



(11) **EP 2 324 194 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.02.2012 Patentblatt 2012/09**

(21) Anmeldenummer: **09781501.3**

(22) Anmeldetag: **05.08.2009**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2009/060132**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/028917 (18.03.2010 Gazette 2010/11)**

(54) **VERFAHREN ZUR FÖRDERUNG VON BITUMEN UND/ODER SCHWERSTÖL AUS EINER UNTERIRDISCHEN LAGERSTÄTTE, ZUGEHÖRIGE ANLAGE UND BETRIEBSVERFAHREN DIESER ANLAGE**

METHOD FOR EXTRACTING BITUMEN AND/OR ULTRA-HEAVY OIL FROM AN UNDERGROUND DEPOSIT, ASSOCIATED INSTALLATION AND OPERATING METHOD FOR SAID INSTALLATION

PROCÉDÉ D'EXTRACTION DE BITUMES ET/OU DE PÉTROLE EXTRA-LOURD D'UN GISEMENT SOUTERRAIN, INSTALLATION ASSOCIÉE ET PROCÉDÉ D'EXPLOITATION DE CETTE INSTALLATION

(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 MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **15.09.2008 DE 102008047219**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.05.2011 Patentblatt 2011/21**

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

(72) Erfinder:  
• **HUBER, Norbert 91052 Erlangen (DE)**  
• **WACKER, Bernd 91074 Herzogenaurach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-2008/049201 WO-A-2008/098850**  
**DE-A1- 4 238 247 US-A- 3 848 671**  
**US-A- 4 679 626 US-B1- 6 357 526**

**EP 2 324 194 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Förderung von Bitumen und/oder Schwerstöl aus einer unterirdischen Lagerstätte, bei dem die Viskosität des Bitumens und/oder Schwerstöl in-situ erniedrigt wird, wozu der Lagerstätte Energie in Form von die Lagerstätte durchströmendem Dampf einerseits und elektrischer Beheizung andererseits zugeführt wird. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf die zugehörige Anlage und auf ein Betriebsverfahren dieser Anlage.

**[0002]** Beim "in situ"-Abbauverfahren von Bitumen aus Ölsänden mittels Dampf (z. B. Cyclic Steam Stimulation = CSS; Steam Assisted Gravity Drainage = SAGD) werden große Mengen Wasserdampf zum Aufheizen des Bitumen in der Lagerstätte benötigt. Typischerweise wird Dampf mit der Temperatur 250°C und einer Qualität 0,95, d.h. im nahezu überhitzten Zustand, verwendet. Obwohl dieser Dampf sehr hohen Energieinhalt aufweist, fallen sehr große Wassermengen an, die zusammen mit dem Öl wieder an die Erdoberfläche gefördert und dort aufbereitet werden müssen.

**[0003]** Die Verwendung zusätzlicher elektrischer Aufheizung eines Reservoirs wird bereits in der DE 10 2007 008 292 A1 sowie in den älteren nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen der Anmelderin AZ 10 2007 036 832.3, AZ 10 2007 040 605.5 und AZ 10 2007 040 607.1 vorbeschrieben und kann durch rechnerische Simulationen erfolgreich demonstriert werden. Speziell im Fall der dort vorgeschlagenen zusätzlichen induktiven Beheizung wird vom EM(Electromagnetic)-SAGD-Verfahren gesprochen.

**[0004]** Der vergleichsweise hohe Preis für elektrische Leistung reduziert allerdings im Vergleich zur Energieform "Dampf" den ökonomischen Vorteil letzterer Vorschläge.

**[0005]** In der Praxis ist eine durch elektrische Heizung gestützte Bitumenförderung aus Ölsänden kommerziell noch nicht eingesetzt. Bei bekannten Pilotanlagen, die eine rein elektrische, resistive Heizung einsetzen, wird die elektrische Leistung aus dem Netz genommen.

**[0006]** Der Dampf für SAGD- oder CSS-Verfahren wird zumeist in separaten Dampfkesseln erzeugt, welche typischerweise mit Erdgas (z. B. Suncor's Millenium Project aus "Canadas Oilsands and Heavy Oil, April 2000, <http://www.centreforenergy.com/documents/187.pdf> - S. 23, unten) oder Bitumen befeuert werden. Es wurde auch vorgeschlagen, vorhandenen GuD-Anlagen, deren elektrische Energie in das Netz eingespeist wird, für obigen Zweck Prozessdampf zu entziehen. Diese Anlagen sind daher immer zentral und ortsfest angeordnet, wobei die Übertragung der Energie nicht vernachlässigbare Verluste mit sich bringt.

**[0007]** Ein bekanntes Verfahren und eine bekannte Vorrichtung ist auch in dem Dokument WO 2008/098850 A1 offenbart. Dieses Dokument wird als nächstliegender Stand der Technik angesehen.

**[0008]** Davor ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung,

ein Verfahrenskonzept vorzuschlagen, mit dem die Wirtschaftlichkeit der bereits vorgeschlagenen Verfahren verbessert werden kann. Daneben soll eine zugehörige Anlage mit entsprechendem Betriebsverfahren angegeben werden.

**[0009]** Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Eine zugehörige Anlage ist im nebengeordneten Patentanspruch 12 angegeben. Deren vorteilhafte Betriebsverfahren ist Gegenstand des weiteren nebengeordneten Patentanspruches 24. Weiterbildungen des Verfahrens, der Anlage und des zugehörigen Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0010]** Gegenstand der Erfindung ist ein verfahrenstechnisches Konzept zur Förderung von Bitumen oder Schwerstöl aus Ölsänden, das sich durch eine autarke Energieversorgung und durch eine ökonomisch besonders günstige Förderung auszeichnet. Die dafür notwendigen Betriebsmittel werden mit der erfindungsgemäßen Anlage bereitgestellt.

**[0011]** Mit der Erfindung wird ein Betriebskonzept für die Bitumen oder Schwerstölproduktion aus insbesondere Ösandslagerstätten vorgeschlagen, bei dem eine Industrieturbine zum Einsatz kommt, die mit einem Generator und einem Abhitzekegel bzw. einem separat gefeuerten Kessel kombiniert ist. Die Industrieturbine kann entweder ein Gasturbine oder aber eine Dampfturbine sein.

**[0012]** Erfindungsgemäß kann bei der fakultativen Verwendung der Gasturbine oder der Dampfturbine entweder ein Abhitzekegel oder ein gefeuerter Kessel verwendet werden. In den Abhitzekegel wird die Abhitze bei der Erzeugung der elektrischen Leistung eingeleitet. Der Abhitzekegel wird von einer Ventileinheit mit Betriebswasser versorgt, das durch die Abwärme der Gasturbine verdampft wird. Der so erzeugte Dampf wird der Sammlereinheit zugeführt. Mit einem separat befeuerten Kessel kann dagegen aus extern zugeführtem Wasser gleichermaßen der Dampf sowohl für das SAGD-Verfahren als auch zur Generierung von elektrischer Leistung über die Dampfturbine erzeugt werden.

