



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 974 731 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.01.2000 Patentblatt 2000/04

(51) Int. Cl.⁷: **E21B 43/28**

(21) Anmeldenummer: **99111295.4**

(22) Anmeldetag: **10.06.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **11.07.1998 DE 19831234**

(71) Anmelder:
• **KBB Kavernen Bau- und Betriebs-
Gesellschaft mbH
D-30625 Hannover (DE)**

• **deusa Projektmanagement GmbH
99752 Bleicherode (DE)**

(72) Erfinder:
• **Grüschow, Norbert Dipl.-Ing.
99706 Sondershausen (DE)**
• **Walkhoff, Frank Dipl.-Chem.
12683 Berlin (DE)**

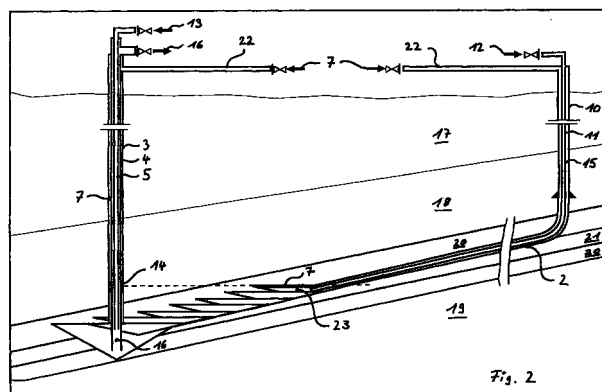
(74) Vertreter: **Lüdtke, Frank
Preussag AG
Patente und Lizenzen
Postfach 61 02 09
30602 Hannover (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Aussolung geneigter Lagerstätten**

(57) Die Erfindung ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur kontrollierten Aussolung von Lagerstätten, vorzugsweise von geringmächtigen Kalisalzlagerstätten im Untergrund.

Das Verfahren zur Aussolung von Lagerstätten sieht vor, daß ein Hohlraum mittels einer komplettierten Bohrung (1) gesolt wird und mindestens eine weitere Bohrung (2), die zumindest partiell dem Einfallen der Lagerstätte folgt, abgeteuft und komplettiert wird, wobei zwischen dem über der Bohrung (1) geschaffenen Hohlraum und mindestens einer weiteren Bohrung (2) eine Verbindung geschaffen wird und daß zur Abdeckung der in diesem Hohlraum (9) befindlichen Sole ein von der Sole getrennt geführtes Blanket-Medium (7) in den Hohlraum eingeleitet wird, wobei dieses Blanket-Medium (7) über die Bohrungen (1) und (2), welche mittels einer Blanket-Rohrleitung (22) verbunden sind, in einem pneumatisch-hydraulischen Verbund geführt wird, wobei das Niveau des Solespiegels in dem gesolten Hohlraum gemessen wird und daß nach Erreichen einer definierten Abbaumenge des Rohstoffes die Komplettierung oder ein Teil der Komplettierung der weiteren Bohrung (2) um einen definierten Betrag zurückgezogen und der Solvorgang erneut begonnen wird, wobei die Sole über die Rohrtour der Bohrung (1) abgeführt und das obere Niveau dieses weiteren Abbauhohlraumes im wesentlichen durch die Lage des Blanket-Mediums (7) oberhalb des Solespiegels bestimmt wird. Der Betrag, um den die Komplettierung oder ein Teil der Komplettierung der weiteren Bohrung

(2) zurückgezogen wird, ist insbesondere abhängig vom Einfallen und der Mächtigkeit der Lagerstätte sowie des maximalen Durchmessers des zu solenden weiteren Hohlraumes.



EP 0 974 731 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein Vorrichtung zur kontrollierten Aussolung von insbesondere geneigt einfallenden Lagerstätten, vorzugsweise von geringmächtigen Kalisalzlagerstätten im Untergrund.

[0002] Die soltechnische Gewinnung von geringmächtigen Lagerstätten erfolgt nach dem Stand der Technik über eine einzelne Bohrung oder über Doppel- oder Mehrfachbohrungen. Allerdings ist der Einsatz dieses Einzel- oder Doppelsonden-Solungsverfahrens hinsichtlich der solbaren Mächtigkeit der Lagerstätte begrenzt. Darüber hinaus werden mit zunehmendem Einfallen der Lagerstätte die gewinnbaren Mengen des gewünschten Rohstoffes, die pro Bohrung erschlossen werden, immer geringer. Dies hat seine Ursache mit der zwangsläufig horizontalen Ausbildung des Hohlraumes während der Aussolung und der dazu geneigt verlaufenden Salzschiebt bzw. Lagerstätte.

[0003] Die zunehmende Genauigkeit bei der Durchführung von Horizontalbohrungen sowie die Tatsache, daß eine Horizontalbohrung durch ständige geophysikalische Messungen während des Bohrvorganges Lagerstättenschichten gezielt folgen kann, haben zur Adaption dieser Technologie in die Soltechnik geführt. Vorschläge zur Adaption sind beispielhaft beschrieben durch THOMS und GEHLE (THOMS, R. L.; GEHLE, R. M. (1993): "Feasibility of Controlled Solution Mining from Horizontal Wells". SMRI, Lafaxette, Louisiana, Oct. 24-27).

[0004] Hierbei ergibt sich die Forderung, möglichst kontrolliert den Aussolprozeß zu gestalten und damit eine, verglichen mit Einzelkavernen, höhere Lagerstättenausnutzung bei gleichzeitig stabilen Kavernen zu erreichen. Allerdings können mit diesem Verfahren ökonomisch nur Lagerstätten mit einer Mächtigkeit von mehr als 20 Metern abgebaut werden, da der Solungsvorgang nicht ausreichend genau gesteuert werden kann.

