



(11)

**EP 4 224 087 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.08.2023 Patentblatt 2023/32**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F24T 10/20 (2018.01)**

(21) Anmeldenummer: **22154878.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F24T 10/20; E21B 43/26; E21B 43/30;**  
**F24T 2010/53; F24T 2201/00**

(22) Anmeldetag: **03.02.2022**

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

(71) Anmelder: **Siemens Energy Global GmbH & Co.  
KG  
81739 München (DE)**  
  
(72) Erfinder:  

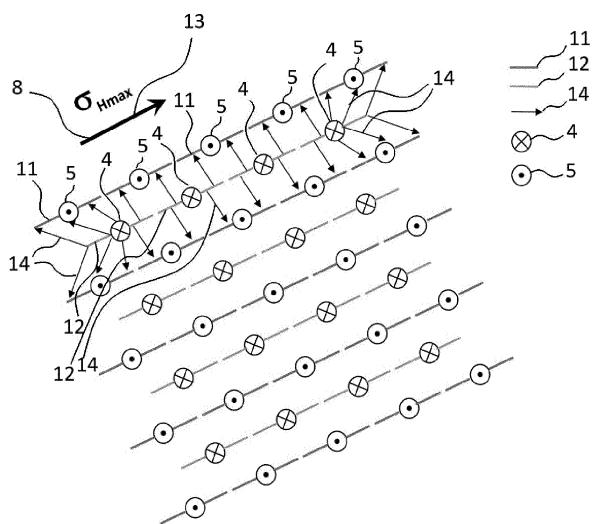
- Wechsung, Michael**  
45470 Mülheim an der Ruhr (DE)
- Schäfer, Dennis**  
46045 Oberhausen (DE)

### (54) VERFAHREN ZUR GEWINNUNG GEOTHERMISCHER ENERGIE

(57) Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir (2), das die folgenden Schritte umfasst:  
- Analyse der Spannungen im Boden;  
- Erstellen einer Übersicht, in der die Richtungen der Spannungen im Boden zu entnehmen sind;  
- Erzeugen von Injektions-Bohrungen (4), die entlang der Richtung (13) der maximalen Spannung (8) angeordnet werden;  
- Erzeugen von Injektionsbohrungs-Rissen (12) im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Injektions-Bohrungen (4);  
- Beströmen der Injektions-Bohrungen (4) mit einem Fluid;

- Ermöglichen, dass das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir (2) absorbiert und dadurch der Wärmeinhalt des Fluids erhöht wird;  
- Erzeugen von Produktions-Bohrungen (5), die entlang der Richtung (13) der maximalen Spannung (8) angeordnet werden;  
- Erzeugen von Produktionsbohrungs-Rissen (11) im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktions-Bohrungen (5);  
- Entfernen von mindestens einem Teil des Fluids mit einem erhöhten Wärmeinhaltes aus dem unterirdischen Reservoir über die Produktions-Bohrungen (5) und  
- Entziehen von Wärme aus dem Teil des Fluids, der einen erhöhten Wärmeinhalt aufweist.

Fig 6:



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir. Die Erfindung kann ebenso zur Nutzung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir eingesetzt werden.

**[0002]** Erneuerbare Energiesysteme wie Wind-, Solar- und geothermische Systeme werden zunehmend erforscht und entwickelt. Bei einem geothermischen System wird die Erdwärme genutzt. Die Erdwärme wird dazu genutzt, um beispielsweise elektrische Energie zu erzeugen. Geothermie ist eine bedeutende erneuerbare Energie.

**[0003]** Bei einem Geothermie-Kraftwerk wird ein Fluid in eine Injektionsbohrung in den Boden gepumpt und über ein Produktionsbohrung wieder gefördert, wobei das erwärmte Fluid zur Energiegewinnung genutzt wird. Häufig wird Wasser als Fluid eingesetzt. Es hat sich aber gezeigt, dass sich durch den Einsatz von überkritischen CO<sub>2</sub> (andere Bezeichnung: superkritisches Kohlenstoffdioxid) als Fluid Vorteile ergeben. Hier wird im Sinne der Erfindung superkritisches Kohlenstoffdioxid als Fluid näher betrachtet.

**[0004]** Im Wesentlichen sind zwei Konzepte von CO<sub>2</sub>-basierten Geothermie-Kraftwerken beschrieben. Zum einen existieren so genannte Enhanced Geothermal Systems (EGS) oder auch Hot Dry Rock (HDR). Beide Verfahren beruhen darauf, in Festgestein in Tiefen über 3.000 m entweder vorhandene Klüfte aufzuweiten oder neue Klüfte in Schwächezonen zu schaffen. Dazu wird ein Verfahren eingesetzt, das als Hydrofracturing bezeichnet wird. Dabei wird ein Fluid mit hohem Druck in den Boden bzw. in das Reservoir gepresst oder injiziert. Häufig wird kristallines Gestein mit diesem Verfahren bearbeitet, wobei im Sinne der Erfindung ebenso sedimentäres Gestein untersucht wurde.

