



(10) **DE 10 2010 008 779 B4 2012.10.04**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 008 779.3**

(51) Int Cl.: **E21B 43/241 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: **22.02.2010**

(43) Offenlegungstag: **25.08.2011**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.10.2012**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

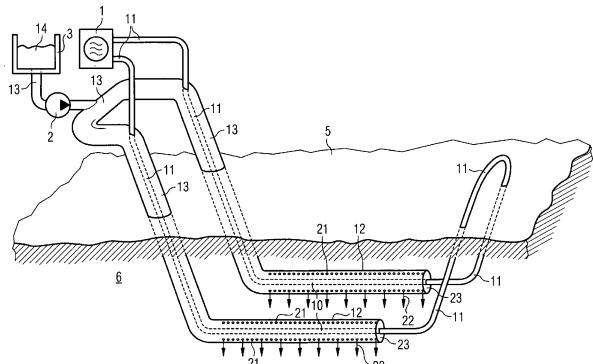
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 008 292 A1
DE 10 2007 036 832 A1
DE 10 2008 062 326 A1

(72) Erfinder:
**Diehl, Dirk, Dr., 91052, Erlangen, DE; Huber,
Norbert, Dr., 91052, Erlangen, DE; Koch, Andreas,
91077, Neunkirchen, DE; Koolman, Michael,
91088, Bubenreuth, DE; Torlak, Muris, Dr.,
90471, Nürnberg, DE; Wacker, Bernd, 91074,
Herzogenaurach, DE**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Gewinnung, insbesondere In-Situ-Gewinnung, einer
kohlenstoffhaltigen Substanz aus einer unterirdischen Lagerstätte**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Förderung von einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere Bitumen oder Schwerööl, aus einem Reservoir (6), wobei das Reservoir (6) mit Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität der Substanz beaufschlagbar ist, wozu wenigstens eine Leiterschleife (10, 11) zur induktiven Bestromung als elektrische/elektromagnetische Heizung vorgesehen ist, wobei ein Leiter (10) der Leiterschleife (10, 11) in zumindest einem Abschnitt von einer Flüssigkeitsführung (12) umgeben ist und die Flüssigkeitsführung (12) perforiert ist, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit über eine Perforation (21) aus der Flüssigkeitsführung (12) in das Reservoir (6) eindringt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenstoffhaltigen Substanz aus einer unterirdischen Lagerstätte unter Herabsetzung von deren Viskosität. Eine solche Vorrichtung dient insbesondere zur Förderung von Bitumen oder Schwerstöl aus einem Reservoir unter einem Deckgebirge, wie es bei Ölschiefer und/oder Ölsandvorkommen beispielsweise in Kanada gegeben ist.

[0002] Zur Förderung von Schwerstölen oder Bitumen aus den bekannten Ölsand- oder Ölschiefervorkommen muss deren Fließfähigkeit erheblich erhöht werden. Dies kann durch Temperaturerhöhung des Vorkommens (Reservoirs) erreicht werden. Die Erhöhung der Fließfähigkeit kann zum einen durch Einbringen von Lösungs- bzw. Verdünnungsmitteln und/oder zum anderen durch Aufheizen bzw. Aufschmelzen des Schwerstöl oder Bitumens erfolgen, wozu mittels Rohrsystemen, welche durch Bohrungen eingebracht werden, eine Beheizung erfolgt.

[0003] Das am weitesten verbreitete und angewendete In-Situ-Verfahren zur Förderung von Bitumen oder Schwerstöl ist das SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage)-Verfahren. Dabei wird Wasserdampf, dem Lösungsmittel zugesetzt sein können, unter hohem Druck durch ein innerhalb des Flözes horizontal verlaufendes Rohr eingepresst. Das aufgeheizte, geschmolzene und vom Sand oder Gestein abgelöste Bitumen oder Schwerstöl sickert zu einem zweiten etwa 5 m tiefer gelegenem Rohr, durch das die Förderung des verflüssigten Bitumens oder Schwerstöl erfolgt, wobei der Abstand von Injektor und Produktionsrohr abhängig von Reservoirgeometrie ist.

[0004] Der Wasserdampf hat dabei mehrere Aufgaben gleichzeitig zu erfüllen, nämlich die Einbringung der Heizenergie zur Verflüssigung, das Ablösen vom Sand sowie den Druckaufbau im Reservoir, um einerseits das Reservoir geomechanisch für Bitumentransport durchlässig zu machen (Permeabilität) und andererseits die Förderung des Bitumens ohne zusätzliche Pumpen zu ermöglichen.

[0005] Das SAGD-Verfahren startet, indem für beispielsweise drei Monate durch beide Rohre Dampf eingebracht wird, um zunächst möglichst schnell das Bitumen im Raum zwischen den Rohren zu verflüssigen. Danach erfolgt die Dampfeinbringung nur noch durch das obere Rohr und die Förderung durch das untere Rohr kann beginnen.

[0006] In der deutschen Patentanmeldung DE 10 2007 008 292 A1 wird bereits angegeben, dass das dazu üblicherweise verwendete SAGD-Verfahren mit einer induktiven Heizvorrichtung komplettiert werden kann. Des Weiteren wird in der deutschen Patentanmeldung DE 10 2007 036 832 A1 eine Vor-

richtung beschrieben, bei der parallel verlaufende Induktoren- bzw. Elektroden-Anordnungen vorhanden sind, die oberirdisch an einen Oszillator bzw. Umrichter angeschlossen sind.

[0007] Bei den älteren, deutschen Patentanmeldungen DE 10 2007 008 292 A1 und DE 10 2007 036 832 A1 wird also vorgeschlagen, den Dampfeintrag mit einer induktiven Beheizung der Lagerstätte zu überlagern. Dabei kann gegebenenfalls weiter zusätzlich auch noch eine resistive Beheizung zwischen zwei Elektroden erfolgen.

[0008] Bei den vorbeschriebenen Einrichtungen muss immer die elektrische Energie über einen elektrischen Hinleiter und einen elektrischen Rückleiter geführt werden. Dazu ist ein nicht unerheblicher Aufwand notwendig.

[0009] Bei den genannten älteren Patentanmeldungen werden einzelne Induktorpaare aus Hin- und Rückleiter oder Gruppen von Induktorpaaren in verschiedenen geometrischen Konfigurationen bestromt, um das Reservoir induktiv zu erhitzen. Dabei wird innerhalb des Reservoirs von einem konstanten Abstand der Induktoren ausgegangen, was bei homogener elektrischer Leitfähigkeitsverteilung zu einer konstanten Heizleistung entlang der Induktoren führt. Beschrieben sind die räumlich eng beieinander geführten Hin- und Rückleiter in den Abschnitten, in denen das Deckgebirge durchstoßen wird, um dort die Verluste zu minimieren.

[0010] Weiter ist aus der deutschen Patentanmeldung DE 10 2008 062 326 A1 eine Anordnung zur induktiven Heizung von Ölsand- und Schwerstöllagerstätten bekannt, bei der ein zentraler leiterfreier Bereich innerhalb eines Querschnittes Flüssigkeit, wie z. B. Wasser oder Öl, zur Kühlung aufweist.

[0011] Eine Variation der Heizleistung entlang der Induktoren kann, wie in den älteren Anmeldungen beschrieben, speziell durch abschnittsweise Injektion von Elektrolyten erfolgen, womit die Impedanz verändert wird. Dies setzt entsprechend Elektrolytinjektionsvorrichtungen voraus, deren Installation aufwendig oder kostspielig sein kann.

[0012] Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, die vorbeschriebene Einrichtung für eine induktive Beheizung weiter zu optimieren.

[0013] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0014] Erfindungsgemäß ist eine Vorrichtung zur Förderung von einer kohlenwasserstoffhaltigen Sub-

stanz, insbesondere Bitumen oder Schwerstöl, aus einem Reservoir vorgesehen, wobei das Reservoir mit Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität der Substanz beaufschlagbar ist, wozu wenigstens eine Leiterschleife zur induktiven Bestromung als elektrische/elektromagnetische Heizung vorgesehen ist, wobei ein Leiter – ein Induktor – der Leiterschleife in zumindest einem Abschnitt von einer Flüssigkeitsführung umgeben ist und die Flüssigkeitsführung (12) perforiert ist, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit über eine Perforation (21) aus der Flüssigkeitsführung (12) in das Reservoir (6) eindringt.

[0015] Erfindungsgemäß handelt es sich also um eine „in-situ“-Förderung, also die Förderung der kohlenwasserstoffhaltigen Substanz direkt aus dem Reservoir, in dem diese Substanz angereichert ist, ohne das Reservoir abzubauen. Als Reservoir versteht man vorzugsweise eine Ölsand-Lagerstätte, die unterirdisch zu finden ist.

[0016] Erfindungsgemäß ist keine Einbringung von Dampf über die Flüssigkeitsführung vorgesehen. Jedoch kann eine Kombination zusätzlich mit dem SAGD-Verfahren vorteilhaft sein, beispielsweise das Kühlung des Induktors gemäß der erfindungsgemäß Vorrichtung und ein Einbringen von Dampf über ein weiteres Rohr oder einen weiteren Schlauch.

[0017] Unter Abschnitt des Leiters ist ein Teilstück des Leiters zu verstehen. Wird angenommen, dass es sich um den Leiter im wesentlichen um ein verdrilltes Kabel handelt, dass von einer röhrenförmigen Hülle ummantelt ist, so ist als Abschnitt des Leiters ein Teilstück entlang der Erstreckung des Kabels und der Hülle zu verstehen.

[0018] Als Leiter wird insbesondere ein serieller Resonanzkreis oder ein Teil davon verstanden, welcher in einem kabelartigen Aufbau mit äußerer Isolierung gebracht wird. Dies ist erfindungsgemäß von einer Flüssigkeitsführung umgeben.

[0019] Die Flüssigkeitsführung ist ein ausgedehnter hohler Körper – beispielsweise ein Rohr oder ein Schlauch – zu verstehen, durch den Flüssigkeit transportiert werden kann.

[0020] Durch das Vorsehen einer Flüssigkeitsführung kann eine Flüssigkeit entlang des Leiters und in das Reservoir geleitet werden. Je nach Ausgestaltung der Flüssigkeitsführung können sich dadurch folgende Vorteile ergeben:

- i) Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit im Reservoir mittels Einleiten von Flüssigkeit in das Reservoir.

[0021] Ein Problem beim elektromagnetischen Heizen mittels Induktion mancher Lagerstätten ist näm-

lich, dass die elektrische Leitfähigkeit in der Lagerstätte verhältnismäßig niedrig sein kann, und damit die resultierende, in die Lagerstätte eingebrachte, thermische Leistung möglicherweise nicht ausreichend ist, oder sogar hohe Energieverluste in der unmittelbaren Umgebung der Lagerstätte aufgrund der großen Eindringtiefen der magnetischen Felder entstehen. Somit kann erfindungsgemäß auf eine Erhöhung der elektrischen Eingangsleistung verzichtet werden, wodurch die Rentabilität und die Umweltfreundlichkeit des Prozesses maßgeblich beeinträchtigt würde.