[0005] Darüber hinaus wird eine ökonomische Aussolung nur erreicht, wenn in allen Anwendungsvarianten eine flache Lagerung der Salzschieben ohne größeres Einfallen vorausgesetzt wird. Bereits bei der Annahme einer Salzschiebt von ca. 3 - 5 m Mächtigkeit und einem Einfallen von > 5 % ist mit den oben genannten Vorschlägen entweder nur eine unkontrollierte Aussolung möglich oder die gewinnbaren Salzmenen pro Bohrung reduzieren sich ähnlich nachteilig wie bei der Einzelsondentechnologie.

[0006] Ein kontrolliertes Aussolungsverfahren mittels einer abgelenkten Bohrung ist in der US-PS 5,246,273 beschrieben. Durch den praktisch drucklosen Betrieb der Kavernen durch den Einsatz von Tauchpumpen oder Airlift und dem gleichzeitigen Einsatz eines Air jet tools ist es möglich, auch sehr geringmächtige und einfallende Lagerstätten abzubauen. Allerdings ist dieses Verfahren aufwendig und kann in tieferen Lagerstätten-

bereichen und/oder über große horizontale Entfernungen nicht angewendet werden, da eine Verschüttung, d. h. eine Sedimentation der Löserückstände, des Air jet tools auftritt. Auch ist die genaue Steuerung des Air jet tools nicht möglich. Hierdurch besteht die große Gefahr, daß die Rohrtour mit dem Air jet tool infolge hoher Reibungskräfte abreißt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, hochreiche Zonen der Lagerstätte kontrolliert zu lösen bzw. zu solen, um das Ausbringen des gewünschten Rohstoffes bei gleichzeitiger Minimierung der Abfall- bzw. Reststoffe zu maximieren.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Aussolung geneigter Lagerstätten gemäß Anspruch 17 gelöst.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Aussolung von Lagerstätten, insbesondere geneigter Lagerstätten, sieht vor, daß ein Hohlraum mittels einer komplettierten Bohrung (1) gesolt wird und mindestens eine weitere Bohrung (2), die zumindest partiell dem Einfallen der Lagerstätte folgt, abgeteuft und komplettiert wird, wobei zwischen dem über der Bohrung (1) geschaffenen Hohlraum und mindestens einer weiteren Bohrung (2) eine Verbindung geschaffen wird und daß zur Abdeckung der in diesem Hohlraum (9) befindlichen Sole ein von der Sole getrennt geführtes Blanket-Medium (7) in den Hohlraum eingeleitet wird, wobei dieses Blanket-Medium (7) über die Bohrungen (1) und (2), welche mittels einer Blanket-Rohrleitung (22) verbunden sind, in einem pneumatisch-hydraulischen Verbund geführt wird, wobei das Niveau des Solespiegels in dem gesolten Hohlraum gemessen wird und daß nach Erreichen einer definierten Abbaumenge des Rohstoffes die Komplettierung oder ein Teil der Komplettierung der weiteren Bohrung (2) um einen definierten Betrag zurückgezogen und der Solvorgang erneut begonnen wird, wobei die Sole über die Rohrtour der Bohrung (1) abgeführt und das obere Niveau dieses weiteren Abbauhohlraumes im wesentlichen durch die Lage des Blanket-Mediums (7) oberhalb des Solespiegels bestimmt wird. Der Betrag, um den die Komplettierung oder ein Teil der Komplettierung der weiteren Bohrung (2) zurückgezogen wird, ist insbesondere abhängig von den Parametern Einfallen der Lagerstätte, Mächtigkeit der Lagerstätte sowie des maximalen Durchmessers des zu solenden weiteren Hohlraumes.

[0010] Als Komplettierung werden dabei insbesondere die letzte zementierte Rohrtour in einer Bohrung und die für die Solung notwendigen Rohrtouren, die in die Bohrung eingebaut werden müssen, verstanden.

[0011] Mit einem derartigen Verfahren kann vorteilhaft durch die Messung des Solespiegels eine geneigt einfallende Lagerstätte mittels einer in etwa vertikalen Bohrung und einer weiteren überwiegend in der Lagerstätte verlaufenden Bohrung kontrolliert gesolt werden. Gleichzeitig wird der Anfall von nicht gewünschten Begleitsalzen in der Sole reduziert. Dies auch ins-

besondere und in vorteilhafter Weise deshalb, weil sich nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren der Solespiegel bzw. das Blanket in der Bohrung (1) und dem gerade gesolten Hohlraum immer auf dem gleichen Niveau befinden.

[0012] Die kontinuierliche Messung des Solespiegels hat den Vorteil, daß in jedem Stadium des Solungsvorganges der Solespiegel kontrolliert und ggf. der Solungsvorgang korrigiert werden kann. Die getrennte Führung der Sole (16) und des Blanket-Mediums (7) dient in vorteilhafter Weise der besseren Steuerung und Messung des Solespiegels in der Bohrung (1).

[0013] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß in der Bohrung (1) in einer weiteren Rohrtour (5) ein Medium zur Verdünnung und/oder Erwärmung der Sole geführt wird, um Kristallisationerscheinungen an den Rohrwänden durch z. B. übersättigte Lösungen zu vermeiden, die ansonsten zu Störungen des Gewinnungsbetriebes führen können.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird dem zu solenden Lagerstättenbereich in der Bohrung (2) mittels einer Injektionsrohtour (11) das Lösungsmittel (12) getrennt von dem Blanket-Medium (7) zugeführt. Dies hat den Vorteil, daß dann die Injektionsrohtour unabhängig vom Durchmesser der Bohrung ausgelegt werden kann und durch Veränderung der in die Lagerstätte hereinreichenden Injektionsrohtour der Solungsvorgang besser kontrolliert werden kann, ohne hierfür die Führung des Blankets verändern zu müssen. Vorteilhaft kann der Abbau durch den Volumenstrom des Lösungsmittels (12) in der Injektionsrohtour (11) gesteuert werden.

