohren bewegt wird, in einen Ringraum zu drängen, der durch eine Oberfläche des Bohrlochs und eine äußere Oberfläche des Rohrs definiert ist, und/oder in eine das Bohrloch umgebende Formation zu drängen, wodurch die Innenseite des Rohrs im Wesentlichen frei von dem Material gehalten wird, so dass die Wärmeschleife darin eingesetzt werden kann.

[0020] Das Verfahren ist insbesondere vorteilhaft bei instabilen Bedingungen, z. B. bei weichem Deckgebirge (z. B. Sand, Ton, Kies), das über einer härteren Formation liegt (z. B. Schiefer, Granit, Kalkstein). Das Verfahren kann verwendet werden, um ein Bohrloch in dem weichen Deckgebirge zu stabilisieren, bevor das Bohrloch in die darunter liegende härtere Formation verlängert wird.

[0021] In einer Ausführungsform die Schwingungen durch einen Schallbohrkopf erzeugt.

[0022] Vorzugsweise wird das Bohrfluid mit einem Volumen pro Einheitszeit gepumpt, derart, dass es ein Materialvolumen verdrängt, das etwas größer als das kombinierte Volumen des Rohrs und des von dem Rohr eingeschlossenen Volumens ist, um die Vorwärtsbewegung des Rohrs in den Boden zu erleichtern.

[0023] Die Schwingungserzeugung wird vorteilhaft so ausgeführt, dass das Material in einer Zone in der Nähe des Bohrlochs, die sich in Längsrichtung des Rohrs erstreckt, verflüssigt wird.

[0024] Der Schwingungserzeugungsschritt wird vorteilhaft als Teil des Installationsschritts ausgeführt. Dieser Schwingungserzeugungsschritt kann mit einem anderen Rohr oder Rohrstrang ausgeführt werden als jenes bzw. jener, mit dem das Bohrloch gebohrt wird. Es ist deswegen vorgesehen, dass der Bohrschritt den Schritt des Bohrens unter Verwendung eines Bohrverfahrens ohne Schwingungserzeugung, z. B. unter Verwendung eines Drehbohrers umfasst.

[0025] Anschließend kann ein separates Rohr in das Bohrloch zur Schwingungserzeugung während des Installationsschritts eingesetzt werden. Eine Schwingungserzeugung während des Installationsschritts hilft, die Vergussmasse um die Wärmeschleife zu verdichten und verhindert eine Brückenbildung der Vergussmasse im Bohrloch, die anderenfalls den thermischen Wirkungsgrad verschlechtern würde, wenn die Geothermie-Wärmepumpe im Gebrauch

ist.

[0026] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise den des Drehens des Rohrs, um das Bohren zu unterstützen.

[0027] Das Bohrfluid kann z. B. ein Polyacrylamid-Bohrgel, ein Xanthum-Gum, ein Guar-Gum, natürliche Fluide (z. B. Wasser) und/oder synthetische Bohrpolymer sein.

[0028] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise den Schritt des Bildens eines gefütterten Bohrlochs, indem bis zu einer gewünschten Tiefe gebohrt wird und dem Rohr ein oder mehrere Rohre hinzugefügt werden, um einen Rohrstrang zu bilden. Ein Vorteil hiervon besteht darin, dass ein Zusammenbrechen des Bohrlochs, insbesondere in instabilen geologischen Formationen verhindert ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Bohrloch während des Bohrens gefüttert wird, wodurch Zeit eingespart wird. In einer Ausführungsform bleibt das Bohrloch während des Installationsschrittes zumindest teilweise gefüttert. Während der Installation kann ein nicht gefütterter Teil des Bohrlochs im Wesentlichen mit einer Vergussmasse gefüllt sein, so dass das Bohrloch entweder durch ein Füllmaterial, das Rohr (die Rohre) oder eine Kombination aus beiden im Wesentlichen ständig unterstützt ist.

[0029] Der Schritt (2) wird vorzugsweise vor oder während des Herausziehens des Rohrstrangs aus dem Bohrloch ausgeführt. Auf diese Weise ist die Gefahr des Zusammenbrechens des Bohrlochs während des Installationsschrittes vermindert.

[0030] Der Schritt (2) umfasst vorzugsweise die Schritte des Einsetzens der Wärmeschleife in einen Innenraum des Rohrstrangs und des Drängens der Wärmeschleife in Richtung zum Boden des Bohrlochs.

[0031] Das Verfahren umfasst ferner vor dem Einsetzschritt vorteilhaft den Schritt, bei dem die Wärmeschleife mit einem Fluid gefüllt wird.

[0032] Der Schritt (2) umfasst vorzugsweise den Schritt des Eingießens der Wärmeschleife in dem Bohrloch. In einer Ausführungsform wird der Eingießschritt im Wesentlichen beendet (d. h. das Bohrloch wird im Wesentlichen gefüllt), bevor das Rohr herausgezogen und in Schwingungen versetzt wird. Zusätzliche Vergussmasse kann erforderlich sein, um das Volumen des Rohrs zu ersetzen, wenn es herausgezogen wird. Während des Herausziehens wird die Schwingungserzeugung unterbrochen, wenn ein Rohr von dem Strang entfernt werden muss. Die Vergussmasse kann ein Material enthalten, um das Abbinden der Vergussmasse zu verlangsamen oder zu verzögern, um Zeit zu gewinnen, um die Verdichtung

der Vergussmasse durch Schwingungserzeugung im gesamten Bohrloch zu beenden.

[0033] Der Schwingungserzeugungsschritt wird vorteilhaft ausgeführt, indem das Rohr mit einem Schallbohrkopf in Schwingungen versetzt wird, wobei eine Bohrkronen an einem Ende des Rohrs dazu veranlasst wird, in einer Richtung zu schwingen, die zu einer Längsachse des Rohrs im Wesentlichen parallel ist.

[0034] Eine Frequenz der Schwingung liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 30 Hz bis 150 Hz.

[0035] Der Bohrschritt umfasst vorteilhaft den Schritt des Verwendens einer Bohrkronen, die einen im Wesentlichen ringförmigen Körper besitzt, der mit einer Schneidoberfläche versehen ist. Der Körper ist offen zu dem Volumen, das durch das Rohr umschlossen ist, wodurch sich Fluid durch das Rohr in das Bohrloch bewegen kann.

[0036] Der Körper besitzt vorzugsweise einen Außendurchmesser, der größer als ein Außendurchmesser des Rohrs ist.

[0037] Der Körper besitzt vorteilhaft einen Innendurchmesser, der gleich einem Innendurchmesser des Rohrs ist.

[0038] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise die Schritte des Einsetzens eines Bohrmittels in das Rohr oder in den Rohrstrang, des Bewegens des Bohrmittels zum Boden des Bohrlochs und des Bohrens einer Verlängerung für das Bohrloch. Ein Vorteil hiervon besteht darin, dass ein weiches Deckgebirge gebohrt, gefüttert und stabilisiert werden kann, bevor in eine festere Formation z. B. Fels gebohrt wird. Das Bohrmittel kann aus der Gruppe sein, die aus Folgendem besteht: ein Bandstahlrohr-Bohrsystem; ein Bohrsystem mittels mit Druck beaufschlagter Luft; und ein Bohrsystem mit Bohrlochmotor.

[0039] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft den Schritt des Wiederholens der Schritte (1) bis (3), um mehrere Geothermie-Wärmetauscher am selben Ort zu installieren.

[0040] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise den Schritt des Verbindens der oder jeder Wärmeschleife mit einem Verteiler, um Wärmeaustauschfluid durch diese Schleife(n) zirkulieren zu lassen.

[0041] Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung dient zum wirkungsvollen Konstruieren eines Geothermie-Wärmetauschers und in einem besonderen Aspekt eines derartigen Systems zur Verwendung mit einem Heiz-/Kühlsystem mit einer Bodenquelle-Wärmepumpe (das allgemein als eine Geothermie-Wärmepumpe oder "GHP"-System bezeichnet wird). In einem Aspekt wird ein derartiges Wär-

metaauschsystem gemäß dem oben dargestellten Verfahren installiert, wobei eine Schallbohr- und Ausfütterungsmaschine verwendet wird, um Bodenbohrungen wirkungsvoll zu bohren und zu stabilisieren, bis die Wärmeübertragungsschleife(n) in das gebohrte Loch eingesetzt und an der Verwendungsstelle eingegossen werden kann (können). Nachdem die Installation der Wärmeübertragungsschleife(n) und das Eingießen beendet sind, zieht die Bohrmaschine das vorübergehende Futter aus dem Bohrloch, wobei die eingegossene(n) Wärmeübertragungsschleife(n) an der verbleibenden Verwendungsstelle verbleibt (verbleiben). Das wiedergewonnene Futterrohr kann dann bei nachfolgenden Bohrlöchern verwendet werden.

