



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2015 Patentblatt 2015/26

(51) Int Cl.:
E21B 43/24^(2006.01) E21B 43/30^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13198019.5**

(22) Anmeldetag: **18.12.2013**

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

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

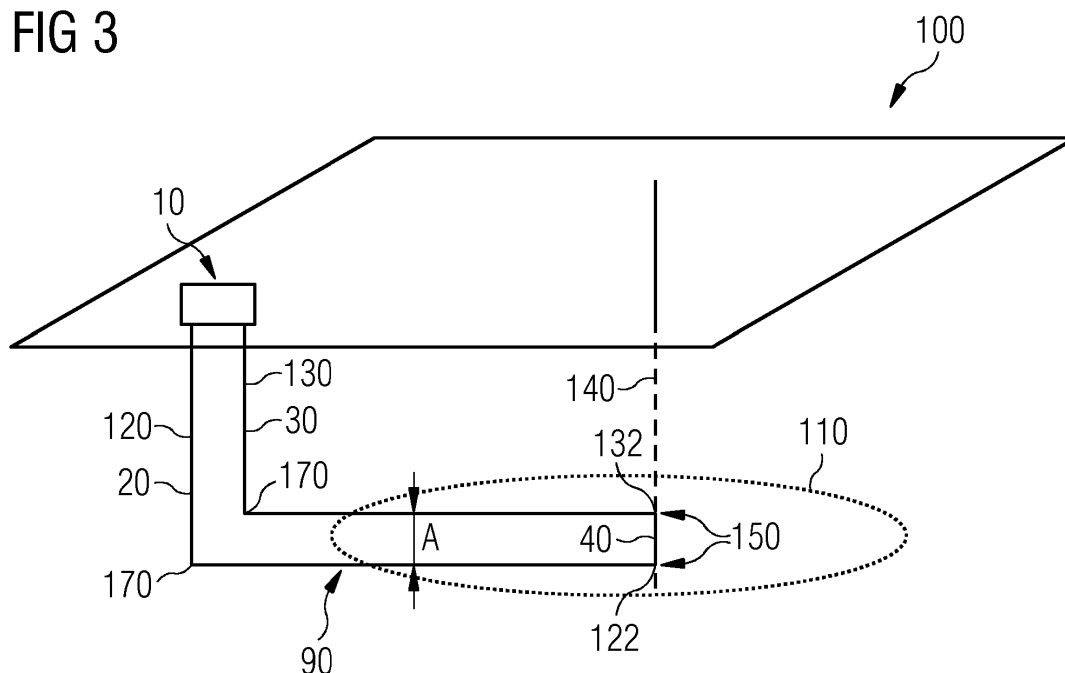
(72) Erfinder:
• **Blendinger, Stefan**
90768 Fürth (DE)
• **Danov, Vladimir**
91056 Erlangen (DE)
• **Diehl, Dirk**
91088 Bubenreuth (DE)
• **Koch, Andreas**
91077 Neunkirchen am Brand (DE)

(54) **Verfahren für das Einbringen einer Induktorschleife in eine Gesteinsformation**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Einbringen einer Induktorschleife (90) in eine Gesteinsformation (100) für das Aufheizen eines Ölreservoirs (110) in der Gesteinsformation (100) zur Ölförderung, aufweisend die folgenden Schritte: Bohren einer ersten Induktorbohrung (120) für das Einbringen eines ersten Induktorarms (20); Bohren einer zweiten Induktorbohrung (130) für das Einbringen eines zweiten Induktorarms (30); Bohren wenigstens einer Schnittbohrung (140) unter Erzeugung eines ersten Schnittbereichs (150) mit der ersten Induktorbohrung (120) und eines zweiten Schnitt-

bereichs (150) mit der zweiten Induktorbohrung (130); Einbringen des ersten Induktorarms (20) in die erste Induktorbohrung (120) und des zweiten Induktorarms (30) in die zweite Induktorbohrung (130); Einbringen wenigstens eines Verbindungsarms (40) in die Schnittbohrung (140) zur elektrisch leitenden Verbindung mit den beiden Induktorarmen (20, 30) in den beiden Schnittbereichen (150) zur Ausbildung der Induktorschleife (90). Die Erfindung betrifft weiterhin eine Induktionsvorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

FIG 3



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für das Einbringen einer Induktorschleife in eine Gesteinsformation für das Aufheizen eines Ölreservoirs sowie eine entsprechende Induktionsvorrichtung.

[0002] Es ist bekannt, dass für die Förderung aus schwierigen Öllagerstätten neue Methoden eingesetzt werden sollen. Dabei sind beispielsweise Ölreservoirs in Gesteinsformationen vorliegend, in welchen das Öl in Sand in gebundener Weise vorliegt. Um die Förderung des auf diese Weise gebundenen Öls zu ermöglichen, ist es notwendig, dass das Öl aufgeheizt wird und eine verringerte Viskosität erhält. Nur auf diese Weise ist es möglich, das Öl fließfähig aus einem solchen Ölreservoir zu pumpen. Um dieses Aufheizen zu ermöglichen, sind unterschiedliche Techniken bekannt. So ist beispielsweise die Dampfinjektionsmethode einsetzbar, welche durch das Einbringen von Heißdampf in das Ölreservoir in der Lage ist, dieses aufzuheizen und damit die Viskosität des zu fördernden Öls zu reduzieren. Weiter ist es bekannt, dass Induktorkabel eingebracht werden, welche durch die Erzeugung von elektromagnetischen Wirbelströmen im Ölreservoir ein Aufheizen desselben bewirken.

[0003] Nachteilhaft bei der Verwendung der Heißdampfmethode ist es, dass die Wärmeverteilung innerhalb des Ölreservoirs nur schwer beziehungsweise überhaupt nicht vorgebar ist. Hinsichtlich der bekannten Induktionsheizung für das Ölreservoir ist insbesondere die Einbringung der Induktorkabel schwierig. So ist es für die Induktionsheizung zwingend erforderlich, eine sogenannte Induktorschleife auszubilden. Mit anderen Worten muss eine ringförmige oder in anderer Weise geschlossene Form des Induktorkabels in das Ölreservoir eingebracht werden. Dies wird zum Beispiel durchgeführt bei Flachbohrungen im Bereich von ca. 40 m unterhalb der Oberfläche der Gesteinsformation. Dabei kann das sogenannte Bananaloopverfahren eingesetzt werden, bei welchem entlang einer Kurvenbahn zwei im Wesentlichen parallele Bohrungen durchgeführt werden. Jede dieser Bohrungen hat eine Eintrittsöffnung und eine Austrittsöffnung, so dass die beiden Austrittsöffnungen auf der Oberfläche der Gesteinsformation dazu dienen können, die beiden Enden der beiden Induktorarme wieder miteinander zur Induktorschleife an der Oberfläche zu verbinden. Ein solches Verfahren ist jedoch nur in oberflächennahen Bereichen für das Ölreservoir einsetzbar. Bei Tiefenbohrungen in Bereichen von bis zu 800 m oder 1000 m unterhalb der Oberfläche der Gesteinsformation ist ein solches Bohrverfahren nicht möglich. Dies beruht insbesondere auf der Tatsache, dass beim Bohren einer Bohrung die Gewichtskraft des Bohrgestänges selbst unterstützend wirkt. Wäre es nun erforderlich, wie beispielsweise bei dem Bananaloopverfahren, aus ca. 1000 m Tiefe diese Strecke wieder nach oben zu bohren, würde das entsprechende Bohrgestänge nun nicht mehr gemeinsam mit dem Bohrdruck auf den Bohrkopf wirken,

sondern vielmehr diesen entlasten. Ein entsprechender Vorschub wäre dementsprechend in einem solchen Fall nur in geringem Maße gewährleistet, dass der Aufwand einer derartig tiefen Bananaloopbohrung hinsichtlich Kosten, Zeit und Komplexität unglaublich groß wäre. Dementsprechend ist bisher die Verwendung von Induktorschleifen für das Aufheizen in Ölreservoirs, welche in tieferen Regionen in Gesteinsformationen vorhanden sind, nicht möglich.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine Induktionsheizung auch für Tiefenbohrung einsetzbar zu machen.

[0005] Voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Induktionsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Induktionsvorrichtung und jeweils umgekehrt, so dass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0006] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient dem Einbringen einer Induktorschleife in eine Gesteinsformation für das Aufheizen eines Ölreservoirs in der Gesteinsformation zur Ölförderung. Hierfür weist das Verfahren die folgenden Schritte auf:

- Bohren einer ersten Induktorbohrung für das Einbringen eines ersten Induktorarms,
- Bohren einer zweiten Induktorbohrung für das Einbringen eines zweiten Induktorarms,
- Bohren wenigstens einer Schnittbohrung unter Erzeugung eines ersten Schnittbereichs mit der ersten Induktorbohrung und eines zweiten Schnittbereichs mit der zweiten Induktorbohrung,
- Einbringen des ersten Induktorarms in die erste Induktorbohrung und des zweiten Induktorarms in die zweite Induktorbohrung,
- Einbringen wenigstens eines Verbindungsarms in die Schnittbohrung zur elektrisch leitenden Verbindung mit den beiden Induktorarmen in den beiden Schnittbereichen zur Ausbildung der Induktorschleife.