[0015] Durch die Wahl des Abstandes zwischen einer Bohrung (1) und einer weiteren Bohrung (2) von mehr als 100 m, insbesondere bei Wahl des Abstandes zwischen 500 und 2000 m, kann das Verfahren unter optimalen Bedingungen unter Berücksichtigung der z. B. für den Ausbau bzw. das Zurückziehen der Komplettierungen oder eines Teils derselben, insbesondere der Injektionsrohtour (11), notwendigen obertägigen Einrichtungen durchgeführt werden.

[0016] Besonders vorteilhaft ist die Ausführung einer oder mehrerer der Bohrungen (2) als abgelenkte Bohrung, da hierbei der Bohransatzpunkt variabler gestaltet werden kann. Darüber hinaus erlaubt eine abgelenkte Bohrung die Verfolgung der Lagerstätte bzw. des Lagerstättenkörpers auch bei Änderungen des Einfallens der Lagerstätte oder des Versatzes der Lagerstätte, beispielsweise durch Störungen.

[0017] Als Blanket-Medium wird vorteilhaft ein gasförmiges Medium eingesetzt. Neben beispielsweise CO₂ oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen kann als besonders geeignet Druckluft eingesetzt werden, welche ein sehr kostengünstiges und ökologisches sowie überall verfügbares Medium darstellt.

[0018] Die Messung des Niveaus des Solespiegels untertage wird besonders vorteilhaft mittels einer physikalischen Meßeinrichtung in der Bohrung durchgeführt,

da diese Meßverfahren störungsfrei und einfach handhabbar sind sowie kontinuierliche Messungen erlauben und in einer Bohrung auch bei laufendem Solungsbetrieb permanent installiert bleiben können und somit eine kontinuierliche Kontrolle des Solespiegels bzw. des zu solenden Lagerstättenbereiches ermöglichen.

[0019] Besonders vorteilhaft ist die zwei- oder mehrfache Wiederholung des Verfahrensschrittes d) des Anspruches 1, wobei der Betrag des Rückzuges der Komplettierung der weiteren Bohrung (22) in Abhängigkeit der Lagerstättenmächtigkeit und des Einfallens der Lagerstätte bzw. der Bohrung (2) gewählt wird. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise erreicht, daß eine Vielzahl von Hohlräumen bzw. Abbauscheiben geschaffen werden, so daß die Lagerstätte über eine minimale Anzahl, im günstigsten Fall lediglich zwei Bohrungen nahezu vollständig bei gleichzeitiger Minimierung der nicht gewünschten Abbauprodukte abgebaut werden kann.

[0020] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß ein vorkonzentriertes Lösungsmittel (12), vorzugsweise eine NaCl-Lösung, welche vorzugsweise zwischen 40 und 80 g NaCl pro Liter enthält, eingesetzt wird. Hierdurch wird es in vorteilhafter Weise ermöglicht, selektiv bestimmte Partien, so z. B. im Falle von Kalilagerstätten, die kaliumchloridreichen Partien der Lagerstätte verstärkt zu solen.

[0021] Der Einsatz von gesättigten bzw. nahezu gesättigten Lösungen führt dazu, daß ausschließlich die kaliumchloridreichen Partien der Lagerstätte gelöst werden. Dies geschieht insbesondere an den Randbereichen der Hohlräume sowie den Übergangsbereichen zwischen dem zuletzt gesolten Hohlraum und dem Hohlraum, über den die Sole nach Übertage abgeführt wird. Mit einer derartigen Verfahrensweise wird ein Schutzmedium (Blanketmedium), zumindest in den tiefergelegenen Bereichen der Lagerstätte, zwischen dem zuletzt gesolten Hohlraum und dem Hohlraum, aus dem die Sole gefördert wird, nicht mehr benötigt.

[0022] Das Lösungsmittel (12) kann auch mit einer Temperatur zwischen 10 und 90 °C, vorzugsweise einer Temperatur zwischen 40 und 60 °C, in die Lagerstätte eingebracht werden. Mit einem derart erwärmten Lösungsmittel kann der Solvorgang gesteuert werden bzw. zur selektiven Lösung bestimmter, beispielsweise kalireicher Partien der Lagerstätte eingestellt und somit der Abbau, insbesondere der selektive Abbau, optimiert werden.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird das Lösungsmittel (12) während des Solens im Bereich des oberen Teils des Hohlraumes aufkonzentriert. Dies hat den Vorteil, daß die unterhalb des Solespiegels befindlichen Bereiche überwiegend nur noch selektiv gelöst werden, so daß die Ausbeute an dem gewünschten Rohstoff maximiert wird, wobei in diesen Bereichen der Lagerstätte auf ein Blanket verzichtet werden kann. Dieser Vorteil tritt auch dann ein, wenn von vornherein gesättigte oder nahezu

gesättigte NaCl-Lösungen eingesetzt werden.

[0024] Nach Abschluß des Solevorganges oder während des Solens können feste Bestandteile, vorzugsweise Aufbereitungsrückstände, Sekundärkristallisate, Abraum und Bohrcuttings oder Mischungen hiervon, in den Hohlraum eingebracht werden, was den Vorteil hat, daß oberirdische Deponien mit eben diesen Stoffen vermieden werden und der Hohlraum somit einer Sekundärnutzung zugeführt werden kann, die gleichzeitig den Vorteil hat, die Gefahr von möglichen Bergschäden zu vermindern oder zu verhindern.

[0025] Nach dem Solen von zwei oder mehreren Hohlräumen in einer Lagerstätte können die Zwischenräume zwischen diesen Hohlräumen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 gesolt werden. Somit ist es auch möglich, großflächige Lagerstätten mit gegenüber dem Stand der Technik vermindertem Aufwand und Kosten vollständig oder auch besonders vorteilhaft selektiv abzubauen und somit das Ausbringen bzw. den Nutzungsgrad der Lagerstätte zu maximieren.

