



(11) **EP 4 134 512 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.12.2024 Patentblatt 2024/50

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E21B 43/12^(2006.01) F04B 47/06^(2006.01)
F04B 47/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22185953.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E21B 43/128; F04B 47/06; F04B 53/18

(22) Anmeldetag: **20.07.2022**

(54) **VOLUMENAUSGLEICHSVORRICHTUNG**
VOLUME COMPENSATING DEVICE
DISPOSITIF DE COMPENSATION DE VOLUME

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

(30) Priorität: **30.07.2021 DE 102021119889**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.02.2023 Patentblatt 2023/07

(73) Patentinhaber: **Oil Dynamics GmbH**
69115 Heidelberg (DE)

(72) Erfinder:
• **Mohammadi, Ahmad**
69115 Heidelberg (DE)

• **Limanowka, Andy**
Sherwood Park, T8E 1B9 (CA)

(74) Vertreter: **Stöbel, Matthias**
Altmann Stöbel Dick Patentanwälte PartG mbB
Theodor-Heuss-Anlage 2
68165 Mannheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 1 970 484 US-A- 3 182 214
US-A- 3 502 919 US-A- 3 854 064
US-A- 4 462 765 US-A1- 2020 095 992

EP 4 134 512 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein System zur Einführung in ein Bohrloch für Tiefbrunnenpumpen (auch Electric Submersible Pumps - ESP genannt) in der Geothermie, mit einer mit Leichtöl oder einem leichtölähnlichen Fluid gefüllten Arbeitskammer und einer Volumenausgleichsvorrichtung.

[0002] Tiefbrunnenbohrungen in der Geothermie reichen in große Tiefen, die je nach Aufbau des Erdmantels 3000m oder mehr betragen können. Dies hängt davon ab, in welcher Tiefe die für die Nutzung der Erdwärme gewünschte Temperatur herrscht. Möglichst hohe Temperaturen werden dabei angestrebt, da dann auch die Energieausbeute hoch ist. Im Oberrheingraben herrschen beispielsweise in 3000m Tiefe Temperaturen von ca. 170°C. Diese Temperaturen bringen jedoch auch Probleme mit sich, da die Pumpenvorrichtung mit Antrieb, die sich in dem Bohrloch befindet und der Förderung des Bohrlochfluids dient, ihrerseits auch noch Wärme erzeugt. Das Bohrlochfluid ist in der Geothermie das heiße Brunnenwasser. Die größte Wärmeenergieerzeugung tritt am Elektromotor auf, wobei jedoch am Axiallager, das die Antriebswelle für die Pumpe abstützt, die höchsten Temperaturen erreicht werden können. Dabei sind von diesem Lager Kräfte von 15 bis 25 Tonnen abzufangen. Ein solches Lager bedarf einer Schmierung, für die Öl verwendet wird. Dieses Öl weist jedoch infolge der Temperaturschwankungen durch die Wärmeenergieerzeugung beim Betrieb der Vorrichtung Volumenänderungen auf. Durch diese bedingt darf auf keinen Fall Brunnenwasser in die Arbeitskammer eintreten und dort das Leichtöl verschmutzen. Das Leichtöl sollte aber auch nicht in das Brunnenwasser austreten. Diese Gefahr besteht nicht bei Schweröl, da dieses durch seine Konsistenz und dem hohen spezifischen Gewicht auch bei den hohen Temperaturen eine sichere Barriere bildet. Das Schweröl ist jedoch zur Schmierung des Axiallagers und eventuell einer Ölfüllung des Elektromotors zum Antrieb der Pumpe mit einem Preis von 600,- € pro Liter viel zu teuer, um als Arbeitsöl zum Schmieren zu dienen. Leichtöl verursacht dagegen wesentlich geringere Kosten. Das zu lösende Problem besteht somit darin, trotz der Volumenänderung des Arbeitsöls jegliches Eindringen von Brunnenwasser in das Leichtöl oder ein Austreten von Leichtöl in das Brunnenwasser zu unterbinden.

[0003] Bekannt sind Balgsysteme, die das Arbeitsöl vom Bohrlochfluid trennen und durch ihre Elastizität einen Ausgleich der Volumenänderung ermöglichen, z.B. DE 1 186 141 (Auslegeschrift), WO 2017/096103 A1 und WO 2016/032521 A1.

[0004] Der Nachteil dieser Art eines Volumenausgleichs ist einerseits die Begrenzung dieses Ausgleichs durch die mechanisch limitierte Balgausdehnung, andererseits ist ein solcher Balg ein hitzeempfindliches Verschleißteil, das öfter ausgewechselt werden müßte, was wegen der Anordnung im Bohrloch einen erheblichen Aufwand darstellt.

[0005] Die PCT/US2017/064498 schlägt daher einen federbelasteten Kolben vor, der sich gegenüber einer Druckgaskammer verschiebt. Der Nachteil dabei ist, daß die Kompressionsfähigkeit des Gases den Volumenausgleich limitiert, und der Druck im Gas bei großem auszugleichenden Volumen für eine Druckerhöhung im Arbeitsöl sorgen würde. Um diesen auszugleichen und den gewünschten Druck im Arbeitsöl zu erhalten, ist ein Servomotor vorgesehen, der den, dem Volumenausgleich dienenden Kolben verschiebt, damit der Arbeitsöldruck nicht zu sehr ansteigen kann. Dazu sind aber auch noch eine Druckerfassung und eine Regelung erforderlich. Ein solches System ist kompliziert, teuer und störanfällig, insbesondere aufgrund der hohen Temperaturen.

[0006] Das Dokument US 3,182,214 A beschreibt eine tauchbare Dichtung für einen Elektromotor, der eine Pumpe mittels einer durch die Dichtung hindurchgehenden Welle antreibt, um den Motor vor dem Eindringen von Umgebungsflüssigkeit zu schützen, in die der Motor, die Pumpe und die Dichtung eingetaucht werden sollen.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Volumenausgleichsvorrichtung der eingangs genannten Art verfügbar zu machen, die auch bei hohen Temperaturen robust ist, einfach aufgebaut ist sowie eine hohe Ausgleichskapazität besitzt.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Volumenausgleichsvorrichtung zwischen dem Leichtöl oder dem leichtölähnlichen Fluid der Arbeitskammer und dem diese umgebenden Bohrlochfluid eine, entsprechend der Volumenänderung des Leichtöls oder leichtölähnlichen Fluids, verschiebbare Trennschicht aus Schweröl oder schwerölähnlichem Fluid angeordnet ist.