- ii) Erhöhte Verdrängung der kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, z. B. des Öls, durch das Einleiten von Flüssigkeit in das Reservoir.

[0022] Ein weiteres Problem beim elektromagnetischen induktiven Heizen ist nämlich die mangelnde oder unzureichende Verdrängung des Öls aus der Lagerstätte während der Förderung, was die Förderrate beeinträchtigen oder sogar die Förderung zum Stillstand bringen kann. Die Ölverdrängung beim SAGD-Verfahren nach dem Stand der Technik erfolgt durch die Ausdehnung der Wasserdampfkammer in der Lagerstätte. Beim erfindungsgemäß vorgesehenen elektromagnetischen induktiven Heizen ohne zusätzliche Dampfeinbringung gibt es nicht zwangsläufig eine Wasserdampfkammer, so dass eine Ölverdrängung aufgrund einer Wasserdampfkammer nicht erfolgen kann. Dies wäre nur bei Einbringung sehr großer elektrischer Leistung über die Induktoren möglich, was aber vorzugsweise vermieden werden soll.

- iii) Kühlung des Leiters, indem die Flüssigkeit direkt oder in der Nähe des Leiters entlanggeleitet wird, um einem Aufwärmen des Leiters durch die erhitzte Umgebung des Leiter entgegenzuwirken oder auch zur Aufnahme bereits im Leiter angefallene Erwärmung. Darüber hinaus kann es vorteilhaft sein dass auch die Umgebung des Leiters gekühlt werden kann, damit kein siedenes Wasser im Reservoir in direkte Berührung mit dem Leiter oder dessen Ummantelung kommt, wobei jedoch anzumerken ist, dass prinzipiell ein Sieden von Wasser im Reservoir vorteilhaft ist, um beispielsweise eine Verdrängung von Öl zu erreichen.

[0023] Durch das Kühlung des Leiters kann die elektrische Leitfähigkeit in der unmittelbaren Umgebung um den Leiter reduziert werden und somit die geometribedingt hohe Heizleistungsdichte direkt am Leiter zu reduzieren. Man kann somit eine homogenere Heizleistungsdichte im Reservoir erreichen.

[0024] Die Kühlung ist insbesondere bei größeren Lagerstättentiefen – etwa größer als 130 m – vorteilhaft, weil es ansonsten zur Überhitzung des Induktors, beispielsweise bei Temperaturen von ca. 200°C oder mehr, kommen könnte. Insbesondere eine Kunststoffisolation des Induktors könnte einer sol-

chen hohen Temperatur dauerhaft nicht standhalten. Zu beachten ist hierbei, dass die Siedetemperatur von Wasser im Reservoir bei einer Tiefe von 130 m oder darüber hinaus bei ca. 200°C liegen kann.

[0025] Die Wärme des Leiters umfasst einerseits Wärme aufgrund ohmscher Verluste im Leiter, jedoch wesentlicher kann die Wärme aus dem Reservoir sein, die der Leiter ohne entsprechende Kühlung aus der Umgebung aus dem Reservoir aufnehmen würde.

[0026] Insbesondere über den Kontakt der Flüssigkeit mit einer Rohrwandung, welche wiederum mit dem Reservoir in Kontakt steht, wird vorteilhafterweise die Rohrwandungswärme abgeführt.

[0027] Weitere joulsche Verluste im Leiter können über die äußere, mit der Flüssigkeit in Kontakt stehende Isolierung des Leiters an die Flüssigkeit abgeführt werden, wobei die Flüssigkeit in einem äußeren Rohr geführt wird.

[0028] Im Folgenden werden zuerst die Merkmale für eine Kühlung der des Leiters erläutert. Hierbei basiert der erfunderische Gedanke im wesentlichen auf eine Flüssigkeitsführung mit geschlossenem Flüssigkeitskreislauf, bei dem kühle Flüssigkeit entlang des Leiters innerhalb der Flüssigkeitsführung fließt, im Reservoir aufgeheizt wird und wieder aus dem Reservoir hinausgeleitet wird. Darauf aufbauend wird dann der zusätzliche erfunderische Gedanke erläutert, bei dem zusätzlich oder alternativ zur Kühlung, die Flüssigkeit über die Flüssigkeitsführung ins Reservoir eingespeist wird und dort im Erdreich verteilt wird, um weitere Effekte – beispielsweise die Verbesserung der Leitfähigkeit im Reservoir – zu erzielen.

1) Kühlung des Leiters:

[0029] In einer bevorzugten Ausgestaltung können die Flüssigkeitsführung und der Leiter derart zueinander angeordnet sein, dass eine Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung eine Kühlung des Leiters bewirkt. Dabei ist es irrelevant, ob es sich um eigene Abwärme des Leiters handelt oder ob es Wärme ist, die von Außen, vom durch den stromführenden Leiter erhitzten Reservoir, auf den Leiter wirkt. Der kühlende Effekt kann durch Bewegung der Flüssigkeit, insbesondere entlang des Leiters und unter Umwälzung oder Austausch der Flüssigkeit, verstärkt werden, da dadurch warme Flüssigkeit weggeleitet wird und kühle Flüssigkeit nachfließen kann.

[0030] Vollständigkeitshalber sei erwähnt, dass in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung die Flüssigkeitsführung Teil eines im wesentlichen geschlossenen Flüssigkeitskreislaufs sein kann, bei dem ein Mittel zum Wärmetauschen – insbesondere an der Oberfläche und nicht innerhalb des Reservoirs – vorgese-

hen ist, um eine innerhalb der Flüssigkeitsführung erhitzte Flüssigkeit wieder abzukühlen.

[0031] Mittels einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann die Rückkühlung der Flüssigkeit durch Rohre erfolgen, die durch kältere Bereich des Reservoirs führen, d. h. die Flüssigkeit wird nicht an die Oberfläche gebracht, sondern zirkuliert nur in der Tiefe. In diesem Fall ist vorzugsweise eine Pumpe in der Tiefe zu installieren. Vorteilhaft ist dabei, dass die elektrisch eingebrachte Heizleistung dem Reservoir nicht entzogen wird, sondern nur anders verteilt wird.

[0032] Vorteilhafterweise kann die Flüssigkeitsführung als Schlauch und/oder Rohr ausgebildet sein, wobei der Leiter innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs angeordnet ist, insbesondere so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit der Leiter von der Flüssigkeit umspült wird. Somit kann eine optimale Übertragung von Wärme vom Leiter auf die Flüssigkeit gewährleistet werden.

[0033] Insbesondere kann der Schlauch und/oder das Rohr in etwa koaxial – zentriert – zum Leiter angeordnet sein, wobei insbesondere zumindest ein Steg innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs zum Fixieren oder Positionieren des Leiters bzw. zum Stabilisieren der Lage des Leiters innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs vorgesehen ist. Entlang einer axialen Richtung des Schlauchs/Rohrs können wiederholt Stege vorgesehen sein, um die Lage des Leiters zu sichern. Alternativ kann ein Steg auch eine axiale Ausdehnung haben, die sich sogar in einer besonderen Ausgestaltung über die gesamte Länge des Schlauchs/Rohrs erstreckt.

[0034] Alternativ dazu kann der Leiter innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs auch frei beweglich angeordnet sein, d. h. der Leiter ist unzentriert im Schlauch bzw. im Rohr und auf Mittel zum Fixieren wird verzichtet.

[0035] In einer weiteren Ausgestaltung kann die Flüssigkeitsführung als eine Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren ausgebildet sein. Weiterhin können eine Vielzahl von Kapillaren und/oder ein poröses Material vorgesehen sein, um die Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung zu transportieren. Diese Varianten sind bevorzugt derart angeordnet, dass der Leiter von der Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren und/oder Kapillaren und/oder dem porösen Material umgeben ist, wobei vorzugsweise die Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren und/oder Kapillaren und/oder das poröse Material und der Leiter innerhalb einer gemeinsamen schlauchförmigen Außenhülle angeordnet sind. Diese genannten Mittel zur Führung der Flüssigkeit sind insbesondere alle parallel zueinander verlaufend oder verdrillt. Diese Ausgestaltungen können so verstanden werden, dass die Flüssigkeit nicht den Leiter direkt umfließt sondern

Schläuche/Rohre werden von außen an den Leiter angebracht sind.

[0036] Vollständigkeitshalber sei erwähnt, dass auch ein umgekehrter Ansatz denkbar ist, dass sich ein Leiter aus einer Vielzahl an Teilleitern zusammensetzt und diese Teilleiter um die Flüssigkeitsführung herum angeordnet werden können.

[0037] In einer Erweiterung der bisherigen Ausgestaltungen kann die Flüssigkeitsführung in Form der Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren derart ausgebildet sein, so dass mindestens ein erster Schlauch und/oder Rohr vorgesehen ist, in dem die Flüssigkeit gegenläufig zu einer Flussrichtung der Flüssigkeit in einem mindestens einen zweiten Schlauch und/oder Rohr fließt. Auf diese Weise kann zum Beispiel ein geschlossener Kreislauf gebildet werden. Alternativ könnten auch zwei Stellen oberirdisch Flüssigkeit in die Flüssigkeitsführung gepumpt werden, wobei von jeder der zwei Stellen nur eine Untergruppe der zur Verfügung stehenden Schläuchen bzw. Rohren gefüllt werden. Vorteilhaftweise wird mit einer gegenläufigen Kühlflüssigkeitsführung eine homogenere Temperatur entlang des Leiters erreicht.

[0038] In einer Erweiterung kann zwischen der Flüssigkeitsführung und dem Reservoir, insbesondere zwischen der Flüssigkeitsführung und der Außenhülle, thermisch isolierende Mittel angeordnet sein, wobei das thermisch isolierende Mittel insbesondere als ein luft- oder gasgefüllter oder als ein Vakuum-einschließender Hohlraum ausgebildet ist. Die thermische Isolation von der Flüssigkeitsführung gegen das Reservoir erweist sich dabei insbesondere als vorteilhaft, da dadurch bei geeigneter Ausgestaltung die induktiv eingebrachte Heizleistung nur zu einem möglichst geringen Anteil durch die Flüssigkeitskühlung wieder abgeführt wird.

[0039] Weiterhin kann ein Druckerhöhungsmittel zum Erhöhen des Drucks einer Flüssigkeit oder zum Umlaufen der Flüssigkeit vorgesehen sein, insbesondere eine Pumpe, so dass mittels des Druckerhöhungsmittels eine Bewegung der Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung erreicht wird. Auf diese Weise kann ein Kühlkreislauf betrieben werden.