[0007] Erfindungsgemäß werden nun insgesamt drei Bohrungen durchgeführt. Zum einen wird für den ersten Induktorarm und den zweiten Induktorarm jeweils eine Induktorbohrung durchgeführt. Selbstverständlich können bei komplexeren Geometrien des Ölreservoirs auch drei oder mehr Induktorarme eingesetzt werden. Dabei ist entscheidend, dass für jeden Induktorarm erfindungs-

gemäß eine eigene Induktorbohrung erzeugt wird. Jedoch ist es möglich, dass die Induktorbohrungen abschnittsweise miteinander überlappen. Mit anderen Worten kann es sein, dass die Induktorbohrungen alle durch eine gemeinsame Induktorbohröffnung erzeugt werden, so dass im Anfangsbereich der jeweiligen Bohrung alle oder einige der Induktorbohrungen gemeinsam verlaufen. Spätestens jedoch innerhalb des Ölreservoirs laufen die einzelnen Induktorbohrungen auseinander und insbesondere parallel zueinander, um eine Fläche aufzuspannen, in welcher die induktiv erzeugten Wirbelströme das Aufheizen des Ölreservoirs durchführen können.

[0008] Zusätzlich zu den notwendigen Induktorbohrungen für das Einbringen der Induktorarme ist erfindungsgemäß wenigstens eine Schnittbohrung vorgesehen. Diese Schnittbohrung dient nun dazu, die Enden der als Sacklöcher ausgebildeten Induktorbohrungen zu treffen beziehungsweise im Wesentlichen zu treffen. Darunter ist zu verstehen, dass die Schnittbohrung möglichst nah an die Enden der einzelnen Induktorbohrungen herangebohrt wird. Hierfür kann neben üblichen Bohrmechaniken insbesondere ein Auffindmittel eingesetzt werden, um während des Bohrens die jeweiligen Enden der Induktorarme auch detektieren zu können.

[0009] Für die Wirkungsweise der vorliegenden Erfindung ist es notwendig, dass ein Schnittbereich zwischen der Schnittbohrung und der jeweiligen Induktorbohrung erzeugt wird. Unter einem Schnittbereich ist im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Bereich zu verstehen, welcher vorzugsweise kleiner oder gleich ca. 1 m ist. Das bedeutet, dass in diesem Schnittbereich der Abstand zwischen der Schnittbohrung und der Induktorbohrung, vorzugsweise dem Ende der Induktorbohrung, kleiner oder gleich ca. 1 m ausgebildet ist. Vorzugsweise ist sogar eine reale Schnittmenge beziehungsweise eine reale Überschneidung zwischen der Schnittbohrung und dem jeweiligen Induktorarm vorhanden. Jedoch ist es für das elektrische Schließen der Induktorschleife durch den Verbindungsarm ausreichend, wenn der Schnittbereich eine Größe aufweist, wie sie voranstehend mit weniger als ca. 1 m beschrieben worden ist.

[0010] Sind die beschriebenen Bohrungen für die Induktorarme und für den Verbindungsarm in Form der Schnittbohrung durchgeführt worden, kann das Einbringen der einzelnen Arme erfolgen. Über die Induktorbohrungen werden die Induktorarme eingesetzt. Diese befinden sich nun in ihrer möglichst vollen Erstreckung innerhalb des Ölreservoirs und bis zur entsprechenden Steuereinheit beziehungsweise Kontrolleinheit auf der Oberfläche der Gesteinsformation. In der Schnittbohrung sind nun ein oder mehrere Verbindungsarme eingesetzt. So werden bei zwei Induktorarmen ein Verbindungsarm und bei vier Induktorarmen zwei Verbindungsarme usw. notwendig. Die Verbindungsarme erstrecken sich nun nicht über die gesamte Länge der Schnittbohrung, sondern erstrecken sich nur über Teilabschnitte dieser Schnittbohrung. Die Verbindungsarme weisen also eine Länge auf, welche der Länge der Schnittbohrung zwi-

schen den zwei entsprechenden beziehungsweise korrelierenden Schnittbereichen mit den beiden Induktorarmen entspricht. Das Einbringen erfolgt in einer Weise, dass eine elektrisch leitende Verbindung zwischen den jeweiligen Enden oder an anderen Stellen der Induktorarme in der jeweiligen Induktorbohrung erfolgt. Dies kann zum Beispiel in mechanisch kontaktierender Weise erfolgen. So können Vorrichtungen eingebracht werden, welche bei tatsächlicher Überschneidung der Schnittbohrung und der jeweiligen Induktorbohrung im Schnittbereich eine mechanische Kontaktierung für die elektrisch leitende Verbindung zwischen dem Verbindungsarm und dem Ende des jeweiligen Induktorarms ermöglichen.

[0011] Jedoch ist es grundsätzlich auch ausreichend, wenn auf eine, wenn auch geringe, vorhandene elektrische Leitfähigkeit der Gesteinsformation beziehungsweise des Ölreservoirs im Schnittbereich zurückgegriffen wird. Das bedeutet, dass die Induktorschleife durch die Induktorarme, den Verbindungsarm und den Schnittbereich in Form der Gesteinsformation und des dort vorhandenen Gesteins ausgebildet wird.

[0012] Je nach Gestein kann es jedoch sein, dass die elektrische Leitfähigkeit nicht ausreicht. So kann für den Fall, dass keine tatsächliche Überschneidung zwischen Schnittbohrung und Induktorarm stattfindet, die Leitfähigkeit des Schnittbereichs bewusst erhöht werden. Dies wird später noch als eine Möglichkeit mit Bezug auf das Einbringen eines elektrisch leitfähigen Fluides näher erläutert.

[0013] Erfindungsgemäß ist nun eine einfache Bohrung für jede Induktorbohrung und die Schnittbohrung möglich. Entscheidend dabei ist, dass sämtliche dieser Bohrungen ausschließlich nach unten (also in vertikaler Richtung) beziehungsweise horizontal, innerhalb des Ölreservoirs, ausgerichtet sind. Entgegen den bekannten Bananaloopverfahren muss nun keine Aufwärtsbohrung mehr erfolgen, so dass auf einfache, kostengünstige und vor allem in relativ kurzer Zeit durchführbare Bohrtechniken zurückgegriffen werden kann. Dies führt dazu, dass erst durch ein erfindungsgemäßes Verfahren nun die Möglichkeit einer Induktionsaufheizung des Ölreservoirs auch in beliebiger Tiefe innerhalb der Gesteinsformation zur Verfügung steht. Insbesondere können auf diese Weise Ölreservoirs mit einer Induktionsheizung der Induktorschleife versehen werden, welche auch in Tiefbohrbereichen von circa 1000 m oder mehr unter der Oberfläche der Gesteinsformation angeordnet sind.

[0014] Es kann von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die erste Induktorbohrung und die zweite Induktorbohrung durch eine gemeinsame Induktorbohröffnung gebohrt werden. Wie dies bereits angedeutet worden ist, reicht es aus, wenn die einzelnen Induktorbohrungen innerhalb des Ölreservoirs separat voneinander verlaufen. Sie spannen damit das Induktionsfeld beziehungsweise das Heizfeld in dem Ölreservoir auf. Die Durchführung einer gemeinsamen Induktorbohröffnung, so dass anschließend an diese Induktor-

bohröffnung die Induktorbohrungen gemeinsam entlang einer gemeinsamen Induktorbohrachse verlaufen, führt zu einer Reduktion des Bohraufwandes. Über die gemeinsamen Abschnitte der Induktorbohrungen weisen diese vorzugsweise einen vergrößerten Bohrquerschnitt auf, um auch die Gesamtanzahl aller durch diese gemeinsame Induktorbohrung hindurchzuführenden Induktorarme aufnehmen zu können. Ein weiterer Vorteil ist es, dass bei dieser Ausführungsform möglichst wenig Heizleistung innerhalb der vertikalen Bohrrichtung der Induktorbohrungen erfolgt. Die Heizleistung ist abhängig vom Abstand zwischen den einzelnen Induktorarmen. Je größer der Abstand zwischen den Induktorarmen ist, desto größer ist auch die Heizleistung ausgebildet. Werden die Induktorarme in ihren vertikalen Abschnitten möglichst nah beieinander, zum Beispiel in einer gemeinsamen vertikalen Induktorbohrung geführt, so führt dies zu einer geringen beziehungsweise sehr geringen Heizleistung in diesen Abschnitten. Erst nach dem Aufspalten in die einzelnen separaten Induktorbohrungen bringen die Induktorarme einen Abstand zwischen sich, so dass nun die Heizleistung in vergrößertem Maße und exakt am gewünschten Ort innerhalb des Ölreservoirs zur Verfügung gestellt wird. Das Abzweigen für das Separieren der einzelnen Induktorbohrungen voneinander kann zum Beispiel auf unterschiedlichen Höhen innerhalb der Gesteinsformation erfolgen. Auch auf unterschiedlichen Positionen auf einer gemeinsamen Höhe oder sogar in unterschiedlichen radialen Richtungen ist eine Separierung der einzelnen Induktorbohrungen voneinander denkbar.

