

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 629 769 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94109174.6**

(51) Int. Cl.⁵: **E21B 43/28, //B65G5:00**

(22) Anmeldetag: **15.06.94**

(30) Priorität: **16.06.93 DE 4319941**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.12.94 Patentblatt 94/51

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DK FR GB NL

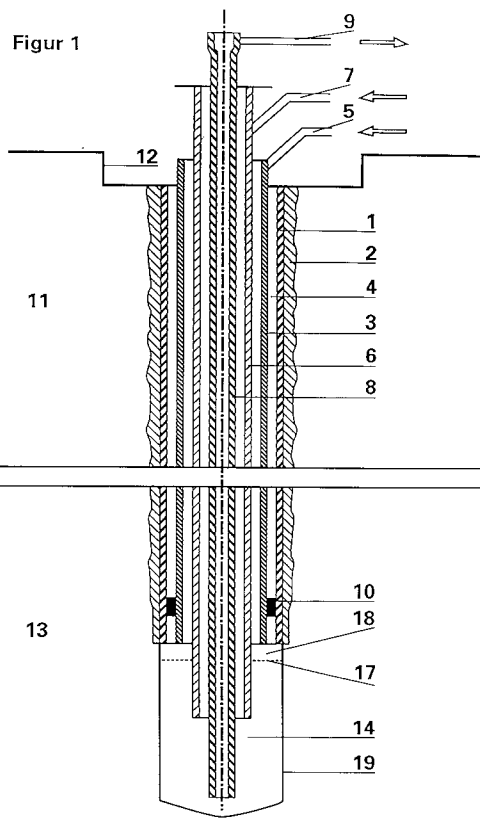
(71) Anmelder: **THYSSENGAS GMBH**
Duisburger Strasse 277
D-47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder: **Schmidt, Thomas, Dr.**
Weidenweg 29
D-47495 Rheinberg (DE)

(74) Vertreter: **König, Reimar, Dr.-Ing. et al**
Patentanwälte Dr.-Ing. Reimar König
Dipl.-Ing. Klaus Bergen,
Wilhelm-Tell-Strasse 14
D-40219 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Aussolen von Kavernen in Salzformationen.**

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Aussolen von Salzkavernen für das Speichern von Erdgas unter Verwendung von Erdgas als Blanketmedium mit einer im Deckgebirge (11) und im Salzstock (13) bis zum Kavernendach (15) einzementierten Rohrtour (1), einer darin abgedichtet eingehängten, ebenfalls bis zum Kavernendach reichenden Gasfördertour (3), einer den Ringraum zwischen den Rohrtouren ausfüllenden Schutzflüssigkeit, einer in die Gasfördertour eingehängten, längenveränderlichen, bis unterhalb des Blanketspiegels reichenden äußeren Spülrohrtour (6) und einer darunter befindlichen, in die äußere Spülrohrtour eingehängten, längenveränderlichen, inneren Spülrohrtour (8).



EP 0 629 769 A2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aussolen von Salzkavernen für das Speichern von Erdgas.

Das Aussolen von Kavernen im Salzgestein dient neben der Solegewinnung für die industrielle Weiterverarbeitung dem Erstellen von Hohlräumen für das Speichern flüssiger oder gasförmiger Stoffe sowie zum Deponieren. Dem Erstellen von Kavernen zum Speichern von Erdgas mit einem nutzbaren Volumen bis 700.000 m³ kommt bei der Energieversorgung kommunaler und industrieller Abnehmer eine große Bedeutung zu. Bei der bisher angewandten Solstechnologie sind die Teufenlage und die geometrische Form der Salzkaverne durch den Gebirgsaufbau sowie durch eine geomechanische Berechnung und Bewertung vorgegeben.

Für das Aussolen wird zunächst eine Kavernenbohrung mit anschließendem Kavernenschlauch durch das Deckgebirge hindurch bis in den Salzstock abgeteuft und durch eine bis zum Kavernendach reichende, einzementierte Rohrtour gesichert. In diese einzementierte Rohrtour werden zwei konzentrisch ineinandergehängte Spülrohrstränge, die äußere Spülrohrtour, eingebaut. Über den Ringraum zwischen der äußeren Spülrohrtour und der einzementierten Rohrtour wird ein Blanketmedium eingepumpt. Dieses Blanketmedium besteht aus Mineralöl, beispielsweise leichtem Heizöl oder einem verflüssigten Propan-Butan-Gemisch. Aufgrund der geringeren Dichte gegenüber der Sole deckt das Blanketmedium während des Aussolens das aktuelle Kavernendach ab und verhindert dadurch, daß ein Aussolen in der an sich bevorzugten Auflösungsrichtung nach oben stattfindet. Auf diese Weise ist ein kontrolliertes Aussolen im darunter liegenden Kavernenbereich gewährleistet.