[0009] Das Bohrlochfluid ist in der Geothermie Brunnenwasser, es sollen jedoch andere Einsatzmöglichkeiten, beispielsweise in der Ölförderung, nicht ausgeschlossen werden, dann wäre es beispielsweise Erdöl.

[0010] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, eine Schwerölschicht (damit gemeint ist immer auch ein schwerölähnliches Fluid, d.h. mit ähnlichem spezifischem Gewicht) dazu zu nutzen, das Bohrlochfluid, also in der Regel das Brunnenwasser, von dem Leichtöl (damit gemeint ist immer auch ein leichtölähnliches Fluid mit vergleichbaren Schmiereigenschaften) zu trennen, um so eine sichere Barriere zu schaffen, die ein Eindringen von Brunnenwasser in die Arbeitskammer, eine Vermischung mit dem Leichtöl und somit dessen Verunreinigung als auch dessen Austreten in das Brunnenwasser vollständig ausschließt. Bei der Umsetzung dieses Grundgedankens muß dann der Tatsache Rechnung getragen werden, daß das Schweröl schwerer als Leichtöl ist, sich am tiefsten Punkt sammelt und sich bei unmittelbarer Angrenzung nicht mit Wasser vermischt, das Leichtöl aber andererseits sowohl auf dem Schweröl als auch auf dem Wasser schwimmen würde. Es ist also nicht möglich, ohne entsprechende Maßnahmen das Schweröl zwischen Leichtöl und Wasser einzufügen. Die Erfindung sieht zur Lösung dieses Problems unter-

schiedliche Maßnahmen vor.

[0011] Im nicht erfindungsgemäßen einfachsten Fall könnte man auf dem Leichtöl einen in einem Zylinder verschiebbaren Kolben anordnen, auf dem das Schweröl über dem Leichtöl angeordnet werden kann. Das Schweröl kann jedoch, da mit Wasser unvermischbar, als verschiebbare Trennschicht unmittelbar an das Brunnenwasser angrenzen, wenn es unterhalb des Wassers liegt.

[0012] Bei der technischen Umsetzung der Trennung von Leicht- und Schweröl können aber auch andere Möglichkeiten eingesetzt werden als ein diese unterschiedlichen Öle trennender verschiebbarer Kolben:

Als Alternative dazu wird ein Mehrkammersystem vorgeschlagen, bei dem die Volumenausgleichsvorrichtung eine mit der Arbeitsölkammer verbundene Volumenausgleichskammer aufweist, die einen Leichtölbereich für den Volumenausgleich des Leichtöls aufweist und einen Schwerölbereich mit einem Schweröl oder einem schweröhlähnlichen Fluid. Dabei ist die Grenze zwischen Leichtölbereich und Schwerölbereich verschiebbar und das Schweröl kann in eine Expansionskammer fließen, die einen weiteren Schwerölbereich aufweist, der an einen Bohrlochfluidbereich angrenzt, wobei das Bohrlochfluid über eine Ausgleichsöffnung aus der Expansionskammer ein- und ausströmen kann. Der Grundgedanke dieser Alternative ist der, daß es zwei Kammern gibt, eine für die Aneinandergrenzung von Leicht- und Schweröl und eine separate für die Aneinandergrenzung von Schweröl und Brunnenwasser (oder einem anderen Bohrlochfluid, das leichter als Schweröl ist, beispielsweise Erdöl).

[0013] Dieses Mehrkammersystem ist dann zweckmäßigerweise derart ausgestaltet, daß die Volumenausgleichskammer von ihrem Leichtölbereich eine Verbindung zur Arbeitsölkammer und von ihrem Schwerölbereich eine Verbindung zu einem weiteren Schwerölbereich der Expansionskammer aufweist.

[0014] Ein solches Mehrkammersystem kann auf verschiedene Weise aufgebaut sein:

Es kann vorgesehen sein, daß die Arbeitsölkammer unterhalb der Volumenausgleichskammer und die Expansionskammer über der Volumenausgleichskammer angeordnet ist. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die Volumenausgleichskammer unterhalb der Arbeitsölkammer und die Expansionskammer oberhalb der Arbeitsölkammer angeordnet ist, wobei die Verbindung von Volumenausgleichskammer zur Expansionskammer eine die Arbeitsölkammer umgehende Rohrverbindung ist.

[0015] Für die Ausführungsform, daß die Arbeitsölkammer unterhalb der Volumenausgleichskammer und die Expansionskammer über der Volumenausgleichskammer angeordnet ist, wird als zweckmäßige Weiterbildung vorgeschlagen, daß an einer mechanischen Dichtung zwischen Volumenausgleichskammer und Arbeitsölkammer eine Vorrichtung zum Auffangen einer Leckage des Schweröls in das Leichtöl und zur Rückführung in das Schweröl der Volumenausgleichskammer

angeordnet ist. Dabei sieht eine konkrete Umsetzung für das Auffangen und die Rückführung des Schweröls vor, daß unterhalb der mechanischen Dichtung zum Auffangen einer Leckage des Schweröls ein Schwerölsammelbecken mit einem Schwerölsumpf und einer Pumpe angeordnet ist, die das aufgefangene Schweröl über eine Rückführleitung in die Volumenausgleichskammer zurückbefördert.

[0016] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, daß ein Wärmetauscher angeordnet ist, der dem Leichtöl Wärme entzieht und diese an das Bohrlochfluid abgibt. Dazu kann eine Pumpe vorgesehen sein, die mittels eines Ölkreislaufs dem Wärmetauscher das zu kühlende Leichtöl zuführt.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Mehrkammersystem

Fig. 2 ein nicht erfindungsgemäßes Einkammersystem,

Fig. 3 ein nicht erfindungsgemäßes Mehrkammersystem und

Fig. 4 den Einsatz der Erfindung in einem Bohrloch.

[0018] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Mehrkammersystem. Die gekapselte Volumenausgleichsvorrichtung 1 ist in ein Bohrloch 2 in das Erdreich 31 eingebracht, das in dieser Tiefe in der Regel Gestein ist. Dies ist ausführlicher in Fig. 4 dargestellt und beschrieben.