[0026] Die erfindungsgemäße Kombination eines im Bereich der Lagerstätte mittels einer komplettierten Bohrung gesolten Hohlraumes und einer oder mehreren Bohrungen, die partiell dem Einfallen der Lagerstätte folgen, und der durch die definierte Rücknahme des Sole/Blanketniveaus gesteuerte Abbau der Lagerstätte ermöglicht die kontrollierte Aussolung von geringmächtigen einfallenden Lagerstätten.

[0027] Die Vorrichtung, die zur Durchführung des Verfahrens zur Aussolung geeigneter Lagerstätten vorgeschlagen wird, besteht aus einer Injektionsrohrtour (11) in einer Bohrung (2) zur Zufuhr von Lösungsmitteln (12), einer Rohrtour (3), die in einer Bohrung (1) angeordnet ist und zur Förderung der in der Lagerstätte gelösten Rohstoffe dient, sowie einem System zur Führung des Blanket-Mediums (7), wobei die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) mit der Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (2) durch eine Rohrleitung (22) verbunden ist. Zur Messung des Solespiegels in dem untertägigen Hohlraum ist eine Meßeinrichtung (14) in der Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) angeordnet, wobei vorzugsweise die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) als Ringraum zwischen einer äußeren Rohrtour (4) und einer zementierten Rohrtour (3) ausgebildet ist. Die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (2) ist derart ausgestaltet, daß hierfür der Ringraum der zementierten Rohrtour (10) und der Injektionsrohrtour (11) ausgenutzt wird. Diese Vorrichtung ermöglicht einen Abbau der Lagerstätte mit relativ einfachen und störunanfälligen Mitteln, so daß der Abbau störungsfrei und optimal sowie kostengünstig durchgeführt werden kann.

[0028] In der Rohrtour der Bohrung (1), in der die Sole abgeführt wird, kann als besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung eine weitere Rohrtour angeordnet werden, in der ein Verdünnungs- und/oder

Heizmedium (13) der Sole zugeführt wird. Hierdurch wird verhindert, daß sich aufgrund der hohen Sättigung das Förderrohr (4) der Sole zusetzt, was zwangsläufig zu Störungen bei der Soleförderung führen würde.

[0029] Der Einsatz einer konduktiv oder kapazitiv arbeitenden Meßeinrichtung (14) zur Messung des Solespiegels in dem untertägigen Hohlraum hat den Vorteil, daß derartige Meßeinrichtungen störungsfrei und zuverlässig arbeiten. Daneben können sie in der Bohrung während der Förderung verbleiben und den Solespiegel kontinuierlich messen. Die Meßsignale werden mit üblichen Mitteln nach Übertage zu einer Auswerte- bzw. Steuerungseinrichtung geleitet.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren wie auch die erfindungsgemäße Vorrichtung können nicht nur zur Gewinnung von Kalisalzen eingesetzt werden, sondern grundsätzlich für die Gewinnung von Mineralsalzen, insbesondere auch von Steinsalz und Magnesiumsalzen zur Erzeugung von marktfähigen Produkten, wie NaCl und $MgCl_2$, sowie für die Gewinnung von Sulfaten, Carbonaten und/oder Magnesiumsalzen. Darüber hinaus können verkaufsfähige Nebenprodukte, wie z. B. Brom, gewonnen werden. Die Gewinnung dieser Mineralsalze führt zu marktfähigen Produkten, wie z. B. KCl, NaCl, $MgCl_2$, K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $Mg(OH)_2$, MgO , Na_2CO_3 und $NaHCO_3$.

[0031] Die Erfindung soll durch nachfolgendes Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 1 bis 5 näher erläutert werden:

[0032] Eine Sylvinitlagerstätte, die von ca. 200 m bis 900 m relativ gleichmäßig mit durchschnittlich 10 bis 15 % einfällt, soll soltechnisch abgebaut werden.

[0033] Abbildung 1 gibt die Lagerstättensituation in der Vorbereitungsphase grafisch wieder, in Abbildung 2 ist die Produktionsphase dargestellt.

[0034] Die Kalischicht besteht aus hochprozentigem Sylvinit 21 mit 35 bis 40% KCl Gehalt und 4 bis 5 m Mächtigkeit und KCl ärmeren Sylvinit 20 mit 5 bis 15% KCl Gehalt und 6 bis 8 m Mächtigkeit im Liegend- und Hangendbereich. Als Begleitminerale des KCl's sind im wesentlichen NaCl und in geringem Umfang Anhydrit anzutreffen. $MgCl_2$ ist bis auf Spuren vollständig ausgewaschen. Unter- bzw. überlagert wird die Kalischicht von Steinsalz 18; 19 wie in Abbildung 1 dargestellt.

[0035] Zum soltechnischen Abbau des Sylvinit wird eine Doppelsonde entsprechend Abbildung 1 bestehend aus einer vertikale Bohrung 1 und einer abgelenkten geneigten Bohrung 2 angelegt. Der Abstand zwischen den Bohransatzpunkten der beiden Bohrungen ist nach den geologischen Gegebenheiten festzulegen sollte aber mindestens 100 m betragen und wird in der maximal Ausdehnung von dem technisch und ökonomisch vertretbaren Aufwand begrenzt. Optimal ist ein Abstand von 500 m - 2000 m.

[0036] Die soltechnische Gewinnung der Lagerstätte umfaßt eine Vorbereitungsphase und eine Produktionsphase.