Grundsätzlich stehen zwei Solverfahren und deren Kombination zur Verfügung. Beim indirekten Aussolen wird Frischwasser durch den Ringraum der beiden Spülrohre in die Kaverne eingeleitet und steigt, während es sich mit der bereits vorhandenen Sole mischt, zum jeweiligen Kavernendach auf. Die nur teilgesättigte Sole fließt unter weiterer Aufkonzentration im Bereich der Kavernenwand abwärts und wird mit der höchsten Sättigung durch die innere Spülrohrtour im Kavernentiefsten abgezogen.

Beim direkten Solen wird das Frischwasser durch die innere Spülrohrtour in die Kaverne gepumpt, strömt außerhalb des inneren Rohres aufgrund der geringeren Dichte gegenüber der Sole zum jeweiligen Kavernendach auf, konzentriert sich auf dem Weg dorthin auf und wird im Ringraum zwischen beiden Spülrohren wieder aus der Kaverne abgezogen. In der Regel läßt sich beim direkten Solen keine gesättigte Sole produzieren.

In der Praxis wird das Aussolen normalerweise als Kombination beider Verfahren unter Zuhilfenah-

me eines rechnergestützten Sol simulationsverfahrens durchgeführt.

Die soltechnische Entwicklung der Kaverne ist abhängig von dem jeweiligen Solverfahren - direkt oder indirekt -, und von der Absetzteufe der Spülrohre sowie der Solrate. Der Blanketspiegel wird während der einzelnen Aussolphasen möglichst in gleicher Teufe gehalten. Der Einsatz von größeren Blanketmengen zum Abdecken großer Volumenbereiche ist mit den bereits erwähnten Blanketmedien mit erheblichen finanziellen Aufwendungen verbunden. Um beispielsweise für eine im Vergleich zum eingangs erwähnten Volumen kleine Kaverne mit einem Volumen von 150.000 m³ den oberen Drittelbereich mit leichtem Heizöl abzudecken, sind ca. 50.000 m³ leichtes Heizöl mit Kosten in Höhe von ca. 25 Mio DM erforderlich. Dies ist wirtschaftlich nicht vertretbar.

Die beim Aussolen von Kavernen entstehende Sole wird entweder zur industriellen Weiterverarbeitung abgeleitet, in tiefe Gesteinsschichten abgesenkt oder umweltgerecht ins Meer oder in seenehe Flußsysteme gepumpt.

Nach Beendigung des Aussolens und dem echometrischen Endvermessen der Kaverne werden die Spülrohre ausgebaut und die Untertageausrüstung für den späteren Gasbetrieb eingebaut sowie der Gasförderkopf aufgebaut.

Vor dem Beginn des Gaseinspeicherns muß die nach dem Aussolen noch in der Kaverne befindliche Sole mit dem Speichermedium Gas verdrängt werden. Hierzu wird ein Soleauslagerungsstrang bis zum Kavernenboden in die Bohrung eingebaut. Das Gas wird über den Ringraum zwischen der Gasfördertour und dem Soleauslagerungsstrang eingepreßt und verdrängt die Sole über den Soleauslagerungsstrang bis übertage. Nach Beendigung der Soleverdrängung wird der Soleauslagerungsstrang mit Hilfe einer Hochdruckschleuse gezogen. Von diesem Zeitpunkt an steht die Kaverne für den Gasbetrieb zur Verfügung.

Das Einspeichern von Erdgas in eine Kaverne erfolgt in der Weise, daß Erdgas aus dem Netz, beispielsweise einer Gasfernleitung, über eine Meßstation und einen vorgeschalteten Abscheider einem Verdichter zugeführt wird. Nach dem Komprimieren auf Kavernendruck geht der weitere Weg über eine Betriebsmessung und Gasfeldleitungen in die Kavernenbohrung.

Das Ausspeichern von Erdgas aus einer Kaverne erfolgt in der Weise, daß das Erdgas über die Gasfeldleitungen, die Betriebsmessung und den Abscheider sowie eine Vorwärmung in eine Entspannungsregelung gelangt. Hier wird das Erdgas von dem hohen Kavernenkopfdruck auf den in der Regel niedrigeren Gasfernleitungsdruck entspannt. Der Regelung nachgeschaltet ist eine Gastrocknung und nochmals eine Übergabemessung zum

Registrieren der in das Netz eingespeisten Gasmenge.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Aussolen von Salzkavernen für das Speichern von Erdgas zu schaffen, das sich kostengünstig durchführen läßt.