**[0013]** Gegebenenfalls sind im Rahmen der Erfindung auch eine Gasturbine und eine Dampfturbine miteinander kombinierbar. Darin wird die Abhitze bei der Erzeugung der elektrischen Leistung in der Gasturbine verwendet. Im gefeuerten Kessel kann weiter Dampf nach dem Boilerprinzip erzeugt werden, sofern das aus der Gasturbine genutzte Abgas zur Dampferzeugung des Abhitzekegels nicht ausreicht. Mit dem dabei anfallendem Dampfüberschuss wird die Dampfturbine betrieben.

**[0014]** In beiden Alternativen wird ein Teil des geförderten Bitumens, vorzugsweise ca. 20 %, verbrannt. Damit kann gleichzeitig elektrische Leistung und Dampf im Verhältnis von beispielsweise ca. 1:4 bezüglich der Leistung erzeugt werden. Eine solche Leistungsaufteilung entspricht einem günstigen Verhältnis bei bisher durchgeführten Reservoir-Simulationen für das elektromagnetische Heizen kombiniert mit Dampf-injektion (EM-

SAGD).

**[0015]** Besonders vorteilhaft ist bei der Erfindung der in sich geschlossene, autarke Kreislauf beim Betrieb der EM-SAGD-Anlage. Dies ergibt sich in erster Alternative insbesondere dadurch, dass die Gasturbine, welche für die Verbrennung von Bitumen oder Schwerstöl geeignet sein muss, direkt mit dem Brennstoff befeuert wird, welcher aus der Bitumenproduktion des auszubeutenden Ölsandvorkommens kommt. Das Abgas der Gasturbine kann dabei thermisch einem Abhitzeessel mit Dampferzeuger zugeführt werden, der einen solchen Dampf erzeugt, der z. B. ca. bis zu 300°C heiß ist. Das Speisewassersystem des Abhitzedampferzeugers kann mit einer Speisepumpe versehen werden, so dass der Reservoir-spezifische Druck geregelt werden kann. Als Kondensator dient das Reservoir, wo der Dampf eingespeist wird über das sogenannte "Injektor Well". Der Dampf erhitzt das Reservoir und macht es permeabler. Bei der zweiten Alternative mit der Dampfturbine wird dagegen Dampf mit einem separat gefeuerten Kessel erzeugt, in welchem Brennstoff aus der Bitumenproduktion verfeuert wird. Der aus diesem Kessel stammende Dampf kann einerseits auf die Dampfschiene der Injektorrohrleitungen gegeben werden und kann andererseits die Dampfturbine antreiben.

**[0016]** In beiden Fällen ist die Gasturbine oder die Dampfturbine mechanisch mit einem Generator gekoppelt, welcher in bekannter Weise elektrische Leistung erzeugt, die aber nunmehr ausschließlich für den Eigenbedarf der Bitumen- bzw. Schwerstölproduktion verwendet wird. Die so generierte elektrische Leistung wird über Transformatoren und Schaltanlagen eines so genannten "WellPads" derart verteilt, dass die einzelnen elektrischen Module für die EM-SAGD-Stromversorgung versorgt werden. Die EM-SAGD-Module versorgen insbesondere Induktoren, welche als spezielle Leitungen im Erdreich des Reservoirs angeordnet sind und über welche durch Wechselstromverluste eine zusätzliche Aufwärmung des Erdreiches erfolgt, was zu einer Optimierung der Bitumenproduktion führt.

**[0017]** Mit der Erfindung kann die Bitumenproduktion einer vorhandenen SAGD-Anlage mit so genannten "Well pairs", bei denen ein Paar aus einem Dampf-injektionsrohr("injector well") und einem zugeordneten Drainage-Bitumenproduktionsrohr ("producer well") oder kurz "Förderrohr" besteht, in beachtlichem Maß verbessert werden. Über das Förderrohr, das horizontal unter dem Induktor liegt wird das Bitumen-Wasser-Gemisch gefördert.

**[0018]** Das Verhältnis zwischen aufgebrachtener elektrischer Energie auf den Induktor und der damit in das Reservoir eingebrachten Energie und dem Dampf ist gleich dem Verhältnis der Erzeugung aus Turbinengenerator sowie dem Abhitzeessel, welcher der Gasturbine nachgelagert ist. Entsprechendes gilt für den separat feuerbaren Dampfkessel der Dampfturbine. Das Verhältnis beträgt in beiden Fällen typischerweise 1:3. Die Leistung für ein Wellpair kann dabei bei etwa 1 MW elektrischer

Heizleistung sowie zwischen 3 und 4 MW Dampfleistung liegen.

**[0019]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird das geförderte Bitumen-Wasser-Gemisch in einer Aufbereitungsanlage gereinigt und das Wasser entfernt. Das gewonnene Wasser wird kesseltauglich dem Speisewassersystem zugeführt. Das Bitumen wird transport- bzw. raffinerietauglich behandelt, d.h. getrocknet und gesäubert. Unverdünntes Bitumen wird abgezweigt um dieses in der Industriegasturbine oder im gefeuerten Dampfkessel zu verbrennen. Hierzu ist es notwendig, das Bitumen auf ca. 110°C aufzuheizen, um es in eine hinreichend niedrige Viskosität zu überführen.

**[0020]** Speziell bei Verwendung einer Gasturbine ist es zwar für das Anfahren aus dem Kaltstart notwendig, vorübergehend konventionelles leichtes Heizöl zu verwenden. Nach dem Erreichen einer ausreichenden Brennkammertemperatur und nach dem Aufheizen des Bitumens, welches aus einem Teilstrom des Dampfes aus dem Abhitzeessel erfolgen kann, kann das Brennstoffversorgungssystem ("Fuel skid") der Gasturbine auf Bitumenverbrennung umgestellt werden. Soll die Turbine abgestellt werden, so ist vorher zurück auf Heizölbetrieb zu stellen, so dass sämtlicher Bitumen aus den Zuleitungen zu den Brennern gespült ist.

**[0021]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen.

**[0022]** Es zeigen

Figur 1 perspektivisch einen Teil einer Ölsandlagerstätte, die Mittel für das bekannte SAGD-Verfahren aufweist und in die weitere Mittel zur induktiven Beheizung des Reservoirs eingebracht sind,

Figur 2 eine erste Ausführungsform der anlagentechnischen Mittel zur Erzeugung elektrischer Leistung einerseits und Dampferzeugung andererseits und

Figur 3 eine zweite Ausführungsform der anlagentechnischen Mittel zur Erzeugung elektrischer Leistung einerseits und Dampferzeugung andererseits.