[0042] Viele Probleme und die zugehörigen Kosten, die mit dem Bohren unter schwierigen oder instabilen Bedingungen unter Verwendung herkömmlicher Schlammbohr- oder Luftbohrtechniken verbunden sind, werden mit einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung bedeutend gemindert oder beseitigt, wodurch Bohrraten und Wirkungsgrad, Schleifeneinsetzraten und Wirkungsgrad und die Produktivität beim Eingießen verbessert werden können. Demzufolge werden die Konstruktionskosten des Bodenschleifen-Wärmetauschers verringert, wodurch die energiesparende Technologie der Geothermie-Wärmepumpe in Bezug auf "Investitionskosten" im Vergleich zu herkömmlichen Luftklimatisierungs- und Kühlalternativen konkurrenzfähiger gemacht wird.

[0043] Unter Verwendung eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein mit Stahl ausgefüttertes Bohrloch mit einem Durchmesser von 0,127 m (5 Zoll) und einer Tiefe von 107 m (350 Fuß) in einer losen Formation (z. B. sandiger Ton, ohne jedoch darauf eingeschränkt zu sein) in 20 Minuten gebohrt, wenn keine unerwarteten Bohrbedingungen angetroffen werden. In einem Aspekt kann das Verfahren unter Verwendung eines Bohrturms ausgeführt werden, der eine auf einem Raupenschlepper oder einem Lastkraftwagen montierte Maschine darstellt. In einem Aspekt ist lediglich eine einzige Bedienperson erforderlich, um die vollständige Bohr- und Ausfütteroperation auszuführen.

[0044] Das Bohrloch hat vorzugsweise eine Tiefe von mindestens 91 m (300 Fuß), das Bohrloch wird gebohrt, die Wärmeaustausch-Rohrschleife wird abgesenkt, die Vergussmasse wird eingeleitet und das Futter wird innerhalb einer Stunde herausgezogen.

[0045] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft das Einleiten von Wasser in die Wärmeaustausch-Rohrschleife, um ein Zusammenfallen der Wärmeaustausch-Rohrschleife zu verhindern.

[0046] Die Wärmeaustausch-Rohrschleife wird vor-

zugsweise im Wesentlichen mit Wasser gefüllt und nach dem Einfüllen von Wasser abgedichtet.

[0047] Das Wasser wird vorteilhaft bei einem Druck von 70300 kgm⁻² (100 psi) gepumpt.

[0048] Die Vergussmasse enthält vorzugsweise ein Abbindeverzögerungsmaterial.

[0049] Die Wärmeaustausch-Rohrschleife ist vorteilhaft aus einem Material aus der Gruppe gebildet, die aus Folgendem besteht: Polyethylen, Stahl, Aluminium, Aluminiumlegierung, Zink, Zinklegierung, Verbundmaterial und Glasfaser.

[0050] Die vorliegende Erfindung schafft zumindest in bestimmten Aspekten ein Verfahren zum Installieren einer Wärmeaustausch-Rohrschleife in einem Bohrloch, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Bohren eines Bohrlochs in den Boden unter Verwendung eines Schallbohrkopfes, wobei der Schallbohrkopf ein mit ihm verbundenes Futterrohr aufweist, wobei ein Bohrschuh mit einem unteren Ende des Futterrohrs verbunden ist, so dass eine Bewegung (Schwingungsbewegung, Auf- und Abwärts-Hubbewegungen und/oder Schwingungsbewegung und Drehung) des Futterrohrs durch den Schallbohrkopf das Bohrloch durch den Boden bohrt, Pumpen einer Mischung aus Wasser und Bohrfluid nach unten in das Futterrohr während des Bohrens, durch ein unteres Ende des Futterrohrs nach außen und in einem ringförmigen Raum zwischen einer inneren Oberfläche des Bohrlochs und einer äußeren Oberfläche des Gehäuses nach oben zur Erdoberfläche, so dass gebohrtes Material vom Bohrloch zur Erdoberfläche strömt, Absenken der Wärmeaustausch-Rohrschleife nach unten in das Futterrohr, Einleiten von Vergussmasse in das Futterrohr um die Wärmeaustausch-Rohrschleife, wobei die Vergussmasse eine Menge der Mischung aus Wasser und Bohrfluid aus dem Inneren des Futterrohrs verdrängt, und Herausziehen des Futterrohrs aus dem Bohrloch.

[0051] In einer Ausführungsform umfasst ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung die folgenden Schritte: Bohren, Einsetzen der Bodenschleife, Eingießen und Zurückgewinnen des Futterrohrs.

[0052] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Installieren einer Wärmeaustausch-Rohrschleife in einem Bohrloch geschaffen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Bohren eines Bohrlochs von der Erdoberfläche nach unten in den Boden unter Verwendung einer Schallvorrichtung mit einem Schallbohrkopf, wobei der Schallbohrkopf ein mit ihm verbundenes Futterrohr besitzt, wobei die Bohrvorrichtung mit einem unteren Ende des Futterrohrs verbunden ist, so dass eine Be-

wegung des Futterrohrs durch den Schallbohrkopf das Bohrloch nach unten in den Boden bohrt, wobei das Futterrohr einen Innenraum besitzt;
 Pumpen von Bohrfluid während des Bohrens nach unten in das Futterrohr, abwärts durch das Futterrohr und aus der Bohrvorrichtung und aufwärts in einem ringförmigen Raum zwischen einer inneren Oberfläche des Bohrlochs und einer äußeren Oberfläche des Futterrohrs, so dass gebohrtes Material durch den ringförmigen Raum in dem Bohrloch nach oben strömt, wodurch verhindert wird, dass gebohrtes Material nach oben in den Innenraum des Futterrohrs strömt,
 Absenken einer Wärmeaustausch-Rohrschleife nach unten in das Futterrohr,
 Einleiten von Vergussmasse in das Futterrohr um die Wärmeaustausch-Rohrschleife, wobei die Vergussmasse eine Menge der Mischung des Bohrfluids aus dem Futterrohr verdrängt, und
 Herausziehen des Futterrohrs aus dem Bohrloch.

[0053] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise das Einleiten von Vergussmasse in das Futterrohr, wenn das Futterrohr aus dem Bohrloch herausgezogen wird.

[0054] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft das Einleiten von Vergussmasse in das Bohrloch um die Wärmeaustausch-Rohrschleife, nachdem das Futterrohr aus dem Bohrloch herausgezogen wurde.

[0055] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise das Erzeugen von Schwingungen in dem Futterrohr mit der Schallvorrichtung, wenn das Futterrohr aus dem Bohrloch herausgezogen wird.

[0056] Das Erzeugen von Schwingungen in dem Futterrohr realisiert wenigstens eine Funktion aus der Gruppe, die aus Folgendem besteht: Erleichtern des Herausziehens des Futterrohrs; Verhindern einer Brückenbildung der Vergussmasse; Entlüften der Vergussmasse; Erhöhen der Dichte der Vergussmasse; Erzeugen von Schwingungen in dem gebohrten Material; und Verringern der Reibung zwischen dem Futterrohr und der Vergussmasse.

[0057] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise das Erzeugen von Schwingungen in dem Futterrohr, wenn die Vergussmasse in das Futterrohr eingeleitet wird.

[0058] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft das Hinzufügen eines Bohrfluidzusatzes zu dem Bohrfluid während des Bohrens.

[0059] Die Schallvorrichtung befindet sich vorzugsweise auf einem Lastkraftwagen oder einer Raupenkettenvorrichtung, wobei das Verfahren ferner den folgenden Schritt umfasst:
 Bewegen der Schallvorrichtung zu einer Stelle des

Bohrlochs.

[0060] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft das Pumpen eines Volumens des Bohrfluids in das Futterrohr, das größer als ein Volumen des gebohrten Materials ist.

[0061] Das Futterrohr umfasst ferner vorzugsweise einen Strang aus miteinander verbundenen Teilen des Futterrohrs und Teile des Futterrohrs werden dem Futterrohr bei Bedarf hinzugefügt, wenn das Bohren fortschreitet.

[0062] Die Bohrvorrichtung ist vorteilhaft eine Krone oder ein Bohrschuh mit einem Außendurchmesser innerhalb von 110% eines Außendurchmessers des Futterrohrs. Das Bohren erzeugt vorzugsweise gebohrtes Material und im Wesentlichen nicht das gesamte gebohrte Material tritt an der Erdoberfläche aus dem Bohrloch aus.