[0015] Ein weiterer Vorteil wird erzielt, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Induktorbohrungen wenigstens eine Umlenkstelle, insbesondere genau eine Umlenkstelle aufweisen. Mit anderen Worten, die Induktorbohrungen sind im Wesentlichen mit einem vertikalen und mit einem im Wesentlichen horizontalen oder schrägstehenden Abschnitt ausgebildet. Die vertikalen Abschnitte führen dazu, dass möglichst senkrecht in die Gesteinsformation die Induktorarme eingebracht werden können. Vertikale Bohrungen sind besonders kostengünstig, schnell und einfach auszuführen. Das Verwenden wenigstens einer Umlenkstelle führt dazu, dass nun ein horizontaler oder winkliger Abschnitt für die jeweilige Induktorbohrung vorgesehen werden kann. Diese horizontalen beziehungsweise winkligen Abschnitte der Induktorbohrungen erstrecken sich nun bevorzugt in das Ölreservoir hinein. Die tatsächliche Ausrichtung der jeweiligen Umlenkstelle hängt dabei vorzugsweise von der jeweiligen geometrischen Ausbildung des Ölreservoirs innerhalb der Gesteinsformation ab. Dieses Umlenken ist dabei vorzugsweise derart ausgebildet, dass ein Umlenken in die Horizontale oder mit einem Winkel nach unten von der Horizontalen erfolgt. Damit wird vermieden, dass ein Aufwärtsbohren mit den bereits beschriebenen Nachteilen notwendig werden würde.

[0016] Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Schnittbohrung wenigstens eine Umlenkstelle aufweist, insbesondere ab-

schnittsweise entlang einer Kurvenbahn gebohrt wird. Eine Umlenkstelle für die Schnittbohrung bringt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie bezüglich der Umlenkstelle für die Induktorbohrungen bereits erläutert worden sind.

5 Eine Kurvenbahn, also eine andauernde Umlenkstelle vorzugsweise in einer winkligen oder horizontalen Ebene führt dazu, dass ein radial sternförmig verteiltes Netz von Induktorarmen beziehungsweise Induktorbohrungen mit einer einzigen Schnittbohrung erreicht werden kann.
10 Dies führt dazu, dass ein besonders homogenes Aufheizen eines im Wesentlichen radial ausgebildeten Ölreservoirs mit nur wenigen Bohrungen in erfindungsgemäßer Weise möglich wird.

[0017] Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren an das Bohrungsende wenigstens einer der Induktorbohrungen ein Auffindmittel angeordnet wird für eine Detektion dieses Bohrendes bei der Bohrung der Schnittbohrung. So kann ein solches Auffindmittel zum Beispiel Strahlung in Form von radioaktiver Strahlung oder elektromagnetischer Strahlung aussenden. Auch eine akustische Signalisierung, zum Beispiel in Form von Ultraschall, kann für das Auffindmittel vorgesehen werden. Auch eine magnetische Ausbildung des Auffindmittels ist denkbar. Entscheidend ist, dass die Form der Signale, welche vom Auffindmittel abgegeben werden, durch das Gestein transportierbar ist. Auf diese Weise wird es möglich, beim Bohren der Schnittbohrung, zum Beispiel mithilfe einer Detektionsvorrichtung, den tatsächlichen Ort des jeweiligen Auffindmittels wahrzunehmen. Damit kann die Steuerung beziehungsweise die Ausrichtung des Bohrkopfes für die Schnittbohrung auf dieses Bohrende ausgerichtet werden, so dass der Schnittbereich mit höherer Wahrscheinlichkeit getroffen wird. Insbesondere wird es auf diese Weise möglich, mit hoher Wahrscheinlichkeit eine tatsächliche Überschneidung zwischen der Schnittbohrung und dem jeweiligen Induktorarm zu erzielen.

[0018] Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Schnittbohrung angrenzend an den wenigstens einen Verbindungsarm abgeschlossen, insbesondere vergossen wird. Vorzugsweise findet dies dann statt, wenn Teile im Schnittbereich mit elektrisch leitenden Flüssigkeiten oder Fluiden versehen werden. Durch das Abschließen und damit Abdichten des Verbindungsarms ist sichergestellt, dass ein solches elektrisch leitendes Fluid auch an der gewünschten Stelle im Schnittbereich verbleibt. Durch das Abschließen und Vergießen, zum Beispiel mithilfe von Betonmaterial, kann darüber hinaus die Positionierung des Verbindungsarms innerhalb der Schnittbohrung für längere Zeit festgelegt werden. Ein unerwünschtes Verschieben oder Verrutschen, welches möglicherweise mit dem Verlust der elektrisch leitenden Verbindung zum Induktorarm einhergehen würde, wird auf diese Weise wirksam vermieden.

[0019] Ein weiterer Vorteil kann erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Induktorbohrungen innerhalb des Ölreservoirs mit einem gleich-

mäßigen oder im Wesentlichen gleichmäßigen Abstand von insbesondere mehr als circa 50 m gebohrt werden. Dabei handelt es sich insbesondere um die horizontalen beziehungsweise winkligen Abschnitte der Induktorbohrungen innerhalb des Ölreservoirs. Ein Abstand, der gleichmäßig ausgebildet ist, führt zu gleichmäßiger Heizleistung innerhalb des Ölreservoirs. Unerwünschte Hitzeinseln in Teilbereichen des Ölreservoirs werden auf diese Weise vermieden. Abstände von circa 50 m und mehr führen zu einer besonders vorteilhaften und starken Heizleistung für eine ausreichende Reduktion der Viskosität des Öls im Ölreservoir.

[0020] Vorteilhaft ist es darüber hinaus, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in wenigstens einen der Schnittbereiche ein elektrisch leitfähiges Fluid eingebracht wird für die elektrisch leitende Verbindung des Verbindungsarms und des angrenzenden Induktorarms. Wie bereits erläutert worden ist, reicht es aus, wenn die Schnittbereiche eine ausreichende Nähe zwischen Schnittbohrung und jeweiliger Induktorbohrung aufweisen. Die Schnittbereiche weisen dabei vorzugsweise einen Abstand der Schnittbohrung zur jeweiligen Induktorbohrung auf, welcher kleiner oder gleich circa 1 m ausgebildet ist. Ist nun ein Gestein in der Gesteinsformation vorhanden, welches einen hohen elektrischen Widerstand beziehungsweise eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist, so kann dies dahingehend verbessert werden, dass nun ein elektrisch leitfähiges Fluid in diesen Schnittbereich eingebracht wird. Das Einbringen erfolgt zum Beispiel in Form von Druck, welcher das Fluid in den Schnittbereich einpresst. Als elektrisch leitfähiges Fluid kann zum Beispiel eine wässrige oder flüssige Suspension elektrisch leitfähiger Partikel verwendet werden. Das Feststoffpulver in einer solchen Suspension kann zum Beispiel Graphit, Chromoxid oder ein ähnliches Material sein. Auch ionische Flüssigkeiten oder Salzlösungen sind als elektrisch leitfähige Fluide einsetzbar. Insbesondere handelt es sich bei dem elektrisch leitfähigen Fluid um eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit. In Summe wird damit der Schnittbereich und auch das elektrisch leitfähige Fluid zum Teil der Induktionsvorrichtung, da es einen Teil der Induktorschleife in der elektrischen Kette zwischen Induktorarm, elektrisch leitfähigem Fluid, Verbindungsarm, elektrisch leitfähigem Fluid und zu dem zweiten Induktorarm ausbildet.

[0021] Das Verfahren gemäß dem vorstehenden Absatz kann dahingehend weitergebildet werden, dass in die Schnittbereiche der Schnittbohrung wenigstens eine Querbohrung eingebracht wird für die Einbringung des elektrisch leitfähigen Fluids. Um die Verteilung des elektrisch leitfähigen Fluids noch gezielter durchführen zu können, können Bohrungen quer, insbesondere senkrecht zur Bohrachse der Schnittbohrung durchgeführt werden, um eine Öffnung in den Schnittbereich zur Verfügung zu stellen. Bevorzugt ist es sogar möglich, eine komplette Querbohrung zu einer Überschneidung und damit einem Durchgang zwischen Schnittbohrung und angrenzender Induktorbohrung zur Verfügung zu stellen.

Dieser Bereich wird mit dem elektrisch leitenden Fluid aufgefüllt beziehungsweise das umgebende Gestein mit dem elektrisch leitfähigen Fluid getränkt. Damit wird die bereits beschriebene elektrisch leitfähige Verbindung zwischen Verbindungsarm und Induktorarm hergestellt.

[0022] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Induktionsvorrichtung für das Aufheizen eines Ölreservoirs in einer Gesteinsformation zur Ölförderung. Diese Induktionsvorrichtung ist insbesondere ausgebildet durch ein erfindungsgemäßes Verfahren und weist einen ersten Induktorarm in einer ersten Induktorbohrung und einen zweiten Induktorarm in einer zweiten Induktorbohrung auf. Eine erfindungsgemäße Induktionsvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens ein Verbindungsarm in einer Schnittbohrung angeordnet ist, welche mit den beiden Induktorbohrungen Schnittbereiche ausbildet. Dabei verbindet der Verbindungsarm die beiden Induktorarme in elektrisch leitender Weise miteinander. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Induktionsvorrichtung, insbesondere mithilfe eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bringt die erfindungsgemäße Induktionsvorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert worden sind.

