

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP2008/051282

International filing date: 01 February 2008 (01.02.2008)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2007 040 606.3  
Filing date: 27 August 2007 (27.08.2007)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2008 (17.03.2008)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung DE 10 2007 040 606.3 über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2007 040 606.3

**Anmeldetag:** 27. August 2007

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur in situ-Förderung von Bitumen oder Schwerstöl

**IPC:** E 21 B 43/24

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 27. August 2007 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Kopierverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 15. Februar 2008  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Weidner

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur in situ-Förderung von Bitumen oder Schwerstöl

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur „in situ“-Förderung von Bitumen oder Schwerstöl aus oberflächennahen Ölsand-Lagerstätten als Reservoir, wobei dem Reservoir Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität des Bitumens oder des Schwerstöls zugeführt wird, wozu Elemente zum Energieeintrag in das Reservoir und Förderrohre zum Auffangen des verflüssigten Bitumens oder Schwerstöls verwendet werden. Daneben bezieht sich die Erfindung auf die zugehörige Vorrichtung, mit wenigstens einem Element zum Energieeintrag und weiterhin einem Förderrohr.

15

Beim in situ-Abbau Verfahren von Bitumen aus Ölsanden mittels Dampf und horizontalen Bohrlöchern entsprechend dem SAGD(Steam Assisted Gravity Drainage)-Verfahren besteht vor allem bei dünnen Bitumen-Schichten das Problem, dass eine wirtschaftlich nur begrenzte Menge Bitumen erschlossen werden kann. Diese liegt im günstigen Fall bei 40 bis 60 % des im Reservoir vorliegenden Bitumens, bei dünnen Schichten aber deutlich niedriger. Grund hierfür ist die begrenzte Breite der sich ausbildenden Dampfkammer, die typischerweise etwa doppelt so breit ist wie hoch. Für eine hohe Ausbeute in flachen Reservoirs (20 bis 30 m) bedeutet dies, dass alle 40 bis 60 m über dem Förderrohr ein Injektionsrohr zum Energieeintrag vorgesehen sein muss. Beide übereinanderliegende Rohre werden in der einschlägigen Technik als sog. Wellpairs bezeichnet.

20

30

Beim Stand der Technik sind Wellpairs in geringen Abständen vorgesehen, was allerdings hohe Kosten für Horizontalbohrungen und für Verrohrungen verursacht. Alternativ wird auf hohe Ausbeuten verzichtet.

35

Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur „in situ“-Förderung vorzuschlagen und eine zugehörige Vorrichtung zu schaffen.

- 5 Die Aufgabe ist bezüglich des Verfahrens erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 und bezüglich der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruches 5 gelöst. Weiterbildungen des Verfahrens und der zugehörigen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10

Gegenstand der Erfindung ist das Einbringen von Wärmeenergie an genau definierten Stellen des Reservoirs, wofür getrennte Wege für den Energieeintrag verwendet werden. Insbesondere durch Einbringen zusätzlicher Horizontalrohre in das Reservoir und eine zusätzliche Aufheizung des sonst kalt bleibenden Bitumens zu realisieren. Da hierzu nicht Rohrpaare sondern nur einzelne Rohre zu verwenden sind, sind vergleichbar niedrige Kosten zu erwarten.

15

- 20 Ausgehend von Erfahrungen mit induktivem Aufheizen von Ölsandreservoirs hat sich gezeigt, dass Bitumen sich großräumig aufheizt und nicht nur in der diskreten Umgebung der Elektroden. Daraus lässt sich ableiten, dass sich durch einzelne zusätzliche Elektroden großräumig Bitumen aufschmelzen lässt, was dann in ein bestehendes „SAGD-Wellpair“ mit Dampfblase einfließen kann und gefördert wird.

