(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 122 123 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.11.2010 Patentblatt 2010/44

(21) Anmeldenummer: **08708588.2**

(22) Anmeldetag: **01.02.2008**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/051282

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/098850 (21.08.2008 Gazette 2008/34)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR IN-SITU-GEWINNUNG EINER KOHLENWASSERSTOFFHALTIGEN SUBSTANZ UNTER HERABSETZUNG DEREN VISKOSITÄT AUS EINER UNTERIRDISCHEN LAGERSTÄTTE**

METHOD AND DEVICE FOR THE IN-SITU EXTRACTION OF A HYDROCARBON-CONTAINING SUBSTANCE, WHILE REDUCING THE VISCOSITY THEREOF, FROM AN UNDERGROUND DEPOSIT

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'EXTRACTION IN SITU D'UN GISEMENT SOUTERRAIN D'UNE SUBSTANCE CONTENANT DES HYDROCARBURES PAR RÉDUCTION DE SA VISCOSITÉ

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

(30) Priorität: **16.02.2007 DE 102007008292**
27.08.2007 DE 102007040606

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.11.2009 Patentblatt 2009/48

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

(72) Erfinder:
- **DIEHL, Dirk**
  91052 Erlangen (DE)
- **HUBER, Norbert**
  91052 Erlangen (DE)
- **KRÄMER, Hans-Peter**
  91058 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 238 247
US-A- 4 456 065
US-A- 4 545 435
US-A- 4 579 173
US-A- 5 016 709
US-B1- 6 285 014

- **GATES I ET AL: "Steam Injection Strategy and Energetics of Steam-Assisted Gravity Drainage" SPE INTERNATIONAL THERMAL OPERATIONS AND HEAVY OIL SYMPOSIUM HELD IN CALGARY, ALBERTA, CANADA, 1 3 NOVEMBER,, Nr. Paper SPE/PS-CIM/CHOA 97742, 1. November 2005 (2005-11-01), Seiten 278-296, XP009101150 in der Anmeldung erwähnt**

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

EP 2 122 123 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte.

[0002] Ein Beispiel, das als nächstliegender Stand der Technik angesehen wird, ist in dem Dokument DE 4238247 A1 zu finden.

[0003] Daneben bezieht sich die Erfindung auf eine zugehörige Anlage mit wenigstens einer Vorrichtung, die zumindest eine in die Lagerstätte hineinragende Injektionsrohrleitung und wenigstens eine aus der Lagerstätte herausführende Produktionsrohrleitung aufweist. Die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung haben dabei jeweils einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich und einen sich an den Anfangsbereich anschließenden innerhalb der Lagerstätte verlaufenden aktiven Bereich. Während einer Aufheizphase sind die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagbar. Während einer Produktionsphase ist die Injektionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagbar. Eine derartige Vorrichtung zur Förderung kohlenwasserstoffhaltiger Substanzen aus einer unterirdischen Lagerstätte geht beispielsweise aus "Steam-Injection Strategy and Energetics of Steam-Assisted Gravity Drainage" von I.D. Gates, 2005, SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium, Calgary, Canada, 1.-3. November 2005, hervor.

[0004] Nach aktuellen Schätzungen liegen große Teile der weltweiten Ölreserven in Form von sogenannten Ölsanden vor. Ölsand ist typischerweise eine Mischung aus Ton, Sand, Wasser und Bitumen. Das Bitumen lässt sich durch weitere Verfahrensschritte in synthetisches Rohöl umwandeln. Ölsandlagerstätten werden derzeit bevorzugt im Tagebau ausgebeutet. In tieferen Erdschichten gelegene Ölsandvorkommen werden hingegen mit In-Situ-Verfahren, wie beispielsweise dem SAGD ("Steam Assisted Gravity Drainage")-Verfahren, ausgebeutet.

[0005] Bei dem SAGD-Verfahren wird das in einer Lagerstätte vorliegende Bitumen mittels Heißdampf erhitzt. Auf diese Weise wird seine Viskosität herabgesetzt. Das derart verflüssigte Bitumen wird aus der Lagerstätte gefördert und weiteren Verarbeitungsschritten zugeführt. Aus dem aus der unterirdischen Lagerstätte geförderten Bitumen kann synthetisches Rohöl hergestellt werden.

[0006] Zur Ausbeutung von Ölsandvorkommen mit einem In-Situ-Verfahren werden typischerweise zunächst Rohrleitungen innerhalb der Lagerstätte verlegt. Vielfach werden zwei im Wesentlichen parallel zueinander angeordnete und horizontal verlaufende Rohre innerhalb der Lagerstätte angeordnet. Derartige Rohre weisen typischerweise einen Abstand von 5 bis 10 m in vertikaler Richtung zueinander auf, und verfügen über eine Länge zwischen 500 und 1000 m. Zu Beginn der Förderung muss die Lagerstätte zunächst erwärmt werden, um die Viskosität des in dem Ölsand vorhandenen Bitumens herabzusetzen, und es anschließend in verflüssigter Form fördern zu können. Zur Erwärmung der Lagerstätte werden typischerweise beide innerhalb der Lagerstätte verlaufenden Rohre mit Heißdampf beaufschlagt. Nach dem Ende der ca. 3-monatigen Aufheizphase wird in der anschließenden Produktionsphase lediglich das geodätisch höher liegende Rohr mit Heißdampf beaufschlagt. Der in dieses Rohr injizierte Heißdampf führt zum einen zu weiterer Verflüssigung des in der Lagerstätte vorhandenen Bitumens, zum anderen zu einem Überdruck in der Lagerstätte. Getrieben durch diesen Überdruck kann mittlerweile verflüssigtes Bitumen durch die zweite Rohrleitung an die Erdoberfläche gefördert werden.

[0007] Das derzeit praktizierte SAGD-Verfahren weist diverse technische Probleme auf. Zum einen kann über in dem Bereich der Lagerstätte vorhandene Kanäle oder bedingt durch weitere geologische Gegebenheiten innerhalb der Lagerstätte, beispielsweise poröse Gesteinsschichten, Heißdampf aus dem eigentlichen Bereich der Lagerstätte entweichen. Der auf diese Weise entweichende Heißdampf ist für die Bitumenförderung verloren. Weiterhin ist die Wärmemenge, welche mittels Heißdampf in die Lagerstätte einbringbar ist, aus den folgenden Gründen begrenzt. Die in die Lagerstätte einbringbare Wärmemenge ist maßgeblich bestimmt von dem maximal zulässigen Druck mit welchem Heißdampf in die Lagerstätte gepresst werden kann. Typischerweise befinden sich Ölsandlagerstätten nicht in sehr großen Tiefen, so dass infolge eines übermäßigen Druckaufbaus innerhalb der Lagerstätte Erdverwerfungen an der Oberfläche auftreten können. Weiterhin werden für die Förderung von Bitumen aus Ölsandlagerstätten mittels des SAGD-Verfahrens große Mengen Wasser benötigt. Die benötigte Wassermenge wird an Hand des sogenannten "Steam to Oil Ratio" (SOR) gemessen. Strenge Umweltauflagen in den Fördergebieten fordern ein möglichst geringes SOR, um der Schonung der Grundwasservorräte Rechnung zutragen.

[0008] Die Förderdauer einer Ölsandlagerstätte, welche unter Verwendung von zwei Rohren mit den typischen zuvor genannten Abmessungen ausgebeutet wird, liegt typischerweise im Bereich zwischen 3 und 10 Jahren. Über diese Zeit wird die Lagerstätte fortlaufend mit Heißdampf erwärmt. Aufgrund der Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches gelangt die in die Lagerstätte eingebrachte Wärme im Laufe der Zeit in immer größere Entfernungen von der Stelle an der Heißdampf in die Lagerstätte eingebracht wird. Das Einzugsgebiet des Produktionsrohres über welches verflüssigtes Bitumen an die Oberfläche transportiert wird, ist räumlich begrenzt. Wärme, welche über die Grenzen des Einzugsgebietes des Produktionsrohres gelangt, ist für die Produktion von Bitumen verloren. Dieses Phänomen führt nicht nur zu einer Verschlechterung des "Steam to Oil Ratio", sondern auch zu einer schlechten Gesamtenergiebilanz der betreffenden Lagerstätte.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Förderung kohlenwasserstoffhaltiger Sub-

stanzen aus einer unterirdischen Lagerstätte anzugeben, das hinsichtlich der im Stand der Technik bekannten Lösungen verbessert ist. Insbesondere soll mittels einer zugehörigen Anlage die Gesamtenergiebilanz für die Förderung der kohlenwasserstoffhaltigen Substanz sowie das bei der Förderung dieser Substanz auftretende "Steam to Oil Ratio" verbessert werden.

[0010] Die Aufgabe wird verfahrensmäßig mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Eine zugehörige Anlage bzw. Vorrichtung ist durch die Merkmale des Patentanspruches 3 definiert. Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0011] Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, die Injektionsrohrleitung mit einer Induktionsheizung auszustatten, um zusätzliche Wärme in die Lagerstätte einzubringen.

[0012] Unter einer Injektionsrohrleitung ist in diesem Zusammenhang eine zumindest teilweise innerhalb einer Lagerstätte verlaufende Rohrleitung zu verstehen, welche hauptsächlich zur Erwärmung der Lagerstätte mittels Heißdampf oder weiterer Maßnahmen dient. Unter einer Produktionsrohrleitung ist eine zumindest teilweise innerhalb der Lagerstätte verlaufende Rohrleitung zu verstehen, welche sowohl zur Erwärmung der Lagerstätte als auch zur Förderung von kohlenwasserstoffhaltigen Substanzen aus der Lagerstätte an die Erdoberfläche dient.

[0013] Erfindungsgemäß wird eine Anlage bzw. Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte mit zumindest einer in die Lagerstätte hineinragenden Injektionsrohrleitung und wenigstens einer aus der Lagerstätte herausführenden Produktionsrohrleitung angegeben. Die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung weisen jeweils einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich und einen sich an den Anfangsbereich anschließenden innerhalb der Lagerstätte verlaufenden aktiven Bereich auf. Während einer Aufheizphase sind die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagbar. Während einer Produktionsphase ist nur die Injektionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagbar. Weiterhin soll der aktive Bereich der Injektionsrohrleitung zusätzlich als Induktionsheizung bezüglich seiner Umgebung in der Lagerstätte ausgebildet sein.

[0014] Eine Anlage mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz erlaubt es mittels der als Induktionsheizung ausgebildeten Injektionsrohrleitung die Lagerstätte nicht nur mit Heißdampf, sondern auch zusätzlich induktiv zu erwärmen. Auf diese Weise kann eine schnellere Erwärmung der Lagerstätte erreicht werden. Eine schnellere Erwärmung der Lagerstätte führt zu einer höheren Produktion von kohlenwasserstoffhaltiger Substanz aus der Lagerstätte und verbessert gleichzeitig, da neben Heißdampf auch elektrische Energie zur Erhitzung der Lagerstätte verwendet wird, das "Steam to Oil Ratio". Eine schnellere Erwärmung der Lagerstätte führt weiterhin zu einer Verringerung von Wärmeverlusten infolge von Wärmeleitung innerhalb der Lagerstätte. Der Anteil an Wärmeenergie, der in Bereiche außerhalb des Einzugsgebietes der Produktionsrohrleitung gelangt, kann auf diese Weise verringert werden. Der in die Injektionsrohrleitung eingeleitete Heißdampf führt zu einer Erwärmung der Lagerstätte im Wesentlichen in einem geodätisch oberhalb der Injektionsrohrleitung gelegenen Volumen. Im Querschnitt betrachtet zeigt dieses Volumen die Form einer Hantel bzw. einer Keule. Im Querschnitt betrachtet vergrößert sich das von dem Heißdampf erhitzte Volumen ausgehend von der Injektionsrohrleitung. Im oberen Bereich ist das Volumen durch eine leicht nach oben gewölbte Fläche abgeschlossen. Die Verlustleistungsverteilung einer Induktionsheizung zeigt in dem ebenfalls einen signifikanten Beitrag in dem zuvor beschriebenen ebenfalls von Heißdampf erwärmten Bereich, geodätisch oberhalb der Injektionsrohrleitung innerhalb der Lagerstätte.