[0023] Vorzugsweise kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ein Frequenzgenerator vorgesehen werden, welcher die Induktorschleife mit einer Frequenz zwischen 1kHz und 500kHz speist.

[0024] Die Induktorschleife insbesondere in Form eines elektrischen Leiters kann als Induktionsleitung ausgebildet sein, damit er den hochfrequenten Strom, verlustarm als Resonanzkreis betrieben, tragen kann. Da vorzugsweise beide Enden an den Frequenzgenerator angeschlossen werden, bildet die Induktionsleitung eine Induktorschleife. Die technische Realisierung der elektrischen Leitung wird als Resonanzkreis durchgeführt.

[0025] Der Frequenzgenerator kann als Frequenzumrichter ausgebildet werden, welcher eine Spannung mit einer Frequenz von 50Hz oder 60Hz aus dem Netz in eine Spannung mit einer Frequenz im Bereich von 1kHz bis 500kHz umwandelt. Der Frequenzumrichter kann Obertage installiert sein.

[0026] Weiterhin kann vorzugsweise in die durch die Induktorschleife erwärmte Lagerstättezone, also das Ölreservoir, mindestens eine Förderbohrung gebohrt werden.

[0027] Nach Verlegung der Induktorschleife in mindestens zwei Bohrungen und dem Anschluss der Induktorschleife an den Frequenzgenerator beginnt das Bestromen des Leiters, somit das induktive Erwärmen Untergrunds und des Ölreservoirs mit sich ergebender Bildung einer Erwärmungszone, die sich durch eine erhöhte Temperatur auszeichnet.

[0028] Ein Leiter einer Induktorschleife kann einen Längsinduktivitätsbelag von 1,0 bis 2,7 $\mu\text{H/m}$ (micro Henry je Meter Länge) aufweisen. Der Querkapazitätsbelag liegt beispielsweise bei 10 bis 100 pF/m (pico Farad je Meter Länge). Die charakteristische Frequenz der An-

ordnung ist bedingt durch die Schleifenlänge und -form und den Querkapazitätsbelag entlang der Induktorschleife.

[0029] Die Beschreibung der elektrotechnischen Parameter der induktiven Heizungsanlage auf Basis einer Induktorschleife ist im Folgenden kurz erläutert:

[0030] Die Induktorschleife wirkt im Betrieb als Induktionsheizung, um zusätzliche Wärme in die Lagerstätte einzubringen. Der aktive Bereich der Induktorschleife kann in im wesentlicher horizontaler Richtung innerhalb der Lagerstätte eine nahezu geschlossenen Schleife (also ein Oval) beschreiben. An den aktiven Bereich kann sich ein - eventuell oberirdisch gelegener - Endbereich anschließen. Die oberirdisch gelegenen Teile des Anfangs- und Endbereiches der Induktorschleife können elektrisch mit einer Stromquelle - einem Frequenzgenerator - kontaktiert sein. Es ist vorzugsweise vorgesehen, die Leitungsinduktivität der Induktorschleife abschnittsweise durch diskret oder kontinuierlich ausgeführte Serienkapazitäten zu kompensieren. Dabei kann für die Induktorschleife mit integrierter Kompensation vorgesehen sein, dass die Frequenz des Frequenzgenerators auf die Resonanzfrequenz der Induktorschleife abgestimmt wird. Die Kapazität in der Induktorschleife kann von Zylinderkondensatoren zwischen einer rohrförmigen Außenelektrode eines ersten Kabel-Abschnitts und einer rohrförmigen Innenelektrode eines zweiten Kabel-Abschnitts gebildet, zwischen denen sich ein Dielektrikum befindet. Ganz entsprechend wird der benachbarte Kondensator zwischen den folgenden Kabel-Abschnitten gebildet. Das Dielektrikum des Kondensators wird dabei so gewählt, dass es eine hohen Spannungsfestigkeit und eine hohe Temperaturbeständigkeit erfüllt.

[0031] Weiterhin ist denkbar, eine Ineinanderschachtelung mehrerer koaxialer Elektroden vorzusehen. Auch andere übliche Kondensatorbauformen können in die Leitung der Induktorschleife integriert werden.

[0032] Weiterhin kann die gesamte Elektrode bereits von einer Isolation umgeben sein. Die Isolierung gegen das umliegende Erdreich ist vorteilhaft, um resistive Ströme durch das Erdreich zwischen den benachbarten Kabel-Abschnitten insbesondere im Bereich der Kondensatoren zu verhindern. Die Isolation verhindert weiterhin einen resistiven Stromfluss zwischen Hin- und Rückleiter.

[0033] Mehrere rohrförmige Elektroden können parallel geschaltet werden. Vorteilhafterweise kann die Parallelschaltung der Kondensatoren zur Erhöhung der Kapazität oder zur Erhöhung ihrer Spannungsfestigkeit genutzt werden.

[0034] Weiterhin kann eine Kompensation der Längsinduktivität mittels vorwiegend konzentrierter Querkapazitäten erfolgen: Anstelle mehr oder weniger kurzer Kondensatoren als konzentrierte Elemente in die Leitung einzubringen, kann auch der Kapazitätsbelag - den eine Zweidrahtleitung wie z. B. eine Koaxialleitung oder Mehrdrahtleitungen ohnehin über ihre gesamte Länge bereitstellen - zur Kompensation der Längsinduktivitäten ver-

wendet werden. Dazu wird in gleichen Abständen abwechselnd der Innen- und Außenleiter unterbrochen und so der Stromfluss über die verteilten Querkapazitäten erzwungen.

[0035] Die konstruktive Ausgestaltung der Induktorschleife kann als Kabelbauform oder als Massivleiterbauform erfolgen. Die Bauform ist jedoch unerheblich für die zuvor beschriebene elektrische Funktionsweise.

[0036] Weitere Informationen zur Ausgestaltung von Leitern, die auch für vorliegenden Erfindungsgegenstand einsetzbar sind, findet sich unter DE 10 2004 009 896 A1 und WO 2009/027305 A2.

[0037] Ein Frequenzgenerator zum Ansteuern des elektrischen Leiters ist der Induktorschleife vorzugsweise als Hochfrequenzgenerator ausgebildet. Der Frequenzgenerator kann dreiphasig aufgebaut sein und vorteilhafterweise eine transformatorische Kopplung und Leistungshalbleiter als Bauelemente beinhalten. Insbesondere kann die Schaltung einen Spannung einprägenden Wechselrichter beinhalten. Bei einem solchen Generator kann für den bestimmungsgemäßen Gebrauch ein Betrieb unter Resonanzbedingungen erforderlich sein, um eine Blindleistungskompensation zu erreichen. Gegebenenfalls ist die Ansteuerfrequenz im Betrieb geeignet nachzustellen.

[0038] An der Oberfläche können zur Ansteuerung des Leiters der Induktorschleife folgende Komponenten vorhanden sein: Ausgehend von der 3phasigen Netzwechselspannungsquelle z. B. 50Hz oder 60 Hz, wird beispielsweise ein dreiphasiger Gleichrichter angesteuert, dem über einen Zwischenkreis mit Kondensator ein dreiphasiger Wechselrichter nachgeschaltet ist, der periodische Rechtecksignale geeigneter Frequenz generiert. Über ein Anpassnetzwerk aus Induktivitäten und Kondensatoren werden Induktoren als Ausgang angesteuert. Ein Verzicht auf das Anpassnetzwerk ist allerdings möglich, wenn der Induktor als Induktorschleife ausgebildet ist, welche aufgrund ihrer Induktivität und des kapazitiven Belages das Einstellen der erforderlichen Resonanzfrequenz ermöglicht.

[0039] Die beschriebenen Frequenzgeneratoren lassen sich grundsätzlich als spannungseinprägende Stromrichter oder entsprechend als stromeinprägenden Stromrichter einsetzen.

[0040] Die Temperatur in der Erwärmungszone hängt von der eingebrachten elektromagnetischen Leistung ab, welche sich aus den geologischen und physikalischen (z. B. elektrische Leitfähigkeit) Parametern der Lagerstätte, sowie den technischen Parametern der elektrischen Anordnung, insbesondere bestehend aus Leiter der Induktorschleife und dem Hochfrequenzgenerator, ergibt. Diese Temperatur kann bis zu 300°C erreichen und ist regelbar durch Änderung der Stromstärke durch die Induktorschleife. Die Regelung erfolgt über den Frequenzgenerator. Die elektrische Leitfähigkeit der Lagerstätte kann durch zusätzliches Injizieren von Wasser oder eines anderen Fluides, z. B. eines Elektrolytes, erhöht werden.