5

Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann eine deutlich höhere Bitumenausbeute erzielt werden. Wirtschaftlichkeitsrechnungen versprechen Erfolg. Die Aufheizung durch dieses zusätzliche Horizontalrohr kann von Anfang an, kontinuierlich mit vergleichsweise geringer Leistung oder zeitversetzt mit angepasst höherer Leistung erfolgen. Entscheidend ist, dass der konventionelle SAGD-Prozess mit der sich ausbildenden Dampfchamber nicht durch eine frühzeitige Flutung gestört wird.

30

35

Das spätere Zuschalten einer Zusatzheizung wäre vorteilhaft

auch als Nachrüstlösung für bestehende SAGD-Reservoire zu sehen, die nur einen geringen Ausbeutegrad versprechen.

Das Zusatzheizrohr muss nicht zwangsläufig ein elektrisch betriebenes sein sondern könnte auch ein Injektions-Rohr sein (Figur 4), das im Dampfcycling-Modus betrieben wird, d.h. der Heißdampf wird dabei nicht ins Reservoir entlassen sondern zurückgeführt. Hierdurch entsteht ebenfalls ein Aufheizen, das allerdings nur durch Wärmeleitung sich ins Volumen ausbreitet.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Unteransprüchen.

Es zeigen

Figur 1 eine Schnittdarstellung durch eine Lagerstätte entsprechend dem Stand der Technik,  
Figur 2 eine dreidimensionale Darstellung von Elementareinheiten des Reservoirs als Ölsand-Lagerstätte und  
Figur 3 bis Figur 6 jeweils Querschnitte durch die Lagerstätte entsprechend Figur 1 mit unterschiedlichen Anordnungen zusätzlicher Elemente zum Wärmeeintrag.

In der Figur 1 ist mit einer dicken Linie E die Erdoberfläche angedeutet, unter der eine Ölsand-Lagerstätte L liegt. Üblicherweise ist unter der Erdoberfläche zunächst ein Deckgestein- bzw. -material vorhanden, nach der in vorgegebener Tiefe ein Flöz als Ölsand-Reservoir gefunden wird. Das Flöz hat eine Höhe bzw. Dicke  $h$ , eine Länge von  $l$  und eine Breite  $w$  (width). Das Flöz enthält also das Bitumen bzw. Schweröl und wird nachfolgend kurz als Reservoir bezeichnet. Beim bekannten SAGD-Verfahren sind ein Injektionsrohr 101 für Dampf und ein Förderrohr 102, das auch als Produktionsrohr bezeichnet wird, horizontal am Boden des Reservoirs geführt.

Figur 1 gibt ein Verfahrensschema entsprechend dem Stand der Technik wieder. Extern, d.h. oberhalb des Erdbodens, sind Mittel zur Dampferzeugung vorhanden, auf die im vorliegenden Zusammenhang nicht im Einzelnen eingegangen wird. Durch den Dampf wird die Umgebung des Injektionsrohrs 101 aufgeheizt und das im Ölsand befindliche Bitumen bzw. Schwerstöl in seiner Viskosität verringert. Im Förderrohr 102, die parallel zum Injektionsrohr 101 verläuft, wird das Öl aufgefangen und über den senkrechten Bereich durch das Deckgestein zurückgeführt. Anschließend wird in einer verfahrenstechnischen Anlage 4 eine Ölabtrennung vom Rohbitumen und weitere Aufbereitung, beispielsweise Flotation od. dgl., vorgenommen.

In Figur 2 ist eine Ölsand-Lagerstätte dargestellt, die eine Längenausdehnung  $l$  und eine Höhe  $h$  hat. Es wird eine Breite  $w$  (width) definiert, mit der eine Elementareinheit 100 als Reservoir für Ölsand definiert ist. In der Einheit sind beim Stand der Technik das Injektionsrohr 101 und das Förderrohr übereinander parallel in horizontaler Richtung geführt. Der Ausschnitt aus dem Öl-Reservoir wiederholt sich nach beiden Seiten mehrfach.