**[0023]** In den Figuren haben gleiche Einheiten gleiche Bezugszeichen. Figur 2 und Figur 3 werden so weit zusammen beschrieben, dass deren Unterschiede deutlich werden.

**[0024]** In der Figur 1 ist ein Teil einer Ölsandlagerstätte dargestellt, die sich einige hundert Meter unter Tage befinden kann.

**[0025]** Entsprechend dem in der älteren, nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung AZ 10 2007 040 605.5 vorbeschriebenen Stand der Technik beinhaltet Figur 1 in einer Elementarzelle 100 eines Reservoirs einen Dampf-injektor mit einem Injektionsrohr 101 und ein Produktionsrohr 102 für die Bitumen-/Schwerstöl-

Produktion mit gleichzeitiger Wasserrückführung. Insbesondere für eine induktive Heizung sind separate Leitungen 10, 20 als Induktoren vorhanden, die entweder unter Tage oder über Tage über eine Schleife 25 geschlossen sind. Weitere Zellen 100', 100" ... des Reservoirs sind entsprechend ausgelegt.

**[0026]** Anhand der Figuren 2 und 3 sind die unterschiedlichen Betriebsmittel zur Realisierung eines kombinierten EM-SAGD-Verfahrens mit induktiver Beheizung verdeutlicht:

**[0027]** In Figur 2 ist eine Gasturbine mit einem Kompressor mit 1 bezeichnet. Die Gasturbine 1 kann eine übliche Industrieturbine sein, die mit unterschiedlichen Brennstoffen befeuerbar ist. Rückseitig ist ein Lufteinlass vorhanden und seitlich eine Zuführung für einen Brennstoff.

**[0028]** Der Gasturbine 1 ist ein elektrischer Generator 2 nachgeschaltet, wobei Gasturbine 1 und Generator 2 mechanisch gekoppelt sind. Vom Generator 2 wird eine Schaltanlage bzw. elektrischen Verteilereinheit 3 zur Leistungsverteilung angesteuert. Von der Einheit 3 zur elektrischen Leistungsverteilung wird eine allgemeine Verteiler- und Sammlereinheit 4 für die Verteilung von Dampf und Strom einerseits und für das Einsammeln des Produktes andererseits angesteuert. In der Fachwelt wird eine solche Einrichtung 4 allgemein als "WellPad" bezeichnet.

**[0029]** Von der Verteilereinheit 4 werden die einzelnen in den Zellen 100, 100', 100", ... aus Figur 1 befindlichen "Wellpairs" aus jeweils einem Rohrpaar mit Injektorrohrleitung 101 angesteuert. Es wird eine Verteilung der Energie in Form von Dampf einerseits und in Form von elektrischer Leistung andererseits vorgenommen.

**[0030]** Das WellPad beinhaltet dazu eine nicht im Einzelnen dargestellte Dampf-Sammelschiene, eine elektrische Schaltanlage und eine Aufnahmeeinrichtung für das geförderte Produkt. Damit sind Mittel zur Steuerung des Materialflusses bei der Förderung des Bitumens und/oder Schwerstöls einschließlich des rückgeführten Wassers realisiert. Bezugszeichen 8, 8', 8" ... stellen Umrichter für die Wechselstromversorgung dar, welche von der Schaltanlage gespeist wird.

**[0031]** In der Versorgungseinheit mit den Betriebsmitteln ist weiterhin eine Vorrichtung zur Separierung des geförderten Bitumens/Schwerstöls vom rückgeführten Wasser vorhanden, die mit 13 bezeichnet ist. Darin kann gleichermaßen eine Einheit zur Behandlung und Wiederaufbereitung des rückgeführten Wassers integriert sein, wobei weiterhin eine Einheit 14 zur Zu- und Wegführung des Wassers vorhanden ist. Das aufbereitete Wasser kann dann gleichermaßen zur Dampferzeugung verwendet werden und wird mittels einer Pumpe 15 mit Motor 15' dem Abhitzekegel 16 zur Erzeugung von Dampf zugeführt. Der so erzeugte Dampf gelangt über eine Ventilanordnung 22 in die Verteilereinheit 4. Über interne Verteilerschienen wird die elektrische Leistung und der Dampf an die entsprechenden Ausgänge der Verteiler-

einheit 4 gegeben.

**[0032]** Mit 17 ist in Figur 2 ein Speicher für das geförderte Bitumen und/oder Schwerstöl bezeichnet, von dem insbesondere eine Abgangsleitung zu Aufbereitungs- und Raffinierungszwecke des geförderten Produktes weggeht. Ein kleiner Teil des geförderten Bitumens und/oder Schwerstöl wird über eine Wärmetauschereinheit 18 geführt, die einen Ausgang zur Beheizung der Gasturbine 1 hat.

**[0033]** Anhand Figur 3 werden zu Figur 2 alternative bzw. ergänzende Betriebsmittel zur Realisierung eines kombinierten SAGD-Verfahrens und elektrischer Beheizung, insbesondere induktiver Beheizung, verdeutlicht:

**[0034]** in Figur 3 ist eine Dampfturbine mit 11 bezeichnet. Die Dampfturbine 11 ist eine spezifische Industrieturbine, die ausschließlich mit Dampf betreibbar ist. Der Dampfturbine 11 ist ein elektrischer Generator 2 nachgeschaltet, wobei Dampfturbine 11 und Generator 2 mechanisch gekoppelt sind. Vom Generator 2 wird wiederum die Einheit 3 zur elektrischen Leistungsverteilung sowie eine allgemeine Verteiler- und Sammlereinheit 4 für die Verteilung von Dampf und Strom einerseits und für das Einsammeln des Produktes andererseits angesteuert, die oben bereits als "WellPad" bezeichnet wurde. Damit ist in der englischsprachigen Fachterminologie die Zusammenfassung mehrerer Bohrlöcher zu einer technischen Einheit definiert (well = Bohrloch, pad = Block, Feld).

**[0035]** Von der Verteilereinheit 4 werden die einzelnen "Wellpairs" aus jeweils einem Rohrpaar angesteuert, über das eine Verteilung der Energie in Form von Dampf einerseits und in Form von elektrischer Leistung andererseits vorgenommen wird.

**[0036]** Das WellPad beinhaltet dazu eine nicht im Einzelnen dargestellte Dampf-Sammelschiene, eine elektrische Schaltanlage und eine Aufnahmeeinrichtung für das geförderte Produkt. Damit sind Mittel zur Steuerung des Materialflusses bei der Förderung des Bitumens und/oder Schwerstöls einschließlich Wasser realisiert. Bezugszeichen 8 stellt eine Betriebseinheit für die Stromversorgung dar, welche von der Schaltanlage gespeist wird.

**[0037]** In der Versorgungseinheit mit den Betriebsmitteln ist weiterhin eine Vorrichtung zur Separierung vom geförderten Bitumen-/Schwerstöl vom rückzuführenden Wasser vorhanden, die mit 13 bezeichnet ist. Darin ist gleichermaßen eine Einheit zur Behandlung und Wiederaufbereitung des Wassers integriert, wobei mit 14 das Speisewassersystem bezeichnet ist.