[0015] Bei der Erfindung führen sowohl der in die Injektionsrohrleitung eingeleitete Heißdampf als auch die Induktionsheizung also zu einer Erwärmung der Lagerstätte in sehr ähnlichen Bereichen. Auf diese Weise kann die Lagerstätte in diesem Überlappungsbereich besonders schnell erwärmt werden. Diese besonders schnelle Erwärmung führt zu einer energetisch effektiven Produktion, einem hohen Produktionsvolumen und einem niedrigen SOR. Zusätzlich zur als auch als Induktorelektrode verwendeten Injektionsrohrleitung können weitere Induktoren zur Erwärmung von Randbereichen vorhanden sein.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Anlage bzw. Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz gehen aus weiteren abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 3 mit den Merkmalen eines vorzugsweise mit denen mehrerer Unteransprüche kombiniert werden. Demgemäß kann die Vorrichtung zur Förderung kohlenwasserstoffhaltiger Substanzen nach der Erfindung zusätzlich noch die folgenden Merkmale aufweisen:

- Die Injektionsrohrleitung kann zusätzlich über einen sich an den aktiven Bereich anschließenden, teilweise oberirdisch verlaufenden Endbereich verfügen. Die oberirdisch verlaufenden Teile des Anfangs- und Endbereiches der Injektionsrohrleitung können elektrisch mit einer Stromquelle verbunden sein. Liegen die Anfangs- und Endbereich einer Injektionsrohrleitung oberirdisch, so können diese besonders einfach elektrisch kontaktiert werden.
- Die Injektionsrohrleitung kann einen sich an den aktiven Bereich anschließenden innerhalb der Lagerstätte verlaufenden Endbereich aufweisen. Der Endbereich der Injektionsrohrleitung kann mit einem durch eine Hilfsbohrung in die Nähe des Endberei-

ches der Injektionsrohrleitung gebrachten elektrischen Leiter, mit Hilfe eines Reservoirs aus einer salzhaltigen Flüssigkeit, elektrisch verbunden sein. Indem ein Reservoir einer salzhaltigen Flüssigkeit in Kontakt mit dem Endbereich der Injektionsrohrleitung, sowie eines sich in der Nähe dieses Endbereiches befindlichen elektrischen Leiters gebracht wird, kann eine besonders einfache elektrische Kontaktierung des Endbereiches der Injektionsrohrleitung angegeben werden.

- Der aktive Bereich der Injektionsrohrleitung kann in horizontaler Richtung innerhalb der Lagerstätte einen nahezu geschlossenen Kreis beschreiben. An den aktiven Bereich kann sich ein teilweise oberirdisch gelegener Endbereich anschließen. Die oberirdisch gelegenen Teile des Anfangs- und Endbereiches der Injektionsrohrleitung können elektrisch mit einer Stromquelle kontaktiert sein. Vorteilhaft kann durch eine Injektionsrohrleitung, welche sich entlang eines nahezu geschlossenen Kreises innerhalb der Lagerstätte erstreckt, ein großer Bereich der Lagerstätte induktiv erwärmt werden. Gleichzeitig liegen bei einer derart ausgestalteten Injektionsrohrleitung die Anfangs- und Endbereiche der Injektionsrohrleitung oberirdisch, so dass diese einfach zu kontaktieren sind.
- Eine erfindungsgemäße Anlage zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte kann Einzelvorrichtungen mit einer Vielzahl von Injektionsrohrleitungen aufweisen. Die Injektionsrohrleitungen weisen jeweils einen sich an den aktiven Bereich anschließenden teilweise oberirdisch verlaufenden Endbereich auf. Es kann weiterhin ein oberirdisch gelegener Teil eines Endbereiches einer ersten Injektionsrohrleitung mit dem oberirdisch gelegenen Teil des Anfangsbereiches einer zweiten Injektionsrohrleitung elektrisch verbunden sein. Gemäß der zuvor beschriebenen Ausführungsform kann eine Vorrichtung angegeben werden, mit welcher ein großer Bereich einer Lagerstätte von einem einzigen System erwärmt werden kann. Beispielsweise kann eine einzelne Stromversorgung ausreichend sein um eine Vielzahl von Injektionsrohrleitungen und somit einen großen Bereich einer Lagerstätte induktiv zu erwärmen.
- Die Injektionsrohrleitung kann während der Produktionsphase mit speziellem Heißdampf beaufschlagbar sein, dessen flüssige Phase eine gegenüber Wasser erhöhte elektrische Leitfähigkeit aufweist. Indem spezieller Heißdampf in die Lagerstätte über die Injektionsrohrleitung eingepresst wird kann die elektrische Leitfähigkeit der Lagerstätte erhöht werden. Diese Erhöhung der Leitfähigkeit führt zu größeren Wirbelstromverlusten in den betreffenden Teilen der Lagerstätte. Auf diese Weise können die betreffenden Teile der Lagerstätte stärker erwärmt werden, was zu einer Erhöhung der Produktionskapazität führt. Vorzugsweise kann Heißdampf einer salzhaltigen Flüssigkeit zu diesem Zweck verwendet werden. Eine Anlage gemäß der vorstehenden Ausführungsform weist weiterhin einen selbstregulierenden Mechanismus auf. Diejenigen Bereiche der Lagerstätte, welche durch einpressen des speziellen Heißdampfes in ihrer elektrischen Leitfähigkeit erhöht werden, werden induktiv stark erhitzt. Ist der spezielle Heißdampf in den betreffenden Bereichen der Lagerstätte soweit erhitzt worden, dass er in weiter entfernte Bereiche der Lagerstätte vorgedrungen ist, so nimmt die elektrische Leitfähigkeit des betreffenden Gebietes der Lagerstätte wieder ab. Folglich werden diese Bereiche wieder schwächer erhitzt.
- Die Induktionsheizung kann bei einer Frequenz von 5 kHz bis 100 kHz, vorzugsweise bei einer Frequenz von 10 kHz bis 100 kHz betrieben werden. Für den Betrieb einer Induktionsheizung bei einer Frequenz von 5 kHz bzw. 10 kHz bis 100 kHz können handelsübliche Umrichter verwendet werden. Durch die Verwendung von Standardbauteilen ergibt sich ein Kostenvorteil für eine derart ausgestaltete Vorrichtung.
- Die aktiven Bereiche der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung können Teil einer Widerstandsheizung bezüglich eines im Wesentlichen zwischen der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung liegenden Teils der Lagerstätte sein. Gemäß der zuvor beschriebenen Ausführungsform weist die Verlustleistung der Widerstandsheizung in einem Bereich zwischen der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung einen wesentlichen Beitrag auf. Aus diesem Bereich wird zu Beginn der Förderung als erstes kohlenwasserstoffhaltige Substanz aus der Lagerstätte gefördert. Indem eben jener Bereich mittels einer Widerstandsheizung zusätzlich erwärmt wird, kann die Produktion von kohlenwasserstoffhaltiger Substanz aus der Lagerstätte schneller erfolgen. Die Lagerstätte kann auf diese Weise effektiver ausgebeutet werden.
- Die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung können zumindest teilweise gegenüber ihrer Umgebung elektrisch isoliert sein, vorzugsweise können die Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung zumindest in den außerhalb der Lagerstätte verlaufenden Bereiche elektrisch gegenüber ihrer Umgebung isoliert sein. Durch eine gezielte elektrische Isolierung bestimmter Bereiche der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung können diejenigen Bereiche in denen die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung nicht elektrisch gegenüber dem sie umgebenden Erdreich elektrisch isoliert sind aufgeheizt werden. So können beispielsweise gezielt die Lagerstätte oder bestimmte Teile der Lagerstätte erwärmt werden, ohne dass eine unnötige Erwärmung in weiteren Bereichen des erdreiches anfällt.
- Die Widerstandsheizung kann mit Wechselstrom, vorzugsweise mit Wechselstrom einer Frequenz von

50 bis 60 Hz, betrieben werden. Für den Betrieb der Widerstandsheizung bei einer Frequenz von 50 bis 60 Hz können handelsübliche Bauteile zur Realisierung der Widerstandsheizung verwendet werden. Auf diese Weise ergibt sich ein Kostenvorteil.

[0017] Im Rahmen der Erfindung liegt dem beanspruchten Verfahren die Überlegung zugrunde während einer Aufheizphase, welcher zeitlich der Produktionsphase vorausgeht, einen ersten Teil der Lagerstätte, welcher sich im Wesentlichen zwischen der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung befindet, sowohl mittels Heißdampf als auch mittels einer elektrischen Heizung, die außer induktiv ggf. auch resistiv wirken kann, zu erwärmen. Während der folgenden Produktionsphase soll dann vorteilhafterweise ein weiterer Teil der Lagerstätte, welcher sich vorzugsweise geodätisch oberhalb der Injektionsrohrleitung befindet, im Wesentlichen mittels Heißdampf einerseits und mittels elektromagnetischer Induktion andererseits weiter erwärmt werden.

[0018] Zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte soll eine wie folgt zu beschreibenden Vorrichtung, die Teil einer Gesamtanlage mit sich wiederholenden Einheiten ist, verwendet werden: Eine für das erfindungsgemäße Verfahren geeignete Vorrichtung weist zumindest eine in die Lagerstätte hineinragende Injektionsrohrleitung und zumindest eine aus der Lagerstätte herausführende Produktionsrohrleitung auf. Die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung weisen jeweils einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich und einen sich an den Anfangsbereich anschließenden innerhalb der Lagerstätte verlaufenden aktiven Bereich auf. Der aktive Bereich der Injektionsrohrleitung soll zusätzlich als Induktionsheizung bezüglich seiner Umgebung in der Lagerstätte ausgebildet sein. Erfindungsgemäß weist das Verfahren zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität eine Aufheizphase und eine zeitlich auf die Aufheizphase folgende Produktionsphase auf. Während der Aufheizphase soll die Injektionsrohrleitung und die Produktionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagt werden. Während der Produktionsphase soll nur die Injektionsrohrleitung mit Heißdampf beaufschlagt werden, zusätzlich soll die Umgebung des aktiven Bereiches der Injektionsrohrleitung mittels der Induktionsheizung erwärmt werden.

[0019] Unter einer Aufheizphase ist in diesem Zusammenhang im Wesentlichen die Zeitspanne zu verstehen während der die Lagerstätte, zur Herabsetzung der Viskosität, der aus der Lagerstätte zu gewinnenden kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, erwärmt wird. Unter einer Produktionsphase ist im Wesentlichen diejenige Zeitspanne zu verstehen, während der bereits in ihrer Viskosität herabgesetzte kohlenwasserstoffhaltige Substanz mittels der Produktionsrohrleitung aus der unterirdischen Lagerstätte gefördert wird.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren weist die folgenden Vorteile auf: Das erfindungsgemäß die Lagerstätte während der Produktionsphase nicht nur mittels Heißdampf weiter erhitzt wird, sondern zusätzlich die Umgebung der Injektionsrohrleitung mittels der Induktionsheizung erwärmt wird, kann zusätzliche thermische Energie in die Lagerstätte eingebracht werden. Diese auf elektrischem Wege zusätzlich in die Lagerstätte eingebrachte thermische Energie führt zu einer Reduktion des SOR ("Steam to Oil Ratio"), erhöht weiterhin die Produktion und führt zu geringeren Wärmeverlusten, auf Grund von Wärmeleitung innerhalb der Lagerstätte.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren kann weiterhin noch die folgenden Merkmale aufweisen:

- Der aktive Bereich der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung können Teil einer Widerstandsheizung sein. Weiterhin kann während der Aufheizphase die Umgebung der aktiven Bereiche der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung mit der Widerstandsheizung erwärmt werden. Vorteilhaft kann auf diese Weise ein erster Teil der Lagerstätte nicht nur mittels Heißdampf, sondern zusätzlich mittels einer Widerstandsheizung, erwärmt werden. Der auf diese Weise zusätzlich erwärmte Bereich der Lagerstätte befindet sich im Wesentlichen zwischen der Injektionsrohrleitung und der Produktionsrohrleitung. Mittels der Widerstandsheizung kann in diesem Bereich zusätzliche thermische Energie eingebracht werden. Auf diese Weise kann der betreffende Bereich besonders schnell erwärmt werden. Diese schnelle Erwärmung führt zu einer raschen Verflüssigung von in der Lagerstätte vorhandener kohlenwasserstoffhaltiger Substanz, so dass diese rasch gefördert werden kann. In der Produktionsphase, also wenn bereits kohlenwasserstoffhaltige Substanz aus der unterirdischen Lagerstätte gefördert wird, wird ein zweiter Teil der Lagerstätte, welcher sich im Wesentlichen geodätisch oberhalb der Injektionsrohrleitung befindet, nicht nur mittels Heißdampf sondern zusätzlich mittels einer Induktionsheizung erwärmt. Diese zusätzliche Erwärmung der Lagerstätte führt zu einer Erhöhung des Produktionsvolumens, senkt das "Steam to Oil Ratio" und führt da die Produktionszeit verkürzt werden kann, zu geringeren Wärmeverlusten durch Wärmeleitung des Erdreiches.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen Ansprüchen sowie insbesondere aus der nachfolgend erläuterten Zeichnung hervor. In der Zeichnung sind bevorzugte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematisierter Darstellung angedeutet. Dabei zeigen deren