[0040] Alternativ zur aktiven Pumpe kann auch ein Naturumlauf, gegebenenfalls mit Siedevorgang – beispielsweise Thermosiphon – vorgesehen sein.

[0041] Weitere Elemente des Gesamtsystems, neben der Flüssigkeitsführung und der Pumpe können insbesondere ein Vorratsbehälter für die Flüssigkeit, ein Wärmetauscher und weitere oberirdische oder unterirdische hydraulische Verbindungen sein. Der Vorratsbehälter kann dabei entweder unter atmosphärischem Druck oder als Druckbehälter aus-

geführt werden. Darüber hinaus kann ein Druckhalter vorgesehen sein, mittels dem die Flüssigkeit als Kühlmittel auf höherem Druckniveau gehalten wird und unter hohem Druckniveau zirkuliert, um Sieden bei hohem Leistungseintrag zu vermeiden. Vorzugsweise weist das Gesamtsystem eine Rückführung für die Flüssigkeit an die Oberfläche auf.

[0042] Die Erfindung ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Flüssigkeitsführung eine Perforation aufweist, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsführung in das Reservoir eindringen kann, und die Perforation wiederum Löcher aufweist, die in Form und/oder Größe und/oder Verteilung derart ausgestaltet sein können, dass bei Zuführung einer Flüssigkeit unter vorgegebenem Druck der Leiter über die gesamte Länge des von der Flüssigkeitsführung umgebenen Abschnitts der Leiterschleife ausreichend gekühlt wird.

[0043] Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, indem die Flüssigkeitsführung über die Länge durchgängig ausreichend mit Flüssigkeit gefüllt ist und/oder durch den Leiter erwärmte Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsführung durch die Löcher weggeleitet wird. Alternativ oder zusätzlich kann eine erforderliche Menge kühler Flüssigkeit mit niedrigerer Temperatur durch die Flüssigkeitsführung nachfließen.

[0044] Der vorstehend genannte Effekt ergibt sich vorzugsweise, wenn der über die Zuführung angewandte Druck auf die Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung derart an eine vorgegebene Perforation angepasst wird, dass ein Austreten der Flüssigkeit durch die Perforation über einen längeren Anwendungsbereich gewährleistet ist.

[0045] Die bisher beschriebenen Anordnungen sind insbesondere vorteilhaft, als dass durch die Flüssigkeitsführung geleitete Flüssigkeit eine Umgebung im Reservoir thermisch isoliert wird und/oder dass der Leiter durch die durch die Flüssigkeitsführung geleitete Flüssigkeit gekühlt wird.

[0046] Als Flüssigkeit zur Kühlung kann Wasser vorgesehen sein, insbesondere entsalzt und/oder entkalkt und/oder mit einem als Frostschutz wirkendem Mittel versetzt – z. B. Glykol –. Weiterhin können Salzwasser, Öl, Emulsionen oder Lösungen vorgesehen sein.

[0047] Bevorzugt kann es sich bei der Grundform für die Flüssigkeit um eine extrahierte Flüssigkeit handeln, die sich aus dem gewünschten aus dem Reservoir geförderten Fördermaterial abscheiden lässt.

[0048] Bzgl. der Kühlung sei zusammengefasst, dass durch die erfindungsgemäße Anordnung eine auch in größeren Tiefen zu befürchtende Überhitzung des Induktors vermieden werden kann, bzw. die Le-

bensdauer gegenüber einem ungekühlten Induktor verlängert werden kann. Mit der Anordnung sind wirtschaftlichere, höhere Leistungsdichten zu erreichen.

[0049] Das Vorsehen einer Perforation um darüber eine Injektion der als Kühlmittel wirkenden Flüssigkeit in das Reservoir zu erreichen hat weiterhin einen Vorteil, dass die vom Leiter weggeföhrte Wärme im Reservoir verbleibt und diesem nicht entzogen wird, wie bei einem geschlossenen Kühlkreislauf mit Rückkühlung an der Oberfläche der Fall wäre. Im Folgenden wird nun weiter auf die Injektion von der Flüssigkeit in das Reservoir eingegangen.

2) Einspeisung von Flüssigkeit ins Reservoir:

[0050] Bis auf die Tatsache, dass es sich im Folgenden nicht um einen geschlossenen Flüssigkeitskreislauf handelt und dass Flüssigkeit im Reservoir zielgerichtet „verloren“ geht, können die vorstehend genannten Merkmale auch im Fall der Einspeisung der Flüssigkeit ins Reservoir auf identische oder analoge Weise implementiert werden. Die sich daraus ergebenden Vorteile – beispielsweise die verbesserte Kühlung – ergeben sich auch weiterhin entsprechend.

[0051] Gemäß der Erfindung ist die Flüssigkeitsführung perforiert, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsführung durch die Perforation in das Reservoir eindringt bzw. eingeleitet wird. Unter Perforation sind beispielsweise Löcher oder Schlitze gemeint, die sich in einer Flüssigkeitsführung befinden, so dass Flüssigkeit aus dem Inneren der Flüssigkeitsführung nach Außen in die Umgebung der Löcher oder Schlitze austreten kann. Neben den genannten Löcher und Schlitzen ist es auch möglich, dass die Flüssigkeitsführung zumindest teilweise aus porösen Material oder Kapillaren besteht, so dass die Flüssigkeit durch diese Mittel an die Umgebung abgegeben werden kann.

[0052] Das Einleiten der Flüssigkeit in das Reservoir kann dabei die elektrische Leitfähigkeit des Reservoirs und/oder den Druck im Reservoir erhöhen eingeleitet wird.

[0053] Wie bereits erwähnt, kann ein Druckerhöhungsmittel zum Erhöhen des Drucks einer Flüssigkeit oder zum Umlaufen der Flüssigkeit vorgesehen sein, insbesondere eine Pumpe, so dass mittels des Druckerhöhungsmittels eine Flüssigkeit mit erhöhtem Druck in die Flüssigkeitsführung eingeleitet werden kann. Mit der Pumpe soll insbesondere so viel Druck erzeugt werden, dass eine vorbestimmte Menge an Flüssigkeit über die Perforation in das Reservoir eindringt. Mit „erhöhtem Druck“ ist somit gemeint, dass ein Umgebungsdruck im Reservoir überwunden werden soll. Der hydrostatische Druck im Reservoir in der Umgebung der Perforation sollte überschritten wer-

den, damit die Flüssigkeit austreten kann, was beispielsweise mit einem Druck von 10000 hPa (10 bar) bis 50000 hPa (50 bar) erreicht werden kann.

[0054] Vorzugsweise kann die Perforation derart ausgebildet sein und/oder können Mittel vorgesehen sein, dass ein Eindringen von Festkörpern und/oder Sanden aus dem Reservoir im Wesentlichen verhindert wird. Derartige Mittel sind beispielsweise unter dem Begriff „Gravel Pack“ bekannt.

[0055] Die Erfindung ist insbesondere vorteilhaft, wenn die Perforation Löcher aufweist, die in Form und/oder Größe und/oder Verteilung derart ausgestaltet sein können, dass bei Zuführung einer Flüssigkeit unter vorgegebenem Druck die Flüssigkeit verteilt über eine Länge der Flüssigkeitsführung durch die Perforation in eine Umgebung der Leiterschleife im Reservoir abgegeben wird, so dass die elektrische Leitfähigkeit des Reservoirs verändert und/oder der Druck im Reservoir erhöht wird. Insbesondere kann die Flüssigkeit so gesteuert werden, dass die elektrische Leitfähigkeit innerhalb des Reservoir in seiner Ersteckung überwiegend erhöht wird und/oder dass die elektrische Leitfähigkeit im Reservoir in unmittelbarer Umgebung des Leiter erniedrigt wird.

[0056] Vorzugsweise soll die Perforation derart ausgebildet sein, dass die gesamte Länge der Flüssigkeitsführung – abgesehen von der Zuführung von der Oberfläche zur Zielregion im Reservoir – in jedem Abschnitt die gleiche Menge an Flüssigkeit abgegeben.

[0057] Die Erhöhung des Drucks im Reservoir ist insbesondere vorteilhaft, als dass dadurch die kohlenwasserstoffhaltigen Substanzen im Reservoir besser verdrängt wird und/oder ein Unterdruck im Reservoir – aufgrund der Förderung der Substanz – vermieden wird.

[0058] Die vorstehend genannten Effekte, Erhöhung der Leitfähigkeit und Erhöhung des Drucks, ergibt sich vorzugsweise, wenn der über die Zuführung angewandte Druck auf die Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung derart an eine vorgegebene Perforation angepasst wird, dass ein Austreten der Flüssigkeit durch die Perforation über einen längeren Anwendungsbereich gewährleistet ist.

[0059] Als zuzuleitende Flüssigkeit eignet sich insbesondere Wasser oder eine organische oder anorganische Lösung als Elektrolyt.

[0060] Die Flüssigkeit kann vorzugsweise mindestens eines der folgenden Bestandteile aufweisen: Salze, schwache Säuren, schwache Basen, CO₂, oder Lösungsmittel, die insbesondere Alkane, beispielsweise Methan, Propan, Butan enthalten.

[0061] Zur weiteren Erhöhung des Drucks im Reservoir kann ein Ventil eines Förderrohrs zum Wegführen der verflüssigten kohlenwasserstoffhaltigen Substanz aus dem Reservoir geschlossen werden und zu einem späteren Zeitpunkt, abhängig vom Erreichen einer vorgegebenen Zeitspanne oder vom Erreichen eines vorgegebenen Drucks innerhalb des Reservoirs geöffnet werden. Somit kann während der Zeitspanne der Druck erhöht werden, weil kein Material das Reservoir verlässt und zusätzlich Flüssigkeit eingeleitet wird.

[0062] Insbesondere bei Vorliegen einer Perforation in der Flüssigkeitsführung ist ein Schließen des Flüssigkeitskreislaufs nicht notwendig. Es können beispielsweise für die Leiterschleife zwei voneinander getrennte Flüssigkeitsführungen vorgesehen sein, jeweils für eine Hälfte der Leiterschleife, wobei die beiden Flüssigkeitsführungen im Reservoir enden, ohne dass die Flüssigkeit wieder an die Oberfläche zurückgepumpt würde.

[0063] Es wurde bereits erläutert, welche Zusammensetzung die Flüssigkeit haben kann, die in das Reservoir in flüssiger Form eingespeist wird. Hierbei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn die Flüssigkeit zumindest teilweise oder auch vollständig aus dem geförderten Wasser-Öl/Bitumen-Gemisch extrahiert wird. Dazu sollte die gewünschte zu fördernde Substanz von dem geförderten Wasser-Öl/Bitumen-Gemisch abgetrennt werden und der wässrige Rest nachbearbeitet bzw. aufbereitet werden. Dies kann im Vergleich zur Injizierung von Wasserdampf jedoch auf deutlich einfachere Art erfolgen.