[0063] Das Verfahren umfasst ferner vorteilhaft die folgenden Schritte:
 Entfernen der Bohrvorrichtung aus dem unteren Ende des Futterrohrs;
 Einsetzen einer zweiten Bohrvorrichtung durch das Futterrohr;
 Bohren einer Verlängerung des Bohrlochs mit der zweiten Bohrvorrichtung.

[0064] Die zweite Bohrvorrichtung ist vorzugsweise aus der Gruppe, die aus Folgendem besteht: ein Stahlblechrohr-Bohrsystem; ein Bohrsystem mittels mit Druck beaufschlagter Luft; und ein Bohrsystem mit Bohrlochmotor.

[0065] Für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung erfolgt nun eine beispielhafte Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung, in der:

[0066] **Fig. 1** eine (längs der Linie 1A-1A von **Fig. 1B**) geschnittene Seitenansicht einer Bohrkronen und eines Teils eines Rohrs ist, die in einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;

[0067] **Fig. 1B** eine Draufsicht der Bohrkronen von **Fig. 1A** von unten ist;

[0068] **Fig. 2** bis **Fig. 7** geschnittene Seitenansichten von sechs Stufen während der Konstruktion eines Geothermie-Wärmetauschers durch eine erste Ausführungsform eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung sind; und

[0069] **Fig. 8** und **Fig. 9** geschnittene Seitenansichten von zwei Stufen während der Konstruktion eines Geothermie-Wärmetauschers durch eine zweite Ausführungsform eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung sind.

[0070] In den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) umfasst eine Bohrvorrichtung, die allgemein durch das Bezugszeichen **10** angegeben ist, ein Rohr **12** (z. B. ein Abschnitt eines Bohrrohrs oder Futterrohrs), das mit einem Bohrstrang (Futterrohr oder Bohrrohr) verbunden ist, der seinerseits mit einem Schallbohrkopf (in [Fig. 1A](#) nicht gezeigt) eines über der Erdoberfläche befindlichen Schallbohrsystems verbunden ist. Eine Bohrkronen, die ein Rohr **14** mit einem Körper **16**, der einen Abschnitt mit einem Außendurchmesser größer als jener des Rohrs **12** besitzt, weist einen unteren Abschnitt **18** mit mehreren voneinander beabstandeten Bohrzähnen **19** auf, die eine Schneidoberfläche bilden. Eine innere Oberfläche des Körpers **16** ist im Wesentlichen zylindrisch. Eine äußere Oberfläche besitzt im Wesentlichen die Form eines Kegelstumpfs. Die äußere Oberfläche des Körpers **16** vergrößert sich im Durchmesser in Richtung zu den Bohrzähnen **19**.

[0071] Es liegt im Umfang dieser Erfindung, dass die Zähne **19** entfernt (zerstört) werden und/oder die Rohrkombination **12**, **14** ein einzelnes einteilige Stück ist. Es liegt im Umfang dieser Erfindung, die Zähne **19** zu verwenden (oder sie zu entfernen), um das untere Ende des Körpers **16** und/oder das Innere des unteren Endes des Körpers **16** mit einer Schicht aus Wolframcarbid zu bestücken oder zu versehen. Das Rohr **14** kann optional mit dem Rohr **12** lösbar verbunden sein, so dass es im Bohrloch zurückgelassen werden kann oder so dass es bei einem in geeigneter Weise konfigurierten Rohr **14** wiedergewonnen werden kann, während das Rohr **12** und der Futterrohrstrang an der Verwendungsstelle verbleiben. Optional können jede bekannte stabile vollflächige Bohrkronen und zugehörige Vorrichtungen verwendet werden. Eine derartige Krone ist in einem Aspekt mit einem oder mehreren Löchern durch eine untere Fläche hiervon modifiziert, um eine Fluidströmung durch die Krone zu ermöglichen. Optional kann jeder geeignete Futterschuh für das Rohr **14** verwendet werden.

[0072] Das (nicht gezeigte) Schallbohrsystem besitzt einen Schalldrehbohrkopf, ein internes Karussell oder Magazin sowohl für das Bohrrohr als auch das Futterrohr, eine interne Wasserpumpe, einen internen Luftkompressor, eine Bohrstange, mit dem ein Schallbohrkopf beweglich verbunden ist, eine Bewegungsvorrichtung zum Bewegen des Schallbohrkopfes aufwärts und abwärts (und des damit verbundenen Futters) und optional ein Pumpsystem zum Pumpen von Bohrfluid und/oder Zusätzen. Der Schallbohrkopf weist im Gebrauch Folgendes auf: eine Schwingungsfrequenz im Bereich von 30 bis 150 Hz, eine Drehzahl im Bereich von 0 bis 150 min⁻¹ und ein Drehmoment von etwa 10168 Nm (7500 lbs-ft.) wie z. B. das 50KTM-System, das durch Sonic Drill Corporation, Vancouver, B.C. hergestellt wird (siehe www.sonic.drill.com), ein internes Karussell oder Magazin mit einem automatischen Bohrgestänge/Futterrohrhand-

habungsmechanismus, eine interne Wasserpumpe, die vom Verdrängungstyp ist und Drücke größer als $7,7 \times 10^5 \text{ kgm}^{-2}$ (1100 psi) bei Strömungsraten von $0,005 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (90 Gallonen/Minute) erzeugen kann (wie eine WeatherfordTM 2075-Pumpe), einen internen Luftkompressor zum Bereitstellen von Luft, die mit einem Druck von $3,5 \times 10^5 \text{ kgm}^{-2}$ (500 psi) bei $0,4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (900 scfm) beaufschlagt ist, z. B. ein Sullaire 900XHHDLTM-System, und eine kleine Messpumpe zum Pumpen eines Bohrfluids und/oder von Zusätzen, z. B. Polyacrylamid-Bohrigel, Xanthum-Gum, Guar-Gum, natürliche Fluide und/oder synthetische Bohrpolymere, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein.

[0073] In [Fig. 2](#) verwendet ein Schallbohrsystem **30** (ähnlich wie jenes, das in [Fig. 1](#) beschrieben ist) einen Futterrohrstrang **24** zum Bohren eines Bohrlochs **34**. Der Futterrohrstrang **24** umfasst ein Rohr **28**, das an seinem unteren Ende mit einer Bohrkronen **40** vorgesehen ist, ähnlich wie die unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) beschriebene Bohrkronen. Wasser **21** wird (z. B. bei einer Rate von $0,0056 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (90 Gallonen/Minute) und einem Druck von $7,7 \times 10^5 \text{ kgm}^{-2}$ (1100 psi)) mit einem Pumpsystem **20** in das Innere **22** des Futterrohrstrangs **24** nach unten gepumpt, der mit einem Schallbohrkopf **26** des Schallbohrsystems **30** verbunden ist (das optional auf einer Bewegungseinrichtung **31**, z. B. ein Lastkraftwagen oder ein Raupenfahrzeug, beweglich ist).

[0074] Während des Bobrens liefert das Pumpsystem **20** eine konstante Strömung von Wasser (oder eines anderen Bohrfluids) in den Futterrohrstrang **24**, der in einem Aspekt sich wenigstens bis zu der Höhe des untersten Teils der Bohrkronen **40** erstreckt, so dass verhindert wird, dass gebohrtes Material in der Bohrkronen **40** und in dem Futterrohrstrang **24** aufgestaut wird.

[0075] Wasser wird mit einem solchen Volumen pro Einheitszeit gepumpt, dass es ein Volumen von Material verdrängt, das etwas größer ist als das kombinierte Volumen des Futterrohrstrangs und des durch den Futterrohrstrang eingeschlossenen Volumens. Dies hilft, die Vorwärtsbewegung des Futterrohrstrangs in den Boden zu unterstützen. In einem Aspekt ist das Volumen des in das Bohrloch gepumpten Fluids etwas größer als das Volumen des Bodens, der durch das Futterrohr verdrängt wird, wenn es in den Boden vorwärtsbewegt wird. Durch Aufrechterhalten der Bohrfluid-Pumprate auf einer etwas größeren Rate als die Vorwärtsbewegungsrate des Futterrohrs bleibt das Ende des offenen Futterrohrs unversperrt durch das Bodenmaterial, das verdrängt wird.

[0076] Wenn das Schallbohrsystem **30** den Futterrohrstrang **24** und die Bohrkronen **40** bewegt und in Schwingungen versetzt, bewegt sich Fluid aus der Bohrvorrichtung **40** und aufwärts in einen Ringraum

36 zwischen dem Äußeren des Futterrohrstrangs **24** und einer Innenwand **32** eines Bohrlochs **34**. Die Reibung ist zwischen dem Äußeren der Bohrvorrichtung **40** und der Innenwand **32** der Bohrung **34**, die gebohrt wird, verringert und die Reibung ist zwischen dem Äußeren des Futterrohrstrangs **24** und der Innenwand **32** verringert.