**[0038]** Mit 17 sind in Figur 2 und Figur 3 Speicher bzw. Lager für das geförderte Bitumen und/oder Schwerstöl bezeichnet, von dem insbesondere eine Abgangsleitung zu Aufbereitungs- und Raffinierungszwecke weggeht. Ein bestimmter Teil des geförderten Bitumens und/oder Schwerstöl wird über eine Einheit 18 geführt, und dient der Dampferzeugung im Kessel, d.h. gleichermaßen Dampf für das SAGD-Verfahren und Dampf zur Erzeugung von elektrischer Leistung in der Dampfturbine

zwecks induktiver Beheizung der Lagerstätte.

**[0039]** Die beiden Verfahrenskonzepte unterscheiden sich also speziell in der Auslegung der Industrieturbine: Eine Gasturbine ist mit unterschiedlichen Brennstoffen betreibbar, wobei mit der anfallenden Abwärme der Dampf für das SAGD-Verfahren erzeugt wird. Eine Dampfturbine kann dagegen nur mit Dampf betrieben werden, der zunächst in einem Boiler durch elektrisches Erhitzen von Wasser erzeugt wird.

**[0040]** In einem spezifischen Ausführungsbeispiel wird eine Anlage mit 50 Wellpairs zugrunde gelegt, um ca. 50.000 bl Bitumen pro Tag zu produzieren. Es werden drei Gasturbinen mit je 17 MW elektrische Leistung verwendet. Jedes Wellpair benötigt 1 MW elektrische Energie und 3... 4 MW Dampf. Der für den Eigenbedarf zum Betrieb der Anlage benötigte Strom und Dampf wird abgezweigt. Bei Ausfall einer Gasturbine wird der Stromverbrauch für die Bitumenproduktion gesteuert reduziert und entsprechend ebenfalls die zu verteilende Dampfmenge verteilt.

**[0041]** Insgesamt erfolgt bei beiden Ausführungsbeispielen die Erzeugung der zur Förderung notwendige Energie durch Verbrennung von gefördertem Bitumen oder Schwerstöl in einem autarken, in sich geschlossenen Kreislauf. Zur Verbrennung wird das Bitumen oder ein Bitumen-Gemisch bestehend aus Bitumen/Leichtöl oder Bitumen/Lösungsmittel verwendet, wobei als Lösungsmittel Naphta verwendet wird. Sofern als Industrieturbine eine Gasturbine verwendet wird, kann eine Brennstoff-Aufbereitung vor den Brennkammern der Gasturbine dafür sorgen, dass durch Aufheizung des Brennstoffes auf bis zu 150°C eine hinreichende Viskosität erreicht ist die Einspritzung in die Brennkammern erfolgen kann. Es können Separatoren und Filter in der Brennstoffaufbereitung verwendet werden, die Schwermetalle, Asche und sonstige Partikel ausbringen. Es kann auch, ein Destillier vorgeschaltet sein, dessen Destillat der Brennstoff-Aufbereitung der Industrieturbine zugeführt wird, wobei die schwereren Polyaromate, d.h. Asphaltene, dem produzierten Bitumen, welcher als Produkt zur Raffinerie transportiert wird, zugesetzt wird. Anstelle eines Destilliers kann ein sog. Cracker vorgesehen sein, der langkettige Kohlenwasserstoffe bis zu einem tauglichen Brennstoff degradiert.

**[0042]** Bei beiden im Einzelnen beschriebenen Anlagenschemata ist wesentlich, jeweils einen in sich geschlossenen, autarken Kreislauf zur Bitumen-/Schwerstölförderung zu realisieren, der keine zusätzliche externe elektrische Energieversorgung benötigt. Damit ist man von vorhandenen Netzen unabhängig, so dass die gesamte Anlage mobil und an wechselnden Einsatzorten eines Ölsand- bzw. Ölschiefervorkommens mit jeweils bereits vorhandener SAGD-Förderanlage einsatzfähig ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Förderung von Bitumen und/oder

Schwerstöl aus einer unterirdischen Lagerstätte, bei dem die Viskosität des Bitumen und/oder Schwerstöls 'in situ' erniedrigt wird, wozu der Lagerstätte Energie in Form von die Lagerstätte durchströmenden Dampf einerseits und elektrischer Leistung zur induktiven und/oder resistiven Beheizung andererseits zugeführt wird, mit folgenden Maßnahmen:

- die Energie zur Erzeugung des Dampfes und gleichermaßen zur elektrischen Beheizung wird dezentral am Ort der Fördereinrichtungen erzeugt,
- dazu wird ein Teil des geförderten Bitumens und/oder Schwerstöls zum Betreiben einer Industrieturbine mit angekoppeltem Generator verwendet,
- wobei einerseits der der Industrieturbine nachgeschaltete Generator die elektrische Leistung zur Beheizung liefert und andererseits ein der Industrieturbine zugeordneter Kessel zur Dampferzeugung durch Verdampfung von Wasser dient,
- und mindestens ein Wellpair vorgesehen ist, dem die im Generator erzeugte elektrische Leistung und Leistung in Dampfform im Verhältnis zwischen 1 zu 3 und 1 zu 4 zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der elektrischen Leistung einerseits und des Wasserdampfes andererseits etwa 20 % des geförderten Bitumens und/oder Schwerstöls eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erzeugte elektrische Leistung und der Wasserdampf im Verhältnis von etwa 1:4 bezüglich des Energieinhaltes erzielt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbrennung und Einsatz des Bitumens und/oder Schwerstöls in einem autarken geschlossenen Kreislauf erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbrennung Bitumen oder ein Bitumen-Gemisch bestehend aus Bitumen/Leichtöl oder Bitumen/Lösungsmittel (Naphta) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Industrieturbine eine Gasturbine verwendet wird, mit der unterschiedliche gasförmige Brennstoffe verbrennbar sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekenn-**