[0064] Für das geförderte Wasser-Öl/Bitumen-Gemisch kann zuerst eine Öl- und/oder Gas-Separierung von der Flüssigkeit erfolgen. Zurück bleibt eine Restflüssigkeit, die weiterhin Öl-Anteile, Schwebestoffe und Sande und eine Vielzahl von chemischen Elementen oder Verbindungen enthält. Auf eine Entfernen des verbliebenen Öl-Anteils oder auch von vielen chemischen Elementen kann nun jedoch verzichtet werden, da bei der Rückführung der Restflüssigkeit in das Reservoir lediglich Stoffe enthalten sind, die ohnehin vorher im Reservoir vorhanden waren und bei der Förderung ausgeschwemmt wurden. Ein weiterer Grund, warum eine weitere Aufarbeitung der Restflüssigkeit nicht nötig ist, ist die Tatsache, dass erfahrungsgemäß die Restflüssigkeit in flüssiger Form ins Reservoir eingebracht wird und nicht in gasförmigen Zustand. Eine Gewinnung von Speisewasser für Dampferzeuger würde jedoch eine aufwändige Apparatur erfordern und einen großen Energieeinsatz erfordern.

[0065] Im Wesentlichen sollte zur Aufbereitung der Restflüssigkeit lediglich eine Sandtrennung erfolgen, da dies beim Wieder-Einleiten der Restflüssigkeit in das Reservoir zum Verstopfen und Versanden der

Flüssigkeitsführung führen kann. Dies würde einem dauerhaften Betrieb entgegenstehen.

[0066] In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann nach der Entsandung auch eine Entsalzung der Restflüssigkeit vorgesehen sein, damit sich im Reservoir durch kontinuierliches Einleiten der aufbereiteten Restflüssigkeit keine zu hohe Salzkonzentration ergibt.

[0067] Durch das Einleiten der entsandeten und entsalzenen Restflüssigkeit kann die Viskosität innerhalb des Reservoirs verringert werden. Darüber hinaus ergibt sich eine Erhöhung der Stabilität des Reservoirs.

[0068] Zusätzlich zu den genannten Komponenten kann noch ein Wärmetauscher vorgesehen sein, um die aufbereitete Restflüssigkeit auf eine höhere Temperatur zu bringen, um eine unerwünschte Abkühlung des Reservoirs mit der Folge eines Druckabfalls oder einer Viskositätserhöhung zu verhindern.

[0069] Die vorliegende Erfindung und deren Weiterbildungen werden nachfolgend im Rahmen eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren näher erläutert.

[0070] Dabei zeigen in schematischer Darstellung

[0071] [Fig. 1](#) eine Vorrichtung mit einer Kühlung eines Induktors;

[0072] [Fig. 2](#) eine perspektivische Darstellung eines gekühlten Induktors;

[0073] [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) Querschnitte von verschiedenen Induktoren mit Flüssigkeitsführung;

[0074] [Fig. 7](#) einen perforierte Flüssigkeitsführung;

[0075] [Fig. 8](#) eine Vorrichtung zum Injizieren einer Flüssigkeit ins Reservoir;

[0076] [Fig. 9](#) eine Vorrichtung zum Aufbereiten und Injizieren einer geförderten Produktionsstroms.

[0077] Sich in den Figuren entsprechende Teile sind jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen. Nicht näher ausgeführte Teile sind allgemein bekannter Stand der Technik.

[0078] [Fig. 1](#) zeigt, schematisch dargestellt, eine Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz aus einer unterirdischen Lagerstätte **6** als Reservoir unter Herabsetzung deren Viskosität, wobei eine Kühlung von Induktoren **10** vorgesehen ist. Bei einer solchen Vorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Vorrichtung zur Gewinnung von Bitumen aus einem Ölsandvorkommen

handeln. Bei der Lagerstätte **6** kann es sich insbesondere um ein Ölsandvorkommen oder ein Ölschiefervorkommen handeln, aus welchem Bitumen oder andere Schweröle gewonnen werden können.

[0079] Weiterhin ist ein Rohr **9** zur Dampfeinbringung dargestellt, das im Wesentlichen zwischen parallelen Abschnitten eines Induktors **10** innerhalb des Reservoirs **6** angeordnet ist und das über einen Dampfgenerator **8** gespeist wird. Mittels über die Länge des Rohrs verteilt angeordnete Düsen – nicht dargestellt – wird der Dampf in das Reservoir **6** gepresst.

[0080] Nicht dargestellt ist eine Produktionsrohrleitung, über die die aus der Lagerstätte **6** extrahierte Substanz gesammelt und aus der Lagerstätte **6** heraus bis an eine Erdoberfläche **5** gefördert wird.

[0081] Die Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz weist weiterhin einen Induktor **10** auf, der in Bohrungen innerhalb der Lagerstätte **6** verläuft. Der Induktor **10** oder Abschnitte von diesem sind als der erfindungsgemäße Leiter anzusehen. Es wird eine geschlossene Leiterschleife gebildet, die aus den zwei horizontal in der Lagerstätte **6** verlaufenden Hin- und Rückleitern des Induktors **10** besteht, sowie aus Leiterstücken **11** die nicht oder wenig als Heizung wirken und oberirdisch verlaufen bzw. von der Erdoberfläche **5** hinein in die Lagerstätte **6** führen, um den Stromanschluss für den Induktor **10** zu gewährleisten. In der Figur sind beispielsweise beide Schleifenenden der Leiterschleife oberirdisch angeordnet. Auf der rechten Seite in der Figur wird die Schleife einfach durch geschlossen – siehe Leiterstück **11** in der Figur. Auf der linken Seite befindet sich eine Elektroversorgung **1** inklusive aller benötigten elektrischen Einrichtungen wie Umrichter und Generator, durch die der nötige Strom und die nötige Spannung an die Leiterschleife angelegt wird, damit die Induktoren **10** als Leiter für eine elektrische/elektromagnetische Heizung zur Wärmeerzeugung in der Lagerstätte **6** dienen.

[0082] Die Induktoren **10** sind gegenüber zumindest Teilen der Lagerstätte **6** als induktive elektrische Heizung wirksam. Bedingt durch die Leitfähigkeit von zumindest Teilen der Lagerstätte **6**, kann diese durch die weitgehend konzentrisch um die beiden möglichst parallel verlaufenden Abschnitte des Induktors **10** erwärmt werden.

[0083] Die Leiterschleife kann in Bereichen, in denen diese außerhalb der eigentlichen Lagerstätte **6** verlaufen – als die Leiterstücke **11** –, mittels geeigneter Führung in ihrer Heizleistung stark gemindert werden. Auf diese Weise kann die Heizleistung in definierten Bereichen der Lagerstätte **6** eingebracht werden. Bei dem Induktor **10** kann es sich insbesondere um stabförmige metallische Leiter oder um verdrillte metallische Kabel aus einem insbesondere gut leitfähigem Metall handeln, welche als Resonanzkreis ausgebildet werden.

[0084] Gemäß der Figur ist neben dem elektrischen Kreislauf auch ein Kühlkreislauf vorgesehen, um den Induktor **10** zu kühlen. Der Kühlkreislauf umfasst eine Flüssigkeitsführung **12** die gemäß der Figur die Leiterschleife entlang ihrer Länge fast vollständig ummantelt. Wesentlich ist lediglich eine Ummantelung des Induktors **10**. Eine Ummantelung außerhalb der Lagerstätte **6** ist nicht notwendig, mag aber vorteilhaft sein, da dadurch das Verlegen der Flüssigkeitsführung **12** zusammen mit der Leiterschleife erfolgen kann und somit eine vereinfachte Installation erlaubt.

[0085] Gemäß der Figur sind die Abschnitte des Kühlkreislaufs, die nicht explizit zur Kühlung vorgesehen sind, als Flüssigkeitsein/ausleitungen **13** markiert. Gemäß der Figur ist auf der linken Seite der Flüssigkeitskreislauf lediglich auf einfache Weise zu einem Ring geschlossen, so dass die durch eine erste Flüssigkeitsführung **12** entlang eines ersten Abschnitts des Induktors **10** hindurchgeleitete Flüssigkeit durch eine zweite Flüssigkeitsführung **12** entlang eines zweiten Abschnitts des Induktors **10** zurückgeführt wird. Auf der rechten Seite der Figur finden sich oberirdisch die Komponenten zu Bereitstellung der Flüssigkeit. Diese sind ein Vorratsbehälter **3**, in dem sich die Flüssigkeit **14** zur Kühlung befindet. Weiterhin ist eine Pumpe **2** vorgesehen, um die Flüssigkeit **14** in den Kühlkreislauf zu pumpen und um eine Fließgeschwindigkeit sicherzustellen. Weiterhin ist ein Rückkühler **4** vorgesehen, durch den die erwärmte Kühlflüssigkeit heruntergekühlt werden kann.

[0086] Viele Varianten bzgl. der Anordnung des Induktors und des Kühlkreislaufs sind denkbar. Beispielsweise könnte auch auf der linken Seite in der Figur ein weiterer Rückkühler vorhanden sein. Weiterhin könnten mehrere Kühlkreisläufe vorhanden sein. Hin- und Rückleitung der Flüssigkeit könnten entlang eines einzigen Abschnitts des Induktors **10** und nicht entlang der gesamten Schleife erfolgen.

[0087] Die Flüssigkeitsführung **12** ist in der Figur als koaxiale Ummantelung zum Induktor **10** ausgebildet, so dass der Induktor **10** – bzw. eine Ummantelung des Induktors **10** – im Betrieb von einer Kühlflüssigkeit möglichst vollständig umgeben ist.

[0088] Im Betrieb kann die Vorrichtung so betrieben werden, dass bei angelegtem Strom an den Induktor **10**, durch den die Umgebung des Induktors **10** in der Lagerstätte **6** erhitzt wird stets eine Kühlflüssigkeit durch die Flüssigkeitsführung **12** entlang des Induktors **10** geleitet wird. Der Induktor **10** erhitzt den Boden in der Umgebung des Induktors **10**, wodurch der erwärmte Boden selbst zum thermischen Strahler wird. Der Induktor **10** ist vor erhöhten Temperaturen zu schützen. Dies erfolgt durch die Kühlflüssigkeit in

der Flüssigkeitsführung **12** in Form der beschriebenen Außenkühlung des Induktors **10**, wodurch einerseits der Induktor **10** thermisch isoliert und andererseits die durch den Induktor **10** aufgenommene Temperatur wieder abführt wird, so dass sich der Induktor **10** nicht oder zumindest nur gering oder in geringem Umfang erhitzt.

[0089] Zur Verbesserung dieses Effekts kann die Flüssigkeitsführung **12** zusätzlich von einem thermischen Isolator ummantelt sein.