Figur 1 eine Anlage zur Förderung einer kohlenwasser- stoffhaltigen Substanz aus einer unterirdischen Lagerstätte mit einer aus zumindest einem Well- pair gebildeten Vorrichtung,

Figur 2 einen Querschnitt durch den Ausbeutungsbereich einer Lagerstätte,

Figur 3, 4 die Anlage zur Förderung einer kohlenwasserstoff- haltigen Substanz aus einer unterirdischen Lager- stätte während der Aufheizphase bzw. während der Produktionsphase,

Figur 5, 6 die Anlage zur Förderung einer kohlenwasserstoff- haltigen Substanz aus einer unterirdischen Lager- stätte, wobei die Injektionsrohrleitung als In- duktionsheizung ausgebildet ist,

Figur 7, 8 die Anlage zur Förderung einer kohlenwasserstoff- haltigen Substanz aus einer unterirdischen Lager- stätte, wobei die Lagerstätte großflächig erwärm- bar ist,

Figur 9, 10 die Anlage zur Förderung einer kohlenwasserstoff- haltigen Substanz aus einer unterirdischen Lager- stätte, wobei die Injektions- und Produktions- rohrleitung Teil einer Widerstandsheizung sind,

Figur 11 eine Verlustleistungsverteilung einer Induktions- heizung ,

Figur 12 eine Verlustleistungsverteilung einer Wider- standsheizung und

Figur 13 einen Schnitt senkrecht zum Wellpair aus Injekti- onsrohr und Förderrohr aus Figur 1.

[0023] Sich in den Figuren entsprechende Teile sind jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen. Nicht näher ausgeführte Teile sind allgemein bekannter Stand der Technik.

[0024] Figur 1 zeigt, schematisch dargestellt, eine Anlage 100 zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte. Bei einer derartigen Vorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Vorrichtung zur Gewinnung von Bitumen aus einem Ölsandvorkommen handeln. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus "Steam-Injection Strategy and Energetics of Steam-Assisted Gravity Drainage" von I.D. Gates, 2005, SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium, Calgary, Canada, 1.-3. November 2005 bekannt. Eine solche Vorrichtung 100 weist eine Injektionsrohrleitung 101 und eine Produktionsrohrleitung 102 auf. Es sind ebenfalls Vorrichtungen 100 zur Förderung von Bitumen aus einer unterirdischen Lagerstätte 103 denkbar, die über mehrere Injektionsrohrleitungen 101, die üblicherweise auch als "injection well" bezeichnet werden, und ebenfalls mehrere Produktionsrohrleitungen 102, die üblicherweise auch als "production well" bezeichnet werden, verfügen. Im Folgenden soll aus Gründen der Klarheit oftmals von der Förderung von Bitumen aus einem Ölsandvorkommen 103 gesprochen werden, die Ausführungen beziehen sich jedoch ebenfalls allgemein auf eine Förderung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz aus einer unterirdischen Lagerstätte. So kann es sich bei der Lagerstätte 103 neben einer Ölsandlagerstätte ebenfalls um ein Ölschiefervorkommen oder andere unterirdisch gelegene Vorkommen handeln, aus denen Öle, Schweröle oder allgemein kohlenwasserstoffhaltige Substanzen gewonnen werden können.

[0025] Um Bitumen aus einer Lagerstätte 103 gewinnen zu können, wird diese typischerweise mit Hilfe von Heißdampf erhitzt, welcher in die Injektionsrohrleitung 101 eingepresst wird. Die auf diese Weise in die Lagerstätte 103 eingebrachte thermische Energie führt zu einer Verringerung der Viskosität des in der Lagerstätte 103 gelösten Bitumens. Auf diese Weise verflüssigtes Bitumen wird aufgrund des innerhalb der Lagerstätte 103 herrschenden Überdrucks durch die Produktionsrohrleitung 102 an die Erdoberfläche gefördert. An der Erdoberfläche wird das Bitumen weiteren Behandlungsschritten zugeführt, so dass so genanntes synthetisches Rohöl gewonnen werden kann.

[0026] Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch eine Lagerstätte, beispielsweise eine Ölsandlagerstätte 103, sowie die innerhalb der Lagerstätte 103 verlaufende Injektionsrohrleitung 101 und Produktionsrohrleitung 102. Der in die Injektionsrohrleitung 101 eingepresste Heißdampf führt zur Erwärmung eines Teils 201 der Lagerstätte 103. Der Querschnitt der Lagerstätte 103 erweitert sich nach oben und weist einen flachen oder leicht gebogenen Abschluss auf. Innerhalb dieses erwärmten Bereiches 201 steigt, mit Pfeilen 202 angedeutet, Heißdampf in der Lagerstätte 103 auf. Die auf diese Weise in die Lagerstätte 103 bzw. den zu erwärmenden Bereich 201 eingebrachte thermische Energie führt zu einer Verflüssigung des in der Lagerstätte vorhandenen Bitumens. Schwerkraftbedingt fließt verflüssigtes Bitumen in Richtung der Produktionsrohrleitung 102. Die Fließrichtung des verflüssigten Bitumens soll mit Pfeilen 203 angedeutet sein.

[0027] Figur 3 zeigt den Teil einer Vorrichtung 100 zur Förderung von Bitumen aus einer Lagerstätte, beispielsweise einer Ölsandlagerstätte 103, während einer Aufheizphase. Während der Aufheizphase werden sowohl die Injektionsrohrleitung 101 als auch die Produktionsrohrleitung 102 mit Heißdampf beaufschlagt. Auf diese Weise wird die Lagerstätte 103 erwärmt, so dass die Viskosität des in der Lagerstätte 103 vorhandenen Bitumens herabgesetzt wird.

[0028] Figur 4 zeigt eine Vorrichtung zur Förderung von Bitumen aus einer Lagerstätte 103 während einer Produktionsphase. Während der Produktionsphase wird lediglich die Injektionsrohrleitung 101 mit Heißdampf beaufschlagt. Die Lagerstätte 103 wird auf diese Weise weiter erwärmt. Gleichzeitig wird im Erdreich, insbesondere in der Lagerstätte 103, ein Überdruck aufgebaut.

[0029] Durch den in der Lagerstätte 103 vorhandenen

Überdruck wird verflüssigtes Bitumen über die Produktionsrohrleitung 102 zur Erdoberfläche gefördert. Das an die Erdoberfläche geförderte Bitumen kann weiteren Verarbeitungsschritten zugeführt werden.

[0030] Figur 5 zeigt eine Vorrichtung 100 zur Förderung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz, beispielsweise Bitumen, aus einer Lagerstätte 103, beispielsweise einer Ölsandlagerstätte, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Im Folgenden soll die Funktionsweise der Vorrichtung 100 während der Produktionsphase beschrieben werden.

[0031] Die Vorrichtung 100 verfügt über eine in die Lagerstätte 103 hineinragende Injektionsrohrleitung 101 und eine aus der Lagerstätte 103 herausführende Produktionsrohrleitung 102. Sowohl die Injektionsrohrleitung 101 als auch die Produktionsrohrleitung 102 weisen einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich 501, 502 auf. An den Anfangsbereich 501, 502 schließt sich jeweils der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 bzw. der aktive Bereich 504 der Produktionsrohrleitung 102 an. Die Injektionsrohrleitung 101 kann weiterhin einen sich an ihren aktiven Bereich 503 anschließenden Endbereich 505 aufweisen, welcher ebenfalls teilweise oberirdisch verläuft. Der Anfangsbereich 501 sowie die Endbereich 505 der Injektionsrohrleitung 101 ist an seinen oberirdisch verlaufenden Teilstücken mit einer Stromquelle 506 verbunden. Bei der Stromquelle 506 kann es sich vorzugsweise um eine Wechselstromquelle mit einer Frequenz zwischen 10 kHz und 100 kHz handeln. Die Induktionsheizung kann durch Teile der Injektionsrohrleitung gebildet sein. Vorzugsweise wird lediglich der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 als Induktionsheizung ausgebildet. Als elektrisch leitender Teil der Induktionsheizung, kann das Material der Injektionsrohrleitung 101 bzw. das Material des aktiven Teils 503 der Injektionsrohrleitung 101 selbst verwendet werden. Die Induktionsheizung kann weiterhin derart ausgestaltet sein, dass der Anfangs- und Endbereich 501, 505 der Injektionsrohrleitung 101 thermisch gegenüber dem umliegenden Erdbereich bzw. der Lagerstätte 103 isoliert ist, so dass gezielt lediglich in einem nicht thermisch isolierten Bereich, wie beispielsweise dem aktiven Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 induktiv Wärmeenergie in die Lagerstätte 103 eingebracht werden kann. Die Injektionsrohrleitung 101 kann weiterhin mit Heißdampf beaufschlagt werden. So kann innerhalb der Lagerstätte 103 der für die Förderung von Bitumen notwendige Überdruck erzeugt werden.

[0032] Figur 6 zeigt eine weitere Vorrichtung zur Förderung von Bitumen aus einer Ölsandlagerstätte 103 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Injektionsrohrleitung 101 an ihrem, in diesem Fall innerhalb der Lagerstätte 103 gelegenen Endbereich 505', mit einem Reservoir 601 aus einer salzhaltigen Flüssigkeit elektrisch kontaktiert. Das Reservoir 601 einer salzhaltigen Flüssigkeit oder einer anderen gut leitfähigen Flüssigkeit kann über eine Hilfsbohrung 602 in die Nähe des Endbereiches 505' der Injektionsrohrleitung 101 gebracht werden. Durch die Hilfsbohrung 602 kann weiterhin ein elektrischer Leiter 603 in das Reservoir 601 eingeführt werden. Dieser Leiter 603 sowie der Anfangsbereich 501 der Injektionsrohrleitung 101 werden elektrisch mit einer Stromquelle 506 verbunden. Die Kontaktierung des Endbereiches 505' der Injektionsrohrleitung 101 kann weiterhin beispielsweise mit Hilfe eines Greifers oder anderen geeigneten Maßnahmen hergestellt werden. Ein solcher Greifer kann am Ende des Leiters 603 angebracht sein.

[0033] Figur 7 zeigt in Draufsicht eine Vorrichtung 100 zur Förderung von Bitumen aus einer Ölsandlagerstätte 103. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel beschreibt der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 einen nahezu vollständigen Kreis. Der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 verläuft in einer Ebene innerhalb der Lagerstätte 103, vorzugsweise, wenn sich die Lagerstätte 103 in horizontaler Richtung weiter als in senkrechter Richtung erstreckt, in einem näherungsweise kreisförmigen, horizontal liegenden Bogen. Der Anfangsbereich 501 sowie der Endbereich 505 der Injektionsrohrleitung 101 können zumindest teilweise oberhalb der Erdoberfläche liegen. Die oberhalb der Erdoberfläche liegenden Teile des Anfangsbereiches 501 und des Endbereiches 505 können mit einer elektrischen Stromquelle 506 kontaktiert sein. Mit Hilfe eines nahezu kreisförmig ausgestalteten aktiven Teils 503 der Injektionsrohrleitung 101 kann ein großer Bereich der Lagerstätte 103 induktiv bzw. mittels Heißdampf erwärmt werden. Die nicht in Figur 7 dargestellte Produktionsrohrleitung kann sich in gleicher Weise wenige Meter unterhalb, also geodätisch tiefer, als die Injektionsrohrleitung 101 ebenfalls in einer nahezu kreisförmigen Form innerhalb der Lagerstätte 103 erstrecken.