- zeichnet, dass** eine Brennstoff-Aufbereitung vor den Brennkammern der Gasturbine dafür sorgt, dass durch Aufheizung des Brennstoffes auf bis zu 150°C eine solche Viskosität des Brennstoffes erreicht wird, welche die Einspritzung in die Brennkammern erlaubt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Industrieturbine eine Dampfturbine verwendet wird, die mit dem aus der Bitumen-/Schwerstöl-Verbrennung erzeugten Dampf betreibbar ist.
9. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Separatoren und Filter zur Brennstoffaufbereitung verwendet werden, die Schwermetalle, Asche und sonstige Partikel ausbringen
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Destillierapparat vorgeschaltet ist, dessen Destillat der Brennstoff-Aufbereitung der Industrieturbine zugeführt wird, wobei die schwereren Polyaromate (Asphaltene) dem produzierten Bitumen, welcher als Produkt zur Raffinerie transportiert wird, zugesetzt wird
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** anstelle eines Destillierapparats ein Cracker vorgesehen wird, der langkettige Kohlenwasserstoffe bis zu einem tauglichen Brennstoff degradiert.
12. Anlage zur Förderung von Bitumen und/oder Schwerstöl aus einer unterirdischen Lagerstätte, die zur Verminderung der Viskosität des Bitumen und/oder Schwerstöls beheizt wird, wozu Wasserdampf einerseits in die Lagerstätte eingeleitet und durchgeleitet wird und wozu die Lagerstätte zusätzlich elektrisch beheizt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Industrieturbine (1, 11) mit nachfolgendem elektrischem Generator (2) vorhanden ist, wobei die Industrieturbine (1) mit dem Bitumen und/oder Schwerstöl beheizbar ist, das aus der unterirdischen Lagerstätte (100) gefördert wird, wobei mindestens ein Wellpaar vorgesehen ist, dem die im Generator erzeugte elektrische Leistung und Leistung in Dampfform im Verhältnis zwischen 1 zu 3 und 1 zu 4 zugeführt wird.
13. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Industrieturbine eine Gasturbine (1) ist.
14. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Industrieturbine eine Dampfturbine (11) ist.
15. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oberirdische Zwischenlager (17) für das geförderte Bitumen und/oder Schwerstöl vorhanden ist.
16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Zwischenlager (17) eine Einrichtung zur Trennung des Wasser-Bitumen-/Schwerstöl-Gemisches und zur Behandlung des Bitumens und/oder Schwerstöls vorgeschaltet ist.
17. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schaltanlage (4) zur Ansteuerung der elektrischen Heizeinrichtung (8, 10, 20, 25) vorhanden ist.
18. Anlage nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Heizeinrichtung aus wenigstens einem Induktor (10, 20, 25) besteht, der als geschlossene elektrische Schleife zueinander in der Lagerstätte (100) geführt sind.
19. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Industrieturbine (1, 11) ein Abhitze-kessel (16) als Wärmespeicher zugeordnet ist, dessen gespeicherte Wärme zur Verdampfung von Wasser dient.
20. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Industrieturbine (1, 11) einschließlich Generator (2) und Abwärmespeicher (16) sowie die Versorgungseinheiten für die Dampfbereitungsanlagen (16, 16') und die Induktoren (10, 20, 25) einen vernetzten Kreislauf bilden.
21. Anlage nach Anspruch 20, **gekennzeichnet durch** einen autarken Betrieb bei der Versorgung der Industrieturbine (1, 11) mit gefördertem Bitumen und/oder Schwerstöl.
22. Anlage nach Anspruch 17, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Industrieturbine (1, 11) heizungsbedarfgerecht geregelt wird, indem der zur Aufwärmung des Reservoirs notwendige Wärme in einer Regelungseinrichtung errechnet wird und der für die Industrieturbine (1, 11) einschließlich Elektrizitäts- und Dampferzeugung notwendige Brennstoff zugeführt wird.
23. Anlage nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Industrieturbine (1, 11) soviel Dampf erzeugt wird wie für den Prozess notwendig und dass die überschüssige elektrische Leistung in das Netz gespeist wird.
24. Betriebsverfahren für eine Anlage nach Anspruch 12 oder einem der Ansprüche 13 bis 23, mit einer Industriegasturbine, separaten Speichern für leichtes Heizöl sowie für Bitumen und/oder Schwerstöl und

zugehörigen Zuleitungen, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:

- die Industrieturbine wird zunächst mit konventionellem leichtem Heizöl angefahren
- nach dem Anfahren wird Bitumen und/oder Schwerstöl in die Industrieturbine eingespeist und
- es wird die Verbrennung von Bitumen und/oder Schwerstöl zur Erzeugung elektrischer Leistung einerseits und Dampf andererseits genutzt.

25. Betriebsverfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** Bitumen und/oder Schwerstöl aus dem Zwischenspeicher verwendet wird.

26. Betriebsverfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Abstellen der Industrieturbine (1, 11) auf Heizölbetrieb umgestellt und das Bitumen und/oder Schwerstöl aus allen Zuleitungen gespült wird.

#### Claims

1. Method for extracting bitumen and/or extra-heavy oil from an underground deposit, wherein the viscosity of the bitumen and/or extra-heavy oil is lowered "in situ", for which purpose energy is supplied to the deposit in the form of steam flowing through the deposit on the one hand and electric power for inductive and/or resistive heating on the other hand, comprising the following measures:

- the energy for generating the steam and also for electric heating is generated in a decentralised manner at the site of the extraction facilities,
- to which end part of the extracted bitumen and/or extra-heavy oil is used for operating an industrial turbine having a generator coupled thereto,
- wherein on the one hand the generator connected downstream of the industrial turbine supplies the electric power required for heating purposes and on the other hand a boiler associated with the industrial turbine is used for generating steam by evaporation of water,
- and at least one well pair is provided to which the electric power generated in the generator and power in the form of steam are supplied in a ratio of between 1 to 3 and 1 to 4.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** approximately 20 % of the extracted bitumen and/or extra-heavy oil is used for generating the electric power on the one hand and the water vapour on the other.

3. Method according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** the generated electric power and the water vapour are produced in a ratio of approximately 1:4 in terms of energy content.

4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the bitumen and/or extra-heavy oil are combusted and used in an autonomous closed circuit.

5. Method according to claim 4, **characterised in that** bitumen or a bitumen mixture consisting of bitumen/light oil or bitumen/solvent (naphtha) is used for combustion.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** a gas turbine by means of which different gaseous fuels can be combusted is used as the industrial turbine.

7. Method according to claim 6, **characterised in that** a fuel treatment upstream of the combustion chambers of the gas turbine ensures that by heating the fuel to as much as 150°C a viscosity of the fuel is achieved such as permits its injection into the combustion chambers.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** a steam turbine which can be driven by the steam generated from the combustion of the bitumen/extra-heavy oil is used as the industrial turbine.

9. Method according to claim 6, **characterised in that** separators and filters which recover heavy metals, ash and other particles are used for the fuel treatment.

10. Method according to claim 9, **characterised in that** a distiller is connected upstream, the distillate of which is supplied to the fuel treatment of the industrial turbine, with the heavier polyaromatics (asphaltenes) being added to the produced bitumen which is transported as the product to the refinery.

11. Method according to claim 10, **characterised in that** instead of a distiller a cracker is provided which degrades long-chain hydrocarbons down to a form suitable for use as fuel.