Vorbereitungsphase (Fig. 1)

[0037] Die vertikale Bohrung 1 wird nach dem Stand der Technik für die Aussolung von Einzelkavernen mit einer zementierten Rohrtour 3 bis an die Oberkante des Kalilagers und mit dem konzentrischen Einbau von zwei Förderrohrtouren, der äußeren Rohrtour 4 und der inneren Rohrtour 5 ausgerüstet. Der Ringraum 6 zwischen letzter zementierter Rohrtour und der äußeren Förderrohrtour dient der Zugabe von Blanket 7. Die Aussolung mit Wasser als Lösungsmittel in dieser Bohrung beginnt im Liegendbereich der Sylvinitischicht 21 mit der Anlage eines Kavernensumpfes 8 in direkter Fahrweise und der Schaffung eines Hohlraumes 9 durch radialen Vergrößerung des Bohrloches auf mindestens 60 m in einer Höhe von 4 - 8 m in indirekter Fahrweise. Durch den Einsatz des Blankets wird eine Aussolung nach oben verhindert. Diese soltechnische Unterschneidung der Sylvinitlagerstätte (auch unter cut oder Breitsolung genannt) ist generell zur Schaffung einer ausreichend großen Lösefläche notwendig und garantiert bei einer Mindestausdehnung von 60 m, das Schwankungen in der Mächtigkeit und im Einfallen der hochprozentigen Kalischicht 21 bei der nachfolgend beschriebenen Aussolung während der Produktionsphase in der abgelenkten Bohrung 2 mit erfaßt werden.

[0038] Die abgelenkte geneigte Bohrung 2 wird mittels neuester LWD (logging while drilling) Bohrtechnologie innerhalb der hochprozentigen Sylvinitischicht 21 gebohrt. Durch die gute Nachweisbarkeit des K40 Isotops kann ausreichend präzise dem Einfallen der Sylvinitlagerstätte gefolgt werden. Nach dem Herstellen einer Verbindung zur bereits in Aussolung befindlichen Breitsolkaverne 9 der Vertikalbohrung 1 wird die abgelenkte Bohrung 2 mit einer zementierten Rohrtour 10 im vertikalen und abgelenkten Bereich komplettiert. Danach wird in die Bohrung 2 eine Injektionsrohrtour 11 bis in die Breitsolkaverne 9 der Vertikalbohrung 1 installiert. Abbildung 1 gibt die Bohrlochkonstruktion und die Bohrlochkomplettierung am Ende der Vorbereitungsphase wieder. Der äußere Ringraum 15 der geneigten Bohrung 2 wird mit dem äußeren Ringraum der Vertikalbohrung 1 über eine übertägige Blanketrohrleitung 22 verbunden und somit der hydraulischen Verbund der Bohrungen Untertage in ein System überführt, welches sich physikalisch wie kommunizierende Röhren verhält.

[0039] Nach den oben beschriebenen Arbeiten schließt sich die eigentliche Produktionsphase an.

Produktionsphase (Fig. 2)

[0040] In der Produktionsphase erfolgt die Aussolung des durch die abgelenkte Bohrung erschlossenen Bereiches der Sylvinitlagerstätte durch Einzirkulieren von leicht mineralisierten Salzwässern mit ca. 45 g NaCl/l als Lösungsmittel 12 in die Injektionsrohrtour 11. Bedingt durch die geringere Dichte gegenüber der im Hohlraum befindlichen Sole steigt das Lösungsmittel 12

an die Firste des Breitsolhohlraumes. Durch eine vorhergegangene Zurücknahme des Blankets 7 wurde das Blanketniveau 14 in den beiden Bohrungen gegenüber der Breitsolphase um ca. 3 m nach oben verändert und damit eine 3 m mächtige Abbauscheibe in der geneigten Bohrung 2 zur Aussolung freigegeben. Die Aufsättigung des Lösemitteis an KCl und NaCl und damit die Produktion von Sole 16 erfolgt an den freigegebenen Löseflächen.

[0041] Durch das Abteufen der gelenkten Bohrung entlang der geneigten hochprozentigen Sylvinitischicht 21 kann durch die Festlegung der Länge des Hineinragens der Injektionsrohrtour 11 in die Kaverne das frische Lösungsmittel 12 gezielt an die hochprozentige Sylvinitischicht 21 herangeführt werden. Dies ist eine Grundvoraussetzung für eine effektive Gesteinsauflösung im Sinne der KCl-Aufsättigung. Bei 10 - 15% Lagerstättenneigung sollte die Injektionsrohrtour 11 2 - 3 m in die Kaverne hineinragen.

[0042] Die Vermischung des Lösemitteis 12 am Injektionspunkt sollte gering gehalten werden, um eine nichtselektive Auflösung der Lagerstätte in diesem Kavernenbereich zu erreichen. Dies wird durch die Wahl des Durchmessers der Injektionsrohrtour 11 in Relation zum Volumenstrom erreicht. Vorteilhaft ist die Installation einer 4 1/2" Injektionsrohrtour 11, da diese genügend Variationsmöglichkeiten für die Wahl des Volumenstromes ermöglicht. Der Volumenstrom wird in Abhängigkeit von der vorhandenen Lösefläche in der Kaverne optimiert und sollte zu Beginn 10 m³/h betragen und dann schrittweise auf 50 m³/h gesteigert werden.

[0043] Auf Grund der auflösungsbedingten Dichteerhöhung wird die Sole 16 zum tiefsten Punkt des hydraulischen Systems in den Breitsolraum 9 der Vertikalbohrung 1 fließen. Während dieses Fließvorganges erfolgt eine überwiegend selektive Auflösung des Sylvinites, da die Sole 16 sich bereits im oberen Kavernenbereich weitestgehend an NaCl aufgesättigt hat, aber auf Grund des NaCl/KCl-Verhältnisses in dem anstehenden Salzgestein noch aufnahmefähig für KCl ist. Vom Kavernentiefsten wird die Sole 16 mittels der äußeren Rohrtour 4 durch den aufgebauten Kaverneninnendruck nach Übertage gefördert und der Weiterverarbeitung zugeführt.

[0044] Sollten während der Förderung der Sole 16 Kristallisationserscheinungen an den Rohrwänden auf Grund zu hoher Sättigungen auftreten, kann zur Vermeidung von Kristallisation mittels der inneren Rohrtour 5 die produzierte Sole mit Wasser verdünnt oder in Verbindung mit einer Heizvorrichtung erwärmt werden. Ist dies nicht notwendig, bleibt die Notwendigkeit der inneren Rohrtour 5 in der Vertikalbohrung 2 auf die Vorbereitungsphase beschränkt und kann mit Beginn der Produktionsphase ausgebaut werden.