[0077] Gebohrtes Material, das gebohrtes Material enthält, das durch die Schallbohrwirkung verflüssigt wurde, bewegt sich in dem Ringraum **36** nach oben und bewegt sich in einer geeigneten Bodenformation **38** in Zwischenräume in der Bodenformation **38**. Wenigstens ein Teil dieses Materials **37** wird an den Rändern des Bohrlochs **34** verfestigt. In bestimmten Aspekten tritt das meiste oder im Wesentlichen das gesamte gebohrte Material in die Formation ein und kein oder verhältnismäßig wenig gebohrtes Material kommt mit Wasser usw., das in dem Ringraum **36** nach oben strömt, an die Oberfläche.

[0078] Das Bohren auf diese Weise kann zur Folge haben, dass weniger Bohrklein oder "Abraum" zur Oberfläche zurückgeführt wird im Vergleich zu der Menge des Abraums, die beim herkömmlichen Schlamm-drehbohren erzeugt wird. Beim Schlamm-drehbohren wird eine Zirkulation in dem ringförmigen Raum zwischen dem Bohrrohr und der natürlichen Bodenwand aufrechterhalten. Der Hauptzweck für diese Schlammzirkulation besteht darin, den durch die Bohrkronen erzeugten Abraum zur Oberfläche zu transportieren. Wenn die Zirkulation in die Formation verloren geht, können instabile Abschnitte der Bohrlochwand zusammenfallen und sich um das Bohrrohr komprimieren, wodurch die Bohranordnung im Loch eingeschlossen wird. Da die Bohrkronen gewöhnlich einen viel größeren Durchmesser als das Bohrrohr besitzt, ist das Herausziehen des Bohrrohrs aus dem Loch häufig eine schwierige und kostspielige Konsequenz. Häufig gehen gesamte Stränge des Bohrrohrs für immer verloren. Letztendlich wird die Produktivität nachteilig beeinflusst. Wenn das Bohren planmäßig abläuft und die Zirkulation aufrechterhalten wird, werden an der Oberfläche große Mengen an gebohrtem Abraum erzeugt. Bei vielen Formationen kann das Bohrloch "ausgewaschen" werden, was ein viel größeres Loch als gewünscht zur Folge hat mit einem Durchmesser, der bedeutend größer ist als der Durchmesser der verwendeten Bohrkronen. Dies kann die Kosten der Abraumbehandlung vergrößern, die Kosten der Vergussmasse vergrößern und die Gesamtproduktivität verringern. In einigen Fällen können Projektforderungen oder staatliche Regelungen usw. erfordern, dass der Bohrabraum von der Baustelle entfernt wird, was hohe Materialbehandlungs- und -transportkosten zur Folge hat. Häufig muss der Bohrabraum als gefährlicher oder sogar giftiger Abfall entsorgt werden, wodurch die Projektkosten weiter ansteigen. Da häufig hunderte Löcher bei einem Geothermie-Projekt an der selben Stelle gebohrt

werden müssen, werden diese Entsorgungskosten sehr bedeutend.

[0079] Die losen geologischen Formationen enthalten häufig Zwischenräume im Volumenbereich von etwa 25% bis 45%. Es gibt außerdem natürlich auftretende Flöze, Porenräume, Kavernen, Bruchstellen, Felsspalte usw., die für einen unerwünschten "Zirkulationsverlust", der oben beschrieben wurde, verantwortlich sind. Während des Schallbohrens neigen die Resonanzschwingungen über die gesamte Länge des Futterrohrstrangs dazu, den Bohrabraum zu verflüssigen und ihn in dem Zwischenraum in dem gesamten Bereich in der Nähe des Bohrlochs und in Flözen oder Zonen der verlorenen Zirkulation zu verdichten. Außer dann, wenn die Formation sehr dicht ist und keine Hohlräume aufweist, wird gegebenenfalls sehr wenig Bohrklein an der Oberfläche erzeugt. Da das Futter schwingt und sich dreht und da der Futterrohrstrang keine große Bohrkronen am Ende aufweist, besteht eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit, dass der Bohrstrang eingeklemmt wird, falls die Zirkulation zurück zur Oberfläche verloren geht. Deswegen sind die Behandlungskosten des Bohrabraums stark vermindert oder entfallen und die Baustelle bleibt außerdem viel sauberer und trockener.

[0080] Zusätzliche Futterrohre werden dem Futterrohrstrang **24** nacheinander hinzugefügt und die Bohroperation setzt sich fort, bis das Bohrloch **34** die gewünschte Tiefe erreicht. Das Ergebnis ist ein mit Stahl ausgefülltes Bohrloch, dessen offenes Ende am Boden nicht verstellt ist, und das in [Fig. 2](#) gezeigt ist. In [Fig. 3](#) wurde eine Wärmeschleife **50** mit einem Schüttrohr **42** (das z. B. unter Verwendung einer Bandstahlrohreinheit installiert wurde) in das Bohrloch **34** geschoben. Die Wärmeschleife **50** ist aus Polyethylen hergestellt und wird mit Wasser gefüllt, mit Druck beaufschlagt und abgedichtet, bevor sie in das gefüllte Bohrloch abgesenkt wird. Das Schüttrohr **42** hat eine Bodenöffnung **44**, durch die Vergussmasse gepumpt wird. Optional wird ein unterstes U-förmig gebogenes Element **52** (das z. B. in unseren früheren Anmeldung WO 99/63282 offenbart wurde, oder jedes bekannte U-förmig gebogene Element) am Boden der Wärmeschleife **50** verwendet. In einem besonderen Aspekt ist das Schüttrohr **42** aus Polyethylen hergestellt, es liegt jedoch im Umfang der vorliegenden Erfindung, es aus einem beliebigen geeigneten Material herzustellen, zu dem Glasfasern, Kunststoff, Metall, Metalllegierungen, Verbundstoffe und/oder eine Kombination hiervon gehören, ohne jedoch darauf eingeschränkt zu sein.

[0081] [Fig. 4](#) veranschaulicht den Beginn des Eingießabschnitts der Konstruktionsoperation, bei dem Vergussmasse **54** mit einem Vergussmassepumpensystem **60** gepumpt wird. Die Vergussmasse **54** verdrängt das Wasser im Futterrohr und strömt aus der Öffnung **44**, um die U-förmige Biegung **52** und be-

ginnt im Inneren **21** des Futterrohrstrangs **24** und im Inneren der Bohrkronen **40** anzusteigen.

[0082] Das die Bohrkronen **40** ringförmig ist, ist der Durchgang der Vergussmasse **54** nicht behindert und ein Teil hiervon tritt unter der Bohrvorrichtung **40** aus und steigt in dem ringförmigen Raum **36** an. Wenn das Schüttrohr von der Bodenschleife **50** freigegeben wird und das Pumpen der Vergussmasse beginnt, wird das Schüttrohr **42** in dem Futterrohrstrang **24** angehoben (z. B. durch eine Bandstahlrohreinheit). Das verdrängte Wasser strömt aus der Oberseite des Bohrlochs aus, damit es zurückgewonnen oder entsorgt wird.

[0083] Die Vergussmasse **54** ist eine thermisch leitfähige Mischung, die geeignete Zusätze enthält, um das Abbinden der Vergussmasse zu verlangsamen und die Vergussmasse im Wesentlichen in einem flüssigen Zustand zu halten, bis das vorübergehende Futterrohr herausgezogen werden kann. In bestimmten Aspekten werden z. B. Zementabbinde-Verzögerungsmaterialien wie z. B. Natrium- oder Kalzium-Lignosulfonat, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, in einer Menge hinzugefügt, die ausreichend ist, damit sich eine Abbindeverzögerung von etwa 1 bis 24 Stunden ergibt. Ein langkettiger Polysaccharid-Xanthan-Gum-Zusatz, z. B. DUOVIS™ kann in einer Menge im Bereich von 0,0001 bis 0,0020 Teilen pro Trockengewicht hinzugefügt werden, um die Pumpreibung zu verringern. Bentonit-Ton (Natrium-Montmorillinit) in einer Menge von etwa 20 Prozent des Wassergewichts oder im Bereich von 1 bis 5 Prozent des Gewichts der Komponenten der trockenen Vergussmasse können hinzugefügt werden, um die Plastizität für eine Steuerung des Fluidverlustes zu vergrößern (um den Fluidverlust aus der Mischung während des Pumpens zu steuern, was eine Bildung von Sandbrücken in der Mischung und ein Verstopfen des Schüttrohrs zur Folge haben könnte).