**[0005]** Beim Hydrofracturing tritt ein Bruchereignis in einem Umgebungsgestein einer Bohrung auf in Folge der hydraulischen Einwirkung eines Flüssigkeits- oder Gasdrucks durch ein Fluid. Das Fluid wird dabei mit einem Druck in die zu brechende beziehungsweise zu zerklüftende Schicht gepumpt, um die unterirdische Formation zu trennen oder zu brechen. Hierdurch werden vorhandene Klüfte und Risse, die beim Entstehen der geologischen Formation und bei nachträglichen tektonischen Bewegungen gebildet wurde, aufgeweitet sowie neue Risse, Spalten und Klüfte erzeugt. Die Ausrichtung der induzierten Risse, Spalte und Klüfte ist dabei vor allem vom herrschenden Spannungszustand der unterirdischen Formation abhängig. Die Höhe des Drucks, mit dem das Fluid in die Formation gepumpt wird, ist dabei von den Eigenschaften der Gesteine und den Spannungsfeldern in der unterirdischen Formation abhängig.

**[0006]** Zum anderen werden Systeme beschrieben, welche auch überkritisches CO<sub>2</sub> als Wärmeträgermedium nutzen, wobei bewusst auf Hydrofracturing verzichtet wird. Es soll überkritisches CO<sub>2</sub> nach Möglichkeit

großflächig durch natürlich permeable sedimentäre Schichten fließen.

**[0007]** Der Vorteil dieser Systeme besteht darin, dass das Reservoir in der Fläche und auch im Volumen vergleichsweise gleichmäßig durchströmt wird und so die Wärmekapazität der Gesteine maximal ausgenutzt werden kann. Dies ist insbesondere bei sedimentären Reservoiren sehr wichtig, da die Wärmeleitung von sedimentären Gesteinen gegenüber kristallinem Gestein (z.B. Granit u.Ä.) klein ist und die aus dem Erdkern nachströmende Wärme vergleichsweise gering ist.

**[0008]** Sedimentäre Reservoire sind weltweit vorhanden (ehemalige Öl- und Gaslagerstätten) und erstrecken sich mitunter räumlich über viele Kilometer, teilweise über eine Fläche von 100km x 100km.

**[0009]** Bisher ergibt sich die Leistung eines Geothermie-Kraftwerks entsprechend der Strömungswiderstände in den Bohrungen und dem Reservoir. Insbesondere im Falle einer Reservoir-Permeabilität kleiner 100mD ist der Strömungswiderstand im Reservoir dominierend. Dies kann kompensiert werden mit einer erhöhten Anzahl von Bohrungen, was allerdings sehr kostenintensiv ist.

**[0010]** Die Erfindung hat es sich zur Aufgabe gemacht, ein kostengünstiges Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie anzugeben.

**[0011]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir, das die folgenden Schritte umfasst:

- 30 - Analyse der Spannungen im Boden;
- Erstellen einer Übersicht, in der die Richtungen der Spannungen im Boden zu entnehmen sind;
- Erzeugen von Injektionsbohrungen, die entlang der Richtung der maximalen Spannung angeordnet werden;
- Erzeugen von Injektionsbohrungs-Rissen im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Injektionsbohrungen;
- Beströmen der Injektionsbohrungen mit einem Fluid;
- Ermöglichen, dass das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir absorbiert und dadurch der Wärmeinhalt des Fluids erhöht wird;
- Erzeugen von Produktionsbohrungen, die entlang der Richtung der maximalen Spannung angeordnet werden;
- Erzeugen von Produktionsbohrungs-Rissen im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktionsbohrungen;
- Entfernen von mindestens einem Teil des Fluids mit einem erhöhten Wärmeinhalt aus dem unterirdischen Reservoir über die Produktionsleitungen und
- Entziehen von Wärme aus dem Teil des Fluids, der einen erhöhten Wärmeinhalt aufweist.

**[0012]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0013]** Somit wird vorgeschlagen, ein Verfahren zur

Gewinnung von geothermischer Energie anzugeben, bei dem eine Stimulation, auch als Hydrofracturing bezeichnet, eingesetzt wird, wobei das Verfahren vorzugsweise in sedimentären Reservoiren eingesetzt werden soll. Insbesondere wenn die vertikale Permeabilität, die auch als Durchlässigkeit bezeichnet wird, sehr gering ist, wie zum Beispiel bei Schiefergestein, soll durch das Injizieren von Flüssigkeit unter sehr hohem Druck Risse erzeugt werden. Es wurde erkannt, dass diese Risse in der Ebene der beiden höchsten Spannungen verlaufen; also meist in der Ebene der Vertikalspannung und der maximalen Horizontalspannung.