In den Figuren 3 bis 6 sind jeweils Querschnitte durch die Lagerstätte entsprechend Figur 1 (Linie IV-IV) bzw. Figur 2 (Sicht von vorne) dargestellt. Gemeinsam sind die Abmessungen  $w \times h$  und die Anordnung des Förderrohres 102 am Boden des Reservoirs 1. Ansonsten sind für die Injektionsrohre und/oder Elektroden jeweils Alternativen dargestellt.

In Figur 3 ist ein Horizontal-Rohr-Paar („Wellpair“) dargestellt, wobei das obere von beiden Rohren, d.h. das Injektionsrohr 101, gegebenenfalls auch als Elektrode ausgebildet sein kann. Zusätzlich ist hier ein weiteres Horizontalrohr 106 vorhanden, das speziell als Elektrode ausgebildet ist.

In den benachbarten Abschnitten sind weiterhin Elektroden 106', 106'', ... vorhanden, so dass sich eine regelmäßig wiederholende Struktur ergibt.

Bei der dargestellten Anordnung erfolgt 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.

Der horizontale Abstand von der Elektrode 106 zum Förderrohr ist  $w/h$ ; der vertikale Abstand der Elektrode 106, 106', ... zu dem well pair, insbesondere Injektionsrohr, beträgt 0,1 m bis etwa 0,9 h. Dabei ergeben sich in der Praxis Abstände zwischen 0,1 m und 50 m.

Aus Figur 3 ist entnehmbar, dass durch das Wellpair mit den Rohren 101, 102 ein vorgegebener 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 in Figur 3 asymmetrisch ist.

Die Figur 4 geht von einer Anordnung wie in Figur 3 aus, wobei hier oberhalb des Wellpairs auf Lücke jeweils Elektroden 107, 107' zwischen zwei Wellpairs angeordnet sind.

Der Ausschnitt aus dem Reservoir, der sich nach beiden Seiten mehrfach wiederholt, entspricht Figur 2. Das Horizontalpaar mit Injektionsrohr 101 und Produktionsrohr 102 ist aus dem Querschnitt ersichtlich. Das weitere Horizontalrohr 107 ist als elektrischer Leiter ausgebildet. Jeweils zwei Leiter 107, 107' stellen die Elektroden für die induktive Bestromung durch elektrisches Verbinden an den Enden dar. Dabei können die Verbindungen außerhalb der Lagerstätte, d.h. oberhalb des Erdbodens, erfolgen.

Bei der Anordnung gemäß Figur 4 beträgt der horizontale Abstand von der Elektrode 107 zu dem Förderrohr 102  $d_1 = w/2$ . Der vertikale Abstand entspricht wiederum dem der Figur 2 mit

etwa typischen Werten von 0,1 m bis 50 m.

Bei Figur 4 ergibt sich eine ähnliche Wärmeverteilung wie in Figur 3, die aber in diesem Fall symmetrisch ausgebildet ist.

5

In der Figur 5 ist die Anordnung gemäß Figur 2 derart angeordnet, dass pro Produktionsrohr 101 zwei Injektionsrohre 108 und 109 vorhanden sind, die gleichermaßen als Elektroden dienen. Damit kann eine induktive Bestromung zwischen zwei benachbarten Elektroden erfolgen, sofern eine Leiterschleife gebildet ist.

10

In der Figur 5 beträgt der horizontale Abstand der Injektionsrohre 108 bzw. 109 zum Förderrohr 102 etwa 0,1 w bis 0,8 w, was Werte von typischerweise 10 m bis 80 m bedeutet. Der vertikale Abstand der Injektionsrohre 108 und 109 zum Förderrohr 102 beträgt 0,2 h bis 0,9 h, was einen Wert von 5 m bis 60 m entspricht.

15

Die Wärmeverteilung ergibt sich in Figur 5 entsprechend der Umrandung A.