12. Installation for extracting bitumen and/or extra-heavy oil from an underground deposit which is heated in order to reduce the viscosity of the bitumen and/or extra-heavy oil, for which purpose water vapour is introduced into and piped through the deposit on the one hand and for which purpose the deposit is electrically heated in addition, **characterised in that** an industrial turbine (1, 11) with downstream

- electric generator (2) is present, wherein the industrial turbine (1) can be heated by means of the bitumen and/or extra-heavy oil which is extracted from the underground deposit (100), wherein at least one well pair is provided to which the electric power generated in the generator and power in the form of steam are supplied in a ratio of between 1 to 3 and 1 to 4.
13. Installation according to claim 12, **characterised in that** the industrial turbine is a gas turbine (1).
14. Installation according to claim 12, **characterised in that** the industrial turbine is a steam turbine (11).
15. Installation according to claim 12, **characterised in that** an above-ground intermediate storage facility (17) for the extracted bitumen and/or extra-heavy oil is present.
16. Installation according to claim 15, **characterised in that** a device for separating the water-bitumen/-extra-heavy oil mixture and for treating the bitumen and/or extra-heavy oil is connected upstream of the intermediate storage facility (17).
17. Installation according to claim 12, **characterised in that** a switching station (4) for controlling the electric heating device (8, 10, 20, 25) is present.
18. Installation according to claim 17, **characterised in that** the electric heating device consists of one or more inductors (10, 20, 25) which are routed relative to one another in the deposit (100) as a closed electric loop.
19. Installation according to claim 12, **characterised in that** the industrial turbine (1, 11) is assigned a waste heat recovery boiler (16) as a heat accumulator whose stored heat is used to evaporate water.
20. Installation according to one of claims 12 to 19, **characterised in that** the industrial turbine (1, 11) including generator (2) and waste heat accumulator (16) as well as the supply units for the steam generating devices (16, 16') and the inductors (10, 20, 25) form an interconnected circuit.
21. Installation according to claim 20, **characterised by** autonomous operation in the supply of the industrial turbine (1, 11) with extracted bitumen and/or extra-heavy oil.
22. Installation according to claim 17, **characterised in that** the industrial turbine (1, 11) is controlled as a function of its heating requirements **in that** the heat necessary for heating the reservoir is calculated in a control device and the fuel required for the industrial turbine (1, 11) including for electricity and steam generation is supplied.
23. Installation according to claim 22, **characterised in that** as much steam is generated by means of the industrial turbine (1, 11) as is necessary for the process and **in that** the excess electric power is fed into the electricity grid.
24. Operating method for an installation according to claim 12 or one of claims 13 to 23, comprising an industrial gas turbine, separate storage facilities for light fuel oil and for bitumen and/or extra-heavy oil, and associated feed lines, **characterised by** the following method steps:
- the industrial turbine is initially started up using conventional light fuel oil
  - after start-up, bitumen and/or extra-heavy oil is fed into the industrial turbine, and
  - the combustion of bitumen and/or extra-heavy oil is used for generating electric power on the one hand and steam on the other hand.
25. Operating method according to claim 24, **characterised in that** bitumen and/or extra-heavy oil from the intermediate storage facility is used.
26. Operating method according to claim 24, **characterised in that** before the industrial turbine (1, 11) is shut down a switch is made to fuel oil operation and the bitumen and/or extra-heavy oil is purged from all of the feed lines.

### Revendications

1. Procédé d'extraction de bitume et/ou de pétrole extra-lourd d'un gisement souterrain, dans lequel on abaisse « in situ » la viscosité du bitume ou du pétrole extra-lourd en envoyant au gisement de l'énergie sous la forme de vapeur passant dans le gisement d'une part et de puissance électrique pour le chauffage inductif et/ou résistant d'autre part, ayant les caractéristiques suivantes :
- on produit l'énergie pour la production de la vapeur et dans la même mesure pour le chauffage électrique de manière décentralisée sur le lieu des dispositifs d'extractions,
  - on utilise à cet effet une partie du bitume et/ou du pétrole extra-lourd extrait pour faire fonctionner une turbine industrielle à laquelle est couplée une génératrice,
  - dans lequel d'une part la génératrice montée en aval de la turbine industrielle fournit la puissance électrique pour le chauffage et d'autre part une chaudière associée à la turbine indus-

- trielle sert à la production de vapeur par évaporation d'eau,  
- et il est prévu au moins une paire de forages, à laquelle la puissance électrique produite dans la génératrice et la puissance sous forme de vapeur sont envoyées dans le rapport compris entre 1 à 3 et 1 à 4.
2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour la production de la puissance électrique d'une part et de la vapeur d'eau d'autre part, on utilise environ 20% du bitume et/ou du pétrole extra-lourd extrait.
  3. Procédé suivant la revendication 1 ou revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on obtient la puissance électrique produite et la vapeur d'eau dans le rapport d'environ 1:4 rapporté à la teneur en énergie.
  4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on effectue la combustion et l'utilisation du bitume et/ou du pétrole extra-lourd en un circuit fermé autarcique .
  5. Procédé suivant la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on utilise pour la combustion du bitume et/ou un mélange de bitume constitué de bitume/pétrole léger ou de bitume/solvant (naphta).
  6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme turbine industrielle et une turbine à gaz par laquelle on peut faire brûler des combustibles gazeux différents.
  7. Procédé suivant la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**une préparation de combustible avant les chambres de combustion de la turbine à gaz sert à obtenir, par chauffage du combustible jusqu'à 150°C, une viscosité telle du combustible qu'elle permet l'injection dans les chambres de combustion.
  8. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme turbine industrielle une turbine à vapeur qui peut fonctionner avec la vapeur produite par la combustion du bitume/pétrole extra-lourd.
  9. Procédé suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'on utilise des séparateurs et des filtres pour la préparation de combustible, lesquels éliminent des métaux lourds, des cendres et d'autres particules.
  10. Procédé suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'on monte en amont une colonne de distillation, dont on envoie le distillat à la préparation de combustible de la turbine industrielle, les polyaromatiques les plus lourds (asphaltènes) étant ajoutés
- au bitume produit qui est transporté en tant que produit à la raffinerie.
11. Procédé suivant la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**au lieu d'une colonne de distillation on prévoit un craquage qui dégrade les hydrocarbures à chaînes longues en un combustible valable.
  12. Installation d'extraction de bitume et/ou de pétrole extra-lourd d'un gisement souterrain, qui est chauffé pour diminuer la viscosité du bitume et/ou du pétrole extra-lourd, de la vapeur d'eau étant envoyée et passant dans le gisement d'une part et le gisement étant en outre chauffé électriquement, **caractérisée en ce qu'**il y a une turbine (1, 11) industrielle ayant une génératrice (2) électrique qui la suit, la turbine (1) industrielle pouvant être chauffée par le bitume et/ou le pétrole extra-lourd qui est extrait du gisement (100) souterrain, dans laquelle il est prévu au moins une paire de forages, à laquelle la puissance électrique produite dans la génératrice et la puissance sous forme de vapeur sont envoyées dans le rapport compris entre 1 à 3 et 1 à 4.
  13. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce que** la turbine industrielle est une turbine (1) à gaz.
  14. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce que** la turbine industrielle est une turbine (11) à vapeur.
  15. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce qu'**il y a un stockage (17) intermédiaire souterrain pour le bitume et/ou le pétrole extra-lourd extrait.
  16. Installation suivant la revendication 15, **caractérisée en ce qu'**un dispositif de séparation du mélange eau-bitume/eau-pétrole extra-lourd et pour le traitement du bitume et/ou du pétrole extra-lourd est prévu en amont du stockage (17) intermédiaire.
  17. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce qu'**il y a une installation (4) de commutation pour la commande du dispositif (8, 10, 20, 25) électrique de chauffage.
  18. Installation suivant la revendication 17, **caractérisée en ce que** le dispositif électrique de chauffage est constitué d'au moins un inducteur (10, 20, 25) qui passe dans le gisement (100) sous la forme de boucles électriques fermées les unes par rapport aux autres.
  19. Installation suivant la revendication 12, **caractérisée en ce que** la turbine (1, 11) industrielle est associée à une chaudière (7) de récupération de