[0034] Figur 8 zeigt in Draufsicht eine Vorrichtung 800, welche eine Vielzahl von Injektionsrohrleitungen 801 bis 804 aufweist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel, ist jeweils ein Endbereich 505 einer ersten Injektionsrohrleitung 801 mit einem Anfangsbereich 501 einer zweiten Injektionsrohrleitung 802 verbunden. Diese elektrische Verbindung 805 kann vorzugsweise an den oberirdisch gelegenen Teilen der Anfangsbereiche 501 bzw. Endbereiche 505 der Injektionsrohrleitungen 101 erfolgen. Der Endbereich 505 der zweiten Injektionsrohrleitung 802 kann wiederum über eine elektrische Verbindung 805 mit dem Anfangsbereich 501 einer dritten Injektionsrohrleitung 803 verbunden sein. Auf die zuvor beschriebene Art und Weise können beliebige Zahlen von Injektionsrohrleitungen elektrisch miteinander verbunden werden, so dass eine Lagerstätte 103 großflächig induktiv erwärmt werden kann. Der Anfangsbereich 501 einer ersten Induktionsrohrleitung 801 sowie der Endbereich 505 einer weiteren, beispielsweise der vierten Injektionsrohrleitung 804 können wiederum mit einer Stromquelle 506 elektrisch verbunden sein. Gemäß dem in Figur 8 gezeigten Ausführungsbeispiel können die Zuleitungen 806 zwischen der Stromquelle 506 und dem jeweils zu kon-

taktierenden Anfangs-501 bzw. Endbereichen 505 der Injektionsrohrleitungen 801, 804 möglichst kurz gehalten werden.

[0035] Figur 9 und 10 zeigen weitere Vorrichtungen 100 zur Förderung von Bitumen aus einer Ölsandlagerstätte 103 gemäß weiteren Ausführungsbeispielen. Zumindest der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 sowie der aktive Bereich 504 der Produktionsrohrleitung 102 können als Widerstandsheizung ausgebildet sein. Die Injektionsrohrleitung 101 sowie die Produktionsrohrleitung 102 können mit einer Stromquelle 506 elektrisch verbunden sein. Der elektrisch leitfähige Teil der Widerstandsheizung kann durch das Material der Injektionsrohrleitung 101 bzw. der Produktionsrohrleitung 102 zumindest aber durch das Material der jeweils aktiven Teile 503 bzw. 504 der Rohrleitungen 101, 102 selbst gebildet sein.

[0036] Der an die Injektionsrohrleitung 101 sowie die Produktionsrohrleitung 102 angelegte elektrische Strom fließt über einen Bereich 901 der Lagerstätte 103, welcher im wesentlich zwischen der Injektionsrohrleitung 101 und der Produktionsrohrleitung 102 gelegen ist. Folglich fällt in diesem Bereich 901 der Lagerstätte 103 ein großer Teil der Verlustleistung der Widerstandsheizung an. Folglich wird dieser Bereich 901 der Lagerstätte 103 besonders stark erhitzt.

[0037] Die Injektionsrohrleitung 101 und/oder die Produktionsrohrleitung 102 können zumindest teilweise eine elektrische Isolierung 1001 aufweisen. Die elektrische Isolierung kann vor allem in Bereichen der Injektionsrohrleitung 101 und/oder die Produktionsrohrleitung 102 angebracht sein, die außerhalb der Lagerstätte 103 verlaufen.

[0038] Die Widerstandsheizung kann insbesondere mit Wechselstrom, vorzugsweise mit Wechselstrom einer Frequenz zwischen 50 und 60 Hz betrieben werden. Die Stromquelle 506 kann bei der Verwendung von Wechselstrom mit einer Frequenz zwischen 50 und 60 Hz, welche im Wesentlichen der Netzfrequenz entspricht, mit Hilfe von Standardbauteile aufgebaut werden.

[0039] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren kann weiterhin eine Vorrichtung 100, 800, insbesondere eine Vorrichtung wie sie in einer der Figuren 5 bis 10 dargestellt ist, derart betrieben werden, dass während einer Produktionsphase, welche zeitlich auf eine Aufheizphase folgt, die Injektionsrohrleitung nicht nur lediglich mit Heißdampf beaufschlagt wird, sondern zusätzlich die Umgebung der Injektionsrohrleitung 101 mittels einer Induktionsheizung erwärmt wird. Als Induktionsheizung kann insbesondere zumindest der aktive Bereich 503 der Injektionsrohrleitung 101 wirken. Mit der Induktionsheizung kann der die Injektionsrohrleitung 101 umgebende Bereich der Lagerstätte erhitzt werden.

[0040] Wie bereits erwähnt, zeigt Figur 2 einen Querschnitt durch einen Bereich 201 einer Lagerstätte 103, welcher mittels Heißdampf, der von der Injektionsrohrleitung 101 ausgeht, erhitzt wird.

[0041] Figur 11 zeigt, im Querschnitt betrachtet, die Injektionsrohrleitung 101 und die Produktionsrohrleitung 102. In Figur 11 zeigt weiterhin, in schematischer Darstellung, eine Verteilung 1101 der Verlustleistung innerhalb der Lagerstätte 103, wenn die Injektionsrohrleitung 101 bzw. deren aktiver Bereich 503 als Induktionsheizung betrieben wird. Aus ausführlichen Simulationsrechnungen ergibt sich, dass die Verlustleistungsverteilung 1101 einen wesentlichen Beitrag in einem Bereich der Lagerstätte 103 liefert, der im Wesentlichen oberhalb (geodätisch höher) der Injektionsrohrleitung 101 liegt. Im Vergleich mit dem in Figur 2 dargestellten Bereich, der vorzugsweise von Heißdampf, der von der Injektionsrohrleitung 101 ausgeht, erwärmt wird, ist festzustellen, dass die Verlustleistungsverteilung 1101 und der von Heißdampf erwärmte Bereich 201 sich deutlich überlappen. Der von Heißdampf erwärmte Bereich 201 findet sich ebenfalls in Figur 11 eingetragen.

[0042] In dem Bereich 1102, der sowohl mittels Heißdampf als auch mittel der Induktionsheizung erwärmt wird, wird die Lagerstätte 103 stärker als in übrigen Bereichen erwärmt. Diese Erwärmung führt zu einer höheren Produktion von kohlenwasserstoffhaltiger Substanz, beispielsweise Bitumen aus dem betreffenden Abbaugebiet. Weiterhin kann durch die schnellere Erwärmung zu große Wärmedissipation in einem Bereich außerhalb des Einzugsbereichs der Produktionsrohrleitung 102 vermieden werden.

[0043] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein Verfahren zur Gewinnung von kohlenwasserstoffhaltiger Substanz, beispielsweise Bitumen aus einer Lagerstätte 103 angegeben, wobei die aktiven Bereiche 503, 504 der Injektionsrohrleitung 101 bzw. Produktionsrohrleitung 102 als Widerstandsheizung ausgebildet sind, und während der Aufheizphase die Umgebung zumindest der aktiven Bereiche der Injektionsrohrleitung 101 bzw. Produktionsrohrleitung 102 mittels der Widerstandsheizung erwärmt werden.

[0044] Figur 12 zeigt, im Querschnitt betrachtet, die innerhalb einer Lagerstätte 103 liegende Injektionsrohrleitung 101 und Produktionsrohrleitung 102. Weiterhin dargestellt ist eine Verlustleistungsverteilung 1201, für den Fall, dass die Injektionsrohrleitung 101 und die Produktionsrohrleitung 102 als Widerstandsheizung betrieben werden. Wie unmittelbar aus Figur 12 ersichtlich, ist ein wesentlicher Beitrag der Verlustleistung in einem Bereich der Lagerstätte 103 zu erkennen, welcher im Wesentlichen zwischen der Injektionsrohrleitung 101 und der Produktionsrohrleitung 102 liegt. Folglich wird dieser Bereich der Lagerstätte während der Aufheizphase nicht nur mittels Heißdampf sondern zusätzlich mittels der Widerstandsheizung erwärmt. Da sich der betreffende Bereich 1202 besonders schnell erwärmt, kann aus diesem Bereich 1202 binnen kurzer Zeit bereits Bitumen über die Produktionsrohrleitung 102 gefördert werden. Dies führt zu einem beschleunigten Produktionsbeginn.

[0045] Weiterhin kann, wie im Zusammenhang mit Figur 12 beschrieben, während der Aufheizphase die La-

gerstätte 103 außer mit Heißdampf zusätzlich noch mittels der Widerstandsheizung erwärmt werden. Während der Produktionsphase, wie im Zusammenhang mit Figur 11 beschrieben, kann die Lagerstätte 103 mittels einer Induktionsheizung zusätzlich erwärmt werden.

[0046] Die Injektionsrohrleitung 101 kann weiterhin, insbesondere während der Aufheizphase, mit speziell aufbereitetem Heißdampf beaufschlagt werden. Bei einem derartigen spezifischen Heißdampf kann es sich insbesondere um den Dampf einer salzhaltigen Flüssigkeit handeln. Indem derartiger Dampf in die Lagerstätte 103, oder zumindest Teile der Lagerstätte 103 eingepresst wird, kann die elektrische Leitfähigkeit der betreffenden Teile der Lagerstätte 103 und damit die elektromagnetische Induktion erhöht werden.

[0047] In Figur 13 ist ein Horizontal-Rohr-Paar ("Wellpair") 101, 102 aus Figur 1 im Schnitt dargestellt, wobei das obere der beiden Rohre, d.h. die Injektionsrohrleitung 101 aus Figur 1, in diesem Fall eine erste Elektrode bildet. Weiterhin ist ein weiteres Horizontalrohr 106 vorhanden, das speziell als zweite Elektrode ausgebildet ist. Die senkrecht zum Richtung des Wellpairs stehende Ebene 100 zeigt die Wärmeverteilung nach einer bestimmten Betriebszeit der Anlage mit beheizter Injektionsrohrleitung 101 und zusätzlicher Induktionsheizung zwischen den als Elektroden wirksamen Rohren 101 und 106 bzw. 106'.

[0048] In den benachbarten Abschnitten zu Abschnitt 100 sind entsprechende, in Figur 13 nicht dargestellte Elektroden bzw. Leitungen 106', 106", ... vorhanden, so dass sich eine regelmäßig wiederholende Struktur ergibt.

[0049] Bei der dargestellten Anordnung erfolgt also eine induktive Bestromung durch das elektrische Verbinden an den Enden der zusätzlichen Elektrode 106 und des Injektionsrohres 101, so dass sich eine geschlossene Schleife ergibt.

[0050] Der horizontale Abstand von der Elektrode 106 zum Förderrohr ist w/h; der vertikale Abstand der Elektrode 106, 106', ... zum Wellpair, insbesondere Injektionsrohr 101, beträgt beispielsweise 0,1 m bis etwa 0,9 h. Dabei ergeben sich in der Praxis Abstände zwischen beispielsweise 0,1 m und 50 m. Daraus ergeben sich entsprechende Wiederholraten in einer Lagestätte mit Flächenausdehnungen von einigen Hundert Metern.

[0051] Aus Figur 13 ist im Einzelnen entnehmbar, dass durch das Wellpair mit den Rohren 101, 102 ein solcher Bereich beheizt wird, dessen Wärmeverteilung zu einem definierten Zeitpunkt in etwa durch die Linie A umrandet ist. Durch die zusätzliche induktive Beheizung zwischen den Rohren 101 und 106 ergeben sich vorteilhafterweise im Randbereich entsprechende Wärmeverteilungen in dem von der Linie B umrandeten Bereich. Der von der Linie B umrandete Bereich kann gemäß Figur 3 asymmetrisch sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte (103) mit einer Vorrichtung (100), welche zumindest

   - eine in die Lagerstätte (103) hineinragende Injektionsrohrleitung (101) und
   - eine aus der Lagerstätte (103) herausführende Produktionsrohrleitung aufweist (102),

   wobei

   - die Injektionsrohrleitung (101) und die Produktionsrohrleitung (102) jeweils einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich (501, 502) und einen sich an den Anfangsbereich (501, 502) anschließenden, innerhalb der Lagerstätte (103) verlaufenden, aktiven Bereich (503, 504) aufweisen und
   - zumindest der aktive Bereich (503, 504) der Injektionsrohrleitung (101) zusätzlich als Induktionsheizung bezüglich seiner Umgebung in der Lagerstätte (103) ausgebildet ist, bei welchem Verfahren eine Aufheizphase und eine zeitlich auf die Aufheizphase folgende Produktionsphase vorgesehen werden, wobei
   - während der Aufheizphase die Injektionsrohrleitung (101) und die Produktionsrohrleitung (102) mit Heißdampf beaufschlagt werden und
   - während der Produktionsphase nur die Injektionsrohrleitung (101) mit Heißdampf beaufschlagt wird und zusätzlich die Umgebung des aktiven Bereiches (503) der Injektionsrohrleitung (101) mittels der Induktionsheizung erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

   - zumindest die aktiven Bereiche (503, 504) der Injektionsrohrleitung (101) und der Produktionsrohrleitung (102) Teil einer Widerstandsheizung sind, und
   - während der Aufheizphase die Umgebung der aktiven Bereiche (503, 504) der Injektionsrohrleitung (101) und der Produktionsrohrleitung (102) mit der Widerstandheizung erwärmt werden.

