



PATENTSCHRIFT 139 737

Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

			Int. Cl. ³		
(11)	139 737	(44)	16.01.80	3(51)	E 21 B 43/00
(21)	AP E 21 B / 208 398	(22)	11.10.78		
(31)	7711500-4 7714619-9	(32)	12.10.77 21.12.77	(33)	SE

(71) siehe (73)

(72) Hallberg, Rolf O.; Martinell, Rudolf H., Dipl.-Ing.; Flygare, Per T., SE

(73) Vyrmetoder AB, Täby, SE

(74) Internationales Patentbüro Berlin, 102 Berlin, Wallstraße 23/24

(54) Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen

(57) Es wird ein Verfahren für die Gewinnung von organischen Gasen aus Gestein, anstehendem Fels oder Bodensedimenten in Seen an Ort und Stelle beschrieben. Wasser, das Mikroorganismen (beispielsweise Methan-Bakterien) und/oder Substanzen, die deren Wachstum fördern, enthält, wird durch Einspritzbrunnen oder -rohre nach unten gepumpt, und Wasser, das organische Gase, die durch die genannten Mikroorganismen produziert wurden, enthält, wird durch Extraktionsbrunnen oder -rohre nach oben gepumpt. Die organischen Gase werden dann durch Druckverringerung des Wassers freigesetzt. Das Wasser wird vorzugsweise in einem geschlossenen Kreislauf gepumpt.

13 Seiten



Berlin, den 2.2.1979

54 328/18

208398

- 1 -

Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen auf dem Grund (Erdschichten), dem anstehenden Fels oder Bodensedimenten in Seen, die organische Stoffe enthalten.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Der der Erfindung am nächsten liegende Stand der Technik ist in den US-PSen 2.660.550, 2.413.278 und 2.681.704 sowie in der DE-AS 1.110.586 beschrieben.

Der Energiewert von Grund oder anstehendem Fels, die organische Stoffe enthalten, wird in der Regel in folgender Weise genutzt: Zuerst wird das gesamte Rohmaterial gesammelt, z.B. durch Bergbau oder andere mechanische Mittel. Dann wird das Material entweder direkt verbrannt oder einer Pyrolyse unterzogen, um gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffe und Koks zu gewinnen. Wenn jedoch der Gehalt an organischen Stoffen im Grund oder anstehenden Fels nicht ausreichend groß ist, sind diese Methoden unökonomisch.

Ziel der Erfindung

Nach der vorliegenden Erfindung wird ein ökonomisches Verfahren zur Gewinnung wertvoller gasförmiger Produkte aus Ge-

208398

-2-

2.2.1979

54 328/18

stein oder anstehendem Fels, die organische Stoffe enthalten, an Ort und Stelle geschaffen. Das Verfahren ist selbst dann durchaus wirtschaftlich, wenn der Gehalt an organischen Stoffen verhältnismäßig gering ist. Ein anderer Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß die natürliche Umwelt in keinerlei stärkerem Maße beeinträchtigt wird; die einzige feststellbare Auswirkung auf die natürliche Umwelt ist die Bohrung einer Reihe von Bohrungen. Im Verfahren nach der Erfindung werden mikrobiologische Prozesse für die Herstellung von organischen Gasen, vor allem Methan, genutzt; es wird ein mikrobiologischer Prozeß eingeleitet oder eine natürliche mikrobiologische Aktivität wird stimuliert.

Das neuartige Verfahren kann auch auf die Gewinnung von organischen Bodensedimenten in Seen angewendet werden. Dadurch ist es möglich, verunreinigte oder überwucherte Seen oder Weiher wiederherzustellen und gleichzeitig ein wertvolles Produkt, vorzugsweise Methan oder Äthylen, zu gewinnen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen aus dem Grund, dem anstehenden Felsen oder den Bodensedimenten in Seen zur Verfügung zu stellen.

Die Erfindung betrifft daher ein Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen aus Gestein (Grund), anstehendem Fels oder Seesedimenten, welche organische Stoffe enthalten, und das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß (a) Mikroorganismen, die zumindest einen Teil des organischen Materials fermentieren können, um so organische Gase zu bilden, und/der Substanzen, welche das Wachstum dieser Mikroorganismen för-

208398

-3-

2.2.1979
54 328/18

dern, dem Wasser zugesetzt werden; (b) das so behandelte Wasser durch einen oder mehrere Brunnen, Rohre, Dränagerohre, Radialfilterrohre und/oder Gräben im Gesteinen, anstehenden Fels oder Seesediment nach unten gepumpt wird; (c) das Wasser, welches die auf diese Weise produzierten organischen Gase enthält, wobei die genannten Gase darin in gasförmiger und/oder gelöster Form enthalten sind, durch einen oder mehrere Brunnen, Rohre, Dränagerohre, Radialfilterrohre und/oder Gräben, die sich in geeigneter Entfernung von den genannten zuerst erwähnten Brunnen, Rohren, Dränagerohren, Radialfilterrohren und/oder Gräben befinden, nach oben gepumpt wird; und (d) der Druck des Wassers, das hochgepumpt wird, in einer Trennkammer auf einen Druck verringert wird, der unter dem liegt, welcher in dem genannten Gestein, anstehenden Fels oder Seesediment liegt, so daß der größte Teil der organischen Gase freigesetzt wird.