[0019] Die gekapselte Volumenausgleichsvorrichtung 1 dient dazu, ein der Schmierung dienendes Leichtöl 4 oder leichtöhlähnliches Fluid einer Arbeitsölkammer 5 einen Volumenausgleich zu gewähren, wenn sich dieses durch Erhitzung ausdehnt beziehungsweise bei Abkühlung wieder zusammenzieht. Die Volumenänderungen sind auf drei Ursachen zurückzuführen: Zum einen die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur beim Einfüllen des Leichtöls 4 und der Temperatur, wenn die Vorrichtung 1 in das heiße Brunnenwasser 6 des Bohrlochs 2 eingeführt wird. Diese Temperaturdifferenz beträgt ungefähr 80 bis 150°C. Dann generiert der Elektromotor 21 Wärme, wodurch eine Temperaturdifferenz von ca. 50°C auftritt. Das Axiallager 19 steuert dann nochmals eine Temperaturdifferenz von ca. 30°C bei, kann aber in seinem Bereich zur höchsten Temperatur führen. Dies alles erfolgt auch noch in einer ohnehin schon heißen Umgebung, da die Geothermie dann besonders effektiv ist, wenn möglichst heißes Brunnenwasser gefördert werden kann.

[0020] Um dem Leichtöl 4 der Arbeitsölkammer 5, in der sich auch das Axiallager 19 befindet, einen Volumenausgleich zu gewähren, ist diese über eine Verbindung 16 mit einer Volumenausgleichskammer 10 verbunden

und zwar mit deren Leichtölbereich 10'. Darunter ist in dieser Kammer ein Schwerölbereich 10", wobei das Leichtöl 4 und das Schweröl 7 aufgrund des unterschiedlichen spezifischen Gewichts eine stabile Grenze 11 bilden. Der Schwerölbereich 10" ist über eine Verbindung 17 mit einer Expansionskammer 12 verbunden. Diese Expansionskammer 12 hat in ihrem unteren Bereich einen weiteren Schwerölbereich 13 und in ihrem oberen Bereich einen Bohrlochfluidbereich 14. Je nach der Volumenänderung des Leichtöls 4, das von der Volumenausgleichskammer 10 bei Expansion des Schweröls 7 in die Expansionskammer 12 drückt, hebt sich dort der Spiegel des Schweröls 7 oder senkt sich bei Abkühlung ab. Entsprechend dieses Vorgangs strömt das Bohrlochfluid 6 aus einer Ausgleichsöffnung 15 in den Zwischenbereich einer Röhre, die als Brunnenwand 38 das Bohrloch 2 auskleidet und die verschiedenen Funktionselemente der Fördervorrichtung enthält (siehe Fig. 4). Der Doppelpfeil 15' zeigt diesen Ein- und Austritt des Bohrlochfluids 6 aus bzw. in die Expansionskammer 13.

[0021] Durch die Volumenausgleichsvorrichtung 1 hindurch erstreckt sich die Pumpenwelle 20, wobei sich oberhalb die Pumpe 29 mit Ansaugstutzen 34 befindet und unterhalb der Elektromotor 21, der in der Regel ebenfalls in einem Bereich der Arbeitsölkammer 5 mit Leichtöl 4 liegt, die man sich in der Darstellung nach unten verlängert vorstellen muß.

[0022] Gezeigt ist weiterhin eine zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung durch die an einer mechanischen Dichtung 22 eine Leckage 23 des Schweröls 7 aufgefangen werden kann, wenn diese von der Volumenausgleichskammer 10 in die Arbeitsölkammer 5 übertritt. Dazu ist unterhalb der mechanischen Dichtung 22, vorzugsweise einer Gleitringdichtung, ein Schwerölsammelbecken 24 angebracht, das die Leckage 23 sammelt und einem Schwerölsumpf 25 zuführt. Eine Pumpe 26 sorgt dann über eine Rückführleitung 27 des Schweröls 7 in den Leichtölbereich 10' der Volumenausgleichskammer 10, wobei dann dieses zum Schwerölbereich 10" sinkt. Auf diese Weise kann vermieden werden, daß durch eine solche Leckage 23 Schweröl 7 von der Volumenausgleichskammer 10 in das Leichtöl 4 der Arbeitsölkammer 5 übertritt und dadurch für die beschriebene Funktion verlorengeht. Weiterhin ist ein Wärmetauscher 28 vorgesehen, dessen Funktion die Abkühlung des Leichtöls 4 ist. Zu diesem Zweck ist der Wärmetauscher 28 zwischen der Arbeitsölkammer 5 und dem Bohrlochfluid 6 innerhalb der Brunnenwand 38 angeordnet. Um diese Abkühlung möglichst effektiv zu gestalten, ist eine Pumpe 29 angeordnet, beispielsweise an der Pumpenwelle 20. Sie treibt einen Ölkreislauf 30 an (kleine Pfeile), der das Öl dem Wärmetauscher 28 zuführt. Auf diese Weise wird vor allem die starke Wärmeentwicklung des Axiallagers 19 abgeführt und es wird dadurch vermieden, daß das Leichtöl 4 sich zu sehr erhitzt und einen Teil seiner Schmiereigenschaft verliert.

[0023] Fig. 2 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Einkammersystem, das den Grundgedanken der Erfindung

auf einfache Weise realisiert. Hier befindet sich in der einzigen Kammer das Axiallager 19 sowie der (nicht gezeichnete) Elektromotor 21, welche sich im Leichtöl 4 befinden, das sich erhitzt. Dabei verschiebt sich ein in einem Zylinder 8 gelagerter Kolben 9, wie es der Doppelpfeil 9' zeigt. Aufgrund dieser Verschiebung - nach oben bei Erwärmung, nach unten durch Abkühlung - verschiebt sich auch das Schweröl 7, das auf dem Kolben 9 aufliegt. Oberhalb des Schweröls 7 befindet sich das Bohrlochfluid 6, welches durch die Ausgleichsöffnung 15 entsprechend der Pfeile 15' ein- und austreten kann. Gleiche Bezugszeichen in den Figuren zeigen dabei funktionsidentische Merkmale. Hier wird beispielsweise die Grenze 11 zwischen Leichtöl 4 und Schweröl 7 durch den Kolben 9 gebildet, und die Verschiebung erfolgt gemäß dem Doppelpfeil 9'. Das Problem bei dieser Anordnung ist die Abdichtung zwischen dem verschiebbaren Kolben und der Zylinderwand.