3. Vorrichtung zur In-Situ-Gewinnung einer kohlenwasserstoffhaltigen Substanz unter Herabsetzung deren Viskosität aus einer unterirdischen Lagerstätte (103) mit

   - zumindest einer in die Lagerstätte (103) hineinragenden Injektionsrohrleitung (101) und

- wenigstens einer aus der Lagerstätte (103) herausführenden Produktionsrohrleitung (102),

wobei

- die Injektionsrohrleitung (101) und die Produktionsrohrleitung (102) jeweils einen teilweise oberirdisch verlaufenden Anfangsbereich (501, 502) und einen sich an den Anfangsbereich (501, 502) anschließenden, innerhalb der Lagerstätte (103) verlaufenden, aktiven Bereich (503, 504) aufweisen und
- während einer Aufheizphase die Injektionsrohrleitung (101) und die Produktionsrohrleitung (102) mit Heißdampf beaufschlagbar sind und
- während einer Produktionsphase nur die Injektionsrohrleitung (101) mit Heißdampf beaufschlagbar ist,

und **dadurch gekennzeichnet, dass**

- zumindest der aktive Bereich (503) der Injektionsrohrleitung (101) zusätzlich als Induktionsheizung bezüglich seiner Umgebung in der Lagerstätte (103) ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektionsrohrleitung (101) zusätzlich einen sich an den aktiven Bereich (503) anschließenden, teilweise oberirdisch verlaufenden Endbereich (505) aufweist, und eine Stromquelle (506) mit dem oberirdisch verlaufenden Teil des Anfangsbereiches (501) und Endbereiches (505) der Injektionsrohrleitung (101) elektrisch verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektionsrohrleitung (101) einen sich an den aktiven Bereich (503) anschließenden, innerhalb der Lagerstätte (103) verlaufenden Endbereich (505') aufweist, und der Endbereich (505') der Injektionsrohrleitung (101) mit einem durch eine Hilfsbohrung (602) in die Nähe des Endbereiches (505') der Injektionsrohrleitung (101) gebrachten elektrischen Leiter (603) mit einem Reservoir (601) aus einer salzhaltigen Flüssigkeit elektrisch verbunden ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktive Bereich (503) der Injektionsrohrleitung (101) in horizontaler Richtung innerhalb der Lagerstätte (103) einen nahezu geschlossenen Kreis beschreibt, und sich an den aktiven Bereich (503) ein teilweise oberirdisch gelegener Endbereich (505) anschließt, wobei die oberirdisch gelegenen Teile des Anfangsbereiches (501) und des Endbereiches (505) der Injektionsrohrleitung (101) elektrisch mit einer Stromquelle (506) verbunden sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, **gekennzeichnet durch** eine Vielzahl von Injektionsrohrleitungen (801-804), welche jeweils an die aktiven Bereiche (503) anschließende, teilweise oberirdisch verlaufende Endbereiche (505) aufweisen, wobei zumindest der oberirdisch gelegene Teil eines Endbereiches (505) einer ersten Injektionsrohrleitung (801) mit dem oberirdisch gelegenen Teil des Anfangsbereiches (501) einer zweiten Injektionsrohrleitung (802) elektrisch verbunden ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektionsrohrleitung (101) während der Produktionsphase mit speziellem Heißdampf beaufschlagbar ist, dessen flüssige Phase eine gegenüber Wasser erhöhte elektrische Leitfähigkeit aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flüssige Phase eine salzhaltige Flüssigkeit ist.

10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Induktionsheizung mit einer Frequenz von 10 kHz bis 100 kHz betrieben wird.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die aktiven Bereiche (503, 504) der Injektionsrohrleitung (101)und der Produktionsrohrleitung (102) Teil einer Widerstandsheizung bezüglich eines im Wesentlichen zwischen der Injektionsrohrleitung (101)und der Produktionsrohrleitung (102) liegenden Teils der Lagerstätte sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektionsrohrleitung (101) und die Produktionsrohrleitung (102) zumindest teilweise gegenüber ihrer Umgebung elektrisch isoliert sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Injektionsrohrleitung (101) und der Produktionsrohrleitung (102) zumindest in den außerhalb der Lagerstätte (103) verlaufenden Bereiche elektrisch gegenüber ihrer Umgebung isoliert sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandsheizung mit Wechselstrom, vorzugsweise mit Wechselstrom einer Frequenz von 50 bis 60 Hz, betrieben wird.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder Anspruch 14, wobei die elementare Einheit der Lagerstätte (103) einen Querschnitt von w x h hat, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass der Höhenabstand des Injektionsrohres (101) vom Förderrohr (102) zwischen 0,2 h und 0,9 h beträgt und dass zusätzliche Elektroden (106, 106') vorhanden sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der laterale Abstand des Injektionsrohres (101) von den zusätzlichen Elektroden (106, 106') zwischen 0,1 W und 0,8 W beträgt.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei horizontal geführte Elektroden vorhanden sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Förderrohr (102 mit dem Injektionsrohr (101) ein Paar bilden (sog. "Wellpair"), wobei das obere Rohr (101) auch als Elektrode ausgebildet und mit dem entfernten Horizontalrohr (106) eine Einheit zur Bestromung bildet.

Claims

1. Method for the in-situ extraction of a hydrocarbonaceous substance, while reducing its viscosity, from an underground deposit (103) with a device (100) which has

- at least one injection pipeline (101) which projects into the deposit (103) and
- at least one production pipeline (102) which leads from the deposit (103),

wherein

- the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) have in each case a starting section (501, 502) which extends partially above ground and an active section (503, 504) which is connected to the starting section (501, 502) and extends inside the deposit (103), and
- at least the active section (503, 504) of the injection pipeline (101) is additionally formed as an induction heater with respect to its surroundings in the deposit (103),

in which method a heating-up phase and a production phase, which with respect to time follows the heating-up phase, are provided,
wherein

- during the heating-up phase the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) are exposed to admission of superheated steam and
- during the production phase only the injection pipeline (101) is exposed to admission of superheated steam and the surroundings of the active section (503) of the injection pipeline (101) are additionally heated by means of the induction heater.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** at least the active sections (503, 504) of the injection pipeline (101) and of the production pipeline (102) are part of a resistance heater, and

- during the heating-up phase the surroundings of the active sections (503, 504) of the injection pipeline (101) and of the production pipeline (102) are heated with the resistance heater.

3. Device for in-situ extraction of a hydrocarbonaceous substance, while reducing its viscosity, from an underground deposit (103) with

- at least one injection pipeline (101) which projects into the deposit (103) and
- at least one production pipeline (102) which leads from the deposit (103),

wherein

- the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) have in each case a starting section (501, 502) which extends partially above ground and an active section (503, 504) which is connected to the starting section (501, 502) and extends inside the deposit (103), and
- during a heating-up phase the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) can be exposed to admission of superheated steam, and
- during a production phase only the injection pipeline (101) can be exposed to admission of superheated steam,

and **characterized in that**

- at least the active section (503) of the injection pipeline (101) is additionally formed as an induction heater with respect to its surroundings in the deposit (103).

4. Device according to Claim 3, **characterized in that** the injection pipeline (101) additionally has an end section (505) which is connected to the active section (503) and extends partially above ground, and a power source (506) is electrically connected to the part of the starting section (501) and end section (505) of the injection pipeline (101) which extends above ground.

5. Device according to Claim 3, **characterized in that**

the injection pipeline (101) has an end section (505') which is connected to the active section (503) and extends inside the deposit (103), and the end section (505') of the injection pipeline (101), with an electrical conductor (603) which by means of an auxiliary bore (602) is introduced into the vicinity of the end section (505') of the injection pipeline (101), is electrically connected to a reservoir (601) containing a saline liquid.

6. Device according to Claim 3, **characterized in that** the active section (503) of the injection pipeline (101) describes an almost closed circle inside the deposit (103) in the horizontal direction, and an end section (505) which is located partially above ground is connected to the active section (503), wherein the parts of the starting section (501) and of the end section (505) of the injection pipeline (101) which are located above ground are electrically connected to a power source (506).

7. Device according to Claim 3, **characterized by** a multiplicity of injection pipelines (801 - 804) which have in each case end sections (505) which are connected to the active sections (503) and extend partially above ground, wherein at least the part of an end section (505) of a first injection pipeline (801) which is located above ground is electrically connected to the part of the starting section (501) of a second injection pipeline (802) which is located above ground.

8. Device according to one of Claims 3 to 7, **characterized in that** during the production phase the injection pipeline (101) can be exposed to admission of special superheated steam, the liquid phase of which has an increased electrical conductivity compared to water.

9. Device according to Claim 8, **characterized in that** the liquid phase is a saline liquid.

10. Device according to one of Claims 3 to 9, **characterized in that** the induction heater is operated with a frequency of 10 kHz to 100 kHz.

11. Device according to one of Claims 3 to 10, **characterized in that** at least the active sections (503, 504) of the injection pipeline (101) and of the production pipeline (102) are part of a resistance heater with respect to a part of the deposit which lies essentially between the injection pipeline (101) and the production pipeline (102).

12. Device according to Claim 11, **characterized in that** the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) are at least partially electrically insulated with respect to their surroundings.

13. Device according to Claim 12, **characterized in that** the injection pipeline (101) and the production pipeline (102) are electrically insulated with respect to their surroundings at least in the areas which extend outside the deposit (103).

14. Device according to one of Claims 11 to 13, **characterized in that** the resistance heater is operated with alternating current, preferably with alternating current of a frequency of 50 to 60 Hz.

15. Device according to Claim 13 or 14, wherein the elementary unit of the deposit (103) has a cross section of w x h, **characterized in that** the vertical distance of the injection pipeline (101) from the extraction pipe (102) is between 0.2 h and 0.9 h, and **in that** there are additional electrodes (106, 106').

16. Device according to Claim 15, **characterized in that** the lateral distance of the injection pipe (101) from the additional electrodes (106, 106') is between 0.1 W and 0.8 W.

17. Device according to Claim 16, **characterized in that** there are at least two horizontally guided electrodes.

18. Device according to one of Claims 15 to 17, **characterized in that** the extraction pipe (102) and the injection pipe (101) form a pair (so-called "well pair"), wherein the upper pipe (101) is also formed as an electrode and with the remote horizontal pipe (106) forms a unit for energizing with current.

Revendications

1. Procédé d'extraction in situ d'une substance hydrocarbonée en abaissant sa viscosité d'un gisement (103) souterrain par une installation (100), qui comprend au moins

- une conduite (101) d'injection pénétrant dans le gisement (103) et
- une conduite (102) de production sortant du gisement (103),

dans lequel

- la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production ont respectivement une partie (501, 502) de début s'étendant en partie en aérien et une partie (503, 504) active se raccordant à la partie (501, 502) de début et s'étendant à l'intérieur du gisement (103) et
- au moins la partie (503, 504) active de la conduite (101) d'injection est constituée dans le gisement (103) supplémentairement en chauffage par induction par rapport à ce qui l'entoure,

procédé dans lequel il est prévu une phase de chauffage et une phase de production suivant dans le temps la phase de chauffage,
dans lequel

- pendant la phase de chauffage, on alimente la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production en vapeur surchauffée et
- pendant la phase de production, on n'alimente que la conduite (101) d'injection en vapeur surchauffée et on réchauffe de manière supplémentaire ce qui entoure la partie (503) active de la conduite (101) d'injection à l'aide du chauffage par induction.

2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que**

- au moins les parties (503, 504) actives de la conduite (101) d'injection et de la conduite (102) de production font partie d'un chauffage par résistance, et
- pendant la phase de chauffage, on réchauffe ce qui entoure les parties (503, 504) actives de la conduite (101) d'injection et de la conduite (102) de production par le chauffage par résistance.