[0014] In einem Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Analyse durchgeführt, um herauszufinden in welcher horizontalen Richtung die Spannung am größten ist.

[0015] In einer ersten Näherung entspricht die Richtung der höchsten Horizontalspannung auch der Richtung der globalen Plattenbewegung, insbesondere der Kontinentalplattenbewegung. In einer nächsten Näherung zeigt demnach an einem mitteleuropäischen Ort die höchste Horizontalspannung von Süd-Westen nach Nord-Osten.

[0016] Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung ist es, diese Prognose über das Risswachstum zu berücksichtigen.

[0017] Durch Anordnung der Injektions-Bohrungen und der Produktionsbohrungen in Richtung der maximalen Horizontalspannung, werden jeweils zwischen den Injektions-Bohrungen und zwischen den Produktions-Bohrungen Risse erzeugt. Dadurch strömt das überkritische  $\text{CO}_2$  mit geringerem Widerstand in das Reservoir und Druckverluste während des Durchflusses durch das Reservoir werden verringert. Dadurch kann die Fließrate erhöht werden.

[0018] In einer ersten Näherungsrechnung ergibt sich eine Verringerung der Druckverluste über das Reservoir um den Faktor von ca. 2,4. Unter der Annahme, dass die Gesamtenddruckverluste sich zu je einem Drittel auf die Injektions-Bohrungen, die Reservoirdurchströmung und die Produktions-Bohrungen verteilen, lässt sich die Leistung des erfindungsgemäßen Systems um bis zu ca. 30% erhöhen.

[0019] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0020] Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese sollen die Ausführungsbeispiele nicht maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der in

der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0022] Es zeigen:

5 Figur 1 eine sehr vereinfachte schematische Darstellung einer Geothermie-Anlage

Figure 2 eine schematische Darstellung einer herkömmlichen Bohrung

10 Figur 3 eine schematische Darstellung einer Bohrung mit Darstellung eines induzierten Risses

15 Figur 4 eine schematische Darstellung der räumlichen Spannungen

Figur 5 eine schematische Darstellung einer Rissanordnung

20 Figur 6 eine schematische Darstellung einer Verteilung der Injektionsbohrung und Produktionsbohrung

25 [0023] Die Figur 1 zeigt eine sehr vereinfachte Darstellung einer Geothermie-Anlage 1. Solche Geothermie-Anlagen 1 nutzen die in der Erde vorhandene thermische Energie, die unter Anderem in elektrische Energie umgewandelt wird. Geothermie-Anlagen sind in der Literatur bereits häufig beschrieben worden. An dieser Stelle soll solch eine Geothermie-Anlage 1 lediglich vereinfacht dargestellt werden.

[0024] Die Geothermie-Anlage 1 wird zur Gewinnung der geothermischen Energie aus einem unterirdischen Reservoir 2 eingesetzt. Dabei wird an einer Erdoberfläche 3 eine bzw. mehrere Injektions-Bohrungen 4 angesetzt, wobei in der Figur 1 lediglich eine Injektions-Bohrung dargestellt ist. Die Injektions-Bohrung 4 führt zu einer strömungstechnischen Verbindung zwischen der Erdoberfläche 3 und dem unterirdischen Reservoir 2, wo die thermische Energie gespeichert ist.

[0025] Die Injektions-Bohrungen wird mit einem Fluid beströmt, insbesondere mit überkritischem  $\text{CO}_2$ . Das aus der Injektions-Bohrung 4 ausströmende Fluid strömt zu einem Eingang einer Produktions-Bohrung 5. Auf dem Weg von der Injektions-Bohrung 4 zu der Produktions-Bohrung 5 wird ermöglicht, dass das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir 2 absorbiert und dadurch der Wärmeinhalt des Fluids erhöht wird. Das somit erwärmte Fluid strömt durch die Produktions-Bohrung 5 zu einer lokalen Anlage 6, wo die thermische Energie des Fluids verarbeitet wird.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie aus dem unterirdischen Reservoir 2 zeichnet sich durch folgende Schritte aus:

- Analyse der Spannungen im Boden;
- Erstellen einer Übersicht, in der die Richtungen der

- Spannungen im Boden zu entnehmen sind;
- Erzeugen von Injektionsbohrungen 4, die entlang der Richtung 13 der maximalen Spannung 8 angeordnet werden;
- Erzeugen von Injektionsbohrungs-Rissen 12 im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Injektionsbohrungen 4;
- Beströmen der Injektionsbohrungen 4 mit einem Fluid;
- Ermöglichen, dass das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir 2 absorbiert und dadurch der Wärmeinhalt des Fluids erhöht wird;
- Erzeugen von Produktionsbohrungen 5, die entlang der Richtung 13 der maximalen Spannung 8 angeordnet werden;
- Erzeugen von Produktionsbohrungs-Rissen 11 im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktionsbohrungen 5;
- Entfernen von mindestens einem Teil des Fluids mit einem erhöhten Wärmeinhaltes aus dem unterirdischen Reservoir 2 über die Produktionsleitungen 5 und
- Entziehen von Wärme aus dem Teil des Fluids, der einen erhöhten Wärmeinhalt aufweist.