[0024] Fig. 3 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Mehrkammersystem, bei dem die Kammern anders angeordnet sind. Hier befindet sich die Arbeitsölkammer 5 zwischen der Volumenausgleichskammer 10 und der Expansionskammer 12. In der Arbeitsölkammer 5 sind das Axiallager 19 und der Elektromotor 21 angeordnet. Dehnt sich in der Arbeitsölkammer 5 das Leichtöl 4 aus, so wird es nach unten durch die Verbindung 16 in die Volumenausgleichskammer 10 gedrückt, in der sich der Leichtölbereich 10' und der Schwerölbereich 10" befinden. Zwischen dem Schweröl 7 und dem Leichtöl 4 ist auch hier ein Kolben 9 angeordnet, der sich in einem Zylinder 8 entsprechend der Volumenänderung des Leichtöls 4 auf- und abbewegt. Der Kolben 9 kann auch durch eine Feder abgestützt sein. Die Anordnung von Kolben 9 und Zylinder 8 ist allerdings nicht denknotwendig, da hier das Leichtöl 4 und das Schweröl 7 auch unmittelbar aufeinander treffen können, weil sich das Schweröl 7 unvermischbar immer unten befindet. Bei einer Ausdehnung des Leichtöls 4 wird das Schweröl 7 in eine Verbindung 17 gedrückt, die als Rohrverbindung 18 das Schweröl 7 der Expansionskammer 12 zuleitet und zwar in deren Schwerölbereich 13. Dort befindet sich über dem Schweröl 7 das Bohrlochfluid 6 in einem Bohrlochfluidbereich 14. Dieser weist eine Ausgleichsöffnung 15 auf, durch die das Bohrlochfluid 6 gemäß dem Doppelpfeil 15' ein- und ausströmen kann.

[0025] Fig. 4 zeigt den Einsatz der Erfindung bei einer Fördervorrichtung 39 in einem Bohrloch 2. Das Bohrloch 2 ist gegenüber dem Erdreich 31, also meistens dem Gestein, durch eine Brunnenwand 38 abgegrenzt. Innerhalb dieser Brunnenwand 38 befindet sich die gesamte Fördervorrichtung 39 für das Brunnenwasser 6. Diese besteht aus einer Tiefbrunnenpumpe 3, welche mittels eines Elektromotors 21 angetrieben wird. Der Förderung dient das Förderrohr 33. Der Elektromotor 21 wird über ein Kabel 32 mit Strom versorgt. Zwischen der Tiefbrunnenpumpe 3 mit dem Ansaugstutzen 34 und dem Elektromotor 21 ist die gekapselte Volumenausgleichsvorrichtung 1 gemäß der Erfindung mit dem Axiallager 19

angeordnet.

[0026] Am unteren Ende der Fördervorrichtung 39 befindet sich noch ein Sensor 35 sowie eine Zentrierung 36. Über der Erdoberfläche befindet sich eine oberirdische Armatur und Leitung 37 für das geförderte Brunnenwasser 6, um die geothermische Wärme zu nutzen.

[0027] Die dargestellten Ausführungsbeispiele können selbstverständlich variieren, so können auch die Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 2 und Fig. 3 mit einer Vorrichtung zum Auffangen einer Leckage versehen sein oder eine Kühlvorrichtung aufweisen. Bei der Fig. 3 könnte beispielsweise auch zwischen der Expansionskammer 12 und der Arbeitsölkammer 5 eine Vorrichtung zum Auffangen einer Leckage angeordnet sein. Auch weitere Variationen, wie beispielsweise ein System aus zwei Kammern ist durch Übertragung von Merkmalen eines Beispiels auf das andere möglich.

Bezugszeichenliste

[0028]

- | | |
|------|---|
| 1 | Gekapselte Volumenausgleichsvorrichtung |
| 2 | Bohrloch |
| 3 | Tiefbrunnenpumpe |
| 4 | Leichtöl oder leichtölähnliches Fluid |
| 5 | Arbeitsölkammer (Leichtöl oder leichtölähnliches Fluid) |
| 6 | Bohrlochfluid (Brunnenwasser) |
| 7 | Schweröl oder schwerölähnliches Fluid |
| 7' | Pfeile: Verschiebung der Trennschicht aus Schweröl |
| 8 | Zylinder |
| 9 | Kolben |
| 9' | Doppelpfeil: Verschiebung des Kolbens |
| 10 | Volumenausgleichskammer |
| 10' | Leichtölbereich der Volumenexpansionskammer |
| 10'' | Schwerölbereich der Volumenexpansionskammer |
| 11 | Grenze zwischen Schwer- und Leichtöl |
| 12 | Expansionskammer |
| 13 | weiterer Schwerölbereich (der Expansionskammer) |
| 14 | Bohrlochfluidbereich (der Expansionskammer) |
| 15 | Ausgleichsöffnung |
| 15' | Ein- und Austritt des Bohrlochfluids |
| 16 | Verbindung Volumenausgleichskammer zur Arbeitsölkammer |
| 17 | Verbindung Volumenausgleichskammer zur Expansionskammer |
| 18 | Rohrverbindung |
| 19 | Axiallager |
| 20 | Pumpenwelle |
| 21 | Elektromotor |
| 22 | mechanische Dichtung |
| 23 | Leckage des Schweröls |
| 24 | Schwerölsammelbecken |
| 25 | Schwerölsumpf |

- | | |
|-------|--|
| 26 | Pumpe |
| 27 | Rückführleitung in die Volumenausgleichskammer |
| 28 | Wärmetauscher |
| 5 29 | Pumpe |
| 30 | Ölkreislauf |
| 31 | Erdreich (Gestein) |
| 32 | Kabel |
| 33 | Förderrohr |
| 10 34 | Ansaugstutzen |
| 35 | Sensor |
| 36 | Zentrierung |
| 37 | oberirdische Armatur und Leitung |
| 38 | Brunnenwand |
| 15 39 | Fördervorrichtung |