[0084] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, hat sich ein Teil der Vergussmasse **54**, die sich in dem ringförmigen Raum **36** aufwärts bewegt hat, in die Formation **38** bewegt. Der Futterrohrstrang **24** bleibt während der Eingießoperation an seiner Verwendungsstelle, es liegt jedoch im Umfang der vorliegenden Erfindung, den Futterrohrstrang **24** und die Bohrkronen **40** zu entfernen und dann eine Vergießoperation zu beginnen. In bestimmten Aspekten ist dies vorteilhaft, wenn die Bodenformation zementierte Sande enthält oder einen hohen Tonanteil besitzt oder Eigenschaften einer hohen Stabilität aufweist und die Gefahr des Zusammenbrechens des Bohrlochs gering ist. In einem besonderen Aspekt besitzt das Bohrloch **34** einen Durchmesser von etwa 0,127 m (5 Zoll) und die Bohrvorrichtung **40** besitzt an ihrem breitesten Abschnitt einen Außendurchmesser von etwa 0,11 m (4,5 Zoll).

[0085] Nachdem das Bohrloch **34** im Wesentlichen

mit Vergussmasse gefüllt ist, kann das Herausziehen des Futterrohrstrangs **24** beginnen.

[0086] In [Fig. 6](#) werden der Futterrohrstrang **24** und die Bohrkronen **40** aus dem Bohrloch **34** herausgezogen. Die Vergussmasse **54** wird entweder durch ein Vergussmassepumpensystem (nicht gezeigt) gepumpt oder mit einem Gießsystem **70** in das Innere des Futterrohrstrangs **24** gegossen, während er mit einer Bewegungsvorrichtung des Schallbohrsystems herausgezogen wird, um das Volumen des Futterrohrstrangs zu ersetzen. Die Vergussmasse **54**, die sich in dem Bohrloch **34** um die Bodenschleife **50** bewegt, verdrängt das Wasser **21** nach oben und aus dem Bohrloch **34**, wodurch das Einstromen unerwünschter Luft in die Vergussmasse **54** minimal gemacht (oder verhindert) wird. In bestimmten Aspekten fließt ein Teil der Vergussmasse in die Formation **38**. Der Futterrohrstrang **24** wird durch den Schallbohrkopf in Schwingungen versetzt, wenn er aus dem Bohrloch **34** herausgezogen wird. Dies verhindert eine unerwünschte Brückenbildung der Vergussmasse, entlüftet die Vergussmasse, verringert Hohlräume in der Vergussmasse und vergrößert die Dichte der Vergussmasse, wodurch die Wärmeleitfähigkeit der Vergussmasse verbessert wird. Dies verringert außerdem die Zeit, die für die Eingießoperation benötigt wird. Die Verwendung des Futterrohrstrangs **24** verringert die Gefahr des Zusammenbrechens des Bohrlochs **34** während des Bohrens, während des Eingießens und während des Herausziehens des Futterrohrs. Auf diese Weise wird das Bohrloch im Wesentlichen entweder durch den Futterrohrstrang, die Vergussmasse **54** oder eine Kombination von beiden ständig unterstützt.

[0087] Die Schwingungserzeugung kann im Wesentlichen ununterbrochen oder periodisch z. B. während des Herausziehens des Futterrohrstrangs **24** erfolgen. Die Schwingungen verflüssigen und verdichten die Vergussmasse, wodurch eine "Brückenbildung" verhindert wird. Ohne die Schwingungserzeugung kann die Vergussmasse dazu neigen, sich um die Wärmeschleife **50** zu verdichten und bewirken, dass die Wärmeschleife und die Vergussmasse mit dem Futter herausgezogen werden anstelle in dem Bohrloch zu verbleiben. Die Schwingungserzeugung verringert die Flächenreibung zwischen der Futterrohrwand und dem Boden, wodurch die Tendenz vermindert wird, dass das Futterrohr im Boden stecken bleibt. Häufig ist diese Tendenz, dass das Futterrohr im Boden stecken bleibt, ein Grund dafür, dass die Verwendung des Futterrohrs der letzte Ausweg ist. Die Verwendung der Schallbohrvorrichtung bewirkt eine bessere Eingießfähigkeit, verringert die Brückenbildung der Vergussmasse und erleichtert das Herausziehen des Futterrohrs, während die Bodenschleife und die Vergussmasse an der Verwendungsstelle im Bohrloch verbleiben. Wenn das Futterrohr entfernt wird, fällt jedoch der Pegel der Vergussmas-

se in der Bohrung, da das Futterrohr, das entfernt wurde, sie nicht mehr verdrängt. Demzufolge kann bei Bedarf zusätzliche Vergussmasse während der Prozedur des Herausziehens des Futterrohrs in bestimmten Intervallen hinzugefügt werden (z. B. wenn ein Teil des Futterrohrs von dem Futterrohrstrang entfernt wurde, gewöhnlich nach jeweils 4,6 m (15 Fuß)), um sicherzustellen, dass die Vergussmasse das Wärmeaustauschrohr vollständig umgibt. Dies verhindert außerdem ein Zusammenbrechen des Bodens um das Wärmeaustauschrohr. Die flüssige Vergussmasse fließt um das Wärmeaustauschrohr, wenn das vorübergehende Futterrohr herausgezogen wird, wodurch das Wärmetauscherrohr eingekapselt und mit der Bodenformation thermisch gekoppelt wird.

[0088] Nach dem Herausziehen des gesamten Futterrohrstrangs **24**, der in [Fig. 7](#) gezeigt ist, und der Bohrvorrichtung, umschließt die Vergussmasse **54** die Bodenschleife **50** und füllt das Bohrloch **34**. Die Konstruktion dieser besonderen Geothermie-Wärmepumpe ist abgeschlossen und die Vergussmasse kann nun abbinden. Anschließend werden Geothermie-Wärmepumpen in ähnlicher Weise an derselben Stelle konstruiert. Nachdem alle Geothermie-Wärmepumpen fertiggestellt sind, werden alle Wärmeschleifen für eine Zirkulation des Wärmeaustauschfluids parallel mit einem (nicht gezeigten) Verteiler verbunden.

[0089] Unabhängig von der Stabilität des natürlichen Bodens verbessert das Stahlfutterrohr die Integrität des Bohrlochs während der Konstruktion. Wenn eine feste Formation wie Kalkstein oder Granit angetroffen wird, kann es wirtschaftlich wünschenswert sein, die Schallfutterrohrinstallation zu beenden, nachdem das lose Deckgebirge mit einem Futterrohr stabilisiert wurde. Ein Bohrlochhammer und ein Bohrrrohr mit kleinerem Durchmesser werden an dem Schallbohrkopf befestigt und die restliche Bohrlochtiefe wird durch Bohren mittels mit Druck beaufschlagter Luft durch das Futterrohr fertiggestellt. Alternativ wird eine typische Massivbohrkrone und zugehörige Vorrichtungen und Ausrüstungen verwendet.

[0090] In [Fig. 8](#) wird ein Bohrloch **34a** (wie das Bohrloch **34**) in eine Formation gebohrt, die ein Bohrloch ergeben kann, dass auf Zusammenfallen anfällig ist, z. B. eine Formation **38a**, die ein weiches Deckgebirge darstellt. Das Bohrloch **34a** wird wie das oben beschriebene Bohrloch **34** gebohrt. Wenn die Bohrkronen **40** die Oberseite einer härteren und/oder festeren Formation erreicht (z. B. eine Formation aus Fels, Kalkstein, Granit oder Sandstein), wird in das Innere des Futterrohrstrangs **24** und durch die Bohrvorrichtung **40** ein anderer Typ der Bohrvorrichtung **80** eingesetzt, um das Bohren in der Formation fortzusetzen. Die Bohrvorrichtung **80** kann jede bekann-

te geeignete Vorrichtung mit massiver Krone und/oder Vorrichtung mit Opferkrone und/oder Klappkrone und/oder wiedergewinnbarer Krone sein. In einem besonderen Aspekt ist die Bohrvorrichtung **80** eine Bohrvorrichtung mit Lufthammer mit einer Vorrichtung **82** der Bohrlochhammerkrone an einem Bohrstrang **84**, durch den mit Druck beaufschlagte Luft durch ein System **86** für den Betrieb der Vorrichtung **82** gepumpt wird. Die Bohrvorrichtung **80** erzeugt eine Verlängerung des Bohrlochs **34a**.

[0091] Wie in [Fig. 9](#) gezeigt ist, wurde eine Wärmeschleife **51** (wie die oben beschriebene Bodenschleife **50**) im Bohrloch **34a**, **34b** installiert und wurde an der Verwendungsstelle mit einer Vergussmasse **55** (wie die oben beschriebene Vergussmasse **54**) eingegossen.