la chaleur perdue en tant qu'emmagasinage de chaleur, dont la chaleur emmagasinée sert à l'évaporation de l'eau.

20. Installation suivant la revendication 12 à 19, **caractérisée en ce que** la turbine ( 1, 11 ) industrielle y compris la génératrice ( 2 ) et l'accumulateur ( 16 ) à récupération de la chaleur perdue, ainsi que les unités d'alimentation du dispositif ( 16, 16' ) de préparation de la vapeur et des inducteurs ( 10, 20, 25 ) forment un circuit en réseau. 5  
10
21. Installation suivant la revendication 20, **caractérisée par** un fonctionnement autarcique lors de l'alimentation de la turbine ( 1, 11 ) industrielle en bitume et/ou en pétrole extra-lourd extrait. 15
22. Installation suivant la revendication 17, **caractérisée en ce que** la turbine ( 1, 11 ) industrielle est réglée d'une manière conforme au besoin de chauffage, en calculant dans un dispositif de régulation la chaleur nécessaire au chauffage du réservoir et en envoyant le combustible nécessaire à la turbine ( 1, 11 ) industrielle y compris pour la production d'électricité et de vapeur. 20  
25
23. Installation suivant la revendication 22, **caractérisée en ce que** l'on produit par la turbine ( 1, 11 ) industrielle autant de vapeur qu'il est nécessaire pour le processus et **en ce que** l'on emmagasine la puissance électrique en excès dans le réseau. 30
24. Procédé pour faire fonctionner une installation suivant la revendication 12 ou l'une des revendications 13 à 23, comprenant une turbine à gaz industrielle, des réservoirs distincts de mazout léger ainsi que de bitume et/ou de pétrole extra-lourd et des conduites associées, **caractérisé par** les stades de procédés suivants : 35  
40
- on démarre la turbine industrielle d'abord avec du mazout léger classique,
  - après le démarrage on alimente la turbine industrielle en bitume et/ou en pétrole extra-lourd,
  - on utilise la combustion du bitume et/ou du pétrole extra-lourd pour la production de puissance électrique d'une part et de vapeur d'autre part. 45
25. Procédé suivant la revendication 24, **caractérisé en ce que** l'on utilise du bitume et/ou du pétrole extra-lourd provenant du réservoir intermédiaire. 50
26. Procédé suivant la revendication 24, **caractérisé en ce qu'**avant d'arrêter la turbine ( 1, 11 ) industrielle on passe au fonctionnement au mazout et on balaye le bitume et/ou le pétrole extra-lourd de tous les conduits d'amenée. 55