20

In Figur 6 ist schließlich eine Anordnung ähnlich wie in Figur 2 dargestellt, bei der zusätzlich zwei Injektionsrohre 111, 111', oberhalb des Wellpairs aus Injektionsrohr 101 und Förderrohr 102 auf Lücke zwischen zwei Wellpairs gesetzt sind, wobei in diesem Fall keine Bestromung erfolgt. Das Injektionsrohr wird so betrieben, dass Dampf zur Oberfläche zurückgeführt wird. Dies entspricht im Wesentlichen dem vom Stand der Technik bekannten Cycling-Modus in der Vorheizphase.

5

30

Im Einzelnen ist wiederum der Ausschnitt aus dem Öl-Reservoir 1 dargestellt, der sich nach beiden Seiten mehrfach wiederholt. Das Wellpair besteht aus dem Injektionsrohr 101 und dem Förderrohr 102 und das zusätzliche Horizontalrohr 111 bzw. 111' wird im Dampf-Cycling-Modus betrieben. Dabei wirkt das sich wiederholende Injektionsrohr 111' für den benachbarten

35



Abschnitt der sich regelmäßig wiederholenden Abschnitte.

Bei der in Figur 6 dargestellten Anordnung ist der horizontale Abschnitt der weiteren Injektionsrohre zum Förderrohr wiederum  $w/h$ ; der vertikale Abstand der zusätzlichen Injektionsrohre 111, 111' zum ersten Injektionsrohr liegt etwa zwischen 0,1 m bis  $0,9 \cdot h$ , was Werten zwischen 0,1 und 50 m entspricht.

In Figur 6 ergibt sich eine Wärmeverteilung mit den Umrandungen entsprechend Figur 4 mit einer symmetrischen Ausbildung aufgrund der sich wiederholenden zum Wellpair auf Lücke gesetzten Injektionsrohren.

Bei den vorstehend anhand der Figuren 3 bis 6 beschriebenen Beispielen ergeben sich durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen verbesserte Wärmeverteilungen über den Querschnitt, wobei der Aufwand vertretbar bleibt. Insgesamt ergeben sich Effizienzverbesserungen, die sich in einer höheren Ausbeute der Ölförderung zeigen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur „in situ“-Förderung von Bitumen oder  
Schwerstöl aus oberflächennahen Ölsand-Lagerstätten (Flözen),  
5 wobei dem Flöz Wärmeenergie zur Verringerung der Viskosität  
des Bitumens oder des Schwerstöls zugeführt wird, wozu zumin-  
dest ein erstes Injektionsrohr zum Energieeintrag und ein  
Förderrohr zum Auffangen des verflüssigten Bitumens oder  
Schwerstöls verwendet werden, die beide übereinander angeord-  
10 net sind, gekennzeichnet mit folgenden Verfahrensschritten:  
- der Energieeintrag erfolgt jeweils in einem vorgebbaren,  
sich wiederholenden Abschnitt des Reservoirs über wenigst-  
ens zwei separate Elemente,  
- dabei wird eine vorgegebene Geometrie der Elemente zum För-  
15 derrohr eingehalten und  
- es werden zumindest über ein Element auch äußere Bereiche  
des Reservoirs mit Wärmeenergie versorgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
20 zum Energieeintrag über zwei separate Elemente ein erstes In-  
jektionsrohr in bekannter Weise zum Einbringen von Dampf ver-  
wendet wird und ein weiteres Rohr als Elektrode zur Bestromung  
verwendet wird, wobei das erste Injektionsrohr und ein  
weiteres Rohr als elektrische Leiterschleife geschaltet wer-  
25 den.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
auch das erste Injektionsrohr gleichermaßen als Leiter zur  
Bestromung verwendet wird.
- 30
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
auch das weitere Rohr als Injektionsrohr zum Einbringen von  
Dampf verwendet wird.
- 35
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch  
1 oder einem der Ansprüche 2 bis 4 mit wenigstens einem För-  
derrohr pro definierter Einheit des Reservoirs, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass das Förderrohr (102) auf dem Grund des Re-

servoirs (100) in horizontaler Richtung verläuft und dass darüber in vorgegebenem Höhenabstand und lateralem Abstand vom Förderrohr (102) wenigstens zwei weitere Elemente zum Energieeintrag (101, 106; 107, 107', 108, 109, 111, 111') in  
5 horizontaler Richtung verlaufen. (Fig. 3 bis 6)