Ausgehend von diesem Problem wird ein Verfahren vorgeschlagen, das erfindungsgemäß das bei den in der Kaverne herrschenden Drücken und Temperaturen gasförmig bleibende spätere Speichermedium Erdgas als Blanketmedium verwendet.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß das spätere Speichermedium Erdgas dem Betreiber in unbegrenzter Menge und zu Selbstkosten zur Verfügung steht und sich daher mit Vorteil als Blanketmedium verwenden läßt. Da das Erdgas bei der Verwendung als Blanketmedium nicht verlorengeht, läßt sich eine Kaverne durch Nachpressen von Erdgas, auch in größeren Mengen, und damit bewirktes, gezieltes Absenken des Blanket spiegels von oben nach unten soltechnisch entwickeln, wobei sich schlecht solende Teufenbereiche der Kaverne mit dem ohnehin zur Verfügung stehenden Erdgas abdecken lassen, während ein Nachsolen bereits im Gasbetrieb befindlicher Kavernen in beliebigen Teufen ebenfalls möglich ist.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens kann zum Aussolen eine für den späteren Gasbetrieb vorgesehene, eine Gasfördertour aufweisende Untertageausrüstung mit einem übertage befindlichen Gasförderkopf und konzentrischen, längenveränderlichen Spülrohrturen in das Deckgebirge eingebracht und das Aussolen über die Spülrohrturen durchgeführt werden. Dabei wird das in der ausgesolten Kaverne zu speichernde, bei den in der Kaverne herrschenden Drücken und Temperaturen gasförmig bleibende Speichermedium Erdgas als Blanketmedium mit einem solchen Druck in die Kaverne eingespeichert, so daß sich ein vorgegebener Blanketspiegel einstellt. Die freien Enden der inneren und/oder der äußeren Spülrohrturen werden in Abhängigkeit vom einzustellenden Blanket spiegels verschoben, und die Spülrohrturen verbleiben nach Beendigung des Aussolens in der Gasfördertour.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Aussolen von Salzkavernen besteht aus einer in das Deckgebirge und den Salzstock bis zum Kavernendach einzementierten Rohrtour, einer darin abgedichtet eingehängten, ebenfalls bis zum Kavernendach reichenden Gasfördertour, einer den Ringraum zwischen den Rohrtouren ausfüllenden Schutzflüssigkeit, einer in die Gasfördertour eingehängten, längenveränderlichen, bis unterhalb des Gasblanketspiegels reichenden äußeren Spülrohrtour und einem in die äußere Spülrohrtour eingehängten, längenveränderlichen inneren Spülrohr.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht somit bereits aus der Untertageausrüstung für den späteren Gasbetrieb und dem übertage befindlichen Gasförderkopf; sie weist zusätzlich nur die äußere Spülrohrtour und die innere Spülrohrtour auf, um die Kaverne aussolen zu können.

Diese Rohre können nach Beendigung des eigentlichen Solprozesses in der Gasfördertour verbleiben, so daß ein späteres Nachsolen von bereits im Gasbetrieb befindlichen Kavernen in beliebigen Teufen möglich ist.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und der dabei verwendeten Vorrichtung besteht darin, daß sich das Blanketmedium Erdgas jederzeit zu Versorgungszwecken aus der teilgesolten Kaverne entnehmen bzw. in die Kaverne einspeichern läßt. Hierzu muß das Aussolen allerdings zeitweise unterbrochen werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 den Beginn des Aussolens nach dem Abteufen der Kavernenbohrung,
- Fig. 2 eine Kaverne, nachdem sie zu etwa einem Drittel fertiggestellt ist,
- Fig. 3 die Kaverne, nachdem sie etwa zu zwei Dritteln fertiggestellt ist, mit einer Fehlsolung,
- Fig. 4 eine Darstellung der Beseitigung einer Fehlsolung und
- Fig. 5 die im wesentlichen fertiggestellte Kaverne.