[0045] Durch die Installation einer kontinuierlichen Blanketmessung 14 in der Vertikalbohrung 1 ist die Kontrolle der freizugebenden Abbauscheibe bzw.

Gesteinsmenge gegeben. Das Prinzip der kommunizierenden Röhren garantiert immer den gleichen Stand des Blankets 7 in beiden Bohrungen. Vorteilhaft ist der Einsatz von gasförmigem Blanket 7, da ein pneumatisch-hydraulisches System eine größere Sensibilität aufweist und damit eine genauere Kontrolle ermöglicht. Dabei hat sich die Verwendung von Druckluft als am wirtschaftlichsten erwiesen. Zusätzlich wird durch Massenbilanzen und durch Flächenmessungen wird der Fortschritt der Aussolung in der geneigte Bohrung überwacht.

[0046] Nach dem Erreichen der geplanten Abbaumenge an Sylvinit wird das Blanket 7 erneut zurückgenommen und eine weitere Abbauscheibe zur Aussolung freigegeben. Die Höhe der Abbauscheibe muß den lösekinetischen Mindestanforderungen an die Größe der Lösefläche entsprechen, darf aber auch nicht zu groß gewählt werden, da sonst Lagerstätte in den Randbereichen der Kaverne durch das Entstehen eines neuen Under Guts verloren geht. Bei einem Kavernendurchmesser von ca. 60 m sind mindestens 2 bis 3 m aber maximal 5 - 6 m hohe Abbauscheiben vorzusehen.

[0047] Gleichzeitig wird auch die Injektionsrohrtour 11 in der geneigten Bohrung 2 um eine definierte Länge zurückgenommen, um auf kürzestem Wege frisches Lösemittel an die Kavernenfirste zu führen. Bedingt durch die Neigung der Lagerstätte von 10 bis 15% bedeutet dies eine Kürzung der Injektionsrohrtour 11 nach jeder Abbauscheibe von mindestens 20 m. Zur Reduzierung der Kosten dieser Rohrzieharbeiten sollten möglichst immer komplette Rohrlängen der verschraubt eingebauten Injektionsrohrtour 11 ausgebaut werden. In diesem Sinne ist auch eine Erhöhung der Abbauscheibe auf bis zu 4 - 6 m und der Ausbau von ca. 40 m Injektionsrohrtour 11 ohne wesentliche negative Auswirkungen auf die vollständige Ausnutzung der Lagerstätte möglich.

[0048] Die für den Ausbau der Injektionsrohrtour 11 notwendige Zugkraft hängt neben Länge des geneigten Bohrloches von der Verschüttung der Injektionsrohrtour 11 durch Rückstand und Sekundärkristallinat im Kavernenbereich ab. Da gewährleistet wird, daß der Ringraum 15 der geneigten Bohrung 2 immer mit Blanket 7 gefüllt ist, ragt nur der untere Teil der Injektionsrohrtour 11 in die Kaverne. Die Verschüttung der Injektionsrohrtour 11 durch Rückstand und Sekundärkristallinat ist daher längenmäßig auf ca. 3 m begrenzt. Dies erlaubt in ganz entscheidendem Maße die am Anfang genannten Abstände von 500 - 2000 m zwischen den beiden Bohrungen 1 und 2.

[0049] Für den Fall, daß aus der Aufbereitung der Sole prozeßeigene Rückstände wie z. B. NaCl, anfallen, kann vor der Rücknahme der Injektionsrohrtour 11 dieser Rückstand sehr vorteilhaft in den neu geschaffenen Kavernenhohlraum eingespült werden. Dies ist in dem Umfang möglich, in dem genügend Querschnitt für das Abfließen der Sole 16 zum Kavernentiefsten der Vertikalbohrung 1 verbleibt, d.h., daß die Fließwege in der

Kaverne nicht zugesetzt werden. Durch das Verspülen von Rückstand mittels der Injektionsrohrtour 11 wird in der Mitte der Kaverne ein Rückstandswall geschaffen und die an der Kavernenfirste teilweise aufgesättigte Sole 16 zur Nachsättigung an die seitlichen Kavernenwände geführt. Eine höhere Konzentration an KCl sowie eine günstige Kavernenhohlraumentwicklung in der Kaverne, die bis zum Totalabbau der hochprozentigen Sylvinitischicht führen kann, sind weitere vorteilhafte Wirkungen.

[0050] Die Figuren 3 bis 5 zeigen in der Aufsicht Varianten der Kavernendimensionierung.

[0051] In Figur 3 sind zwei parallel in der Lagerstätte gesolte Hohlräume dargestellt, die aus einzelnen Abbauscheiben bzw. Breitsolungsräumen 23, die versetzt übereinanderliegen, bestehen. Die geneigte bzw. abgelenkte Bohrung 2 wird in diesem Beispiel von dem Bohransatzpunkt 24 aus abgeteuft und mit der Bohrung 1 verbunden. Die zeitliche Abfolge des Abteufens der Bohrung 1 und 2 kann variiert werden. Nach Herstellung der Verbindung zwischen den beiden Bohrungen folgt ein stufenweiser Abbau einzelner Abbauscheiben, wobei auch das selektive Solen einzelner Lagerstättenpartien in den Randbereichen älterer Abbauscheiben weiterhin erfolgen kann. Der Abbau ist steuerbar durch die Lage der Injektionsrohrtour 11 in der jüngsten Abbauscheibe, den Volumenstrom des Lösungsmittels 12, die Konzentration und Zusammensetzung des Lösungsmittels sowie die Höhe der Abbauscheiben.