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elementeeinheit der Lagerstätte einen Querschnitt von  $w \times h$  hat, wobei der Höhenabstand des Injektionsrohres (101) vom Förderrohr (102) zwischen  $0,2 h$  und  $0,9 h$  beträgt.  
10 (Fig. 5)

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der laterale Abstand der Injektionsrohre (101) zwischen  $0,1 W$  und  $0,8 W$  beträgt. (Fig. 3)  
15

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche Injektionsrohr (101) zur Dampfbeaufschlagung dient. (Fig. 6)  
20

9. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche Injektionsrohr (101) als Elektrode zur Bestromung dient, wobei wenigstens zwei horizontal geführte Elektroden vorhanden sind. (Fig. 3, 4)  
25

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, 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  
30 Horizontalrohr (106) eine Einheit zur Bestromung bildet.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Horizontal-Rohrpaar (Wellpair) aus einem Produktionsrohr (102) und einem darüberliegenden Injektionsrohr (101) besteht und dass das zusätzliche Horizontal-Rohr (106, 107) als Elektrode ausgebildet ist und mit dem Horizontal-Rohr (106, 107) der benachbarten Elementeeinheit eine Anordnung zur Bestromung bildet.  
35

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass pro Förderrohr (10) zwei Injektionsrohre (103, 104) vorhanden sind, die gleichzeitig als Elektroden  
5 für eine induktive Bestromung dienen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Förderrohr (102) und ein Injektionsrohr ein Rohrpaar (Wellpair) bilden und dass jeweils ein zu-  
10 sätzliches Injektionsrohr oberhalb des Wellpairs auf Lücke zwischen zwei Wellpairs angeordnet ist, über die ein Dampfeintrag erfolgt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,  
15 dass Dampf zur Oberfläche des Reservoirs (1) zurückgeführt wird.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgegebene Einheit des Reservoirs  
20 (1) mit dem Öl-Reservoir sich mehrfach nach beiden Seiten wiederholt.

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur in situ-Förderung von Bitumen oder Schwerstöl

5

Zur in situ-Förderung von Bitumen oder Schwerstöl aus oberflächennahen Ölsand-Lagerstätten wird bisher über ein erstes Injektionsrohr Energie eingebracht und über ein Förderrohr das verflüssigte Bitumen oder Schwerstöl aufgefangen, wobei  
10 beide Rohre übereinander angeordnet sind. Gemäß der Erfindung wird jeweils in einem vorgebbaren, sich wiederholbaren Abstand des Reservoirs Energie über wenigstens zwei Rohre eingebracht, wobei bezogen auf das Wellpair eine vorgegebene Geometrie eingehalten wird. Bei der zugehörigen Vorrichtung ist  
15 über dem auch beim Stand der Technik vorhandenen Injektionsrohr (101) wenigstens ein weiteres Rohr (106, 107, 108, 109, 111) vorhanden, das alternativ als Elektrode oder auch zum Dampfeintrag ausgebildet ist.