Zum Herstellen einer Kaverne wird an der Oberfläche zunächst nach dem Einrammen eines kurzen Standrohres ein Bohrkeller 12 angelegt, von dem eine Kavernenbohrung durch das Deckgebirge 11 in eine Salzlagerstätte 13 bis auf das erforderliche Niveau abgeteuft wird. Eine bis zutage (bis zur Oberfläche) zementierte und im festen Gestein des Deckgebirges abgesetzte Ankerrohrtour wird in die Bohrung eingebaut (Standrohr und Ankerrohrtour sind in den Zeichnungen nicht dargestellt). Danach wird eine äußere Rohrtour 1 in diese Bohrung eingebracht. Sie reicht bis oberhalb des Dachbereiches der auszusolenden Kaverne. Eine bis zur Oberfläche durchgeführte Zementation 2 ist für die Dichtigkeit der Rohrtour 1 gegenüber dem Erdgas in der Kaverne verantwortlich. In die äußere Rohrtour 1 ist eine Gasfördertour 3 eingehängt, die gegenüber der äußeren Rohrtour 1 im unteren Bereich durch einen Packer 10 abgedichtet ist. Der Ringraum zwischen der äußeren Rohrtour 1 und der Gasfördertour 3 ist durch eine Schutzflüssigkeit 4 ausgefüllt. An die Gasfördertour 3 ist eine Druckleitung 5 für Erdgas als Blanketmedium angeschlossen. Diese Druckleitung 5 steht im übrigen mit der oberirdischen Anlage zum Ein- und Ausspeichern

von Erdgas in Verbindung.

In die Gasfördertour 3 sind eine äußere Spülrohrtour 6 und eine innere Spülrohrtour 8 eingehängt; die äußere Spülrohrtour 6 steht beim indirekten Solverfahren mit einer Druckleitung 7 für Frischwasser sowie beim direkten Aussolen für Sole und die innere Spülrohrtour 8 mit einer Druckleitung 9 - beim indirekten Solverfahren für Sole sowie beim direkten Aussolen für Frischwasser - in Verbindung.

Um eine Kaverne auszusolen wird beim indirekten Aussolen - wie in den Zeichnungen dargestellt - Frischwasser über die Druckleitung 7 und den Ringraum zwischen der inneren Spülrohrtour 8 und der äußeren Spülrohrtour 6 bis in etwa die Höhe eines Kavernenschlauchs 19 zugeführt. Über die Druckleitung 5 und die Gasfördertour 3 wird komprimiertes Erdgas 18 ebenfalls in den Kavernenschlauch 19 geleitet, und zwar so viel, daß sich ein Blanketspiegel 17 in einer das Kavernendach bestimmenden Höhe einstellt. Der in dieser Phase zu solende Kavernenbereich 14 befindet sich unterhalb des Gasblanketspiegels. Das aus dem äußeren Spülrohr 6 austretende Frischwasser steigt bis zum Blanketspiegel 17 auf, strömt von dort an der Kavernenschlauchwandung nach unten, löst dabei das Salz der Wandung und gelangt in die innere Spülrohrtour 8, deren Ende oberhalb des jeweiligen Kavernenbodens 16 angeordnet ist, und steigt dann in der inneren Spülrohrtour 8 bis zur Druckleitung 9 auf, von wo es zur industriellen Weiterverarbeitung oder Entsorgung abgeleitet wird.

Das direkte Aussolen unterscheidet sich von indirekten Solverfahren dadurch, daß das zum Solen der Kaverne notwendige Frischwasser durch die Druckleitung 9 und die innere Spülrohrtour 8 in die Kaverne eingeleitet wird und zum Blanketspiegel 17 aufsteigt. Die aufgesättigte Sole gelangt dann über den Ringraum der inneren Spülrohrtour 8 und der äußeren Spülrohrtour 6 in die Druckleitung 7.

Aus Fig. 2 ist ersichtlich, wie sich durch Einstellen des Blanketspiegels 17 ein Kavernendach 15 in gewünschter Lage entwickelt, ohne dabei in unerwünschter Weise nach oben zu wandern.

In Fig. 3 ist die Kaverne zu etwa zwei Dritteln fertiggestellt, wobei sich eine Fehlsolung 20 ergeben hat. Diese Fehlsolung läßt sich gezielt beseitigen, indem durch Einpressen von Erdgas der Blanketspiegel 17 so weit abgesenkt wird, wie in Fig. 4 dargestellt, daß die Fehlsolung 20 ausgesolt wird, ohne daß die darüber liegenden Bereiche mit der Sole in Berührung kommen.

Die fertige Kaverne 14 ist aus Fig. 5 ersichtlich; sie ist größtenteils noch mit Sole gefüllt, die durch Einpressen von Erdgas 18 durch die innere Spülrohrtour 8 entfernt wird.