[0090] Auf diese Weise kann insbesondere ein Sieden von Wasser direkt am Induktor **10** in der Lagerstätte **6** verhindert werden, was wiederum einen negativen Einfluss auf eine ungekühlte Schutz-Ummantelung des Induktors **10** hätte, da die Schutz-Ummantelung für eine elektrische Isolation des Induktors **10** vorgesehen ist und üblicherweise aus Kunststoff besteht, jedoch eine dauerhafte Temperaturerhöhung den Kunststoff angreifen könnte. Es sei jedoch noch einmal erwähnt, dass ein Sieden von Flüssigkeit im Reservoir an sich durchaus vorteilhaft ist.

[0091] Idealerweise ist der Induktor **10** in die Flüssigkeitsführung **12** integriert und kann als eine Einheit verlegt werden. Verschiedene Ausgestaltungen von derartigen kombinierten Leitern und Kühlungen werden im Folgenden erläutert.

[0092] In [Fig. 2](#) ist ein Abschnitt eines Induktors **10** mit einer umgebenden Kühlung schematisch in einer perspektivischen Darstellung veranschaulicht. Ein in einer schlauchförmig ausgebildeten Ummantelung **15** der Flüssigkeitsführung **12** zentriert angeordneter Induktor **10** ist von einer Flüssigkeitsführung **12** umgeben. Die Positionierung des Induktors **10** kann beispielsweise allein durch die fließende Flüssigkeit in der Flüssigkeitsführung **12** bestimmt sein. Auf eine Zentrierung wird gemäß [Fig. 2](#) verzichtet. Der Induktor **10** ist demgemäß weitestgehend frei beweglich in der Flüssigkeitsführung **12** und könnte z. B. auch aufgrund der Gewichtskraft von innen auf der Flüssigkeitsummantelung zu liegen kommen. Für eine spezifische Positionierung oder Fixierung in der Flüssigkeitsführung **12** werden jedoch im Folgenden verschiedene Ausgestaltungen vorgestellt.

[0093] Der Durchmesser des Induktors **10** kann bevorzugt 30 bis 100 mm betragen. Die Ringspaltweite des Induktors **10** wird vorzugsweise 5 mm bis 50 mm betragen und der Massenstrom des Kühlmediums innerhalb der Flüssigkeitsführung **12** bevorzugt 5 bis 100 l/min.

[0094] Nachfolgend werden Querschnitte von gekühlten Leitern schematisch veranschaulicht. Der Querschnitt erfolgt entlang einer Schnittfläche, wie sie in [Fig. 1](#) durch A-A angedeutet ist.

[0095] Gemäß [Fig. 3](#) erfolgt eine Abstützung des Induktors **10** durch beispielsweise sternförmige Abstandhalter – Stege **16** –, wobei vorzugsweise 2 bis 5 Abstandhalter verwendet werden. Jedoch ist auch eine Lösung mit lediglich einem Steg **16** denkbar. Die Stege **16** sind vorzugsweise an der Innenwand der Ummantelung **15** angebracht und werden im Zentrum über Stabilisatoren **17** verbunden oder direkt an die Außenhülle des Induktors **10** angebracht. Der Induktor **10** befindet sich koaxial im Zentrum der Ummantelung **15** der Flüssigkeitsführung **12** und wird entweder als Einheit mit der Ummantelung **15** und den Stegen **16** verlegt oder wird nachträglich eingezogen.

[0096] Die Flüssigkeitsführung **12** ergibt sich aus den sich Hohlräumen innerhalb der Ummantelung **15**.

[0097] Bei Ausführung der Stege **16** über die gesamte Länge werden gleichzeitig mehrere Kammern zwischen den Stegen **16** gebildet, die in unterschiedlichen Richtungen vom der Kühlflüssigkeit in unterschiedliche Richtungen durchflossen werden können.

[0098] Die Breite der Stege **16** kann z. B. im Bereich 5–30 mm liegen, damit die Druckverluste des Kühlmediums in der Flüssigkeitsführung **12** nicht zu groß werden.

[0099] Nach [Fig. 4](#) sind im Ringraum – also innerhalb einer Außenhülle **20** – um den Induktor **10** mehrere Schläuche bzw. Rohre **12A**, **12B**, ..., **12F** als Flüssigkeitsführung **12** vorgesehen. Eine gegenläufige Führung des Kühlmediums in den Schläuchen/Rohren ist dabei denkbar. Zusätzlich kann als Teil der Außenhülle **20** oder als separate Elemente zusätzlich ein thermischer Isolator **18** zwischen den Schläuchen/Rohren und der Außenhülle **20** verwendet werden. In diesem Sinne ist auch zu verstehen, wenn diese Zwischenräume bleiben leer, d. h. Luft oder ein spezifisches Gas oder ein Vakuum als thermische Isolation dienen.

[0100] Vorzugsweise kann die Dicke einer thermischen Isolationsschicht zwischen 3 und 50 mm gewählt werden.

[0101] In [Fig. 5](#) wird das Kühlmedium über Kapillaren **19** als Flüssigkeitsführung **12** geleitet. Alternativ kann es sich auch um poröses Material handeln. Diese Varianten haben insbesondere den Vorteil, dass der Flüssigkeitsstrom innerhalb der Flüssigkeitsführung **12** besser gesteuert werden kann und dass die Position des Induktors **10** in Beziehung zur Flüssigkeitsführung **12** exakt vorgegeben werden kann. Dies kann vorteilhaft sein, da auch das induzierte Feld je nach Ausrichtung der zwei Induktoren **10** zueinander nicht an allen Seiten des Induktors **10** gleiche Stärke hat.

[0102] Vollständigkeitshalber ist gemäß [Fig. 6](#) eine weitere Variante der Flüssigkeitskühlung dargestellt, bei der ein zentraler, das Kühlmedium führender Schlauch bzw. Rohr als Flüssigkeitsführung **12** von den Teilleitern **10A**, **10B**, ..., **10F** umgeben wird. Die Teilleiter **10A**, **10B**, ..., **10F** stellen dabei zusammen gesehen den Induktor **10** dar. In dieser Form kann vorzugsweise der Schlauch- bzw. Rohrdurchmesser der Flüssigkeitsführung **12** zwischen 10 und 100 mm betragen und der Massenstrom des Kühlmediums kann zwischen 5 und 100 l/min betragen. Der Induktor **10** kann beispielsweise aus 10 bis 2000 Teilleitern bestehen, deren Gesamtquerschnittsfläche typischerweise von 10 bis 2000 mm² beträgt.

[0103] Während vorstehend eine reine Führung von Kühlflüssigkeit erläutert wurde, wird dies im Folgenden damit kombiniert, dass über die Länge der Flüssigkeitsführung **12** Flüssigkeit in die Lagerstätte **6** abgegeben werden kann.

[0104] In [Fig. 7](#) ist in schematischer Form ein Abschnitt eines Induktors **10** mit einer umgebenden Kühlung in einer perspektivischen Darstellung veranschaulicht, wobei eine Flüssigkeitsführung **12** perforiert ausgebildet ist, so dass Flüssigkeit austreten kann, wobei die Flüssigkeit tatsächlich in flüssiger Form austreten kann oder eventuell auch als Gas, also z. B. Wasserdampf.

[0105] Analog zu [Fig. 2](#) ist ein in einer schlauchförmig ausgebildeten Ummantelung **15** zentriert angeordneter Induktor **10** ist von einer Flüssigkeitsführung **12** umgeben. Im Unterschied zur Ausgestaltung in [Fig. 2](#) enthält die Flüssigkeitsführung **12** bzw. die Ummantelung **15** eine Perforation **21** bestehend aus einer Vielzahl von Löchern und Durchlässen, durch die die transportierte Flüssigkeit von innen nach außen dringen kann. Die Größe, Position und Häufigkeit der Löcher ist dabei an die gewünschten Bedingungen anzupassen und durch die Darstellung in [Fig. 7](#) nicht als einschränkend zu interpretieren, insbesondere so dass beispielsweise 30 bis 300 l/min über die gesamte Länge der Flüssigkeitsführung **12** austreten kann.

[0106] Die Löcher der Perforation **21** können dabei symmetrisch am gesamten Umfang der Ummantelung **15** angeordnet sein. Es könnte jedoch auch vorteilhaft sein, eine ungleichmäßige Verteilung vorzusehen. Auch über die Länge der Flüssigkeitsführung **12** können sich die Verteilung und/oder die Ausgestaltung der Löcher ändern, insbesondere da sich der Druck innerhalb der Flüssigkeitsführung **12** aufgrund der austretenden Flüssigkeit ändern kann.

[0107] Eine austretende Flüssigkeit in die Lagerstätte **6** in der Umgebung des Induktors **10** hat dabei insofern einen Vorteil, als dass dadurch auf diese Weise ein Elektrolyt in das Reservoir injiziert werden kann, wodurch sich einerseits die elektrische Leitfähigkeit

in der Lagerstätte **6** erhöhen kann und andererseits sich ein erhöhter Druck innerhalb der Lagerstätte **6** ergibt. Beide Effekte ergeben, dass die Förderquote und/oder die Fördergeschwindigkeit der zu förderten kohlenwasserstoffhaltigen Substanz erhöht werden kann. Weitere Erläuterungen hierzu erfolgen an Hand von [Fig. 8](#).

[0108] Der Aufbau von [Fig. 8](#) entspricht grundlegend dem Aufbau von [Fig. 1](#). Es liegt eine Leiterschleife vor, die durch eine Elektroversorgung **1** betrieben wird. Abschnitte die als Elektrode wirken sind als Induktor **10** hervorgehoben. Dies sind die horizontal und parallel in der Lagerstätte **6** verlaufenden Abschnitte.

[0109] Es liegt weiterhin ein Vorratsbehälter **3** zum Bereitstellen einer Flüssigkeit **14**, die als Kühlflüssigkeit vorgesehen ist. Diese Flüssigkeit **14** wird mittels der Pumpe **2** in ein Flüssigkeitssystem eingeleitet, dass aus den Flüssigkeitseinleitungen **13** und aus der Flüssigkeitsführung **12** besteht. Die Flüssigkeitsführung **12** soll hierbei wiederum die horizontal und parallel in der Lagerstätte **6** verlaufenden Abschnitte bezeichnen. Die Flüssigkeitseinleitungen **13** umfasst das Schlauch/Rohrsystem oberhalb der Erdoberfläche **5** bzw. die Verbindung zur horizontal verlaufenden Flüssigkeitsführung **12**.

[0110] Die Zuführung erfolgt im vorliegenden Beispiel im Unterschied zu [Fig. 1](#) von links auf der Zeichenebene, aber auch eine Zuführung von rechts, wie in [Fig. 1](#) wäre denkbar. Wesentlicher Unterschied zu [Fig. 1](#) ist jedoch, dass in dem horizontalen unterirdischen Abschnitt die Flüssigkeitsführung **12** eine Perforation **21** aufweist, durch die eine austretende Flüssigkeit **22** mittels Pfeile angedeutet ist. Weiterhin endet im vorliegenden Beispiel die Flüssigkeitsführung **12** bereits unterirdisch. Hierzu ist ein Abschluss **23** der Flüssigkeitsführung **12** vorgesehen, wobei dieser Abschluss ebenfalls eine Perforation aufweisen kann.