[0092] Beim Bohren in einer verhältnismäßig weichen Formation ist das Futterrohr mit einer offenen Bohrkronen ausgestattet, wie in [Fig. 1](#) dargestellt ist. Wenn das Futterrohr durch den Schallbohrkopf gedreht und in Schwingungen versetzt wird, wird Wasser, das etwa 0,5 bis 1% Polyacrylamid-Bohrgel (z. B. EZ MUD™, das von der Baroid Corporation zur Verfügung steht, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein) oder ein anderes synthetisches oder natürliches Bohrmaterial oder ein Polymer enthält, zu dem Futterrohr nach unten gepumpt. Die Schwingungsaktion des Schallbohrkopfes versetzt das Futterrohr in Resonanzschwingungen (das z. B. ein Strang aus einzelnen Futterrohrteilen sein kann, die miteinander verbunden sind, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein), wodurch das Material in einer Zone in der Nähe des Bohrlochs, die sich von der Bohrkronenöffnung und in der Längsrichtung des Futters in dem Loch erstreckt, verflüssigt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Konstruieren eines Geothermie-Wärmetauschers, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (1) Bohren eines Bohrlochs (**34**) im Boden unter Verwendung eines Rohrs (**28**); und
- (2) Installieren einer Wärmeschleife (**50**) in dem Bohrloch (**34**); gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:
- (3) während des Schrittes (1) Versetzen des Rohrs (**28**) in Schwingungen und Pumpen von Bohrfluid in das Rohr (**28**), um Material, das durch das Bohren bewegt wird, in einen Ringraum (**36**) zu drängen, der durch eine Oberfläche des Bohrlochs (**34**) und eine äußere Oberfläche des Rohrs (**28**) definiert ist, und/oder in eine das Bohrloch umgebende Formation zu drängen, wodurch die Innenseite des Rohrs (**28**) im Wesentlichen frei von dem Material gehalten wird, so dass die Wärmeschleife (**50**) darin eingesetzt werden kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bohrfluid mit einem Volumen pro Einheitszeit gepumpt wird, derart, dass es ein Materialvolumen verdrängt, das etwas größer als das kombinierte Volumen des Rohrs (28) und des von dem Rohr eingeschlossenen Volumens ist, um die Vorwärtsbewegung des Rohrs in den Boden zu erleichtern.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Schwingungserzeugung so ausgeführt wird, dass das Material in einer Zone in der Nähe des Bohrlochs, die sich in Längsrichtung des Rohrs erstreckt, verflüssigt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, das ferner den Schritt des Drehens des Rohrs (28), um das Bohren zu unterstützen, umfasst.

5. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner den Schritt des Versehens des Bohrlochs (34) mit einem Futterrohr umfasst, indem bis zu einer gewünschten Tiefe gebohrt wird und zu dem Rohr ein oder mehrere Rohre hinzugefügt werden, um einen Rohrstrang (24) zu bilden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner den Schritt des Herausziehens des Rohrstrangs (24) aus dem Bohrloch umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Schritt (2) vor oder während des Herausziehens des Rohrstrangs (24) aus dem Bohrloch (34) ausgeführt wird.

8. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Schritt (2) die Schritte des Einsetzens der Wärmeschleife (50) in einen Innenraum des Rohrs (28) und des Drängens der Wärmeschleife in Richtung zum Boden des Bohrlochs (34) umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 8, das ferner vor dem Einsetzschritt den Schritt umfasst, bei dem die Wärmeschleife (50) im Wesentlichen mit einem Fluid gefüllt wird.

10. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Schritt (2) den Schritt des Eingießens der Wärmeschleife (50) in dem Bohrloch (34) umfasst.

11. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Schwingungserzeugungsschritt durch Erzeugen von Schwingungen in dem Rohr mit einem Schallbohrkopf (26) ausgeführt wird, wodurch das Rohr dazu veranlasst wird, in einer Richtung zu schwingen, die zu seiner Längsachse im Wesentlichen parallel ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei eine Frequenz der Schwingung im Bereich von etwa 30 Hz

bis 150 Hz liegt.

13. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Bohrschritt den Schritt des Verwendens einer Bohrkronen (40), die einen im Wesentlichen ringförmigen Körper besitzt, der mit einer Schneidoberfläche (19) versehen ist, umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Körper einen Außendurchmesser besitzt, der größer als ein Außendurchmesser des Rohrs (28) ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Körper einen Innendurchmesser besitzt, der im Wesentlichen gleich dem Innendurchmesser des Rohrs (28) ist.

16. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner die Schritte des Einsetzens eines Bohrmittels (80) in das Rohr (28) oder in den Rohrstrang (24), das Bewegen des Bohrmittels zum Boden des Bohrlochs (34) und das Bohren einer Verlängerung für das Bohrloch umfasst.

17. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner den Schritt des Wiederholens der Schritte (1) bis (3) umfasst, um mehrere Geothermie-Wärmetauscher am selben Ort zu installieren.

18. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner den Schritt des Verbindens der oder jeder Wärmeschleife mit einem Verteiler umfasst, um Wärmeaustauschfluid durch diese Schleife(n) zirkulieren zu lassen.

19. Verfahren nach einem vorhergehenden Anspruch, das ferner den Schritt des Bildens des Bohrlochs bis zu einer Tiefe im Bereich von etwa 46 m bis etwa 153 m umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