Sowohl die äußere Spülrohrtour 6 als auch die innere Spülrohrtour 8 lassen sich in der Kaverne so höhenverstellen, daß das Aussolen mit Bezug auf den Blanketspiegel 17 und das gewählte Solverfahren (indirekt oder direkt) stets in der wirksamsten Weise abläuft.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aussolen von Salzkavernen für das Speichern von Erdgas, gekennzeichnet durch die Verwendung des bei den in der Kaverne herrschenden Drücken und Temperaturen gasförmig bleibenden späteren Speichermediums Erdgas als Blanketmedium.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
 - zum Aussolen eine für den späteren Gasbetrieb vorgesehene, eine Gasfördertour aufweisende Untertageausrüstung mit einem übertage befindlichen Gasförderkopf und konzentrischen, längenveränderlichen Spülrohrturen in das Deckgebirge eingebracht,
 - das Aussolen über die Spülrohrturen durchgeführt wird, dabei
 - das in der ausgesolten Kaverne zu speichernde, bei den in der Kaverne herrschenden Drücken und Temperaturen gasförmig bleibende Speichermedium Erdgas als Blanketmedium mit einem solchen Druck in die Kaverne eingespeichert wird, daß sich ein vorgegebener Blanketspiegel einstellt,
 - die freien Enden der inneren und/oder der äußeren Spülrohrtour in Abhängigkeit vom einzustellenden Blanketspiegel verschoben werden und
 - die Spülrohrturen nach Beendigung des Aussolens in der Gasfördertour verbleiben.
3. Vorrichtung zum Aussolen von Salzkavernen für das Speichern von Erdgas mit
 - einer im Deckgebirge (11) und im Salzstock (13) bis zum Kavernendach (15) einzementierten Rohrtour (1),
 - einer darin abgedichtet eingehängten, ebenfalls bis zum Kavernendach reichenden Gasfördertour (3),
 - einer den Ringraum zwischen der einzementierten Rohrtour und der Gasfördertour ausfüllenden Schutzflüssigkeit,
 - einer in die Gasfördertour eingehängten, längenveränderlichen, bis unterhalb des Blanketspiegels reichenden äußeren Spülrohrtour (6) und

- einer in die äußere Spülrohrtour eingehängten, längenveränderlichen, inneren Spülrohrtour (8).