[0041] Beispielsweise kann eine Ansteuerung des Leiters der Induktorschleife über einen Zeitraum erfolgen, wobei zunächst noch kein Abtransport der erwärmten Fluide erfolgt ist. Die Temperaturentwicklung erfolgt zunächst aufgrund der Induktion von Wirbelströmen in den elektrisch leitfähigen Bereichen des Untergrunds. Im Verlauf der Erwärmung entstehen Temperaturgradienten, das heißt Orte höherer Temperatur, als der ursprünglichen Reservoirtemperatur. Die Orte höherer Temperatur entstehen dort, wo Wirbelströme induziert werden. Der Ausgangspunkt der Wärme ist daher nicht die Induktorschleife bzw. der elektrische Leiter, sondern es sind die durch das elektromagnetische Feld in der elektrisch leitfähigen Schicht induzierten Wirbelströme. Durch die im Laufe der Zeit entstehenden Temperaturgradienten kommt es in Abhängigkeit der thermischen Parameter wie thermischer Leitfähigkeit auch zur Wärmeleitung, wodurch sich das Temperaturprofil ausgleicht. Mit größerem Abstand zum Leiter der Induktorschleife verringert sich die Stärke des Wechselfeldes, so dass dort nur noch eine geringere Erwärmung ermöglicht wird.

[0042] Erfolgt dagegen ein Abtransport der Fluide oder der fluide gemachten elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten sofort, sobald sie fluide gemacht wurden, so erfolgt an den leergeforderten Stellen um so weniger Erwärmung durch elektrische Wirbelströme, je mehr das Erdreich mit seiner elektrischen Leitfähigkeit mit abtransportiert wurde. Zwar ist das elektromagnetische Feld immer noch da, jedoch können sich Wirbelströme nur dort ausbilden, wo noch Leitfähigkeit vorhanden sein wird. Allerdings kann ein Abfließen einer Flüssigkeit bewirken, dass andere Flüssigkeit nachfließt.

[0043] Das Design der elektrischen Anordnung wählt man vorzugsweise daher so, dass die Eindringtiefe des elektromagnetischen Feldes typischerweise dem halben Abstand der horizontal ausgebildeten Induktorarme entspricht. Damit wird erreicht, dass sich das elektromagnetische Feld eines Hin- und Rückleiters des Leiters nicht kompensiert und auf der anderen Seite die Anzahl der Bohrungen im Verhältnis zur Dicke des Reservoirs optimal gering gehalten werden kann. Im Falle des sofortigen Abtransportes der fluide gemachten elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten erreicht das elektromagnetische Feld weiter entfernt vom Induktorarm elektrisch leitfähige Schichten und induziert dort Wirbelströme. Der Vorteil ist, dass es ein selbst-penetrierender Effekt ist, das heißt, dass die absolut eingebrachte Leistung in das Reservoir immer konstant gehalten werden kann, z. B. im Bereich von einigen 100kW bis einige MegaWatt, z. B. 1 MW. Am Anfang ist die höchste spezifische Leistungsdichte in der Nähe des Induktorarms, sobald jedoch die Fluide abtransportiert sind, ist im weiter außerhalb liegenden Radius eine zwar geringere spezifische Leistungsdichte, jedoch in einem größeren Volumen vorhanden, was zur Folge hat, dass die absolut eingebrachte Leistung eben gleich bleibt, z. B. 1MW.

[0044] Das kann durch andere elektrische Verfahren

nicht erreicht werden: Z. B. bei einem Heizstab (im Aufbau vergleichbar mit einem Tauchsieder) ist die in die Umgebung einbringbare Leistung immer vom Temperaturgradienten sowie von der sich über der Temperatur veränderlichen thermischen Leitfähigkeit abhängig, weil der Heizstab der Ausgangspunkt der Temperatur ist.

[0045] Die Anzahl der zu installierenden Induktorarme - die zeitgleich oder nacheinander betrieben werden können - hängt von der Größe der Lagerstätte des Ölreservoirs ab und die Anzahl gleichzeitig in Betrieb befindlicher Induktorarme hängt beispielsweise von der zur Verfügung stehenden elektrischen Leistung ab.

[0046] Im Betrieb des Leiters der Induktorschleife, fließt das Erdöl aufgrund reduzierter Viskosität in die Förderbohrungen bzw. in ein jeweils darin installiertes Förderrohr.

[0047] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgende Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 einen ersten Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 einen zweiten Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 einen dritten Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Induktionsvorrichtung,

Fig. 5 eine Darstellung der Wirkung eines Auffindmittels,

Fig. 6 eine Möglichkeit eines Schnittbereichs,

Fig. 7 eine weitere Möglichkeit eines Schnittbereichs,

Fig. 8 eine Möglichkeit der Verwendung eines elektrisch leitfähigen Fluides,

Fig. 9 eine geometrische Anordnung der einzelnen Bohrungen,

Fig. 10 eine weitere Möglichkeit der Anordnung der einzelnen Bohrungen,

Fig. 11 eine weitere Möglichkeit der Anordnung der einzelnen Bohrungen und

Fig. 12 eine weitere Möglichkeit der Anordnung der

einzelnen Bohrungen.

[0048] Die Fig. 1 bis 3 beschreiben ein erfindungsgemäßes Verfahren. So werden hier separat über zwei Induktorbohröffnungen 160 zwei Induktorbohrungen 120 und 130 eingebracht. Nach einem ersten vertikalen Verlauf werden über eine Umlenkstelle 170 die beiden Induktorbohrungen 120 und 130 in eine horizontale Ebene auf unterschiedlicher Höhe in das Ölreservoir 110 in der Gesteinsformation 100 umgelenkt. Dabei handelt es sich bei beiden Induktorbohrungen 120 und 130 um Sacklöcher, welche jeweils ein Bohrungsende 122 und 132 aufweisen. Der Abstand A innerhalb des Ölreservoirs 110 ist vorzugsweise konstant und größer als circa 50 m ausgebildet.

[0049] Anschließend an das Bohren der Induktorbohrungen 120 und 130 wird hier wenigstens eine, bei dieser Ausführungsform genau eine, Schnittbohrung 140 durchgeführt. Diese erfolgt hier rein vertikal, da die beiden Induktorbohrungen 120 und 130 auf unterschiedlichen Höhen in einer vertikal ausgerichteten Ebene angeordnet sind. Die Schnittbohrung 140 erzeugt dabei Schnittbereiche 150 im Bereich des jeweiligen Bohrungsendes 122 und 132.

[0050] Nachdem alle Bohrungen 120, 130 und 140 erzeugt worden sind, werden die beiden Induktorarme 20 und 30 in die beiden Induktorbohrungen 120 und 130 eingeführt. Am jeweiligen Bohrungsende 122 und 132 ist nun ein Verbindungsarm 40 angeordnet, welcher die Induktorschleife 90 schließt und damit die Induktionsvorrichtung 10 ausbildet. Auf der Oberseite der Gesteinsformation 100 kann dabei selbstverständlich noch eine Kontrolleinheit ausgebildet sein, welche die entsprechende Bestromung für den Heizvorgang für die Induktorschleife 90 zur Verfügung stellt.

[0051] Fig. 4 zeigt eine Variante der Ausführungsform der Fig. 1 bis 3, bei welcher die beiden Induktorarme 20 und 30 nicht auf unterschiedlichen Höhen, sondern seitlich beabstandet voneinander auf einer gleichen Höhe innerhalb des Ölreservoirs 110 verlaufen. Dies macht es erforderlich, dass nun auch die Schnittbohrung 140 um eine Umlenkstelle 170 gelenkt wird. Die weiteren Merkmale dieser Ausführungsform entsprechen der Ausführungsform der Fig. 1 bis 3.

[0052] In Fig. 5 ist der Bohrvorgang für die Schnittbohrung 140 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform befindet sich am Bohrungsende 122 dieser ersten Induktorbohrung 120 ein Auffindmittel 50, welches Signale, zum Beispiel in magnetischer oder strahlungsartiger Form aufweist. Der Bohrkopf 200, welcher die Schnittbohrung 140 erzeugt, weist eine Detektionsvorrichtung 210 zum Empfang dieser Signale auf. Durch diesen sogenannten Tracer-Vorgang wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Situation erzielt, wie sie die Fig. 6 zeigt. Hier ist der Schnittbereich 150 zwischen der Schnittbohrung 140 und der Induktorbohrung 120 als überlappende Schnittbereich 150 ausgebildet. Hier kann nun ein mechanischer Kontakt für die elektrisch leitfähige Verbindung zwi-

schen dem Verbindungsarm 40 und dem jeweiligen Induktorarm 20 und 30 erfolgen.

[0053] Die Fig. 7 und 8 zeigen eine Situation, welche zum Beispiel ohne ein Auffindmittel 50 erzielbar ist. Hier ist der Schnittbereich 150 als eine Annäherung beziehungsweise als minimaler Abstand zwischen der Schnittbohrung 140 und der Induktorbohrung 120 ausgebildet. Dieser minimale Abstand ist vorzugsweise kleiner oder gleich circa 1 m. So kann in diesem Schnittbereich 150 nun die Gesteinsformation 100 selbst die elektrisch leitfähige Verbindung ausbilden. Um bei wenig elektrisch leitfähigen Gesteinsarten die Leitfähigkeit nicht zu behindern, kann zum Beispiel mithilfe von Querbohrungen 142 ein elektrisch leitfähiges Fluid 60 eingebracht werden. Dabei kann es sich zum Beispiel um eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit, insbesondere in Form einer Suspension elektrisch leitfähiger Partikel handeln.