[0111] Im Gegensatz zur vorliegenden Ausgestaltung ist jedoch auch denkbar, dass die Flüssigkeitsführung **12** für einen verbleibenden Flüssigkeitsrest an die Oberfläche zurückgeführt wird. Alternativ kann zwar die Flüssigkeitsführung **12** an die Oberfläche zurückgeführt werden, jedoch ergibt sich aufgrund der Druckverhältnisse, dass keinerlei Flüssigkeit die Erdoberfläche **5** erreicht. Die Flüssigkeitsführung **12** wäre im letzten Abschnitt somit flüssigkeitslos.

[0112] Im Betrieb wird Flüssigkeit mittels einer Pumpe **2** oder einer ähnlich wirkenden Vorrichtung ins Kühlssystem eingeleitet. Der Druck bleibt bis zur Flüssigkeitsführung **12** im Wesentlichen unverändert bestehen, da bis zum Beginn der Flüssigkeitsführung **12** kein Flüssigkeitsauslass vorgesehen ist. Erreicht nun die zugeführte Flüssigkeit den Abschnitt mit der

erfindungsgemäßen Flüssigkeitsführung **12**, wird ein Teil der Flüssigkeit über die Perforation **21** in die Lagerstätte **6** eingeleitet. Ein weiterer Teil der Flüssigkeit fließt weiter entlang der Flüssigkeitsführung **12**, wobei stets Flüssigkeit über die Perforation **21** abgegeben wird. Es ergibt sich somit ein Abfluss der Flüssigkeit durch die austretende Flüssigkeit **22**. Der Verlust an Flüssigkeit wird über die Pumpe **2** durch nachfliessende Flüssigkeit ersetzt.

[0113] Es ergeben sich also mehrere Effekte: Einerseits fließt die Flüssigkeit entlang des Induktors **10** und kann Wärme abführen. Andererseits fließt Flüssigkeit in die Lagerstätte **6**, im Umfeld der Induktoren **10**, wodurch der Druck in der Lagerstätte **6** erhöht werden kann oder ein nachlassender Druck aufgrund der Förderung der kohlenwasserstoffhaltigen Substanz ausgeglichen werden kann, sowie die elektrische Leitfähigkeit in der Lagerstätte **6** insbesondere im Umfeld der Induktoren **10** erhöht werden kann, was wiederum die Effektivität der Induktoren **10** steigert. Die genannten Effekte beeinflussen sich gegenseitig, denn durch das Abfließen der erwärmten Flüssigkeit in die Umgebung des Induktors **10** fließt kühle Flüssigkeit entlang des Induktors **10** innerhalb der Flüssigkeitsführung **12** nach, wodurch der kühlende bzw. thermisch isolierende Effekt aufrechterhalten bleibt.

[0114] Der Abschluss **23**, die Dimensionen der Flüssigkeitsführung **12**, die Ausgestaltung der Perforation **21** und der auf die Flüssigkeit über die Pumpe **2** angewendete Druck sollte bevorzugt so aneinander angepasst werden – insbesondere auch unter Beachtung der vorliegenden Gesteinsformationen und der Tiefe der Lagerstätte –, dass im wesentlichen über die gesamte Länge des horizontal verlaufenden Induktors **10** die genannten Effekte auftreten und/oder gleichmäßig Flüssigkeit **22** in die Lagerstätte **6** austritt.

[0115] Der Druck ist von der Tiefe der Lagerstätte, d. h. von der Distanz der horizontal verlegten Induktoren **10** zur Erdoberfläche **5**, abhängig. Der Druck sollte höher als der hydrostatische Druck der entsprechenden Wassersäule sein und liegt beispielsweise im Bereich zwischen 10000 hPa (10 bar) bis 50000 hPa (50 bar).

[0116] Druckentlastung in der Lagerstätte **6** wird vorgenommen, indem zu einem Zeitpunkt, bei dem der Druck auf ein oberhalb der Lagerstätte **6** vorliegenden Deckgebirge zu hoch wird, das/die Produktionsrohre – nicht dargestellt – geöffnet werden. Jedoch kann es vorteilhaft sein, die Produktionsrohre so lange wie möglich geschlossen zu halten um einen hohen Druck zu erreichen.

[0117] Die Funktion der austretenden Flüssigkeit **22** ist somit sowohl Erhöhung oder Beibehaltung des Drucks in der Lagerstätte **6**, als auch Verdrängung –

Ausschwemmung – der zu fördernden Substanz, wobei eine Vermeidung eines Unterdruckes in der Lagerstätte **6** erreicht wird.

[0118] Als Flüssigkeit kann insbesondere ein Elektrolyts, z. B. Wasser oder wässrige Lösungen, vorgesehen sein, beispielsweise versetzt mit weiteren Bestandteilen. Als Elektrolyt, Verdränger oder Lösungsmittel kommen insbesondere organische oder anorganische Flüssigkeiten oder im Aggregatzustand veränderte Gase in Frage bzw. Kombinationen daraus, insbesondere Wasser – vorzugsweise produziertes und von Schweröl abgeschiedenes Wasser –, Salzwasser, schwache Säuren, schwache Basen, andere Lösungsmittel wie Methan, Propan, Butan, CO₂ oder Gemische.

[0119] Die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) vorgestellten Querschnitte sind auch für die Flüssigkeitsführung **12** mit austretender Flüssigkeit **22** anwendbar.

[0120] Entsprechend der Ausgestaltung von [Fig. 2](#) kann der Induktor **10** in einem perforierten Injektorrohr bzw. -schlauch liegen, bei dem auf eine Zentrierung des Induktors **10** wird verzichtet wird. Der Durchmesser des Induktors **10** wird bevorzugt 30 bis 100 mm betragen. Die Ringspaltweite wird bevorzugt 5 mm bis 50 mm betragen und der Massenstrom des Kühlmediums bevorzugt 30 bis 300 l/min.

[0121] Nach [Fig. 3](#) liegt der Induktor **10** liegt in einem perforierten Injektorrohr bzw. -schlauch, wobei eine Abstützung des Induktors **10** durch sternförmige Abstandhalter erfolgt. Der Durchmesser des Induktors **10** wird bevorzugt 30 bis 100 mm betragen. Die Ringspaltweite wird bevorzugt 5 mm bis 50 mm betragen und der Massenstrom des Kühlmediums bevorzugt 30 bis 300 l/min.

[0122] Gemäß [Fig. 4](#) werden an den Induktor **10** ein oder mehrere perforierte Injektorrohre bzw. -schläuche angebracht. Der direkte Kontakt des Induktors **10** zum Reservoir ist vorgesehen. Der fehlende Kontakt kann sogar vorteilhaft sein, da der Wärmeübergang vom umliegenden heißen Reservoir zurück auf den Induktor **10** verringert wird. Der Durchmesser des Induktors **10** wird bevorzugt 30 bis 100 mm betragen. Der Durchmesser der anliegenden Rohre bevorzugt 5 mm bis 50 mm betragen und der Massenstrom des Kühlmediums bevorzugt 30 bis 300 l/min.

[0123] Bei der gemäß [Fig. 8](#) diskutierten Ausgestaltung ist insbesondere vorteilhaft, dass sich wirtschaftlichere und höhere Leistungsdichten erreichen lassen. Gleichzeitig wird eine auch in größeren Tiefen zu befürchtende Überhitzung des Induktors **10** vermieden, sowie zusätzliche Verdrängung der zu förderten Substanz aus der Lagerstätte erreicht. Weiterhin werden Lagerstätten mit geringer elektrischer Leitfäh-

higkeit erst durch dieses Einspeisen von Flüssigkeit in die Lagerstätte induktiv beheizbar.

[0124] Im Unterschied zur [Fig. 8](#) kann in einer weiteren Aufbauvariante die Vorrichtung so ausgeführt werden, dass nur Teilbereiche des Induktors **10** in einem Injektorrohr bzw. -schlauch liegen. Weiterhin können die Austrittslöcher der Perforation **21** ungleichmäßig verteilt sein oder aber sogar Abschnitte vorhanden sein, in denen keine Perforation **21** vorhanden ist.

[0125] Bzgl. der vorgenannten Ausführungsformen sei noch einmal erwähnt, dass primär keine Zuführung von Dampf vorgesehen ist der oberirdisch erzeugt wird, sondern eine Zuführung von Flüssigkeiten. Auch auf eine zusätzliche Einspeisung von Dampf wird vorzugsweise verzichtet.

[0126] Bei den vorhergehenden Ausführungsformen wurde nicht weiter darauf eingegangen, woher die Flüssigkeit zum Einleiten in die Flüssigkeitsführung stammen könnte. Anhand [Fig. 9](#) wird nun weiter erläutert, dass diese Flüssigkeit vollständig oder teilweise aus dem Produktionsstrom extrahiert werden kann.

[0127] In [Fig. 9](#) ist eine Schnittdarstellung einer Lagerstätte **6** schematisch dargestellt, wobei die Lagerstätte **6** unterhalb der Erdoberfläche **5** angeordnet ist und einen Bereich **7** mit Öl vorkommen aufweist. Es ist wie in den bisherigen Ausführungsformen eine Leiterschleife vorgesehen, wobei in [Fig. 9](#) lediglich ein Induktor **10** der Leiterschleife dargestellt ist.

[0128] Weiterhin ist der Induktor **10** zumindest teilweise von einer Flüssigkeitsführung **12** ummantelt. Die Leiterschleife wird wie in den vorstehenden Ausführungsformen durch eine Elektroversorgung **1** betrieben.

[0129] In allen Ausgestaltungen der Erfindung – obwohl in den [Fig. 1](#) und [Fig. 8](#) nicht dargestellt – ist ein Produktionsrohr **39** zum Abtransportieren der zu fördernden Substanz im Erdreich vorhanden. Über das Produktionsrohr **39** kann ein Produktionsstrom **30** in Form eines Flüssigkeits-Feststoff-Gas-Gemisch an die Erdoberfläche **5** zur Aufbereitung transportiert werden.

[0130] Zuerst wird von dem Flüssigkeits-Feststoff-Gas-Gemisch mittels eines Öl/Gas-Separators die zu fördernde Substanz abgeschieden. Ein sich dadurch ergebende separierte Öl **32** ist in der Figur als Pfeil angedeutet, ebenso ein sich alternativ oder zusätzlich ergebendes separiertes Gas **33**. Weiterhin verbleibt eine Restflüssigkeit **34** des separierten Produktionsstroms **30**, die im Folgenden weiter aufbereitet wird, damit zu später wieder in die Lagerstätte **6** in flüssiger Form injiziert werden kann.