5

10

15

20

25

30

35

40

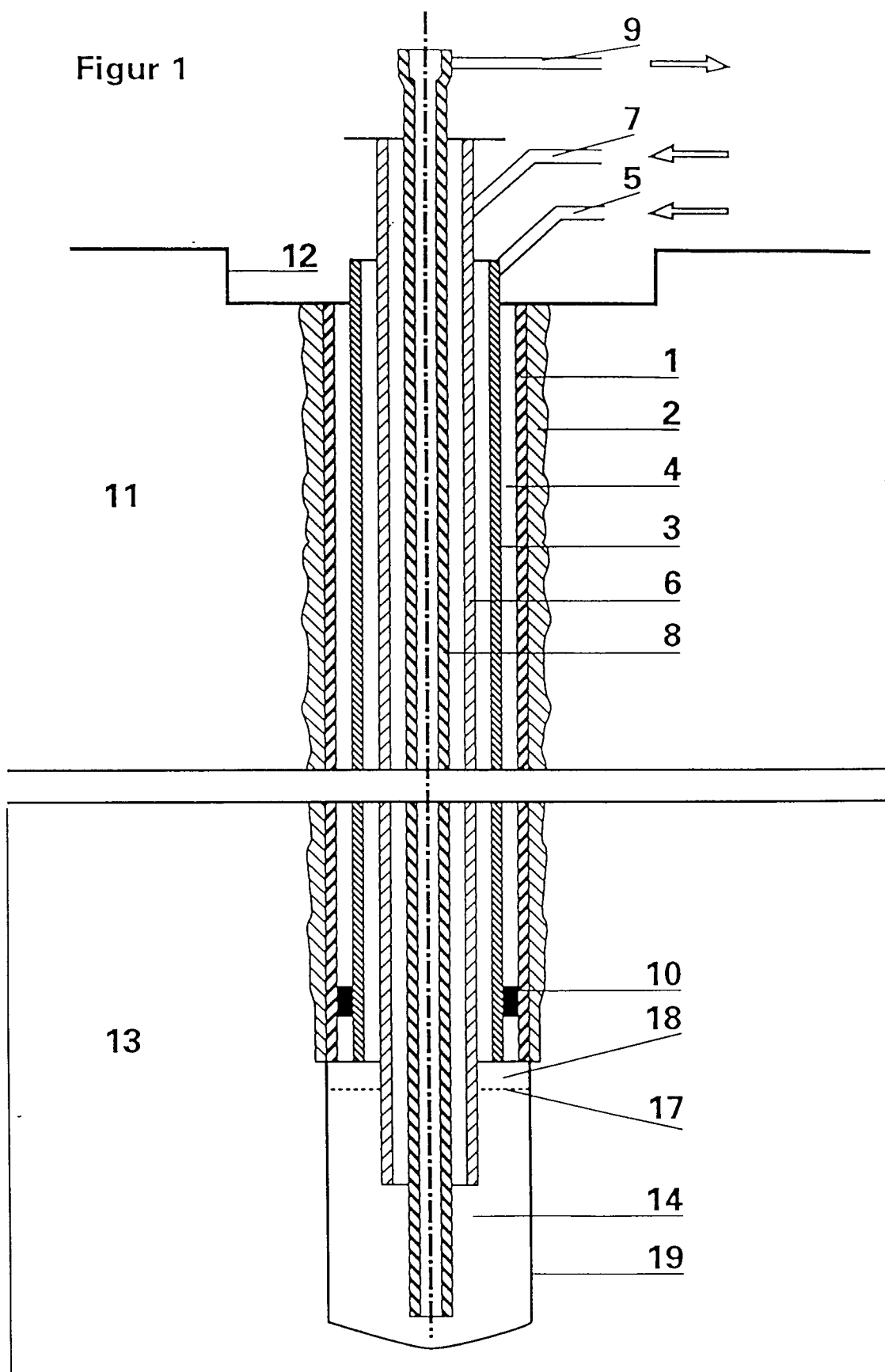
45

50