**[0027]** In einem ersten Schritt werden demnach die Spannungen im Boden analysiert. Die Figur 4 zeigt beispielhaft an, welche Spannungen auftreten können. Demnach tritt eine vertikale Spannung  $\sigma_v$  7 auf, die orthogonal zu zwei Horizontalspannungen angeordnet ist, wobei die Horizontalspannungen, die annähernd parallel zur Erdoberfläche ausgerichtet sind, in einer ersten Näherung in eine maximale Horizontalspannung  $\sigma_{H,max}$  8 und in eine orthogonal dazu ausgerichtete minimale Horizontalspannung  $\sigma_{H,min}$  9 eingeteilt wird. Es gilt  $\sigma_v > \sigma_{H,max} > \sigma_{H,min}$ .

**[0028]** In einer weiteren Näherung entspricht die Richtung der höchsten bzw. maximalen Horizontalspannung  $\sigma_{H,max}$  8 auch der Richtung der globalen Plattenbewegung, insbesondere der Kontinentalplattenbewegung. In einer nächsten Näherung zeigt demnach an einem mitteleuropäischen Ort die höchste bzw. maximale Horizontalspannung ( $\sigma_{h,max}$  8 von Süd-Westen nach Nord-Osten).

**[0029]** In einem nächsten Schritt werden Injektionsbohrungs-Risse 12 im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Injektionsbohrungen 4 erzeugt. Ebenso werden in einem nächsten Schritt Produktions-Bohrungs-Risse 11 im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktionsbohrungen 6 erzeugt. Dies wird in der Figur 5 schematisch dargestellt. An einem Ort x wird durch Erzeugen eines hohen Druckes in der Injektions-Bohrung 4 bzw. Produktions-Bohrung 5 ein Riss 10 erzeugt, der in der Figur 5 parabelförmig dargestellt ist. Dabei wächst der Riss 10 in Richtung der maximalen Horizontalspannung 8.

**[0030]** Der Entstehung des Risses 10 soll anhand der

Figuren 2 und 3 näher erläutert werden. Die Figur 2 zeigt eine Injektions-Bohrung 4 oder eine Produktions-Bohrung 5 im Querschnitt gesehen. Der Durchmesser beträgt  $d_w$ . Die Figur 3 zeigt den Zustand der Injektions-Bohrung 4 oder eine Produktions-Bohrung 5 im Querschnitt gesehen nachdem durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktionsbohrungen 5 oder Injektions-Bohrung 4 ein Produktionsbohrungs-Riss 11 bzw. Injektions-Bohrungs-Riss 12 erzeugt wurde. Der Riss 11, 12 breitete sich in beide Richtungen der Bohrung 2, 3 aus. Die in den Figuren 2, 3 gezeigten Pfeile sollen einen Wärmeübergang darstellen. Der durch den Riss 11, 12 entstandene Raum führt zu einer besseren Durchströmung der Bohrungen 2, 3.

**[0031]** Die Figur 6 zeigt eine Draufsicht auf eine Verteilung der Injektionsbohrungen 2 und Produktionsbohrungen 3 des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Gewinnung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir. In einem wesentlichen Schritt wird zunächst analysiert und untersucht in welcher Richtung 13 die maximalen Horizontalspannung  $\sigma_{H,max}$  8 ist. In einem nächsten Schritt werden die Injektionsbohrungen 2 und die Produktionsbohrungen 3 entlang dieser Richtung angeordnet. Der Abstand zwischen den einzelnen Injektionsbohrungen 2 und Produktionsbohrungen 3 hängt dabei von der Größe der Risse 11, 12 ab, die wiederum von der Beschaffenheit des Bodens abhängen. Wie die Figur 6 zeigt sind die Risse 11, 12 derart ausgerichtet, dass sie in die Richtung 13 der maximalen Horizontalspannung ( $\sigma_{H,max}$  8 zeigen). Die Risse 11, 12 sind daher untereinander im Wesentlichen parallel ausgerichtet.

**[0032]** Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Figur 6 lediglich paar Risse mit dem Bezugszeichen 11 und 12 versehen worden. Ebenfalls aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Figur 6 lediglich paar Injektionsbohrungen 2 und Produktionsbohrungen 3 mit dem Bezugszeichen 2 und 3 versehen.