[0131] Als erster Aufbereitungsschritt wird die Restflüssigkeit **34** einer Entsandungseinrichtung **35** zugeführt, in der Sande und andere Festkörper abgeschieden werden. Nach diesem Aufbereitungsschritt verbleibt eine entsandete Restflüssigkeit **36**.

[0132] Durch das Entsanden hat die verbliebene entsandete Restflüssigkeit **36** bereits eine Konsistenz, die für ein Rückinjizieren in flüssiger Form möglich ist. Dies ist dadurch gegeben, weil ein zum Rückinjizieren verwendetes Rohr durch die entsandete Restflüssigkeit **35** langfristig ohne Versandungen oder Verstopfungen betrieben werden kann.

[0133] Gemäß [Fig. 9](#) erfolgt ein weiterer Aufbereitungsschritt. Die entsandete Restflüssigkeit **36** wird einer Entsalzungseinrichtung **37** zugeführt, durch die der Salzgehalt der entsandete Restflüssigkeit **36** reduziert wird. Dies kann durch Zuführung von spezifischen Chemikalien erreicht werden. Idealerweise wird durch die Entsalzungseinrichtung **37** ein Salzgehalt in der sich ergebenden aufbereitete Flüssigkeit **38**, die einem natürlichen Salzgehalt innerhalb der Lagerstätte **6** entspricht.

[0134] Auf weitere Aufbereitungsschritte kann verzichtet werden, da es erfindungsgemäß vorgesehen ist, eine Flüssigkeit – also in flüssiger Form und nicht gasförmig – entlang des Induktors **10** über die Flüssigkeitsführung **12** in die Lagerstätte **6** einzubringen. Die Aufbereitung kann somit auf eine Entsandung und eine Entsalzung beschränkt werden.

[0135] Die derart aufbereitete Flüssigkeit **38** kann nun in den Kühlkreislauf gemäß [Fig. 1](#) oder der Flüssigkeitsinjektion gemäß [Fig. 8](#) zugeführt werden. Eine weitere alternative Variante wird im Folgenden an Hand [Fig. 9](#) erläutert.

[0136] Nach [Fig. 9](#) wird die aufbereitete Flüssigkeit **38** einer Pumpe **2** zugeführt unter Druck in die Flüssigkeitseinleitung **13** eingepresst, die später in die Flüssigkeitsführung **12** übergeht. Der Induktor **10** wird erneut innerhalb der Flüssigkeitseinleitung **13** und der Flüssigkeitsführung **12** geführt. Die bereits erläuterten Ausgestaltungen des Induktors innerhalb einer Flüssigkeitsführung haben weiterhin Gültigkeit, insbesondere die Ausführungen gemäß der [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#). Beispielhaft ist in [Fig. 9](#) eine Ausgestaltung dargestellt, bei der der Induktor **10** über abschnittsweise vorhandene Stege **16** innerhalb der Flüssigkeitsführung bzw. -einleitung fixiert ist.

[0137] Die aufbereitete Flüssigkeit **38** wird folglich entlang des Induktors **10** innerhalb der Flüssigkeitseinleitung **13** und der Flüssigkeitsführung **12** innerhalb eines Schlauchs oder Rohrs in eine Tiefe der Lagerstätte **6** eingeleitet. Um nun ein injizieren der Flüssigkeit **38** über eine größere Länge in den Erdkörper der Lagerstätte **6** zu ermöglichen, ist die Flüs-

sigkeitsführung **12** geschlitzt ausgebildet, so dass die Flüssigkeit **38** über Schlitze **40** aus der Flüssigkeitsführung **12** in den Untergrund eindringt.

[0138] Die dort eindringende Flüssigkeit kann im weiteren Zeitverlauf aufgrund der heizenden Wirkung des Induktors **10** verdampfen.

[0139] Gemäß [Fig. 9](#) ist die der Flüssigkeitsführung **12** beschränkt und endet, während der Induktor **10** weiter horizontal verläuft. Die Länge der geschlitzten Flüssigkeitsführung **12**, die Häufigkeit und Größe der Schlitze **40** und die Menge der eingepresster Flüssigkeit **38** sollte dabei aufeinander abgestimmt werden.

[0140] In einer alternativen Ausgestaltung kann die Flüssigkeitsführung **12** wie in [Fig. 8](#) entlang der im wesentlichen gesamten aktiven Länge des Induktors **10** vorhanden sein, um eine großflächigere Verteilung der zu injizierenden Flüssigkeit zu gewährleisten.

[0141] Das unter Zuhilfenahme von [Fig. 9](#) erläuterte Vorgehen ist insofern vorteilhaft, als dass eine weniger aufwändige Wasseraufbereitung erforderlich als bei dem dampfbasierten Verfahren, da das Injektionswasser nicht oberirdisch verdampft werden muss.

[0142] Für die Injektion kann vorteilhafterweise auch über Durchlaufwärmetauscher – in [Fig. 9](#) nicht dargestellt – erwärmtes Wasser benutzt werden, um unerwünschte Abkühlung der Lagerstätte und damit Druckabfall oder Viskositätserhöhung in der Lagerstätte zu vermeiden.

[0143] Weiterhin ist vorteilhaft, dass die Einrichtung bezüglich Temperaturhaltung und damit auch Druckführung im Reservoir einfach zu regeln ist.

[0144] Als weitere Vorteile für die vorstehend erläuterten Kombination der mittelfrequent-induktiven Methode zur Erwärmung des Reservoirs mit dem vereinfachten Verfahren der Wasseraufbereitung und Wasser-Rückinjektion wird beispielsweise gesehen, dass lediglich ein reduzierter verfahrenstechnischer Aufwand für die Errichtung der Gesamtanlage der Wasseraufbereitung, besonders für die Speisewasseraufbereitung, erforderlich ist und dass Abfallwasser vermieden oder reduziert wird.

[0145] Im Vergleich zur Dampferzeugung, um Dampf ins Reservoir zu injizieren, ergibt sich eine deutliche Energieeinsparung durch Vermeidung der Wärmeverluste, die sich bei der Dampferzeugung ergeben.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Förderung von einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere Bitu-

men oder Schweröl, aus einem Reservoir **(6)**, wobei das Reservoir **(6)** mit Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität der Substanz beaufschlagbar ist, wozu wenigstens eine Leiterschleife **(10, 11)** zur induktiven Bestromung als elektrische/elektromagnetische Heizung vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,

dass ein Leiter **(10)** der Leiterschleife **(10, 11)** in zu mindest einem Abschnitt von einer Flüssigkeitsführung **(12)** umgeben ist und
dass die Flüssigkeitsführung **(12)** perforiert ist, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit über eine Perforation **(21)** aus der Flüssigkeitsführung **(12)** in das Reservoir **(6)** eindringt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsführung **(12)** als Schlauch und/oder Rohr ausgebildet ist, wobei der Leiter **(10)** innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs angeordnet ist, insbesondere so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit der Leiter **(10)** von der Flüssigkeit umspült wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlauch und/oder das Rohr in etwa koaxial zum Leiter **(10)** angeordnet sind, wobei insbesondere zumindest ein Steg **(16)** innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs zum Fixieren des Leiters **(10)** vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter **(10)** innerhalb des Schlauchs bzw. des Rohrs frei beweglich angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitsführung **(12)** als eine Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren ausgebildet ist, wobei der Leiter **(10)** von der Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren umgeben ist, wobei vorzugsweise die Vielzahl von Schläuchen und/oder Rohren und der Leiter **(10)** innerhalb einer gemeinsamen schlauchförmigen Außenhülle **(20)** angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druckerhöhungsmittel **(2)** zum Erhöhen des Drucks einer Flüssigkeit und zum Umlaufen der Flüssigkeit vorgesehen ist, insbesondere eine Pumpe, so dass mittels des Druckerhöhungsmittels **(2)** eine Bewegung der Flüssigkeit erreicht wird und eine Flüssigkeit mit erhöhtem Druck in die Flüssigkeitsführung **(12)** eingeleitet wird.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Perforation **(21)** derart ausgebildet ist und/oder dass Mittel vorgesehen sind, dass ein Eindringen von Festkörpern und/oder Sanden aus dem Reservoir **(6)** in die

Flüssigkeitsführung (12) im Wesentlichen verhindert wird.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Perforation (21) Löcher aufweist, die in Form und/oder Größe und/oder Verteilung derart ausgestaltet sind, dass bei Zuführung einer Flüssigkeit unter vorgegebenem Druck

a) der Leiter (10) über die gesamte Länge des von der Flüssigkeitsführung (12) umgebenen Abschnitts der Leiterschleife (10, 11) ausreichend gekühlt wird, insbesondere dadurch dass

- die Flüssigkeitsführung (12) über die Länge ausreichend mit Flüssigkeit gefüllt ist, und/oder
- durch den Leiter (10) erwärmte Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsführung (12) durch die Löcher weggeleitet wird, und/oder
- eine erforderliche Menge kühlender Flüssigkeit mit niedriger Temperatur durch die Flüssigkeitsführung (12) nachfließt; und/oder

b) die Flüssigkeit verteilt über eine Länge der Flüssigkeitsführung (12) durch die Perforation in eine Umgebung der Leiterschleife (10, 11) im Reservoir (6) abgegeben wird, so dass

- die elektrische Leitfähigkeit des Reservoirs (6) verändert wird; und/oder
- der Druck im Reservoir (6) erhöht wird.