3. Installation d'extraction in situ d'une substance hydrocarbonée en abaissant sa viscosité d'un gisement (103) souterrain, comprenant

- au moins une conduite (101) d'injection pénétrant dans le gisement (103) et
- au moins une conduite (102) de production sortant du gisement (103),

dans lequel

- la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production ont respectivement une partie (501, 502) de début s'étendant en partie en aérien et une partie (503, 504) active se raccordant à la partie (501, 502) de début et s'étendant à l'intérieur du gisement (103) et
- pendant une phase de chauffage, la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production peuvent être alimentées en vapeur surchauffée et
- pendant une phase de production, seulement la conduite (101) d'injection peut être alimentée en vapeur surchauffée,

et **caractérisée en ce que**

- au moins la partie (503) active de la conduite (101) d'injection est constituée dans le gisement (103) supplémentairement en chauffage par induction par rapport à ce qui l'entoure.

4. Installation suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** la conduite (101) d'injection comporte supplémentairement une partie (505) de fin se raccordant à la partie (503) active et s'étendant en partie en aérien et une source (506) de courant est reliée électriquement à la section s'étendant en aérien de la partie (501) de début et de la partie (505) de fin de la conduite (101) d'injection.

5. Installation suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** la conduite (101) d'injection a une partie (505') de fin se raccordant à la partie (503) active et s'étendant à l'intérieur du gisement (103) et la partie (505') de fin de la conduite (101) d'injection est reliée électriquement à un réservoir (601) d'un liquide salé par un conducteur (603) électrique mis dans un puits (602) auxiliaire à proximité de la partie (505') de fin de la conduite (101) d'injection.

6. Installation suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** la partie (503) active de la conduite (101) d'injection décrit dans la direction horizontale à l'intérieur du gisement (103) un cercle à peu près fermé et une partie (505) de fin mise en partie en aérien se raccorde à la partie (503) active, les sections mises en aérien de la partie (501) de début et de la partie (505) de fin de la conduite (101) d'injection étant reliées électriquement à une source (506) de courant.

7. Installation suivant la revendication 3, **caractérisée par** une pluralité de conduites (801 à 804) d'injection qui ont respectivement des parties (505) de fin se raccordant aux parties (503) actives et s'étendant en partie en aérien, au moins la section mise en aérien d'une partie (505) de fin d'une première conduite (801) d'injection étant reliée électriquement à la section mise en aérien de la partie (501) de début d'une deuxième conduite (802) d'injection.

8. Installation suivant l'une des revendications 3 à 7, **caractérisée en ce que** la conduite (101) d'injection peut être alimentée pendant la phase de production en vapeur surchauffée spéciale dont la phase liquide a une conductivité électrique plus grande que celle de l'eau.

9. Installation suivant la revendication 8, **caractérisée en ce que** la phase liquide est un liquide salé.

10. Installation suivant l'une des revendications 3 à 9, **caractérisée en ce que** le chauffage par induction fonctionne à une fréquence de 10 kHz à 100 kHz.

11. Installation suivant l'une des revendications 3 à 10,

caractérisée en ce qu'au moins les parties (503, 504) actives de la conduite (101) d'injection et de la conduite (102) de production font partie d'un chauffage par résistance par rapport à une partie du gisement se trouvant sensiblement entre la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production.

12. Installation suivant la revendication 11, **caractérisée en ce que** la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production sont isolées électriquement au moins en partie par rapport à ce qui les entoure.

13. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce que** la conduite (101) d'injection et la conduite (102) de production sont isolées électriquement par rapport à ce qui les entoure au moins dans les parties s'étendant à l'extérieur du gisement (103).

14. Installation suivant l'une des revendications 11 à 13, **caractérisée en ce que** le chauffage par résistance fonctionne avec du courant alternatif, de préférence avec du courant alternatif d'une fréquence de 50 à 60 Hz.

15. Installation suivant la revendication 13 ou la revendication 14, dans laquelle l'unité élémentaire du gisement (103) a une section transversale de w que multiplie h, **caractérisée en ce que** la distance en hauteur de la conduite (101) d'injection à la conduite (102) de production est comprise entre 0,2 h et 0,9 h et **en ce qu'**il y a des électrodes (106, 106') supplémentaires.

16. Installation suivant la revendication 15, **caractérisée en ce que** la distance latérale de la conduite (101) d'injection aux électrodes (106, 106') supplémentaires est comprise entre 0,1 W et 0,8 W.

17. Installation suivant la revendication 16, **caractérisée en ce qu'**il y a au moins deux électrodes horizontales.

18. Installation suivant l'une des revendications 15 à 17, **caractérisée en ce que** la conduite (102) de production forme avec la conduite (101) d'injection un couple (ce que l'on appelle une "wellpair"), la conduite (101) supérieure étant constituée aussi en électrode et formant avec la conduite (106) horizontale éloignée une unité d'alimentation en courant électrique.