[0052] Figur 4 zeigt die Kombination zweier abgelenkter Bohrungen 2 von zwei Bohransatzpunkten 24 aus, um einen größeren, zusammenhängenden Hohlraum in der Lagerstätte zu solen.

[0053] In Figur 5 wird der angestrebte Totalabbau der Lagerstätte dargestellt, indem zunächst einmal zwei Kavernen, bestehend aus einer Mehrzahl an Breitsolungsräumen (undercuts) 23, gesolt werden, wobei ein oder mehrere Stützpfeiler 25 bestehen bleiben. Anschließend wird durch das Verbinden der beiden Kavernen durch eine abgelenkte Bohrung auch der zwischen den Kavernen befindliche Stützpfeiler 25 abgebaut.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

[0054]

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | vertikale Bohrung |
| 2 | abgelenkte Bohrung |
| 3 | zementierte Rohrtour von 1 |
| 4 | äußere Rohrtour |
| 5 | innere Rohrtour |
| 6 | Ringraum zwischen 3 und 4 |

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Niveaus des Solespiegels mittels physikalischer Meßeinrichtung in der Bohrung (1) durchgeführt wird. 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Verfahrensschritt nach Anspruch 1 d) zwei- oder mehrfach wiederholt durchgeführt wird, wobei der Betrag des Rückzuges der Komplettierung oder eines Teils der Komplettierung der weiteren Bohrung (2) in Abhängigkeit der Lagerstättenmächtigkeit und dem Einfallen der Lagerstätte oder der Bohrung (2) sowie des maximalen Durchmessers des zu solenden Hohlraumes gewählt wird, 10 15
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein vorkonzentriertes Lösungsmittel (12), vorzugsweise eine NaCl-Lösung, welche vorzugsweise zwischen 40 und 80 g/l NaCl aufweist, zum selektiven Solen der Lagerstätte eingesetzt wird. 20
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Lösungsmittel (12) eine gesättigte oder nahezu gesättigte Lösung eingesetzt wird. 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel (12) mit einer Temperatur zwischen 10 und 90 °C, vorzugsweise einer Temperatur von 40 bis 60 °C, in die Lagerstätte eingebracht wird. 30 35
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Lösungsmittel während des Solens im Bereich des oberen Teils des Hohlraumes aufkonzentriert wird. 40
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß während des Solens oder nach Abschluß des Solvorganges feste Bestandteile, vorzugsweise Aufbereitungsrückstände, Sekundärkristallisate, Abraum- und Bohrcuttings oder Mischungen hiervon, in den Hohlraum eingebracht werden. 45
16. Verfahren, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Solen zweier oder mehrerer Hohlräume die Zwischenräume zwischen diesen Hohlräumen mittels Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 gesolt werden. 50 55
17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Aussolung geneigter Lagerstätten, bestehend aus einer Injektionsrohrtour (11) in einer Bohrung (2) zur Zufuhr von Lösungsmittel (12), einer Rohrtour (3) in einer Bohrung (1) zur Förderung der in der Lagerstätte gelösten Rohstoffe sowie einem System zur Führung des Blanket-Mediums (7), wobei die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) mit der Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (2) durch eine Rohrleitung (22) verbunden ist und eine Meßeinrichtung (14) zur Messung des Solespiegels in dem untertägigen Hohlraum in der Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) angeordnet ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in der Rohrtour der Bohrung (1), in der die Sole abgeführt wird, eine weitere Rohrtour angeordnet ist, in der ein Verdünnungs- und/oder Heizmedium (13) der Sole zugeführt wird.
19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (1) als Ringraum zwischen einer äußeren Rohrtour (4) und einer zementierten Rohrtour (3) ausgebildet ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung des Blanket-Mediums (7) in der Bohrung (2) durch den Ringraum der zementierten Rohrtour (10) und der Injektionsrohrtour (11) ausgebildet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine leitfähig oder kapazitiv arbeitende Meßeinrichtung (14) verwendet wird.