FIG 1

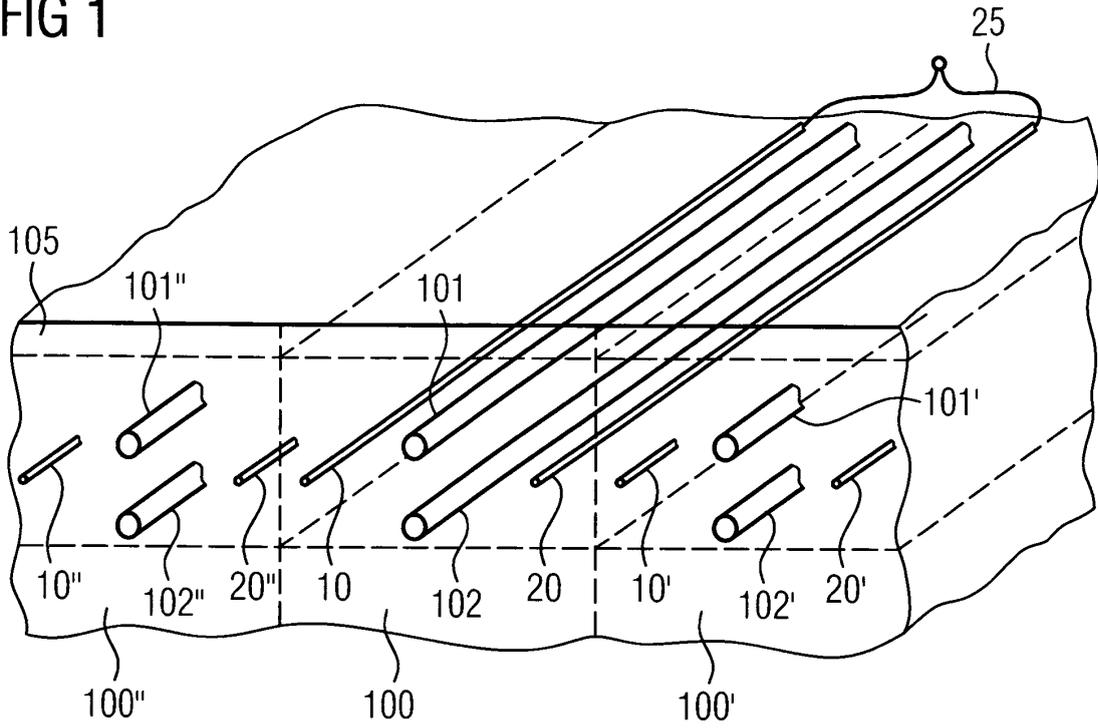


FIG 2

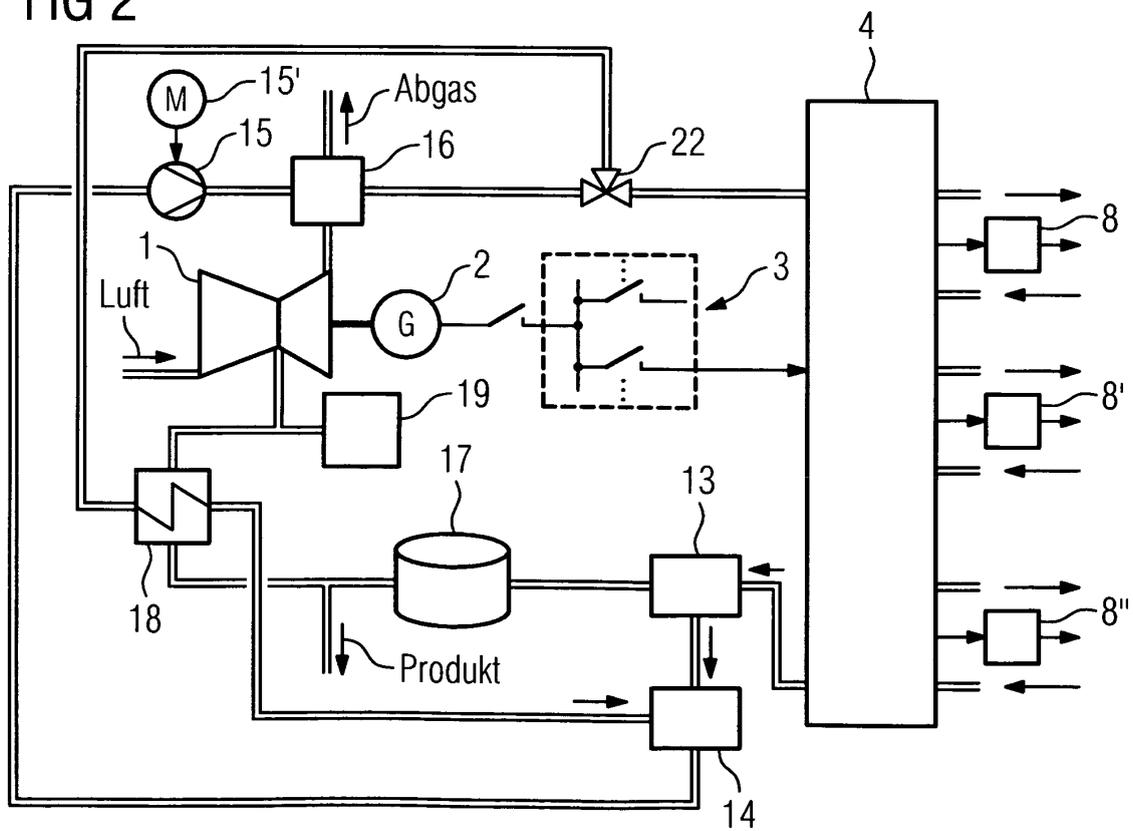
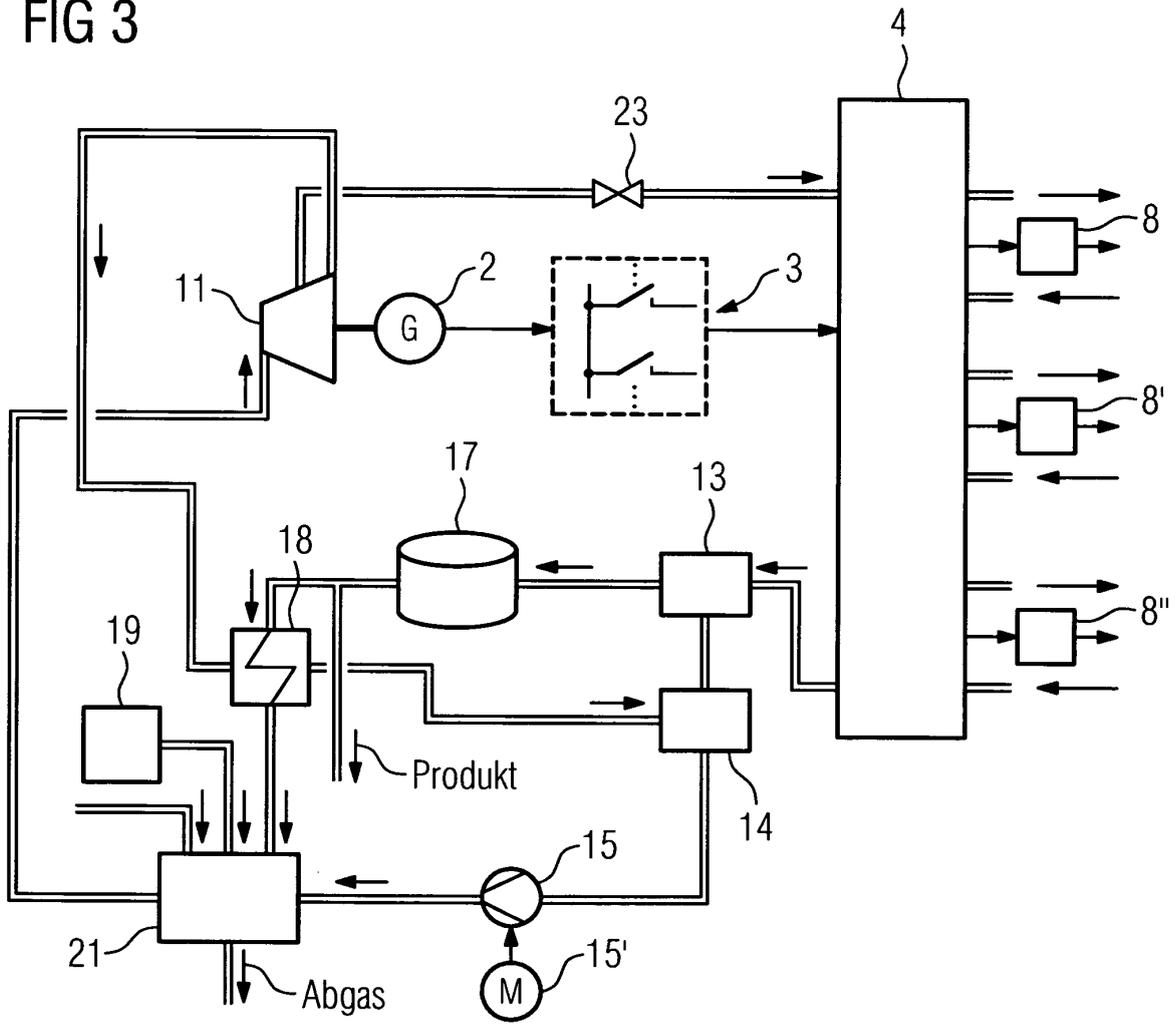


FIG 3



**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 102007008292 A1 [0003]
- DE AZ102007036832 [0003]
- DE AZ102007040605 [0003] [0025]
- DE AZ102007040607 [0003]
- WO 2008098850 A1 [0007]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- *Suncor's Millenium Project aus "Canadas Oilsands and Heavy Oil*, April 2000, 23, <http://www.centre-forenergy.com/documents/187.pdf> [0006]