Patentansprüche

- 20 1. System zur Einführung in ein Bohrloch (2) für Tiefbrunnenpumpen (3) in der Geothermie, mit einer mit Leichtöl (4) oder einem leichtölähnlichen Fluid gefüllten Arbeitsölkammer (5) und einer Volumenausgleichsvorrichtung (1),
- 25 **dadurch gekennzeichnet,**
daß als Volumenausgleichsvorrichtung (1) zwischen dem Leichtöl (4) oder dem leichtölähnlichen Fluid der Arbeitsölkammer (5) und dem diese umgebenden Bohrlochfluid (6) eine, entsprechend der Volumenänderung des Leichtöls (4) oder leichtölähnlichen Fluids, verschiebbare Trennschicht aus Schweröl (7) oder schwerölähnlichem Fluid angeordnet ist.
- 30
- 35 2. System nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Volumenausgleichsvorrichtung (1) eine mit der Arbeitsölkammer (5) verbundene Volumenausgleichskammer (10) aufweist, die einen Leichtölbereich (10') für den Volumenausgleich des Leichtöls (4) aufweist und einen Schwerölbereich (10'') mit einem Schweröl (7) oder einem schwerölähnlichen Fluid,
- 40 **daß** die Grenze (11) zwischen Leichtölbereich (10') und Schwerölbereich (10'') verschiebbar ist und das Schweröl (7) in eine Expansionskammer (12) fließen kann, die einen weiteren Schwerölbereich (13) aufweist, der an einen Bohrlochfluidbereich (14) angrenzt, wobei das Bohrlochfluid (6) über eine Ausgleichsöffnung (15) aus der Expansionskammer (12) ein- und ausströmen kann.
- 45
- 50
- 55 3. System nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Volumenausgleichskammer (10) von ihrem Leichtölbereich (10') eine Verbindung (16) zur Ar-

beitsölkammer (5) und von ihrem Schwerölbereich (10'') eine Verbindung (17) zu einem weiteren Schwerölbereich (13) der Expansionskammer (12) aufweist.

4. System nach einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Arbeitsölkammer (5) unterhalb der Volumenausgleichskammer (10) und die Expansionskammer (12) über der Volumenausgleichskammer (10) angeordnet ist. 5 10
5. System nach einem der Ansprüche 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Volumenausgleichskammer (10) unterhalb der Arbeitsölkammer (5) und die Expansionskammer (12) oberhalb der Arbeitsölkammer (5) angeordnet ist, wobei die Verbindung (17) von Volumenausgleichskammer (10) zur Expansionskammer (12) eine die Arbeitsölkammer (5) umgehende Rohrverbindung (18) ist. 15 20
6. System nach einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** an einer mechanischen Dichtung (22), vorzugsweise einer Gleitringdichtung, zwischen Volumenausgleichskammer (10) und Arbeitsölkammer (5) eine Vorrichtung zum Auffangen einer Leckage (23) des Schweröls (7) in das Leichtöl (4) und zur Rückführung in das Schweröl (7) der Volumenausgleichskammer (10) angeordnet ist. 25 30
7. System nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** unterhalb der mechanischen Dichtung (22) zum Auffangen einer Leckage (23) des Schweröls (7) ein Schwerölsammelbecken (24) mit einem Schwerölsumpf (25) und einer Pumpe (26) angeordnet ist, die das aufgefangene Schweröl (7) über eine Rückführung (27) in die Volumenausgleichskammer (10) zurückbefördert. 35 40
8. System nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Wärmetauscher (28) angeordnet ist, der Wärme (29) dem Leichtöl (4) entzieht und an das Bohrlochfluid (6) abgibt. 45
9. System nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Pumpe (29) mittels eines Ölkreislaufs (30) dem Wärmetauscher (28) das zu kühlende Leichtöl (4) zuführt. 50

Claims

1. System for introduction into a drilled hole (2) for ge-

othermal deep-well pumps (3), having a working-oil chamber (5) which is filled with light oil (4) or a fluid similar to light oil, and having a volume-compensating device (1),

characterized

in that arranged as a volume-compensating device (1) between the light oil (4) or the fluid similar to light oil of the working-oil chamber (5) and the drilled-hole fluid (6) surrounding said chamber is a separating layer of heavy oil (7) or fluid similar to heavy oil that is displaceable according to the change in volume of the light oil (4) or fluid similar to light oil.

2. System according to Claim 1, **characterized**

in that the volume-compensating device (1) has a volume-compensation chamber (10) which is connected to the working-oil chamber (5) and which has a light-oil region (10') for volume compensation of the light oil (4) and has a heavy-oil region (10'') with a heavy oil (7) or a fluid similar to heavy oil,

in that the interface (11) between the light-oil region (10') and the heavy-oil region (10'') is displaceable and the heavy oil (7) can flow into an expansion chamber (12), which has a further heavy-oil region (13) that is adjacent to a drilled-hole-fluid region (14), wherein the drilled-hole fluid (6) can flow into and out of the expansion chamber (12) via a compensation opening (15).

3. System according to Claim 2, **characterized**

in that the volume-compensation chamber (10) has a connection (16) to the working-oil chamber (5) from its light-oil region (10') and has a connection (17) to a further heavy-oil region (13) of the expansion chamber (12) from its heavy-oil region (10'').

4. System according to either of Claims 2 and 3, **characterized**

in that the working-oil chamber (5) is arranged below the volume-compensation chamber (10), and the expansion chamber (12) is arranged above the volume-compensation chamber (10).

5. System according to either of Claims 2 and 3, **characterized**

in that the volume-compensation chamber (10) is arranged below the working-oil chamber (5), and the expansion chamber (12) is arranged above the working-oil chamber (5), wherein the connection (17) from volume-compensation chamber (10) to expansion chamber (12) is a tubular connection (18) which bypasses the working-oil chamber (5). 55

6. System according to either of Claims 3 and 4, **char-**

acterized

in that, at a mechanical seal (22), preferably a slide-ring seal, between volume-compensation chamber (10) and working-oil chamber (5), there is arranged a device for collecting leakage (23) of the heavy oil (7) into the light oil (4) and for return into the heavy oil (7) of the volume-compensation chamber (10).

7. System according to Claim 6,

characterized

in that, below the mechanical seal (22), for collecting leakage (23) of the heavy oil (7), there is arranged a heavy-oil-collecting tank (24) with a heavy-oil sump (25) and with a pump (26) which transports the collected heavy oil (7) back into the volume-compensation chamber (10) via a return line (27).

8. System according to Claim 1 to 7,

characterized

in that there is arranged a heat exchanger (28) which extracts heat (29) from the light oil (4) and releases said heat to the drilled-hole fluid (6).

9. System according to Claim 8,

characterized

in that a pump (29) supplies the light oil (4) to be cooled to the heat exchanger (28) by means of an oil circuit (30).