20 FIG 2

25

FIG 1

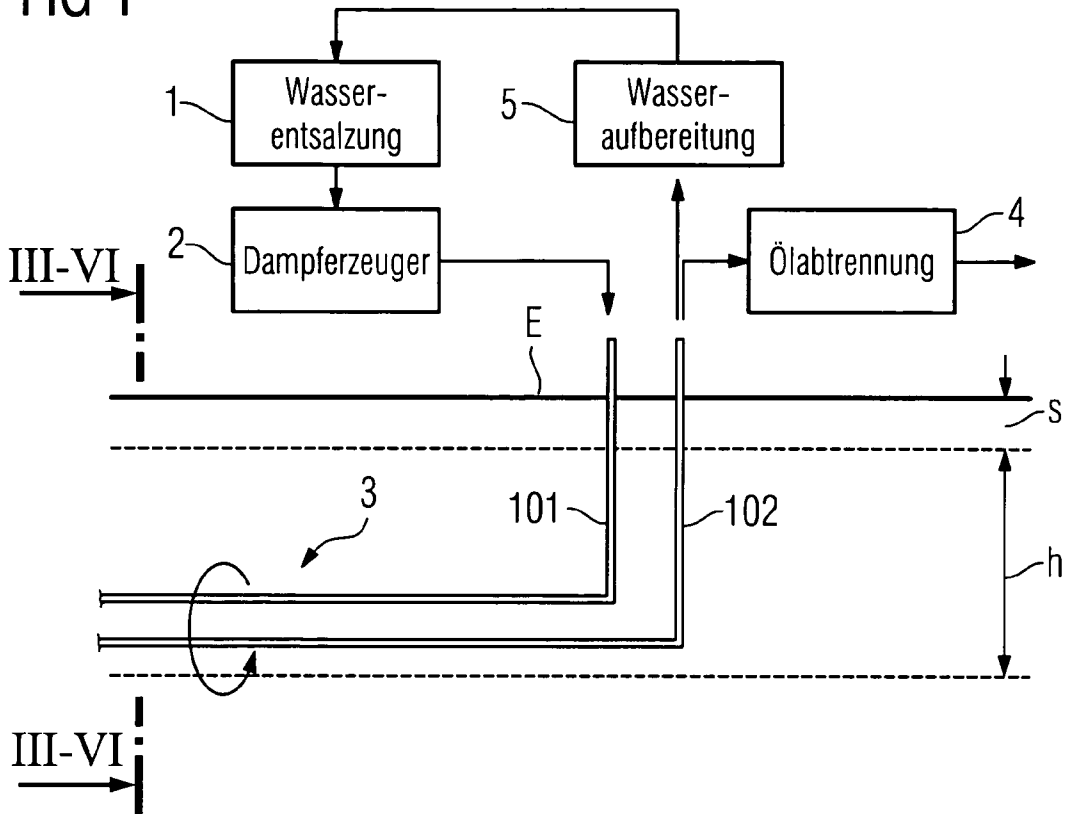


FIG 2