**[0033]** Die Pfeile 14 in Figur 6 symbolisieren die Strömung des Fluids, insbesondere eine Strömung des überkritischen  $\text{CO}_2$ . Auf dem Weg von der Injektionsbohrung 2 zur Produktionsbohrung 3 absorbiert das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir. Dadurch wird der Wärmeinhalt des Fluids erhöht.

45

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung geothermischer Energie aus einem unterirdischen Reservoir (2), das die folgenden Schritte umfasst:

- Analyse der Spannungen im Boden;
- Erstellen einer Übersicht, in der die Richtungen der Spannungen im Boden zu entnehmen sind;
- Erzeugen von Injektions-Bohrungen (4), die entlang der Richtung (13) der maximalen Spannung (8) angeordnet werden;
- Erzeugen von Injektionsbohrungs-Rissen (12)

im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Injektions-Bohrungen (4);  
 - Beströmen der Injektions-Bohrungen (4) mit einem Fluid;  
 - Ermöglichen, dass das Fluid Wärme aus dem unterirdischen Reservoir (2) absorbiert und dadurch der Wärmeinhalt des Fluids erhöht wird;  
 - Erzeugen von Produktions-Bohrungen (5), die entlang der Richtung (13) der maximalen Spannung (8) angeordnet werden; 5  
 - Erzeugen von Produktionsbohrungs-Rissen (11) im Boden durch Injizieren von Flüssigkeit unter hohem Druck in die Produktions-Bohrungen (5);  
 - Entfernen von mindestens einem Teil des Fluids mit einem erhöhten Wärmeinhaltes aus dem unterirdischen Reservoir (2) über die Produktions-Bohrungen (5) und  
 - Entziehen von Wärme aus dem Teil des Fluids, der einen erhöhten Wärmeinhalt aufweist. 10 15 20

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
 wobei der Boden ein sedimentäres Gestein aufweist. 25

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
 wobei das Fluid flüssiger Kohlenstoffdioxid ist, das im Wesentlichen Kohlenstoffdioxidfluid in der überkritischen Phase umfasst oder Kohlenstoffdioxidfluid, das in die überkritische Phase durch das heiße unterirdische Reservoir umgewandelt wird. 30

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
 wobei das Fluid durch die Injektions-Bohrungen (4) und durch die Injektionsbohrungs-Risse (12) strömt. 35

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
 wobei das Fluid durch die Produktions-Bohrungen (5) und durch die Produktionsbohrungs-Risse (11) strömt. 40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
 wobei die Injektions-Bohrungen (4) im Wesentlichen in Injektionsbohrungs-Reihen angeordnet werden. 45

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
 wobei die Produktions-Bohrungen (5) im Wesentlichen in Produktionsbohrungs-Reihen angeordnet werden. 50

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,  
 wobei die Injektionsbohrungs-Reihen zwischen den Produktionsbohrungs-Reihen angeordnet werden. 55

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
 wobei die Produktions-Bohrungen (5) derart angeordnet werden, dass eine Produktions-Bohrung (5) benachbart zu vier Injektions-Bohrungen (4) angeordnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,  
 wobei die Abstände zwischen der Produktions-Bohrung (5) und der jeweils benachbarten Injektions-Bohrungen (4) im Wesentlichen gleich groß sind.

Fig 1:

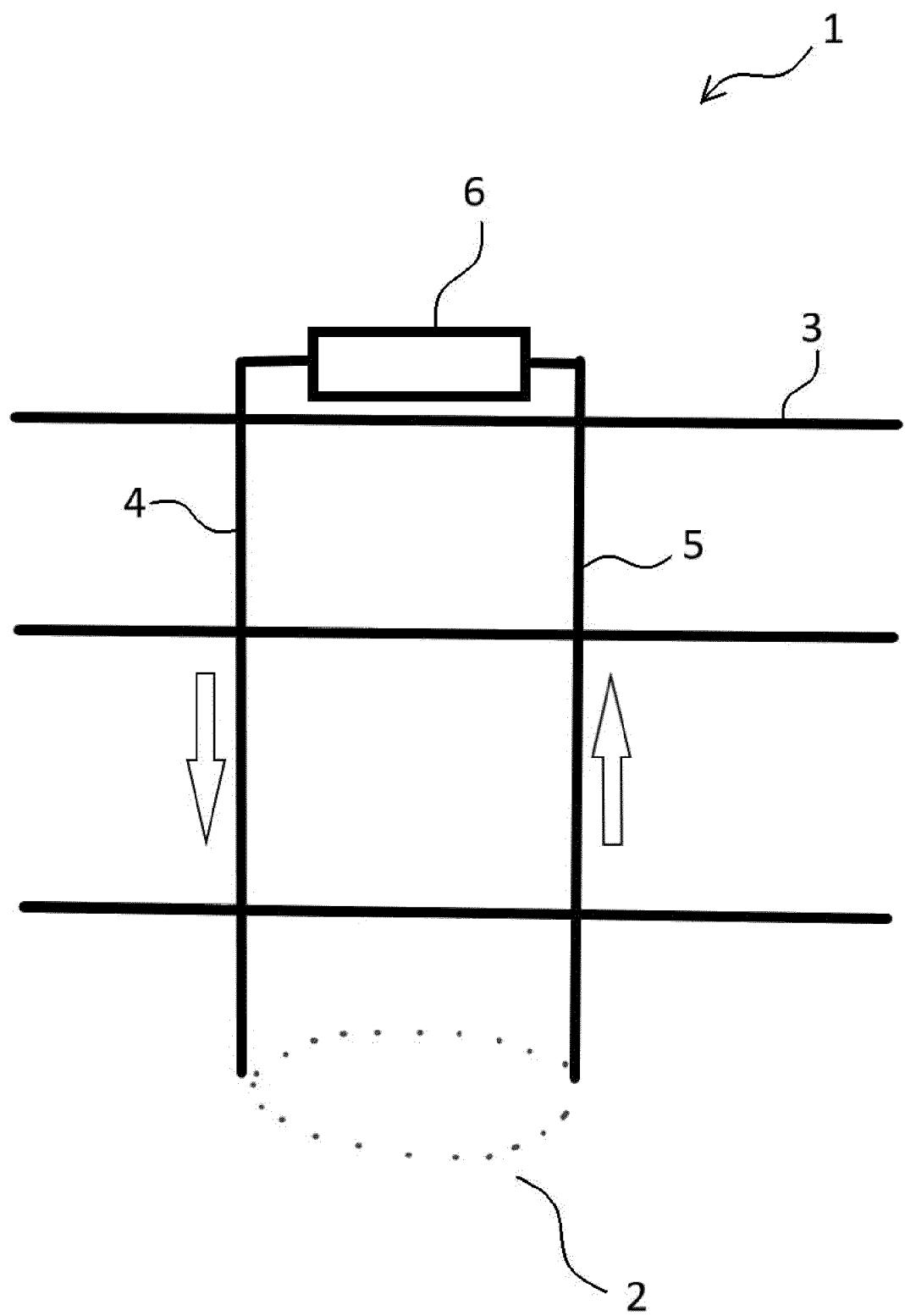


FIG 2

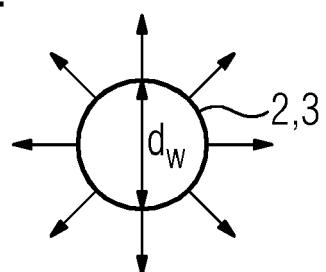


FIG 3

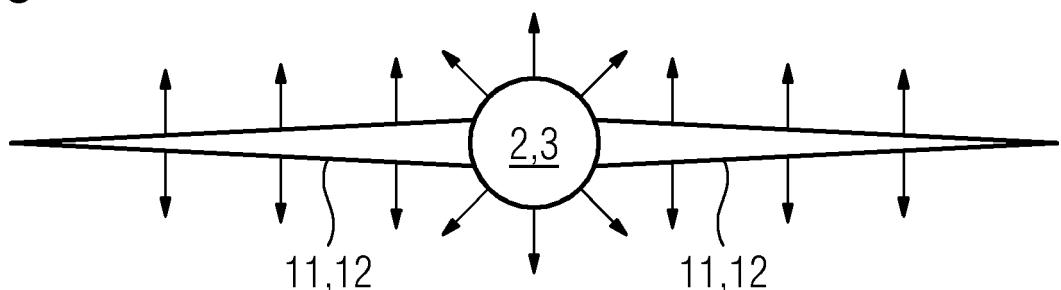