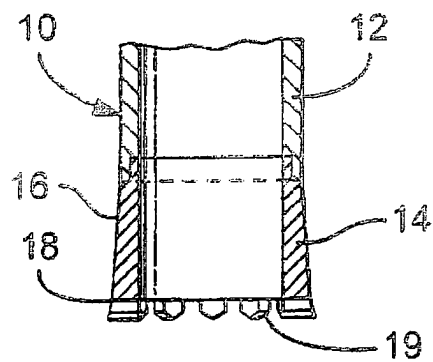


Fig. 1A

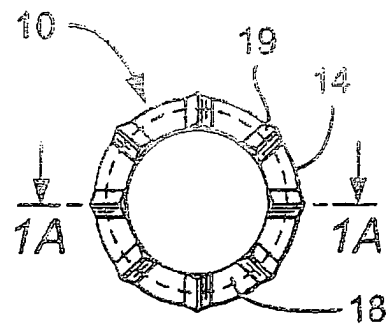


Fig. 1B

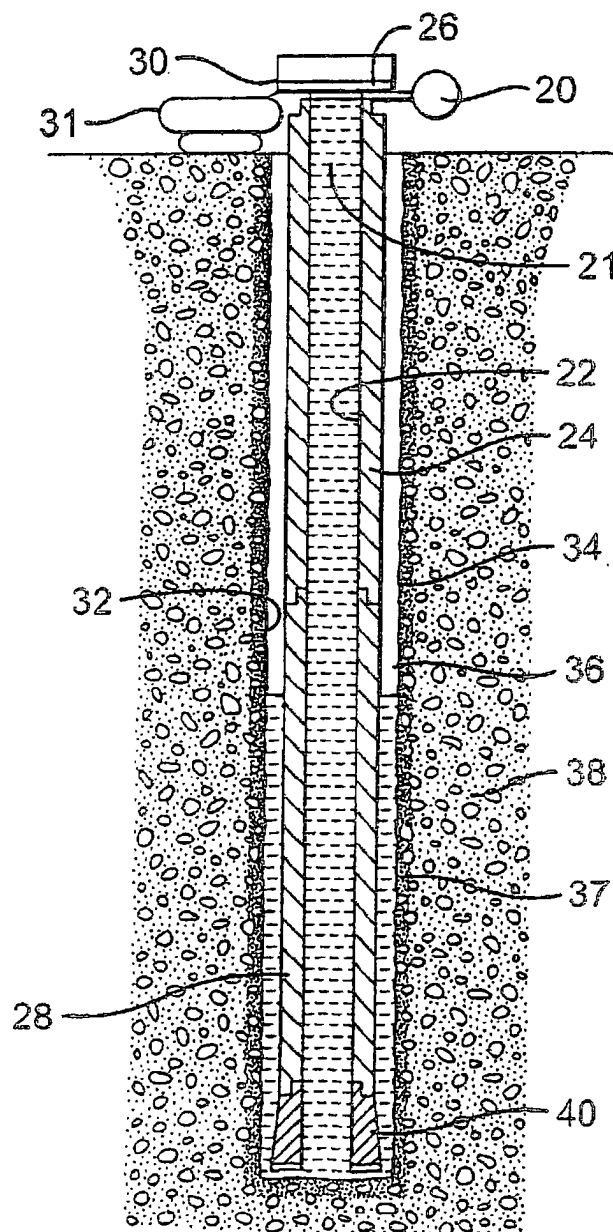


Fig. 2

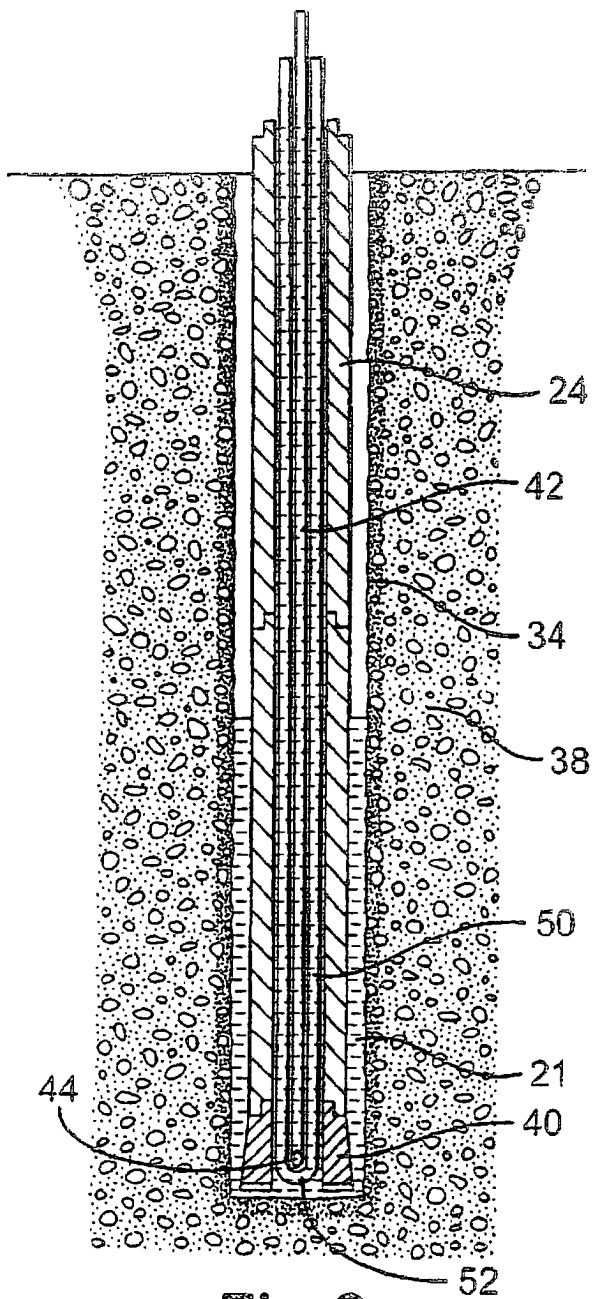


Fig. 3

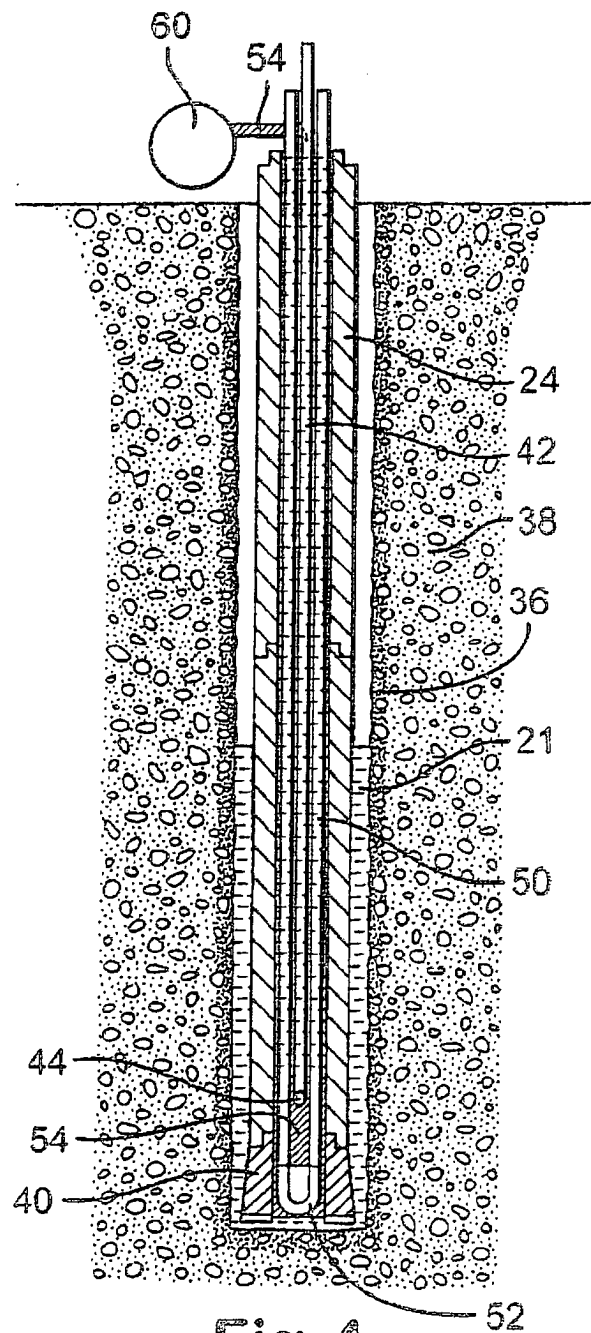


Fig. 4