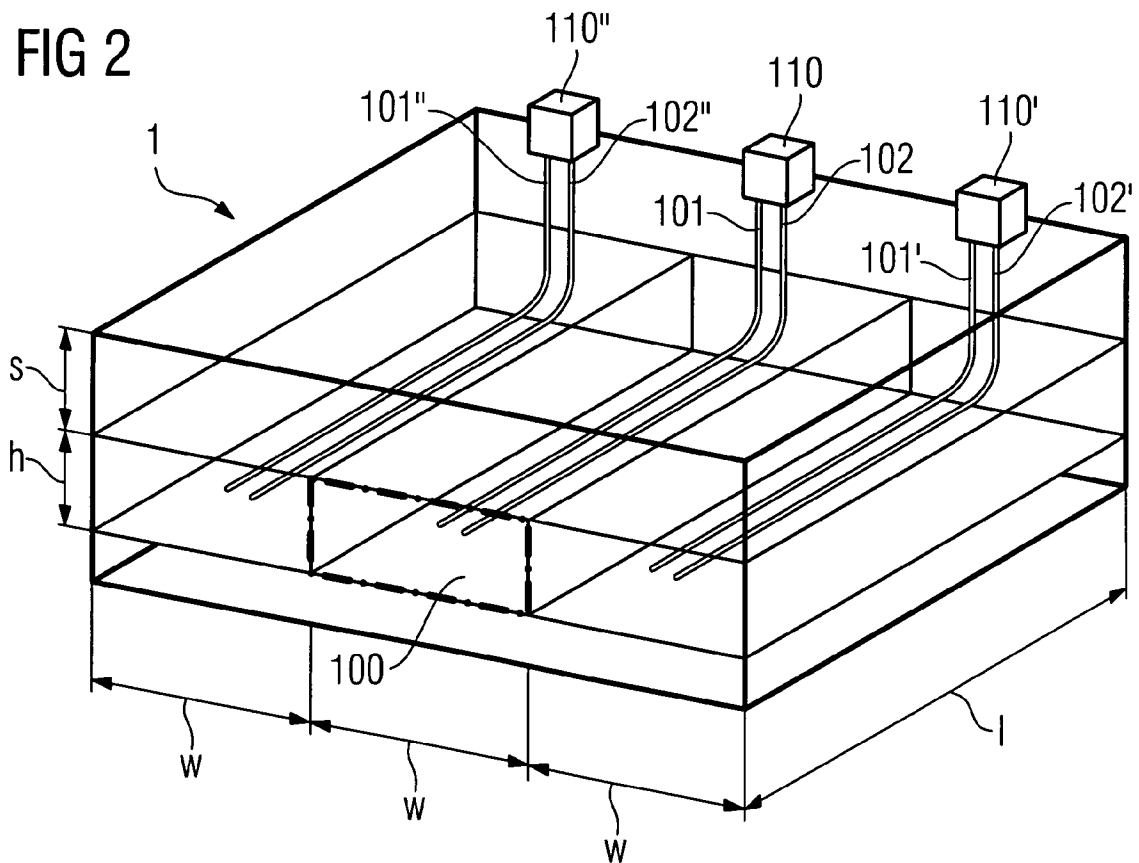


FIG 3

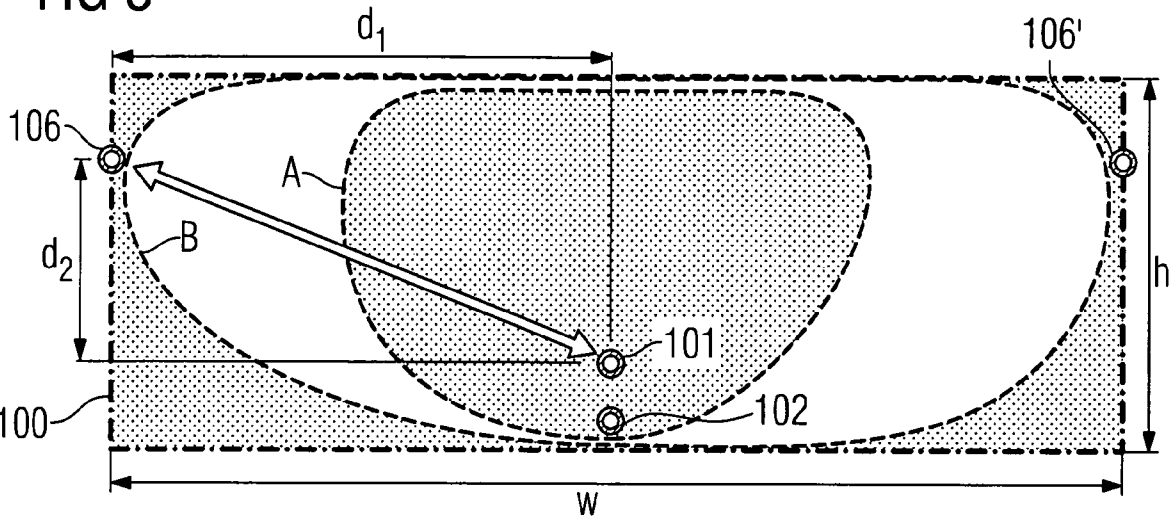


FIG 4