FIG 4

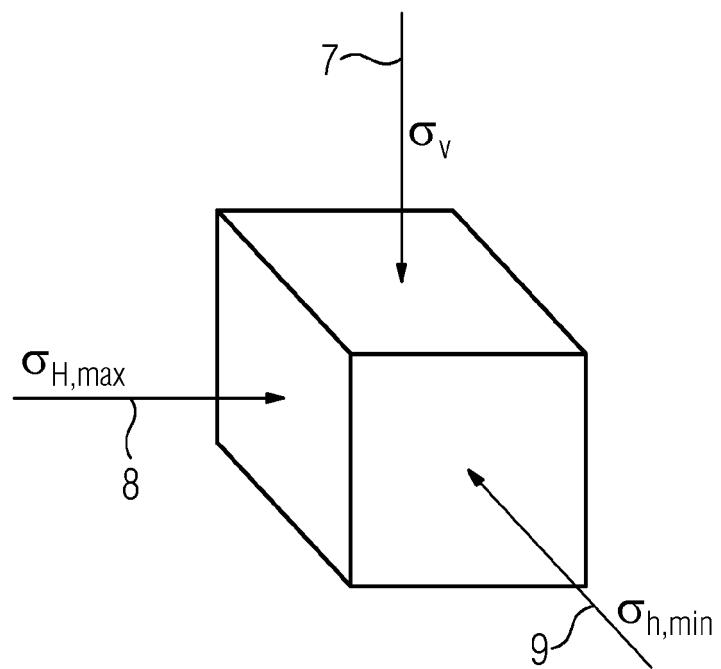


FIG 5

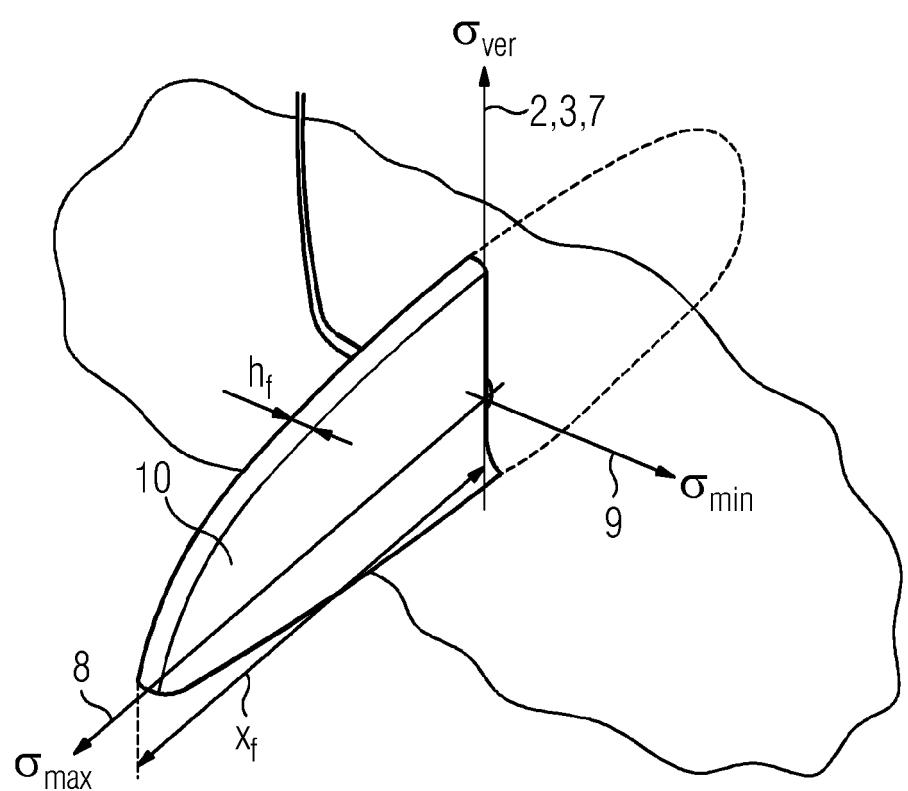
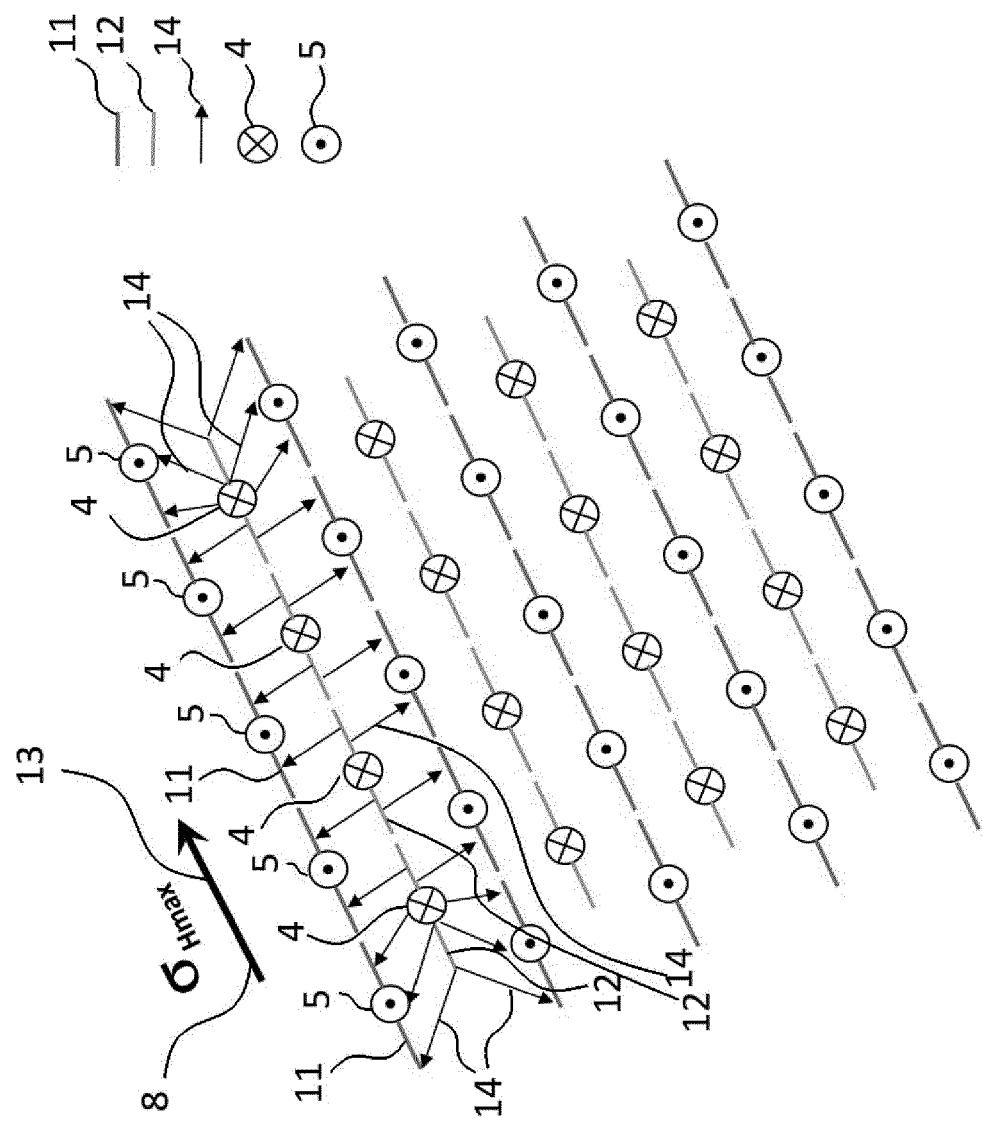