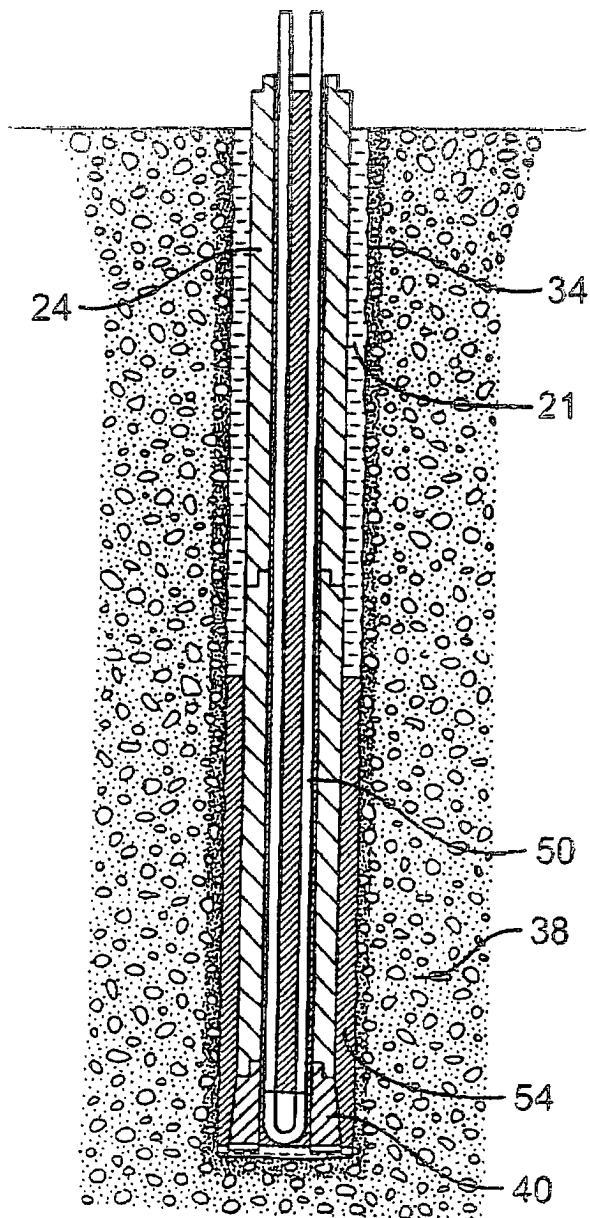


Fig. 5

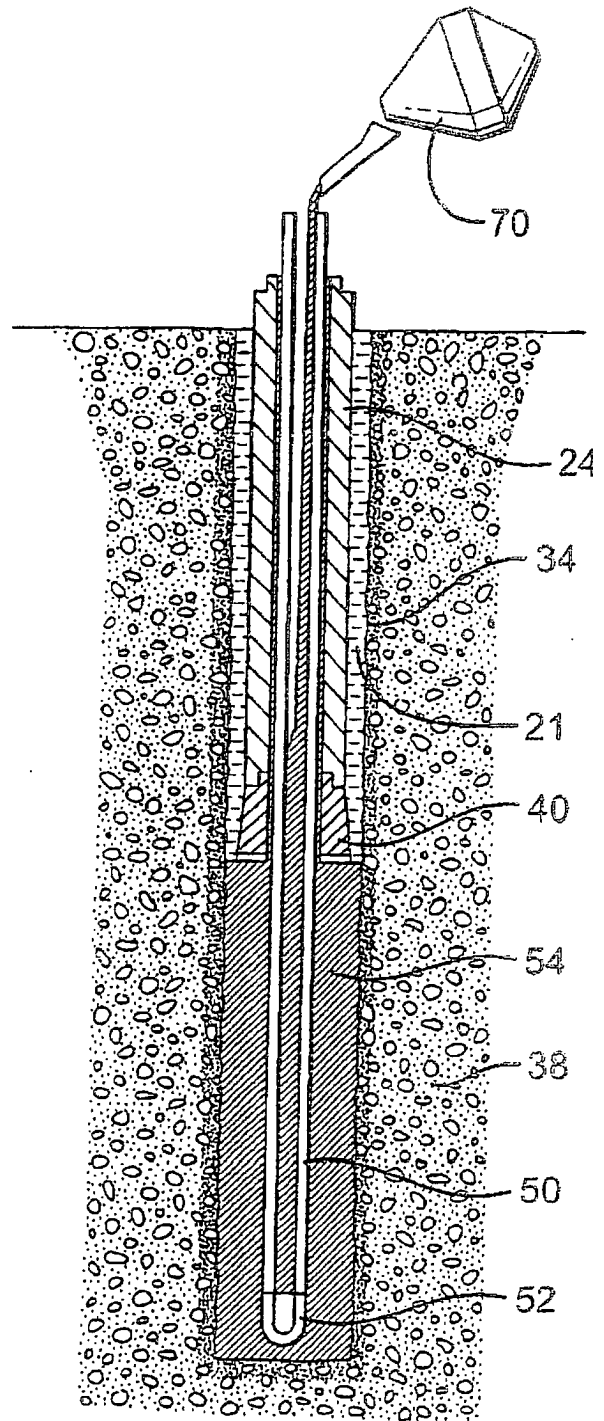


Fig. 6

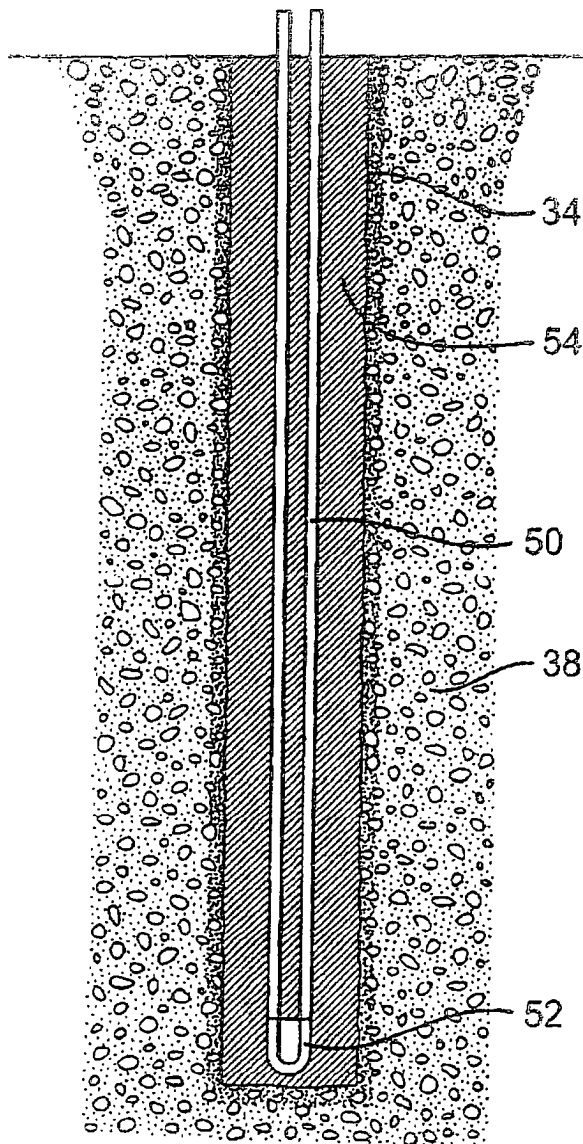


Fig. 7

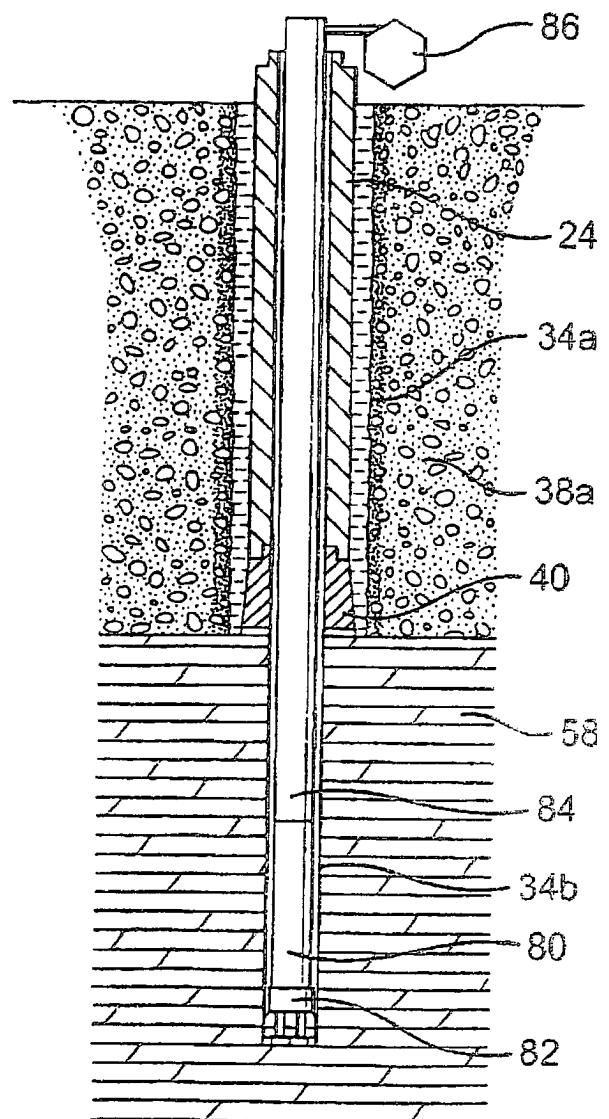


Fig. 8

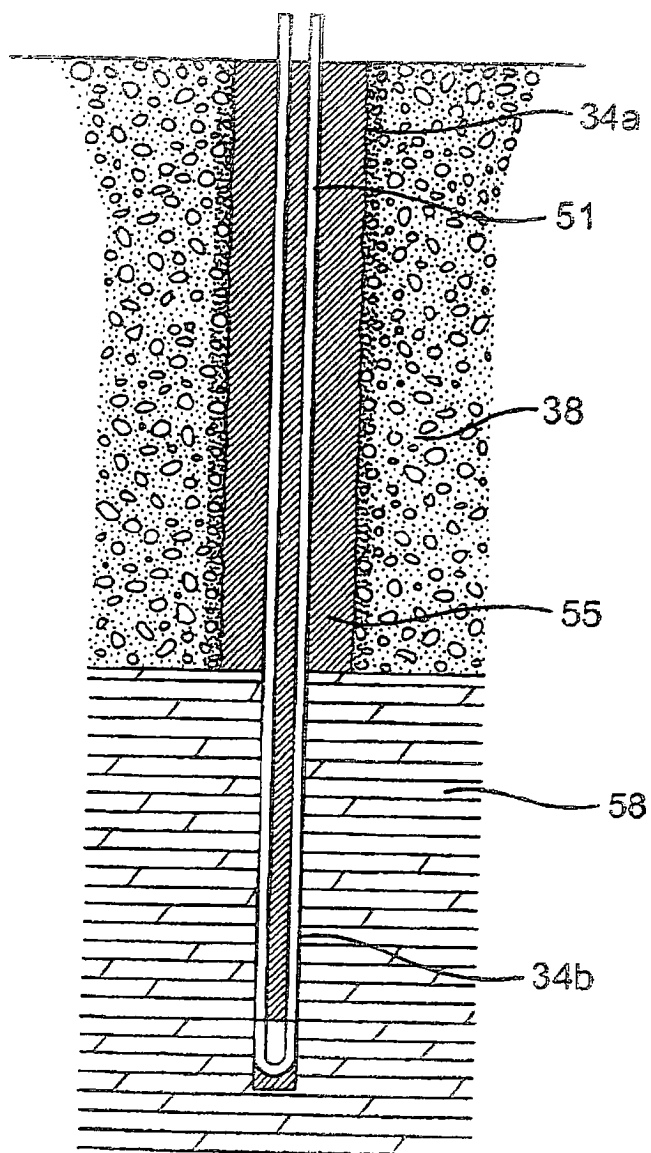


Fig.9