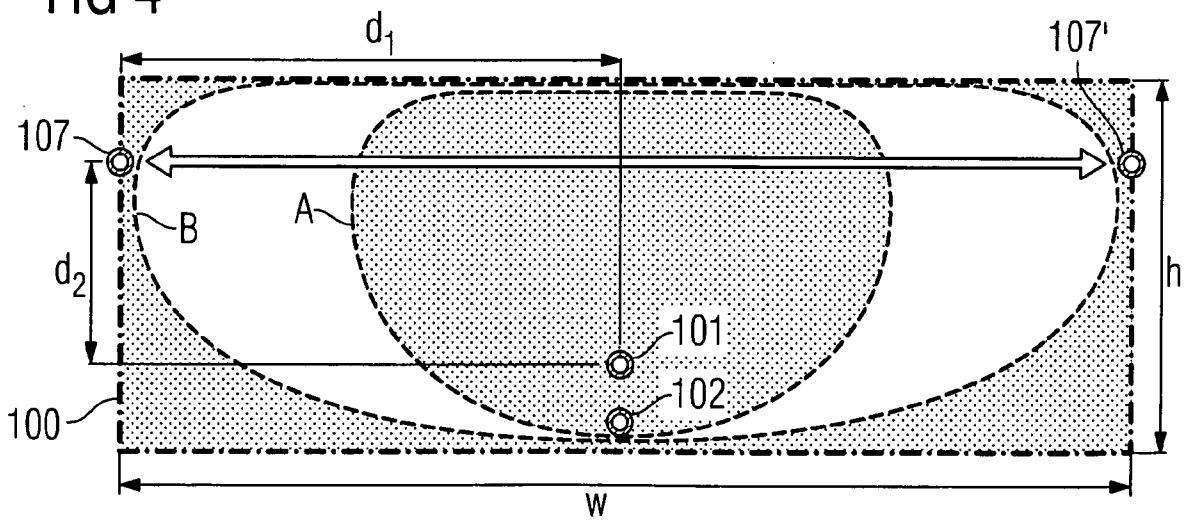


FIG 5

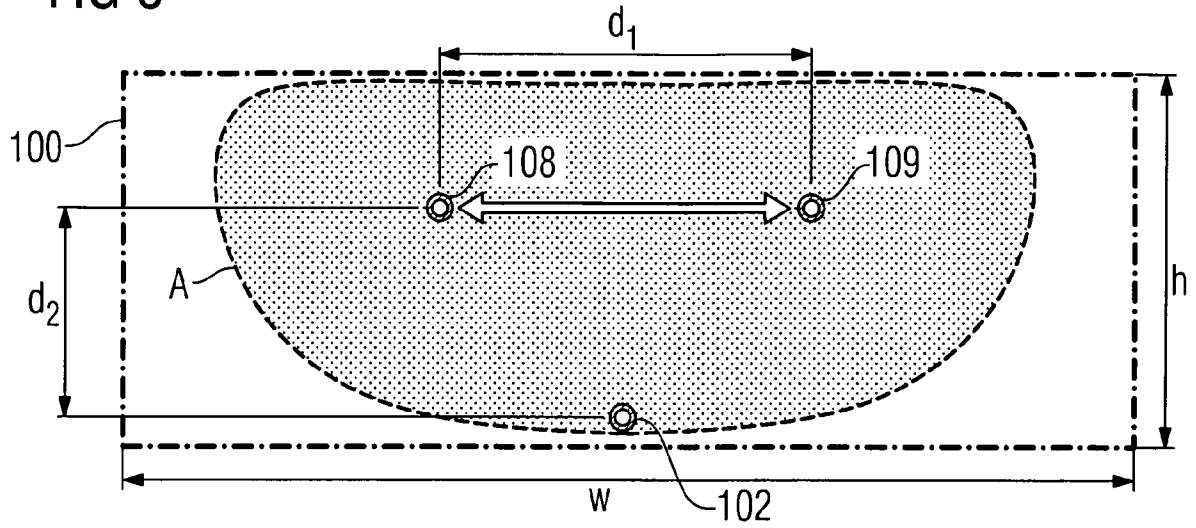


FIG 6