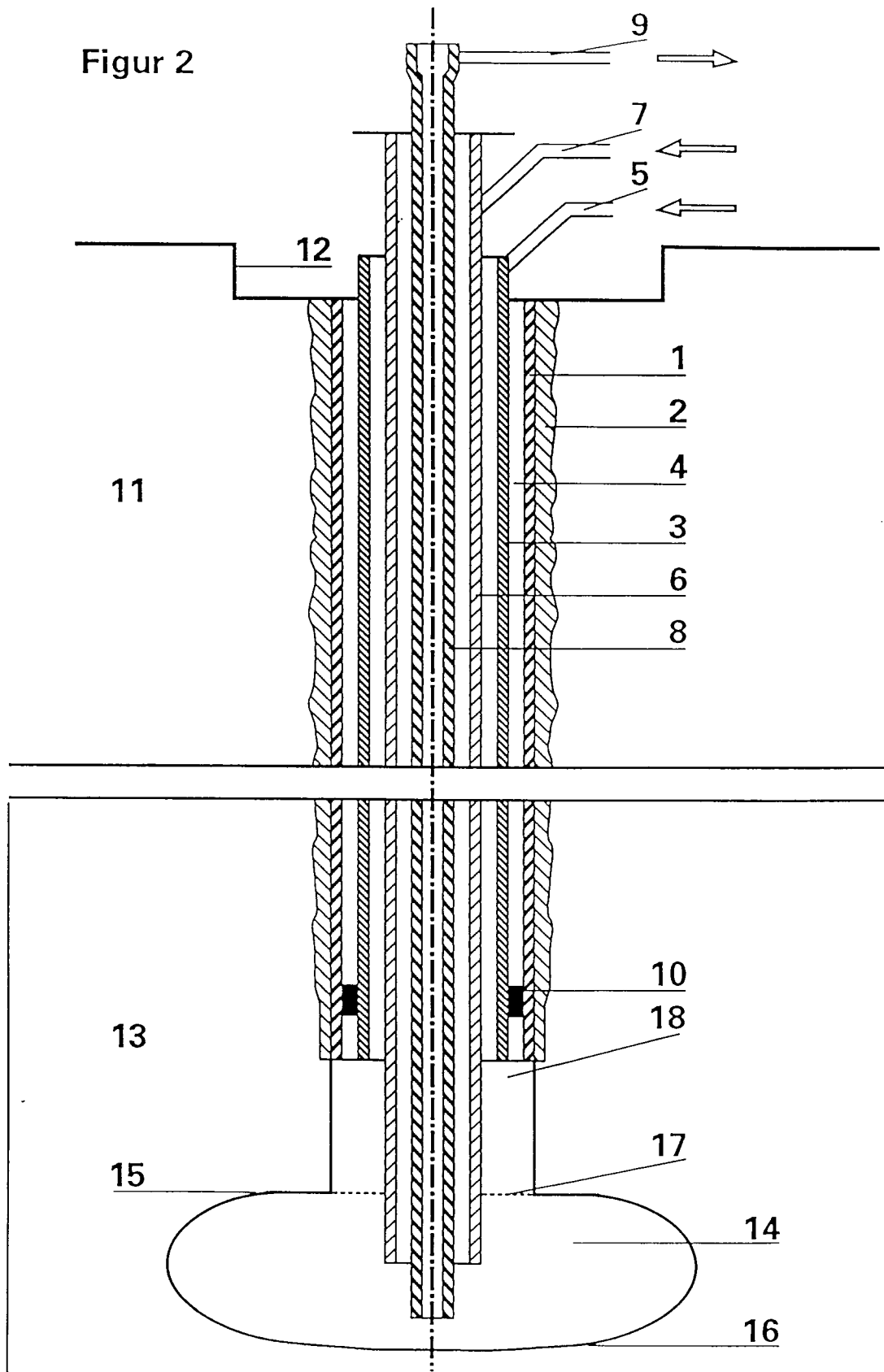
55

5

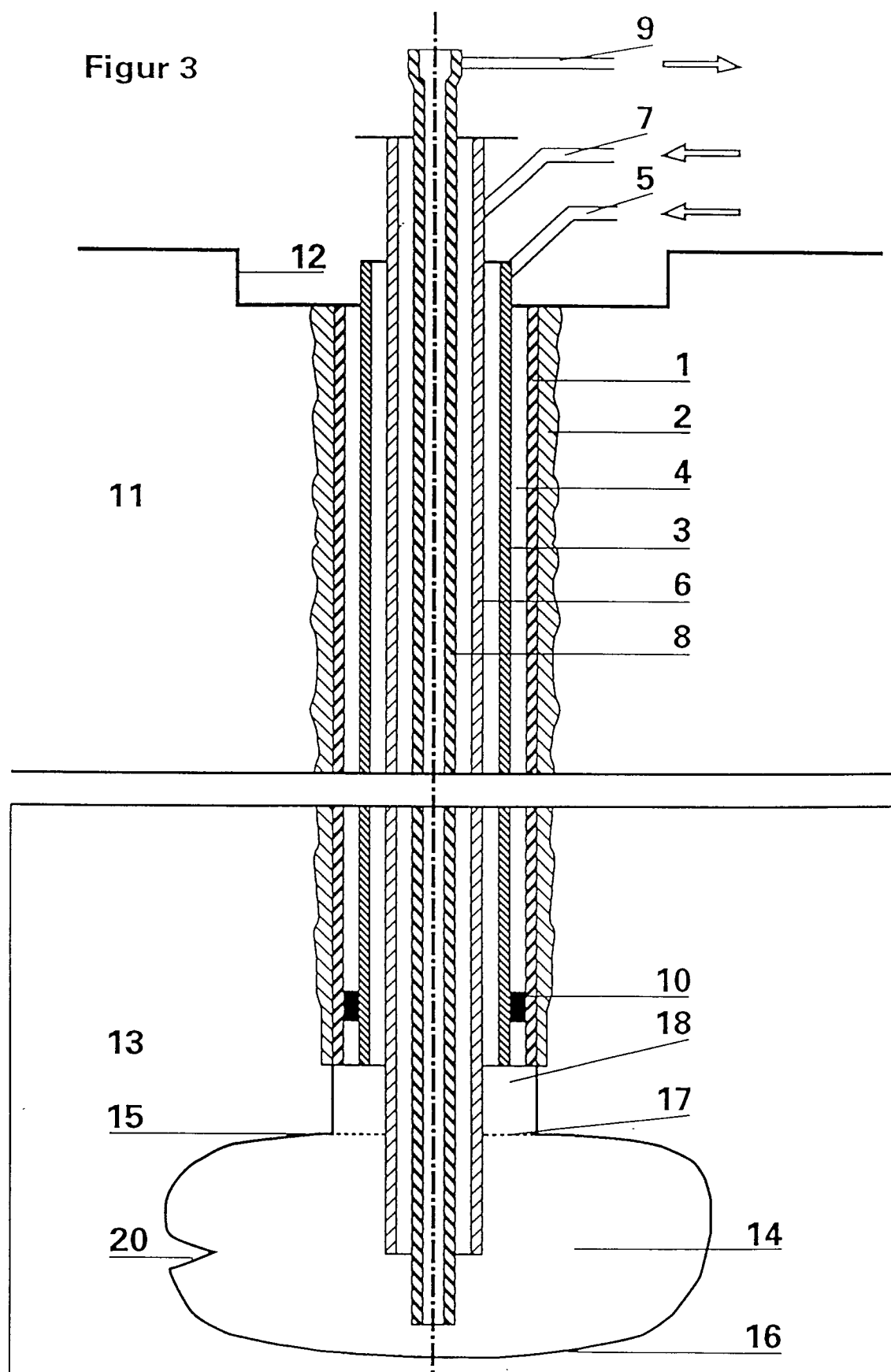
Figur 1