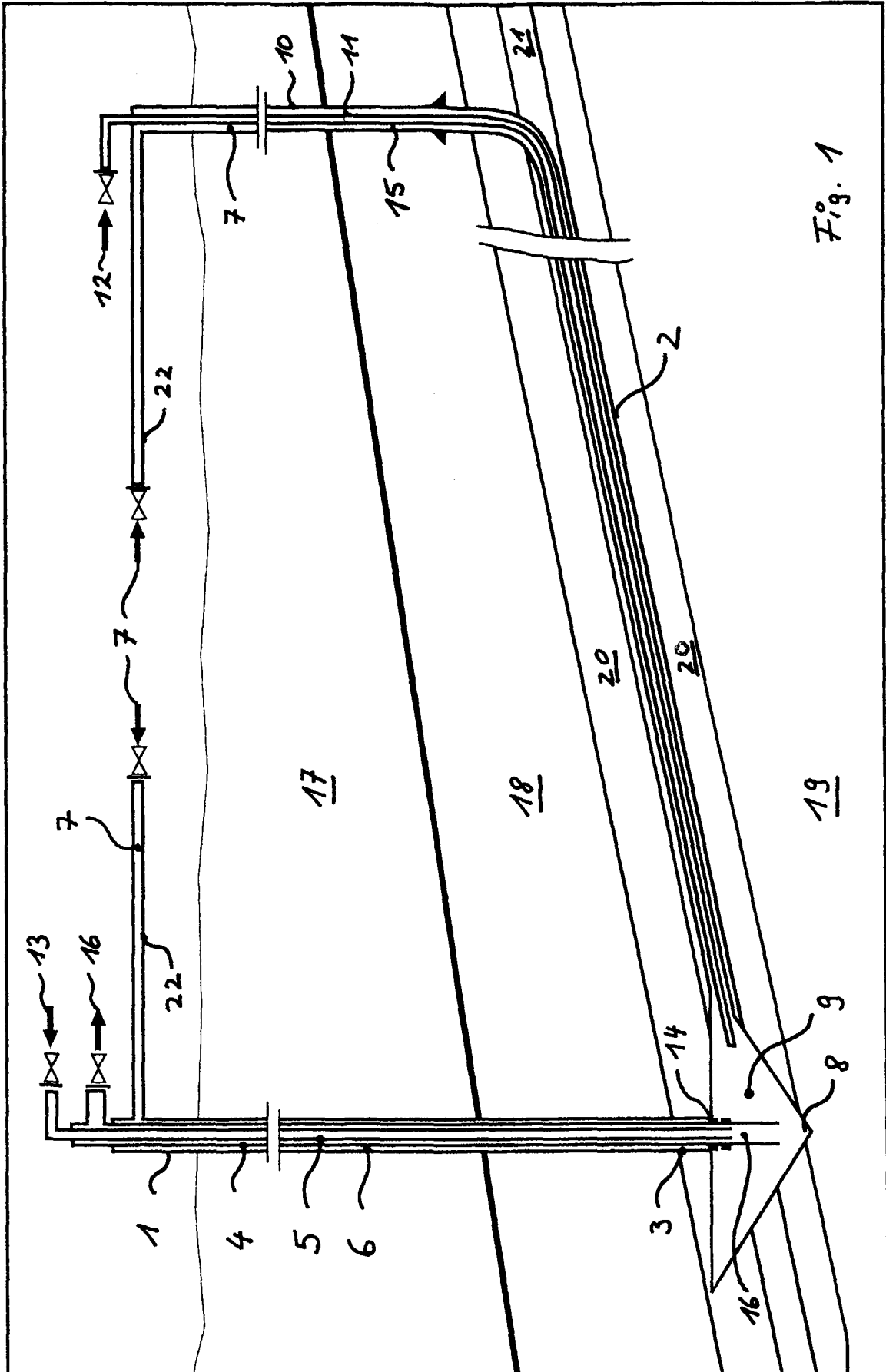


Fig. 1

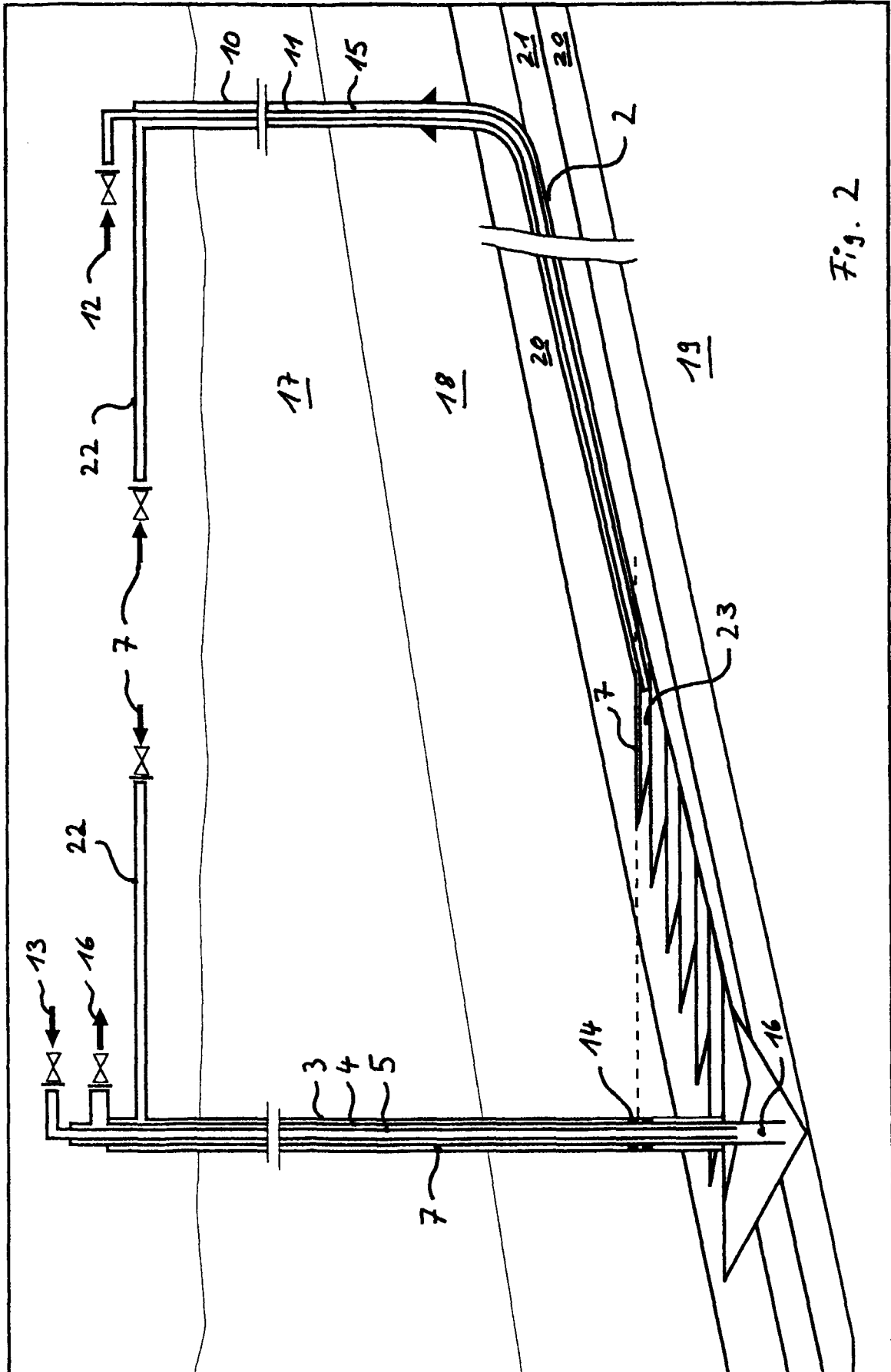


Fig. 2