FIG 1

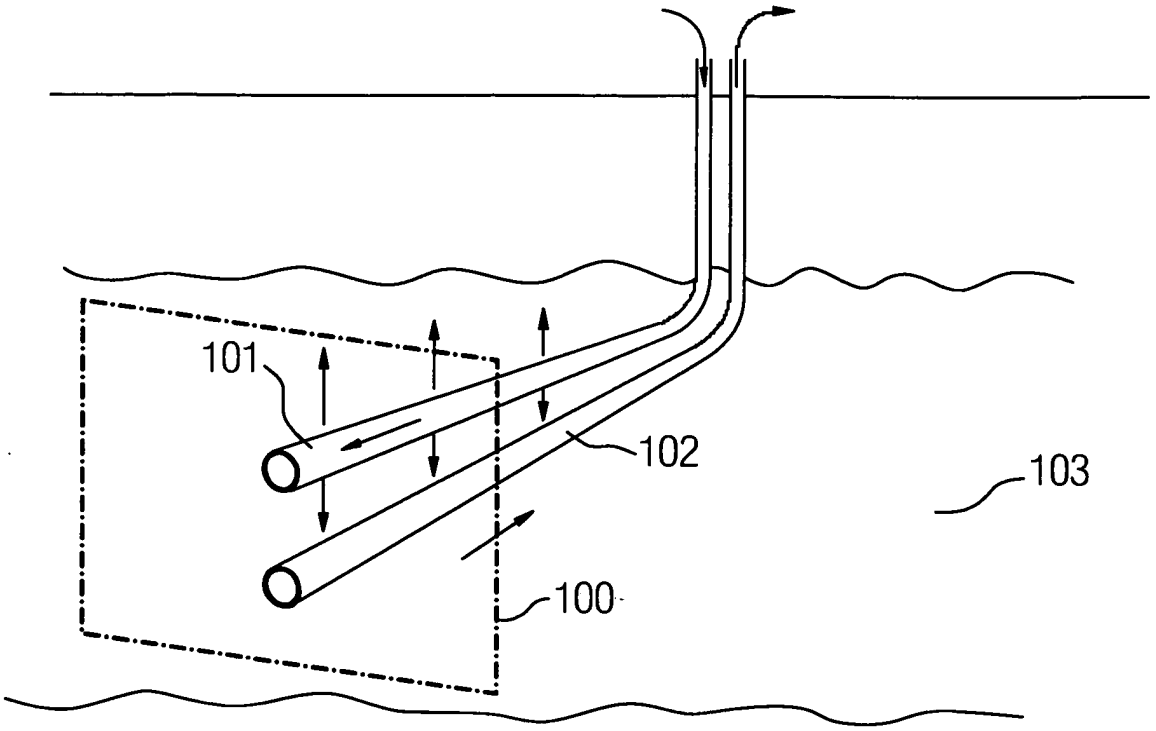


FIG 2

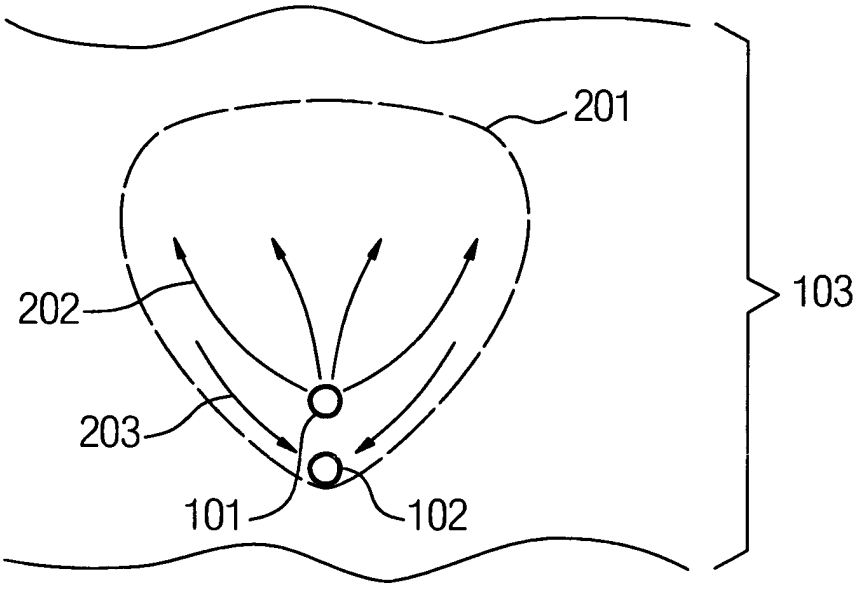


FIG 3

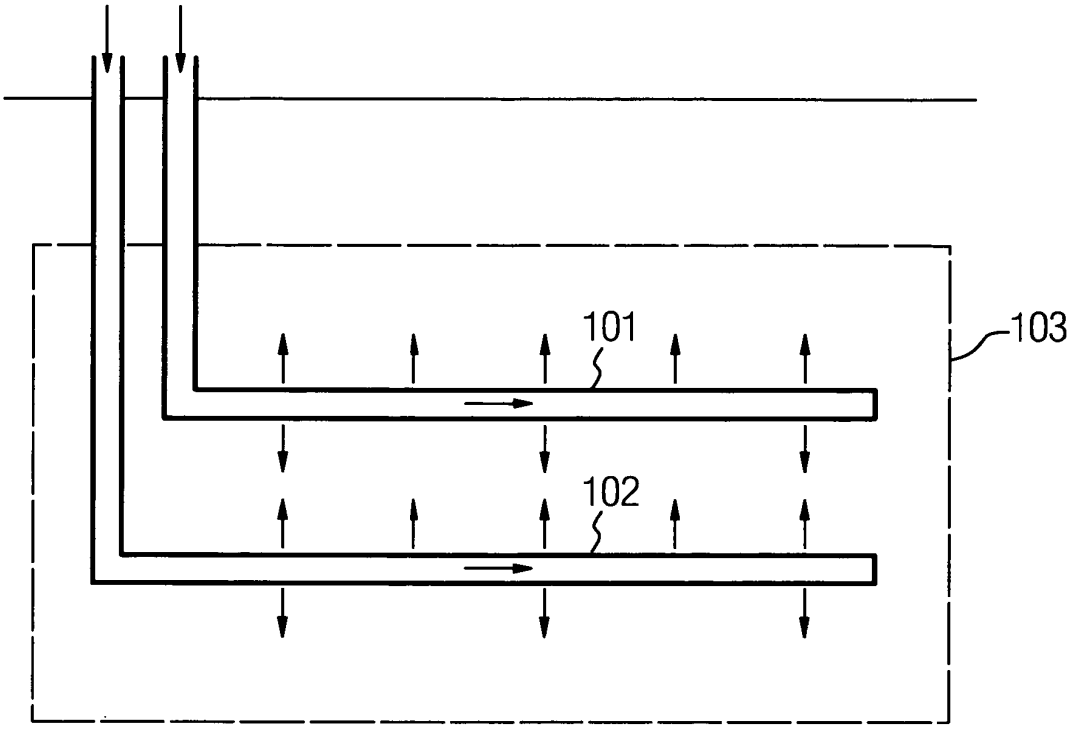


FIG 4

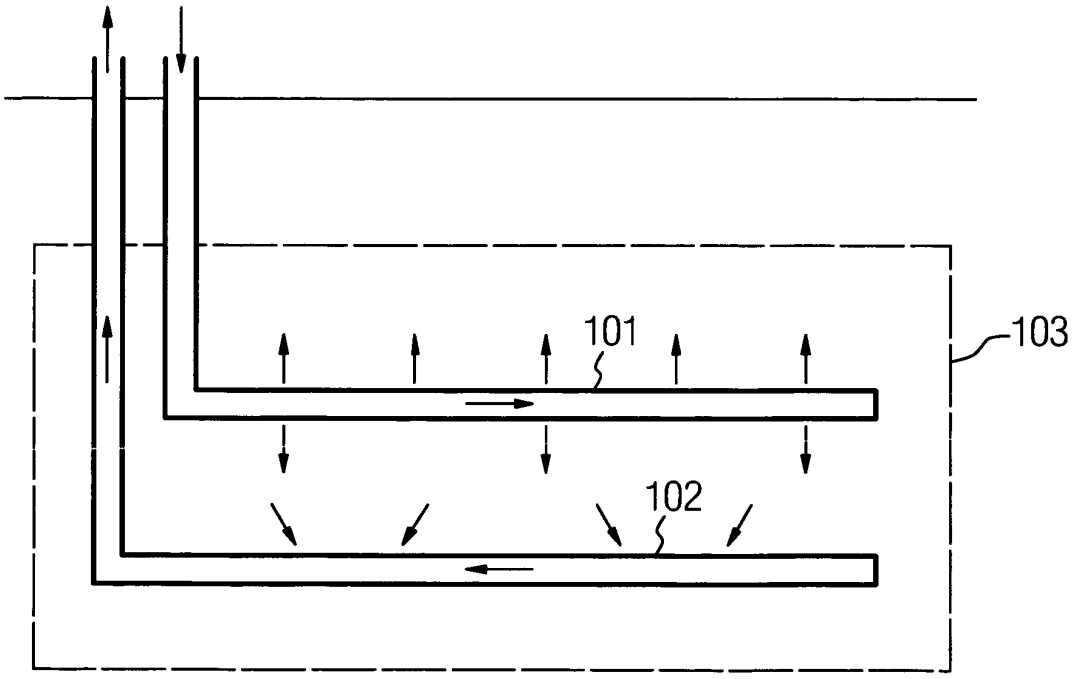


FIG 5

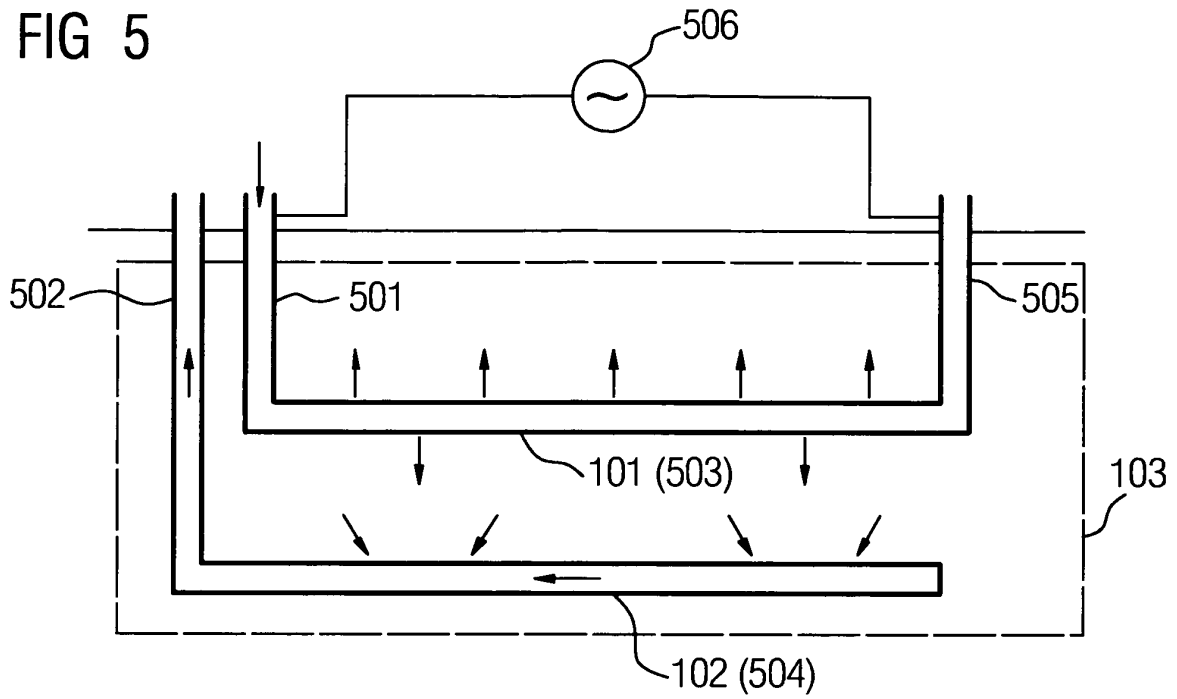

506
502
501
505
101 (503)
103
102 (504)

FIG 6

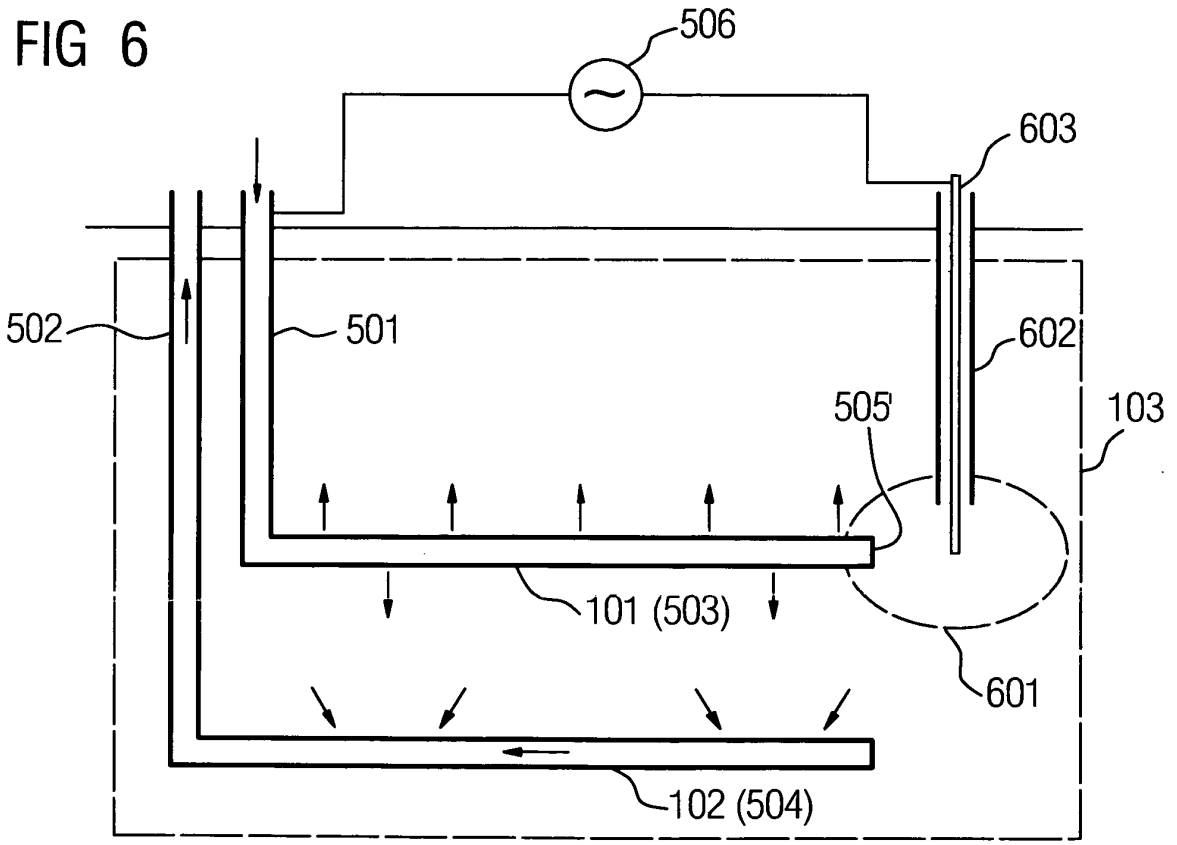

506
603
502
501
602
505'
103
101 (503)
601
102 (504)

FIG 7

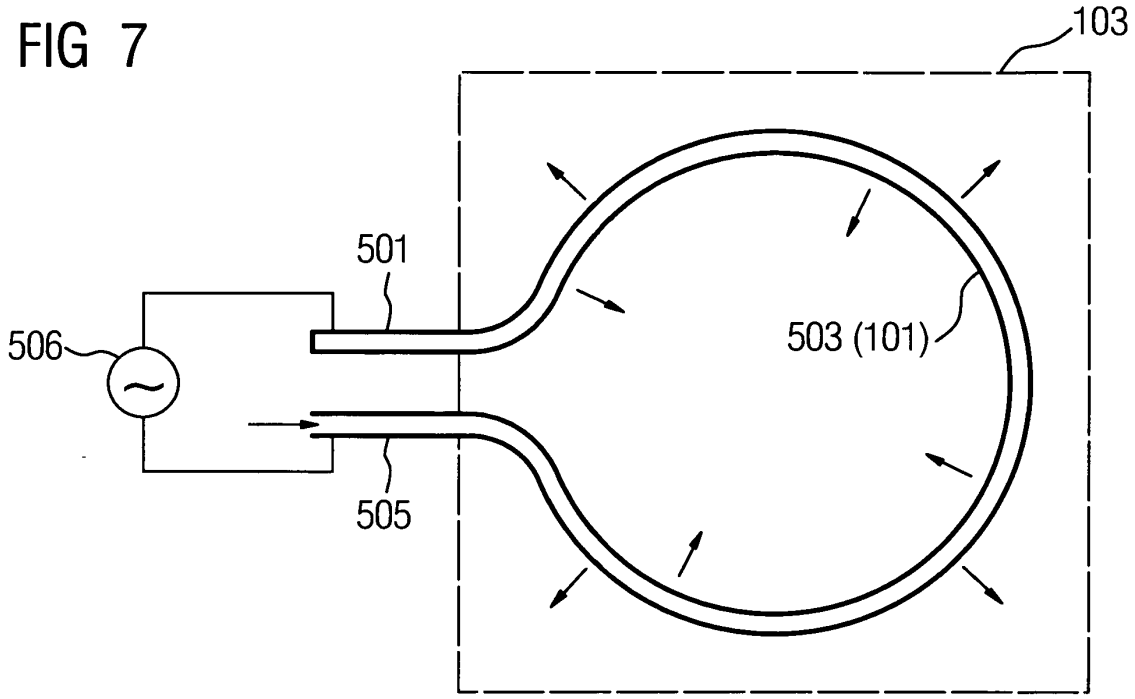

103
501
506
503 (101)
505

FIG 8

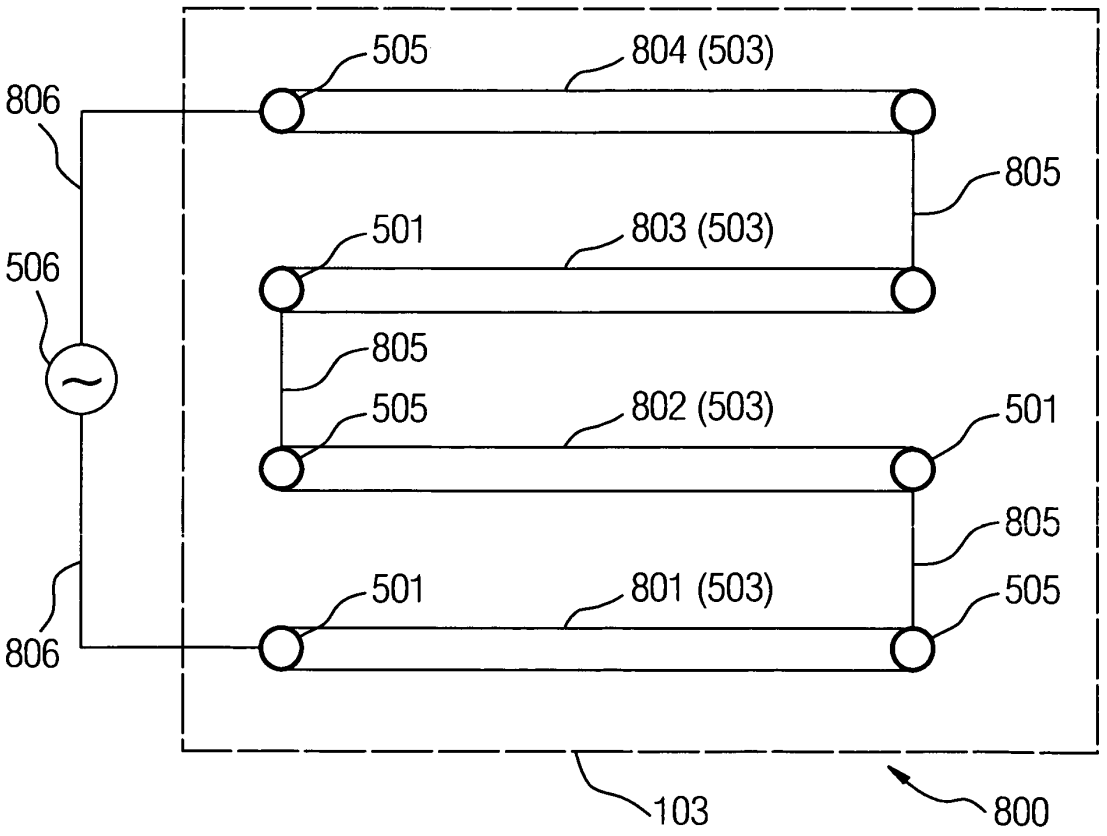

505
804 (503)
806
805
501
803 (503)
506
805
505
802 (503)
501
805
501
801 (503)
505
806
103
800