[0054] In den Fig. 9 bis 12 sind unterschiedliche Geometrien für die Anordnung der einzelnen Bohrungen 120, 130 und 140 dargestellt. Fig. 9 zeigt eine Variante mit radialer Verteilung von insgesamt drei ersten Induktorarmen 120 und drei zweiten Induktorarmen 130. Um die jeweiligen Arme 120 und 130 zu einer jeweiligen Induktorschleife 90 zu schließen, ist hier eine Schnittbohrung 140 vorgesehen, welche nach der Umlenkstelle 170 auf einer Kreisbahn 152 verläuft. In Fig. 10 ist eine Variante dargestellt, welche ein radiales Aufspreizen zweier Induktorarme 120 und 130 nach der Umlenkstelle 170 aufweist. Hierbei wird, ähnlich wie bei Fig. 4, eine Verteilung auf einer gemeinsamen horizontalen Ebene möglich. Jedoch wurde hier, genau wie bei den Fig. 9 und 11 auch, eine gemeinsame Induktorbohröffnung 160 verwendet, so dass die Induktorarme 120 und 130 im vertikalen Abschnitt durch eine gemeinsame Bohrung verlaufen.

[0055] Erneut Fig. 9 betreffend, die Kreisbahn 152 trifft alle Enden der Mehrzahl an Induktorarmen 120 und 130. Allerdings werden vorzugsweise mehrere Verbindungsarme in die Kreisbahn eingebracht, so dass stets nur zwei benachbarte Arme von Induktorarmen 120 und 130 miteinander verbunden werden. Die übrigen Abschnitte der Kreisbahn 152 enthalten keine leitfähigen Abschnitte. Ein jeweiliger Verbindungsarm ist somit nur ein Kreissegment, gemäß dem Beispiel der Fig. 9 zum Beispiel ein Kreissegment über einen Winkel von ca. 60°. Gemäß dem Beispiel von Fig. 9 sind vorzugsweise drei leitfähige Abschnitte in der Kreisbahn 152 angeordnet. Zwischen den leitfähigen Abschnitten kann die Bohrung der Kreisbahn 152 leer bleiben oder durch einen nichtleitenden Abschnitt befüllt sein.

[0056] Fig. 11 zeigt eine Variante, bei welcher die Induktorarme 120 und 130 über Umlenkstellen 170 auf unterschiedliche Höhen innerhalb der Gesteinsformation 100 verteilt werden. Auch hier konnte wieder eine gemeinsame Induktorbohröffnung 160 Verwendung finden. Hier reicht es sogar aus, eine einfache vertikale Bohrung als Schnittbohrung 140 durchzuführen. Bei besonders weitreichenden Ölreservoirs 110 kann auch eine Ausführungsform gemäß der Fig. 12 angewendet werden, wel-

che für jede Induktorbohrung 120 und 130 eine eigene Induktorbohröffnung 160 vorsieht, wobei eine gemeinsame Schnittbohrung 140 die gewünschte Verbindung für die elektrische Leitfähigkeit für das Schließen der Induktorschleifen 90 zur Verfügung stellt.

[0057] Bzgl. Fig. 11 und 12 ist anzumerken, dass jeweils zwei benachbarte Induktorarmen 120 und 130 miteinander leitend verbunden werden. Es können dafür vorzugsweise mehrere Verbindungsarme in die Schnittbohrung 140 eingebracht werden, so dass stets nur zwei benachbarte Arme von Induktorarmen 120 und 130 miteinander verbunden werden. Die übrigen Abschnitte der Schnittbohrung 140 enthalten keine leitfähigen Abschnitte. Ein jeweiliger Verbindungsarm ist somit nur ein rohrförmiger Leiter von begrenzter Länge. Gemäß dem Beispiel von Fig. 11 sind zwei leitfähige Abschnitte in der Schnittbohrung 140 angeordnet. In Fig. 12 sind drei leitfähige Abschnitte in der Schnittbohrung 140 angeordnet, jeweils zwischen zwei Induktorarmen-Paar 120, 130. Zwischen den leitfähigen Abschnitten kann die Bohrung der Schnittbohrung 140 leer bleiben oder durch einen nichtleitenden Abschnitt befüllt sein.

[0058] Es ist insbesondere ein Vorteil der Erfindung, dass eine Leiterschleife auf einfache Weise geschlossen werden kann, die im Betrieb von einem Frequenzumrichter betrieben werden kann. Die Induktorarme 120, 130 weisen dabei Mittel auf, die im Betrieb ein elektromagnetisches Feld generieren, welches sich ins Ölreservoir erstreckt und welches wiederum induktiv auf das Öl bzw. auf Kohlenwasserstoffe im Ölreservoir wirkt. Der elektrisch geschlossene Teil der Leiterschleife, der aus dem elektrisch leitfähigen Verbindungsarm in der Schnittbohrung besteht, enthält nicht notwendigerweise Mittel, die auf besondere Weise ein ausgeprägtes elektromagnetisches Feld erzeugen. Dies ist auch nicht nötig, da der Verbindungsarm im wesentlichen dafür vorgesehen ist, die Leiterschleife zu vervollständigen. Es ergibt sich also eine zusammenhängende Leiterschleife, bestehend aus zwei Induktorarmen 120, 130 und dem Verbindungsarm zur Verbindung dieser zwei Induktorarme 120, 130.

[0059] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelnen Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren für das Einbringen einer Induktorschleife (90) in eine Gesteinsformation (100) für das Aufheizen eines Ölreservoirs (110) in der Gesteinsformation (100) zur Ölförderung, aufweisend die folgenden Schritte:

- Bohren einer ersten Induktorbohrung (120) für

das Einbringen eines ersten Induktorarms (20),
- Bohren einer zweiten Induktorbohrung (130) für das Einbringen eines zweiten Induktorarms (30),

- Bohren wenigstens einer Schnittbohrung (140) unter Erzeugung eines ersten Schnittbereichs (150) mit der ersten Induktorbohrung (120) und eines zweiten Schnittbereichs (150) mit der zweiten Induktorbohrung (130),

- Einbringen des ersten Induktorarms (20) in die erste Induktorbohrung (120) und des zweiten Induktorarms (30) in die zweite Induktorbohrung (130),

- Einbringen wenigstens eines Verbindungsarms (40) in die Schnittbohrung (140) zur elektrisch leitenden Verbindung mit den beiden Induktorarmen (20, 30) in den beiden Schnittbereichen (150) zur Ausbildung der Induktorschleife (90).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Induktorbohrung (120) und die zweite Induktorbohrung (130) durch eine gemeinsame Induktorbohröffnung (160) gebohrt werden.

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Induktorbohrungen (120, 130) wenigstens eine Umlenkstelle (170), insbesondere genau eine Umlenkstelle (170) aufweisen.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schnittbohrung (140) wenigstens eine Umlenkstelle (170) aufweist, insbesondere abschnittsweise entlang einer Kurvenbahn (152) gebohrt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass an das Bohrungsende (122, 132) wenigstens einer der Induktorbohrungen (120, 130) ein Auffindmittel (50) angeordnet wird für eine Detektion dieses Bohrungsendes (122, 132) bei der Bohrung der Schnittbohrung (140).

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schnittbohrung (140) angrenzend an den wenigstens einen Verbindungsarm (40) abgeschlossen, insbesondere vergossen wird.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Induktorbohrungen (120, 130) innerhalb des Ölreservoirs (110) mit einem gleichmäßigen oder im Wesentlichen gleichmäßigen Abstand (A) von insbesondere mehr als ca. 50m gebohrt werden. 5

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass in wenigstens einen der Schnittbereiche (150) ein elektrisch leitfähiges Fluid (60) eingebracht wird für die elektrisch leitende Verbindung des Verbindungsarms (40) und des angrenzenden Induktorarms (20, 30). 10

15

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass in die Schnittbereiche (150) der Schnittbohrung (140) wenigstens eine Querbohrung (142) eingebracht wird für die Einbringung des elektrisch leitfähigen Fluids (60). 20

10. Induktionsvorrichtung (10) für das Aufheizen eines Ölreservoirs (110) in einer Gesteinsformation (100) zur Ölförderung, insbesondere ausgebildet durch eine Verfahren mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 9, aufweisend einen ersten Induktorarm (20) in einer ersten Induktorbohrung (120) und einen zweiten Induktorarm (30) in einer zweiten Induktorbohrung (130) 25

30

dadurch gekennzeichnet,

dass wenigstens ein Verbindungsarm (40) in einer Schnittbohrung (140) angeordnet ist, welche mit den beiden Induktorbohrungen (120, 130) Schnittbereiche (150) ausbildet, wobei der Verbindungsarm (40) die beiden Induktorarme (20, 30) elektrisch leitend miteinander verbindet. 35