Revendications

1. Système destiné à être introduit dans un trou de forage (2) pour des pompes de puits profond (3) en géothermie, comprenant une chambre (5) à huile de travail remplie d'huile légère (4) ou d'un fluide analogue à de l'huile légère et un dispositif (1) de compensation de volume,

caractérisé

en ce qu'une couche de séparation en huile lourde (7) ou en fluide analogue à de l'huile lourde, déplaçable en fonction de la variation de volume de l'huile légère (4) ou du fluide analogue à de l'huile légère, est agencée en tant que dispositif (1) de compensation de volume entre l'huile légère (4) ou le fluide analogue à de l'huile légère de la chambre (5) à huile de travail et le fluide de forage (6) entourant celle-ci.

2. Système selon la revendication 1,

caractérisé

en ce que le dispositif (1) de compensation de volume présente une chambre (10) de compensation de volume reliée à la chambre (5) à huile de travail, qui présente une zone d'huile légère (10') pour la compensation de volume de l'huile légère (4) et une zone d'huile lourde (10'') avec une huile lourde (7) ou un fluide analogue à de

l'huile lourde,

en ce que la limite (11) entre la zone d'huile légère (10') et la zone d'huile lourde (10'') est apte à être déplacée, et l'huile lourde (7) est apte à s'écouler dans une chambre d'expansion (12) qui présente une autre zone d'huile lourde (13) qui est adjacente à une zone de fluide de forage (14), le fluide de forage (6) étant apte à entrer et sortir de la chambre d'expansion (12) par une ouverture de compensation (15).

3. Système selon la revendication 2,

caractérisé

en ce que la chambre (10) de compensation de volume présente, à partir de sa zone d'huile légère (10'), une connexion (16) à la chambre (5) à huile de travail et, à partir de sa zone d'huile lourde (10''), une connexion (17) à une autre zone d'huile lourde (13) de la chambre d'expansion (12).

4. Système selon l'une des revendications 2 à 3, **caractérisé**

en ce que la chambre (5) à huile de travail est agencée en dessous de la chambre (10) de compensation de volume et que la chambre d'expansion (12) est agencée au-dessus de la chambre (10) de compensation de volume.

5. Système selon l'une des revendications 2 et 3, **caractérisé**

en ce que la chambre (10) de compensation de volume est agencée en dessous de la chambre (5) à huile de travail et la chambre d'expansion (12) est agencée au-dessus de la chambre (5) à huile de travail, la connexion (17) entre la chambre (10) de compensation de volume et la chambre d'expansion (12) étant une connexion tubulaire (18) contournant la chambre (5) à huile de travail.

6. Système selon l'une des revendications 3 et 4, **caractérisé**

en ce qu'un dispositif (23) de collecte d'une fuite de l'huile lourde (7) dans l'huile légère (4) et de renvoi dans l'huile lourde (7) de la chambre de compensation de volume (10) est agencé sur un joint mécanique (22), de préférence une garniture mécanique, entre la chambre de compensation de volume (10) et la chambre (5) à huile de travail.

7. Système selon la revendication 6,

caractérisé

en ce qu'en dessous du joint mécanique (22), pour recueillir une fuite (23) de l'huile lourde (7), est agencé un bassin (24) de collecte d'huile lourde, avec un carter d'huile lourde (25) et une pompe (26), qui renvoie l'huile lourde (7) recueillie dans la chambre de compensation de volume (10) par une conduite de retour (27).

8. Système selon les revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un** échangeur de chaleur (28) est agencé, lequel extrait de la chaleur (29) de l'huile légère (4) et la transmet au fluide de forage (6).

5

9. Système selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'une** pompe (29) alimente l'échangeur de chaleur (28) en huile légère (4) à refroidir au moyen d'un circuit d'huile (30).