FIG 9

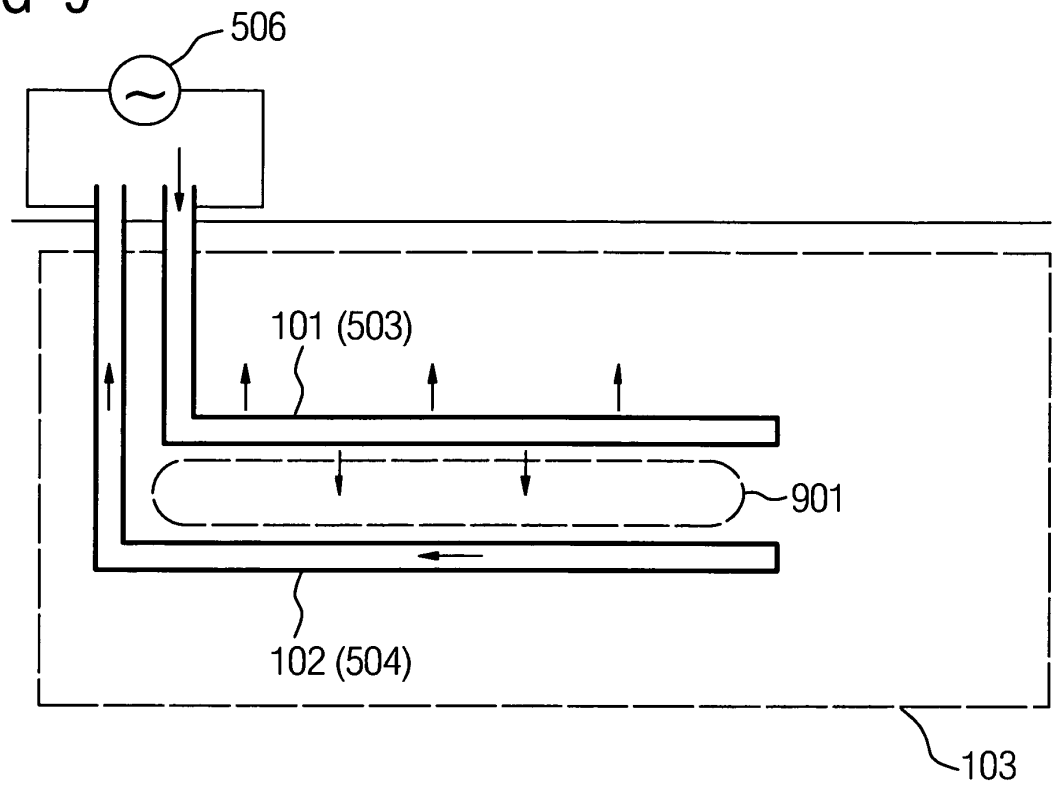

506
101 (503)
901
102 (504)
103

FIG 10

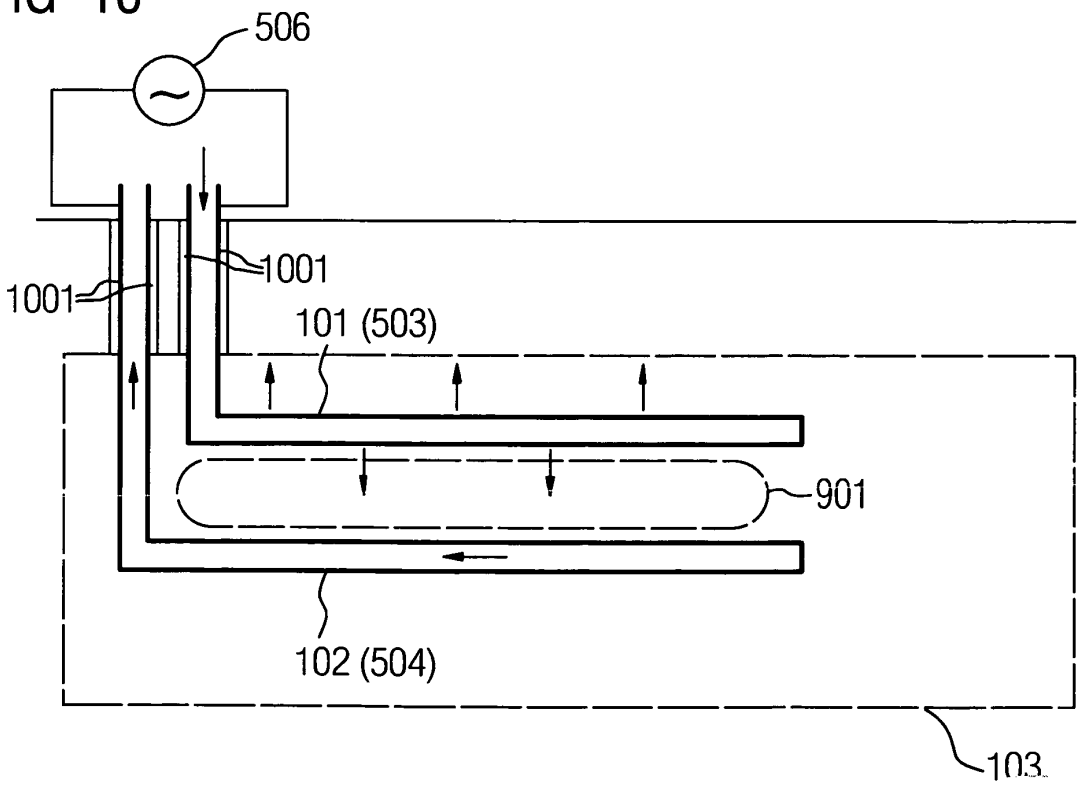

506
1001
1001
101 (503)
901
102 (504)
103

FIG 11

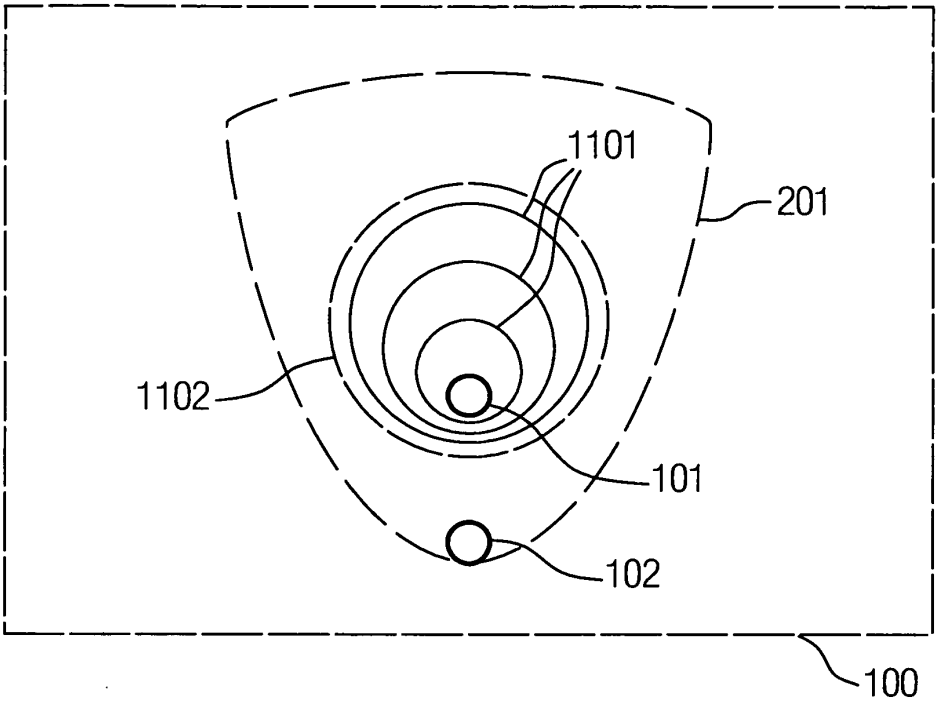


FIG 12

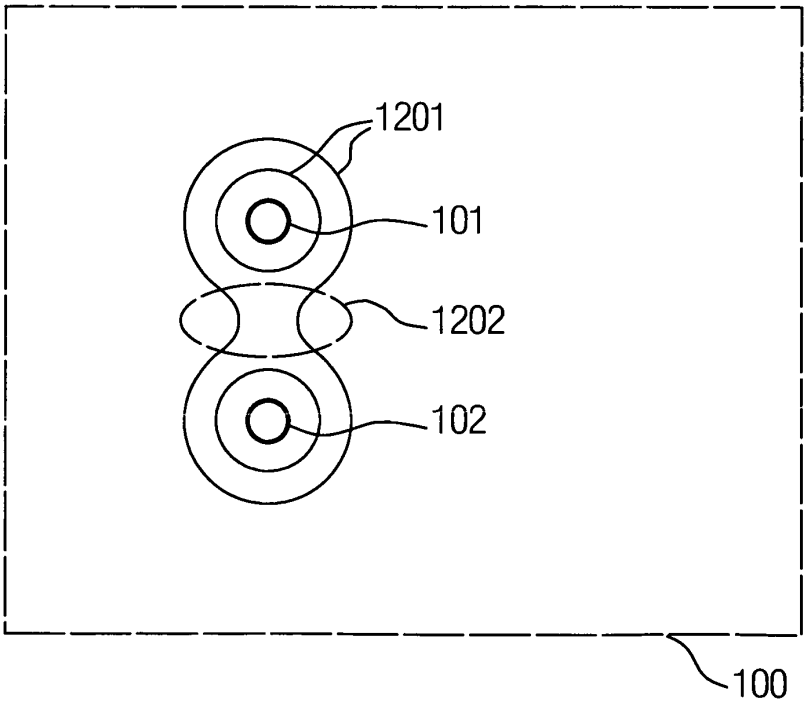
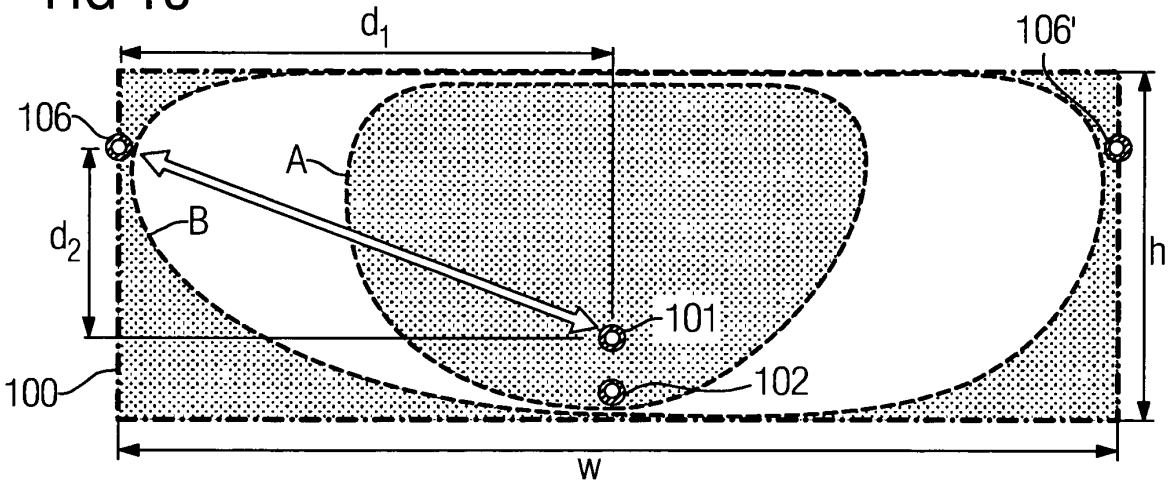


FIG 13



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 4238247 A1 **[0002]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **I.D. Gates.** Steam-Injection Strategy and Energetics of Steam-Assisted Gravity Drainage. *SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium,* 01. November 2005 **[0003] [0025]**