9. Verfahren zur Förderung von einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere Bitumen oder Schweröl, aus einem Reservoir (6), wobei das Reservoir (6) mit Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität der Substanz beaufschlagt wird, wozu wenigstens eine Leiterschleife (10, 11) zur induktiven Bestromung als elektrische/elektromagnetische Heizung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Leiter (10) der Leiterschleife (10, 11) in zumindest einem Abschnitt von einer Flüssigkeitsführung (12) umgeben ist durch die eine Flüssigkeit geleitet wird, die Flüssigkeitsführung (12) perforiert ist und die Flüssigkeit durch eine Perforation (21) der perforierten Flüssigkeitsführung (12) hindurchgeleitet wird, wobei die Flüssigkeitsführung (12) insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Leiter (10) durch die durch die Flüssigkeitsführung (12) geleitete Flüssigkeit gekühlt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit durch eine Perforation (21) in die Flüssigkeitsführung (12) in das Reservoir (6) eingeleitet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeit unter Druck in die Flüs-

sigkeitsführung (12) geleitet wird, so dass innerhalb der Flüssigkeitsführung (12) im Bereich der Perforation (21) ein Druck größer als ein hydrostatischer Druck im Reservoir (6) in der Umgebung der Perforation (21) vorliegt.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Druck der Flüssigkeit derart an eine vorgegebene Perforation (21) angepasst wird, dass bei Zuführung einer Flüssigkeit unter diesem Druck

a) der Leiter (10) über die gesamte Länge des von der Flüssigkeitsführung (12) umgebenen Abschnitts der Leiterschleife (10, 11) ausreichend gekühlt wird, insbesondere dadurch dass

- die Flüssigkeitsführung (12) über die Länge ausreichend mit Flüssigkeit gefüllt ist, und/oder
- durch den Leiter (10) erwärmte Flüssigkeit aus der Flüssigkeitsführung (12) durch die Löcher weggeführt wird, und/oder

– eine erforderliche Menge kühlender Flüssigkeit mit niedriger Temperatur durch die Flüssigkeitsführung (12) nachfließt; und/oder

b) die Flüssigkeit verteilt über eine Länge der Flüssigkeitsführung (12) in eine Umgebung der Leiterschleife (10, 11) im Reservoir (6) abgegeben wird, so dass

- die elektrische Leitfähigkeit des Reservoirs (6) verändert wird; und/oder
- der Druck im Reservoir (6) erhöht wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Flüssigkeit Wasser oder eine organische oder anorganische Lösung zugeführt wird, die mindestens eines der folgenden Bestandteile aufweist:

- Salze;
- schwache Säuren;
- schwache Basen;
- Lösungsmittel, die insbesondere Alkane, beispielsweise Methan, Propan, Butan enthalten; und/oder
- CO₂.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ventil eines Förderrohrs zum Wegführen der verflüssigten kohlenwasserstoffhaltigen Substanz aus dem Reservoir (6) geschlossen wird und zu einem späteren Zeitpunkt, abhängig vom Erreichen einer vorgegebenen Zeitspanne oder vom Erreichen eines vorgegebenen Drucks innerhalb des Reservoirs (6) geöffnet wird.

16. Verfahren zum Verlegen einer Leiterschleife (10, 11), vorgesehen zur Förderung von einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, insbesondere Bitumen oder Schweröl, aus einem Reservoir (6), wobei das Reservoir (6) mit Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität der Substanz beaufschlagbar ist, wozu wenigstens eine Leiterschleife (10, 11) zur induktiven Bestromung als elektrische/elektromagneti-

sche Heizung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Leiter (**10**) der Leiterschleife (**10, 11**) in zum mindesten einem Abschnitt von einer Flüssigkeitsführung (**12**) umgeben ist, die Flüssigkeitsführung (**12**) perforiert ist, so dass bei Zuführung einer Flüssigkeit die Flüssigkeit über eine Perforation (**21**) aus der Flüssigkeitsführung (**12**) in das Reservoir (**6**) ein dringt, und die Leiterschleife (**10, 11**) und die Flüssig keitsführung (**12**) eine miteinander verbundene Ein heit bilden, die gemeinsam in eine Bohrung verlegt werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

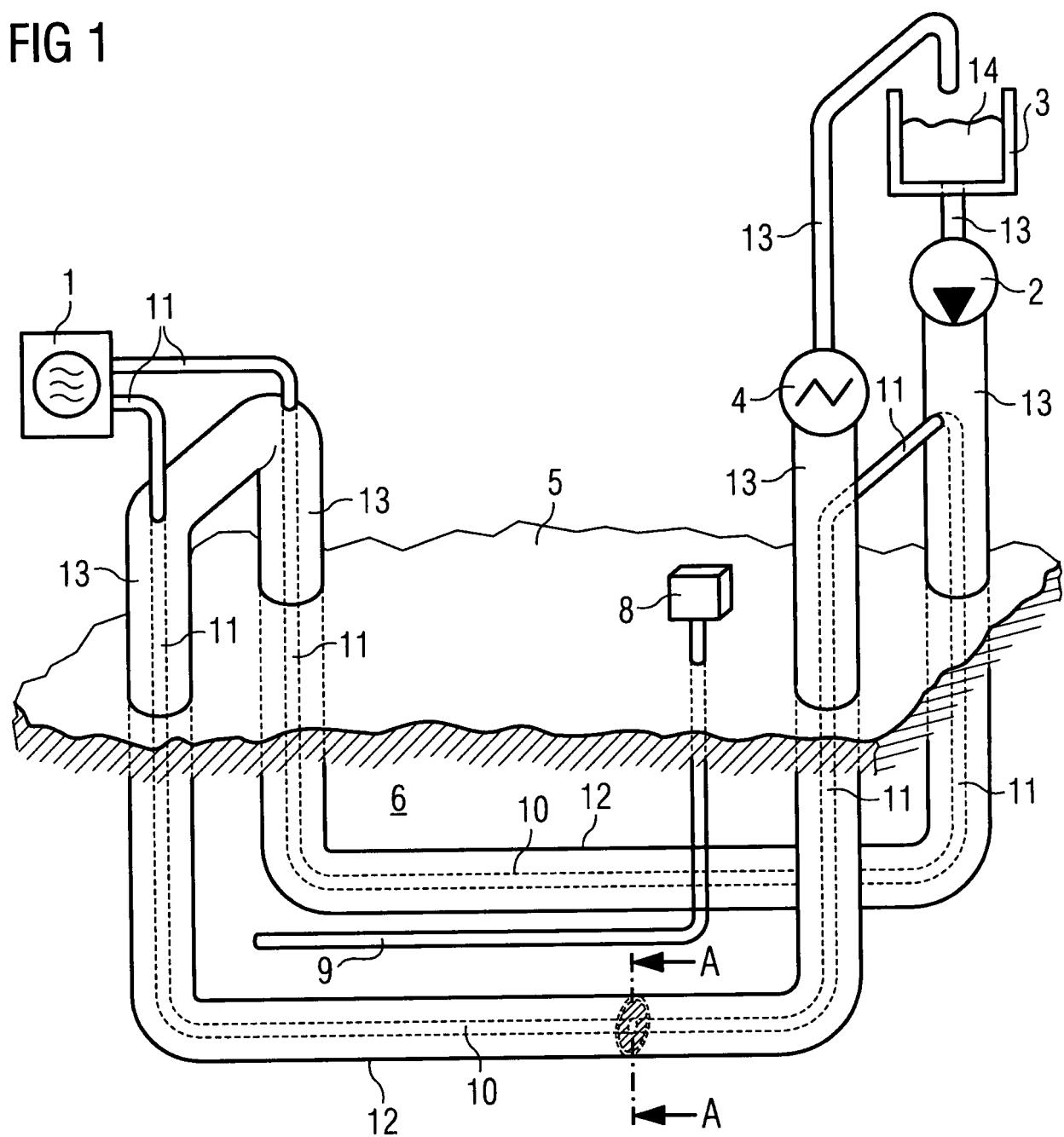


FIG 2

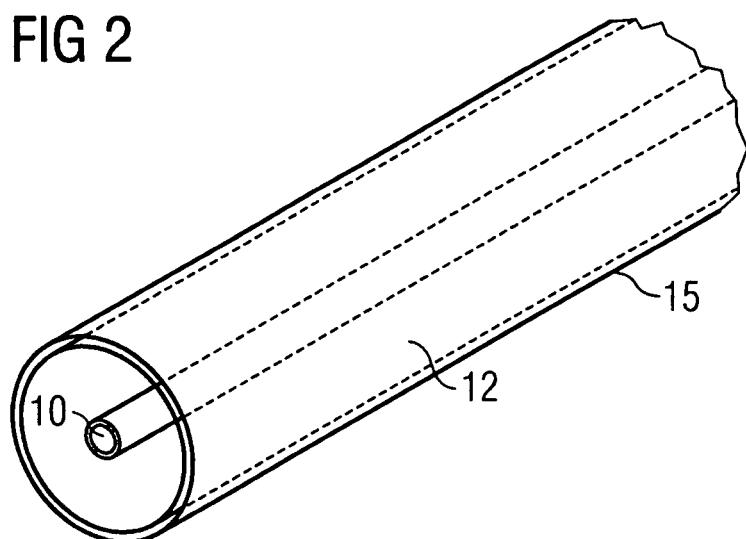


FIG 3

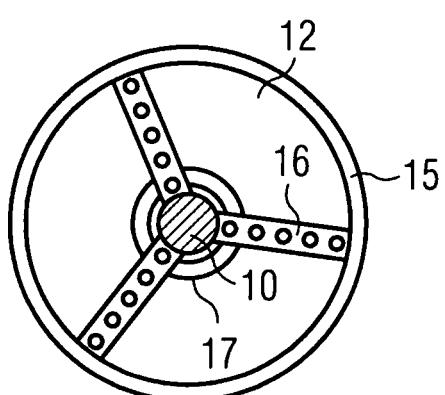


FIG 4

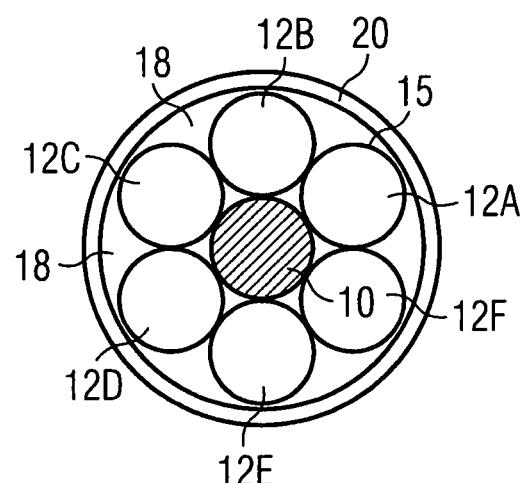


FIG 5

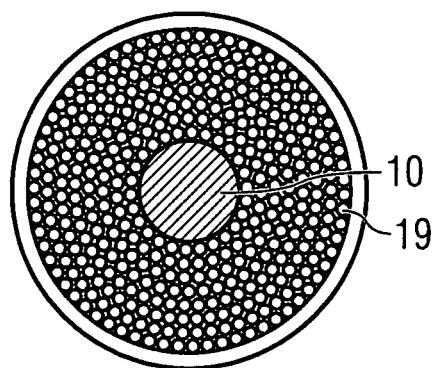


FIG 6

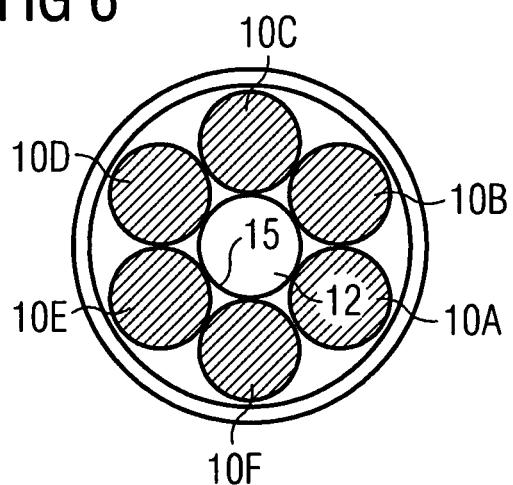


FIG 7