10

15

20

25

30

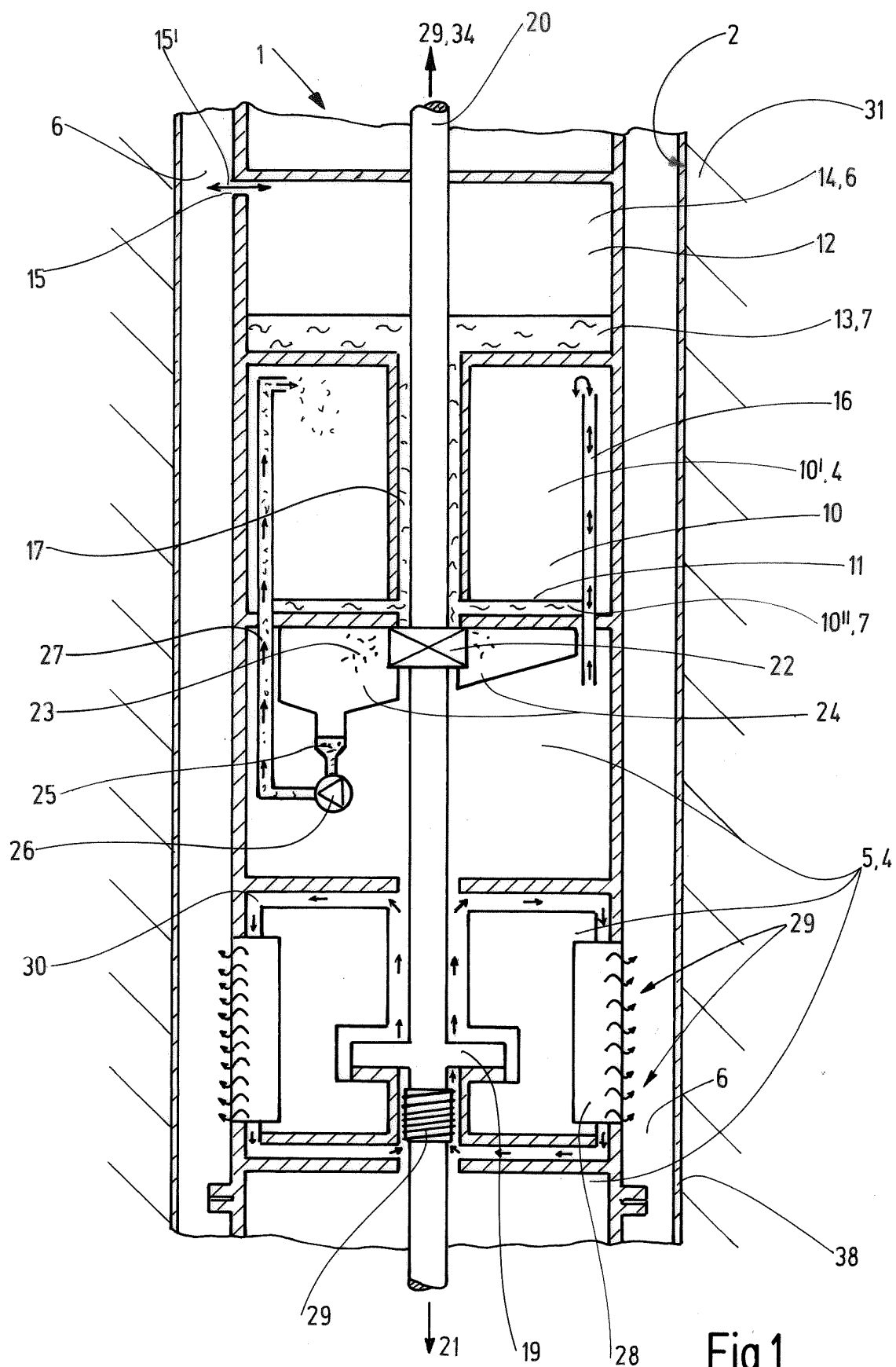
35

40

45

50

55



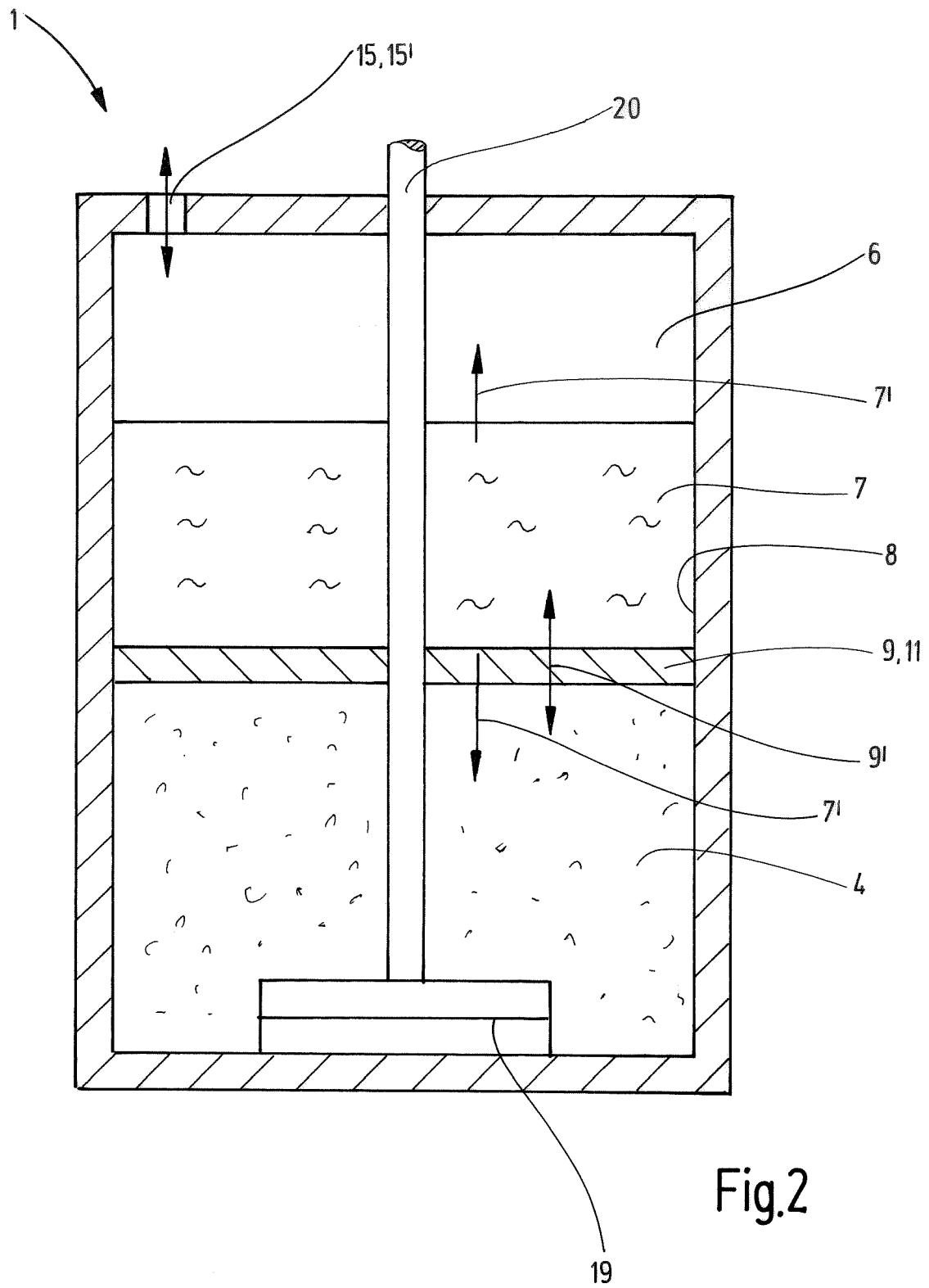


Fig.2

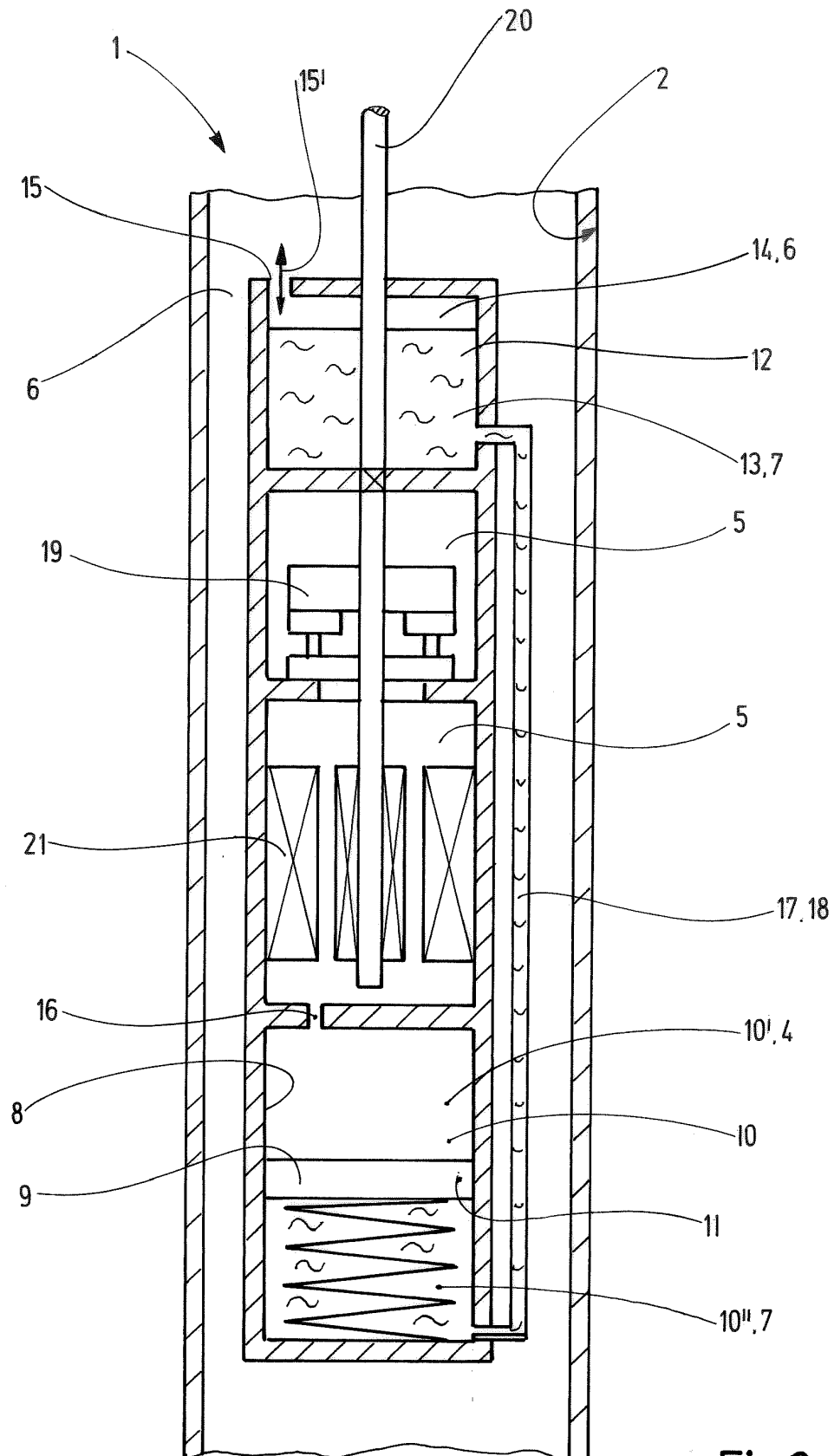


Fig.3

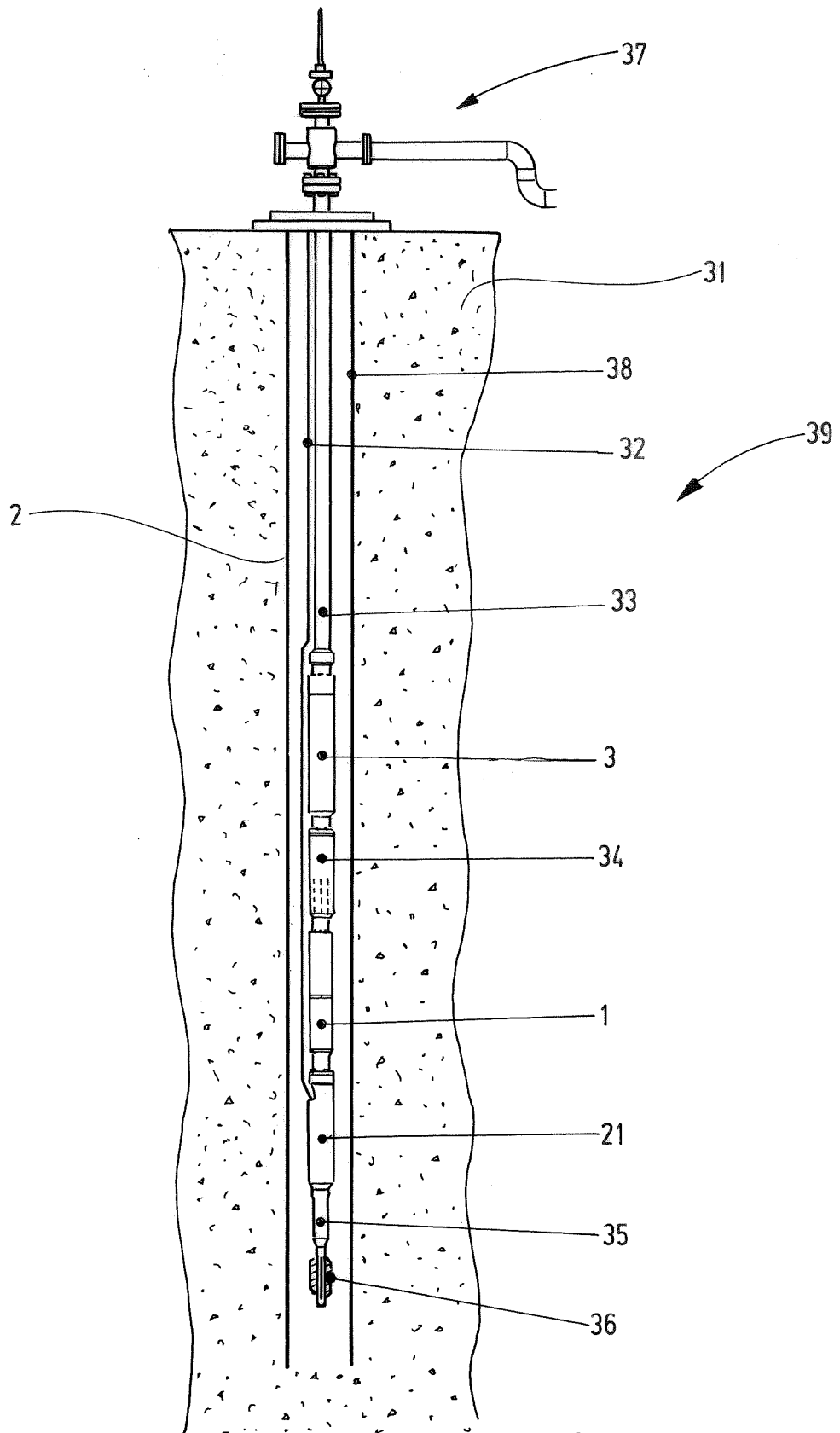


Fig.4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 1186141, Auslegeschrift **[0003]**
- WO 2017096103 A1 **[0003]**
- WO 2016032521 A1 **[0003]**
- US 2017064498 W **[0005]**
- US 3182214 A **[0006]**