Fig 6.





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 22 15 4878

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	US 2012/198844 A1 (KAMINSKY ROBERT D [US]) 9. August 2012 (2012-08-09) * Absätze [0034], [0045], [0052] - [0062]; Abbildungen * -----	1-10	INV. F24T10/20
15	X	KR 2010 0101059 A (RHEE SHIE WOO [KR]) 16. September 2010 (2010-09-16) * Absätze [0034] - [0057]; Abbildungen * -----	1-10	
20	A	CHEN JILIANG ET AL: "Designing multi-well layout for enhanced geothermal system to better exploit hot dry rock geothermal energy", RENEWABLE ENERGY, PERGAMON PRESS, OXFORD, GB, Bd. 74, 20. August 2014 (2014-08-20), Seiten 37-48, XP029094207, ISSN: 0960-1481, DOI: 10.1016/J.RENENE.2014.07.056 * 2.2-3.3 * -----	1-10	
25	A	MCCLURE MARK W. ET AL: "An investigation of stimulation mechanisms in Enhanced Geothermal Systems", INTERNATIONAL JOURNAL OF ROCK MECHANICS AND MINING SCIENCES, Bd. 72, 1. Dezember 2014 (2014-12-01), Seiten 242-260, XP055948641, United Kingdom ISSN: 1365-1609, DOI: 10.1016/j.ijrmms.2014.07.011 * 1, 4 * -----	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30	A	US 4 889 186 A (HANSON MERLE E [US] ET AL) 26. Dezember 1989 (1989-12-26) * Spalte 4, Zeile 49 - Spalte 6, Zeile 68; Abbildungen * -----	1-10	F24T E21B
35	A	----- -----	1-10	
40	A	----- -----	1-10	
45		Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
1	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	3. August 2022	Oliveira, Casimiro	
50	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 22 15 4878

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	<b>A</b>	<p>US 5 305 829 A (KUMAR MRIDUL [US]) 26. April 1994 (1994-04-26) * Spalte 4, Zeile 33 – Spalte 5, Zeile 42; Abbildungen *</p> <p>-----</p>	1-10	
15				
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)	Recherchenort <b>Den Haag</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>3. August 2022</b>	Prüfer <b>Oliveira, Casimiro</b>
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	

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

EP 22 15 4878

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-08-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	<b>US 2012198844 A1</b>	<b>09-08-2012</b>	<b>AU 2010308522 A1</b> <b>US 2012198844 A1</b> <b>WO 2011049675 A1</b>	<b>10-05-2012</b> <b>09-08-2012</b> <b>28-04-2011</b>
20	<b>KR 20100101059 A</b>	<b>16-09-2010</b>	<b>KEINE</b>	
25	<b>US 4889186 A</b>	<b>26-12-1989</b>	<b>KEINE</b>	
30	<b>US 5305829 A</b>	<b>26-04-1994</b>	<b>KEINE</b>	
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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