40

45

50

55

FIG 3

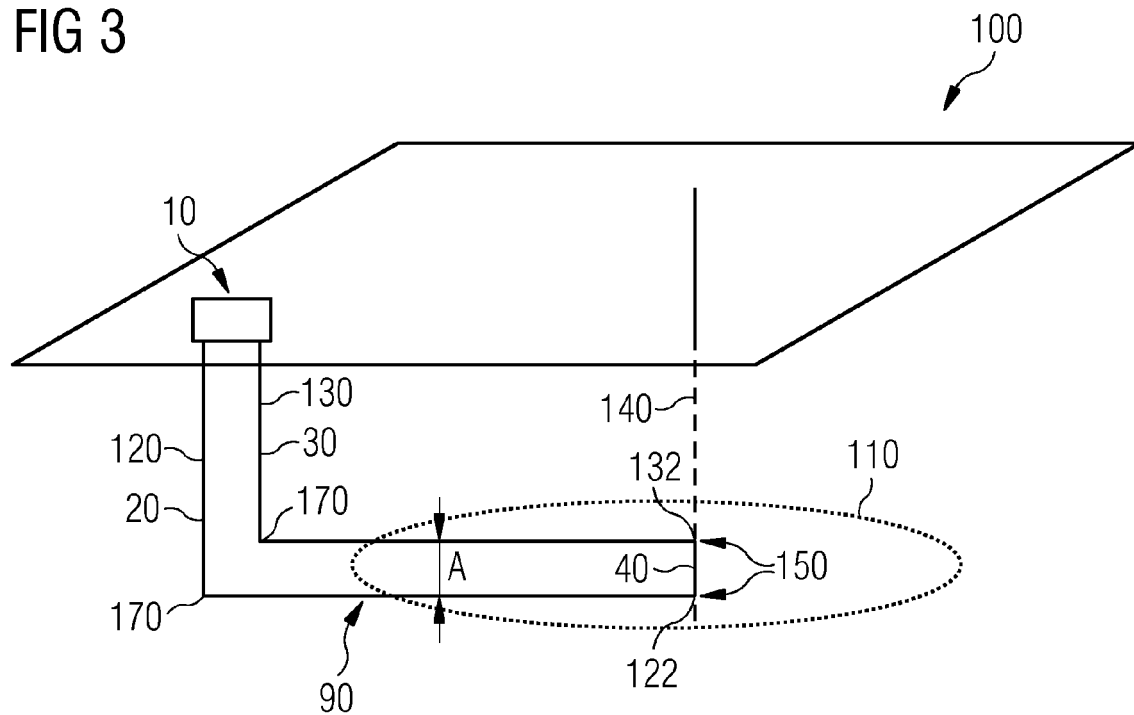


FIG 4

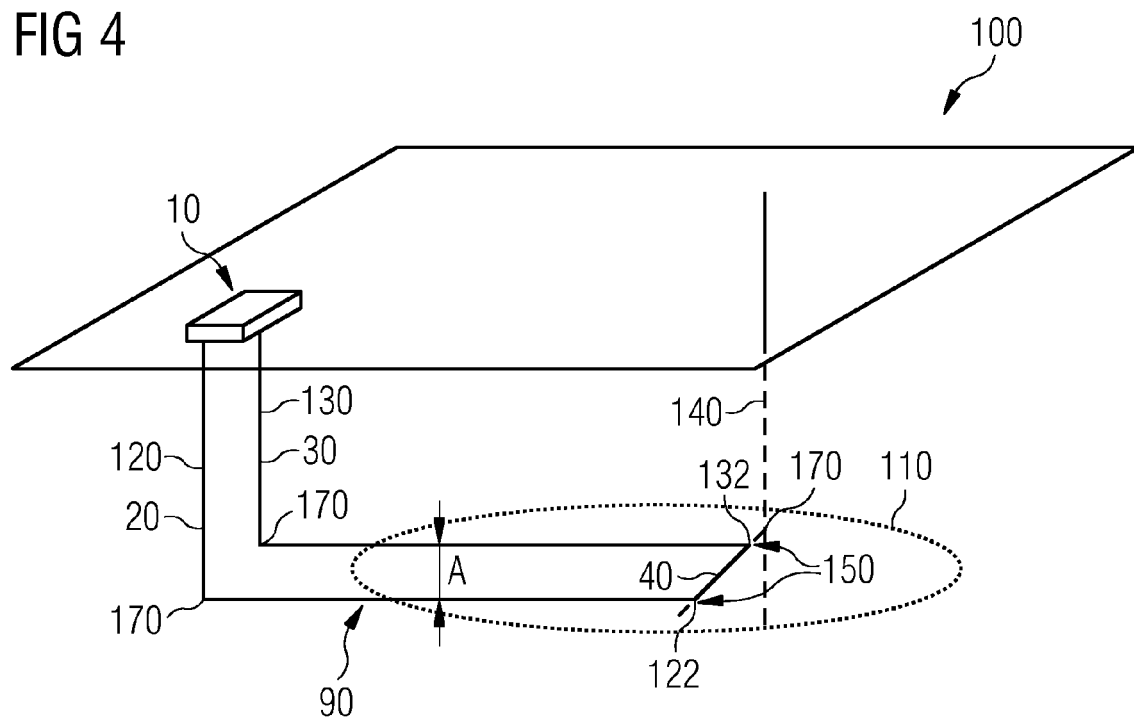


FIG 5

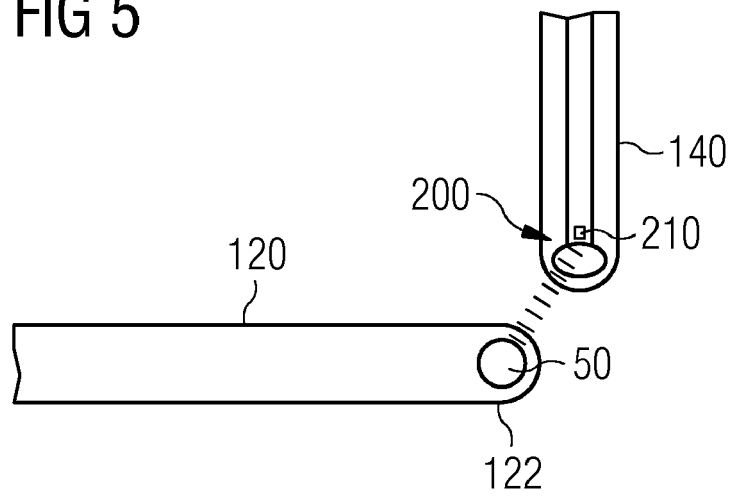


FIG 6

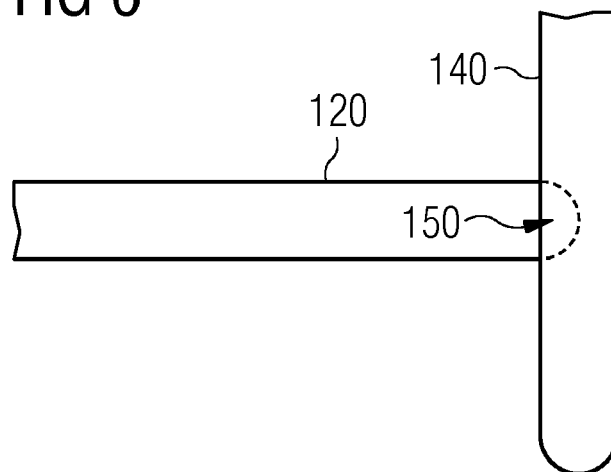


FIG 7

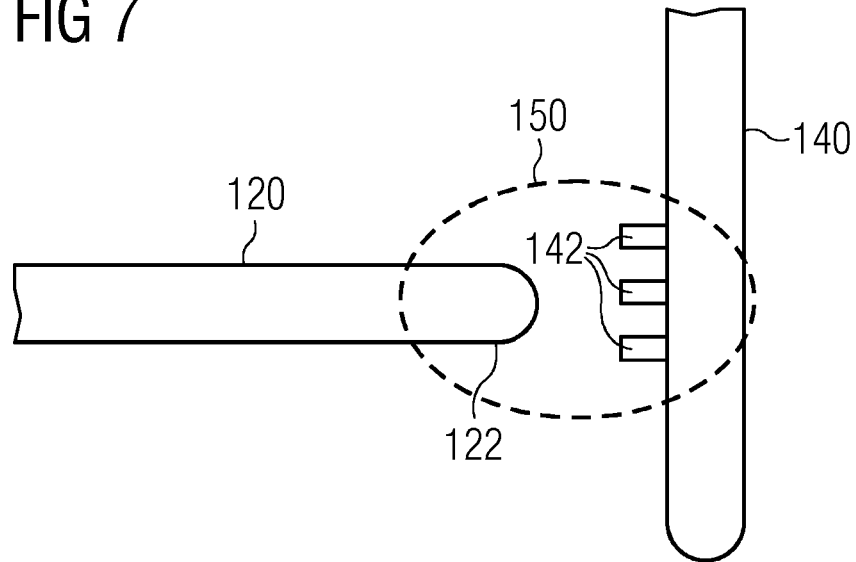


FIG 8

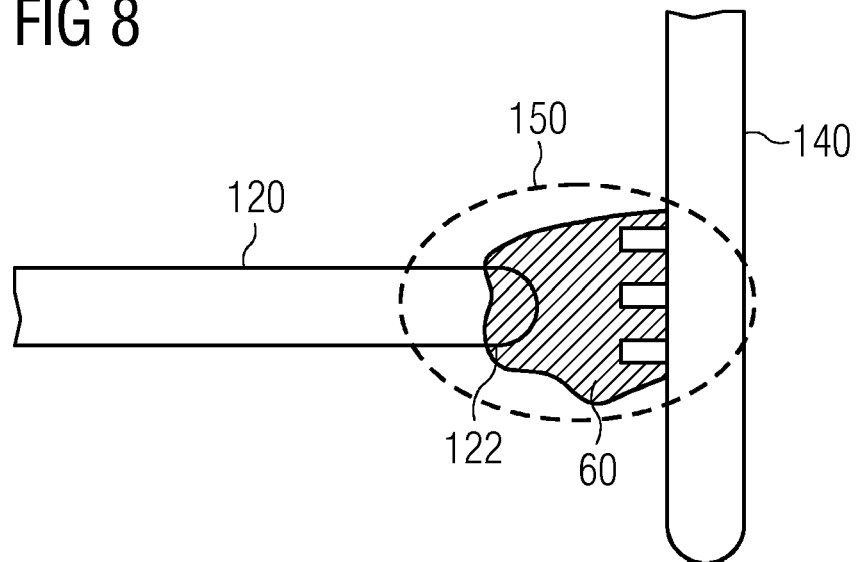


FIG 9

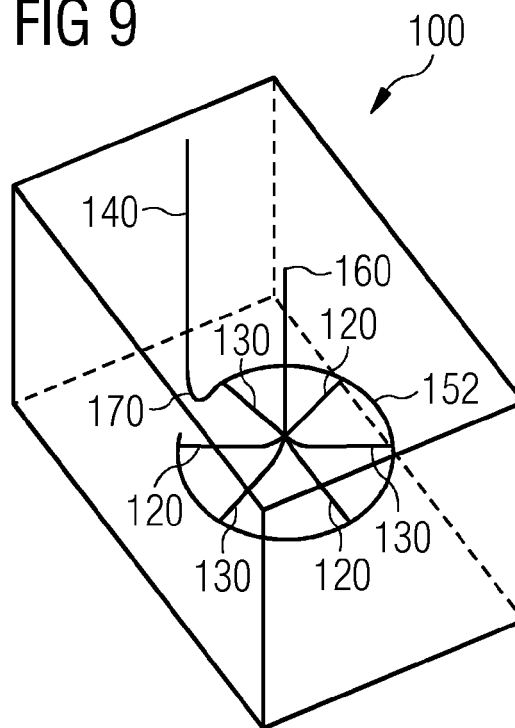


FIG 10

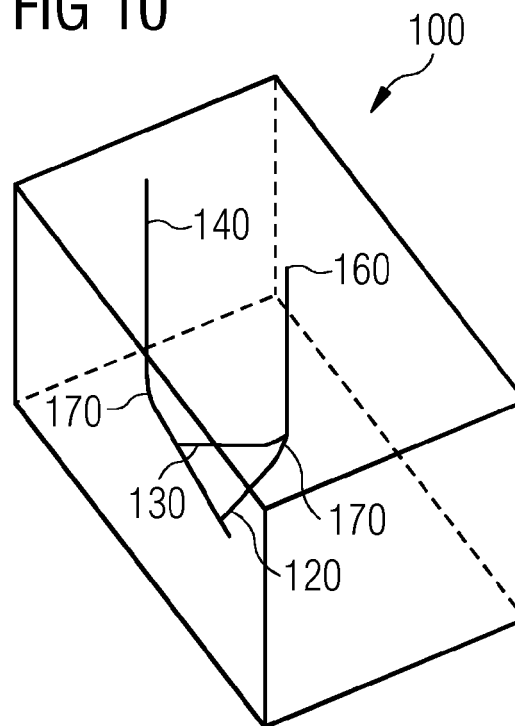


FIG 11

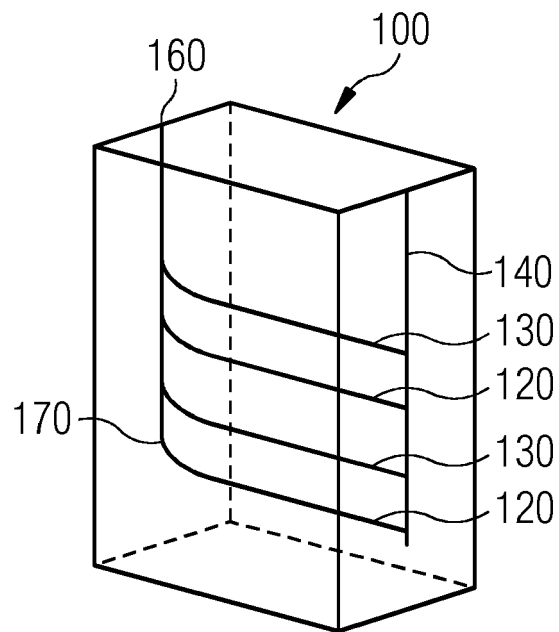
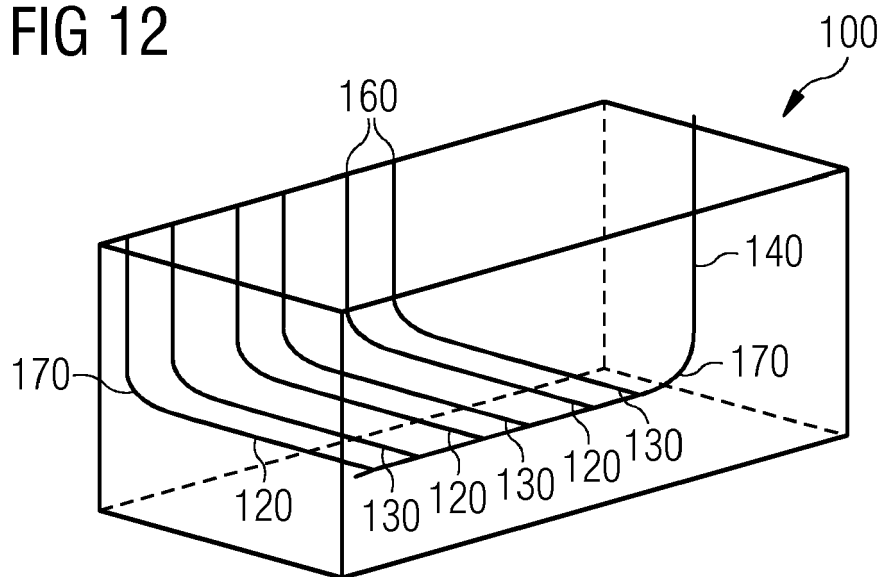


FIG 12





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 19 8019

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2008 044955 A1 (SIEMENS AG [DE]) 4. März 2010 (2010-03-04) * Absatz [0037] - Absatz [0042]; Abbildungen 1,2 *	1-10	INV. E21B43/24 E21B43/30
X	WO 2011/127292 A1 (SHELL OIL CO [US]; SHELL INT RESEARCH [NL]; KARANIKAS JOHN MICHAEL [US] 13. Oktober 2011 (2011-10-13) * Absatz [0163] - Absatz [0166]; Abbildung 12 *	1,10	
X	DE 10 2010 043302 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. März 2012 (2012-03-29) * Absatz [0022] - Absatz [0026]; Abbildungen 1,2 *	1,10	