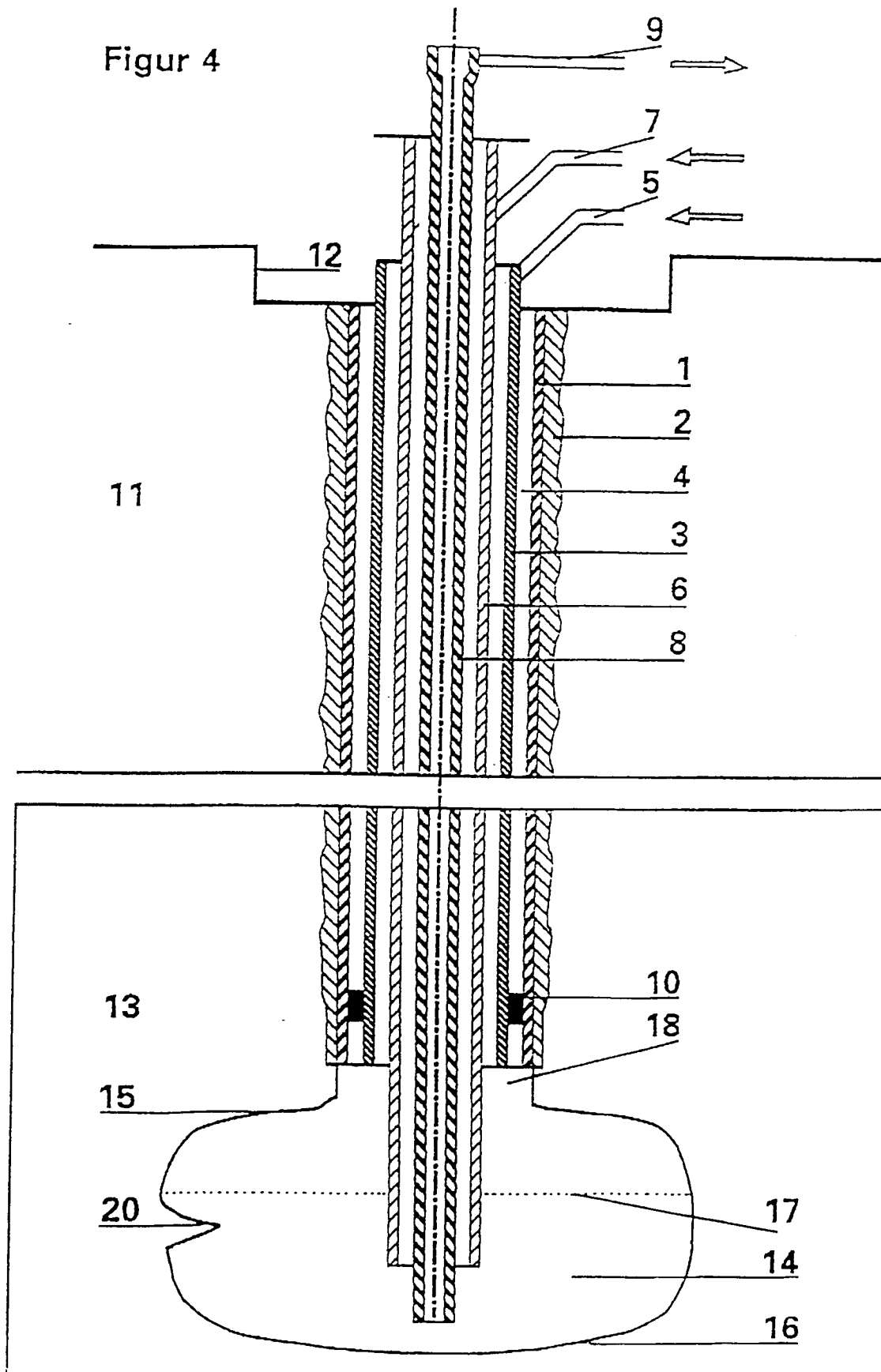
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5