A	WO 2009/027262 A1 (SIEMENS AG [DE]; KRAEMER HANS-PETER [DE]; DIEHL DIRK [DE]; HUBER NORBE) 5. März 2009 (2009-03-05) * Seite 5, Zeile 26 - Seite 6, Zeile 31; Abbildungen 2,3 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		28. April 2014	
		Prüfer	
		Strømnen, Henrik	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 19 8019

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28-04-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008044955 A1	04-03-2010	AU 2009286936 A1	04-03-2010
		CA 2735357 A1	04-03-2010
		CN 102197191 A	21-09-2011
		DE 102008044955 A1	04-03-2010
		EP 2321496 A1	18-05-2011
		RU 2011111733 A	10-10-2012
		US 2011146981 A1	23-06-2011
		WO 2010023035 A1	04-03-2010

WO 2011127292 A1	13-10-2011	AU 2011237496 A1	20-09-2012
		CA 2736672 A1	09-10-2011
		CA 2793673 A1	13-10-2011
		CN 102834586 A	19-12-2012
		WO 2011127292 A1	13-10-2011

DE 102010043302 A1	29-03-2012	CA 2812711 A1	05-04-2012
		DE 102010043302 A1	29-03-2012
		EP 2633153 A1	04-09-2013
		WO 2012041877 A1	05-04-2012

WO 2009027262 A1	05-03-2009	CA 2697808 A1	05-03-2009
		DE 102007040606 B3	26-02-2009
		RU 2010111787 A	10-10-2011
		US 2011042085 A1	24-02-2011
		WO 2009027262 A1	05-03-2009

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004009896 A1 [0036]
- WO 2009027305 A2 [0036]