Vorzugsweise wird mit einem zyklischen Prozeß gearbeitet, d.h. das Wasser wird im Kreis gepumpt, so daß es in einem geschlossenen Kreis oder Zyklus zirkuliert. Mikroorganismen und/oder wachstumsfördernde Substanzen werden dem Wasser zugesetzt, wenn es von der Trennkammer kommt; dieses Wasser hat einen geringen Gehalt an gelösten organischen Gasen. Dann wird das Wasser wieder in das Gestein, den anstehenden Fels oder das Seesediment nach unten gepumpt.

Eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens der Erfindung ist die Gewinnung von Methan, z.B. aus Ölschiefer, und um die anschließende Beschreibung zu vereinfachen, wird diese bevorzugte Ausführung an erster Stelle behandelt.

Wenn Methan gewonnen werden soll, werden dem Wasser sogenannte Methan-Bakterien zugesetzt. Beispiele für derartige Bakte-

208398

-4-

2.2.1979

54 328/18

rien sind *Sarcina methanica*, *Pseudosarcina*, *Methanobacterium formicium*, *M. omelianskii*, *M. propionicum*, *M. söhngeni*, *M. suboxydans*, *Methanococcus mazei*, *M. vannellii*, *Methanosarcina methanica* und *M. barkerii*.

In der Regel ist es außerdem notwendig, Substanzen, welche das Wachstum und die Entwicklung der Mikroorganismen und damit die Produktion von Methan fördern, zuzusetzen. Diese Substanzen können Nährflüssigkeiten sein, beispielsweise Verbindungen, die Stickstoff, Phosphor oder Kalium enthalten. Außerdem sind in der Regel Spurenelemente erforderlich, beispielsweise eines oder mehrere der Elemente Eisen, Mangan, Magnesium, Kalzium, Nickel, Kobalt, Kupfer, Zink und Molybdän.

Als Kohlenstoffquelle für die Produktion von Methan müssen die Bakterien die organischen Substanzen nutzen, die im Gestein, anstehenden Fels oder Seesediment vorhanden sind. Selbst wenn die Bakterien nicht alle die genannten organischen Substanzen als Substrat nutzen können, ist das Verfahren trotzdem nützlich und ökonomisch gewinnbringend, solange die Menge des je zirkuliertem Wasservolumen gewonnenen Methan ausreichend groß ist (in der Größenordnung von etwa 20 mg Methan je Liter Wasser und darüber liegt).

Der optimale pH-Wert für das Wachstum der Methan-Bakterien liegt zwischen 5 und 8. Der pH-Wert sollte vorteilhaft zwischen 6 und 8 und am besten zwischen 7,2 und 8 liegen. Wenn das Grundwasser im Gestein oder anstehenden Fels oder das Wasser im See zu sauer oder zu alkalisch ist, sollte der pH-Wert daher auf den gewünschten Wert abgestimmt werden. Dazu setzt man dem nach unten zu pumpenden Wasser vorteilhaft den pH-Wert regulierende und/oder Puffersubstanzen zu. Beispielsweise können Natriumhydrogenkarbonat, Kalziumoxid und/oder Kal-

ziumhydroxid verwendet werden, um den pH-Wert zu erhöhen.

Um zu gewährleisten, daß der mikrobiologische Prozeß und damit verbunden der Abbau des organischen Materials zu Methan mit einer ausreichenden Rate (Geschwindigkeit) ablaufen, ist es in der Regel notwendig, dem Wasser beide Zusätze hinzuzufügen, d.h., die Mikroorganismen sowie die das Wachstum der Mikroorganismen fördernden Substanzen. Den besten Wirkungsgrad erreicht man, wenn das Wasser, das zum Freisetzen des Methans nach oben gepumpt wird, unter den vorherrschenden Druck- und Temperaturbedingungen mit Methan gesättigt ist. In bestimmten Fällen kann es jedoch ausreichend sein, nur Nährflüssigkeiten und/oder Spurenelemente zuzusetzen, und zwar dann, wenn die natürlich auftretende mikrobiologische Flora ausreicht. In anderen Fällen kann der Zusatz nur von Mikroorganismen ausreichend sein.

Die speziellen, dem Wasser zuzusetzenden Mikroorganismen und Chemikalien sind in jedem einzelnen Fall gesondert auszuwählen in Abhängigkeit von den Bedingungen, die im Gestein, anstehenden Fels oder Bodensediment, in denen das Methan produziert werden soll, herrschen. Das gleiche gilt für die Auswahl der Mengen an Mikroorganismen und Chemikalien, die zugesetzt werden müssen.

Ausführungsbeispiel

Im Verfahren nach der Erfindung wird Wasser, das Mikroorganismen und/oder Chemikalien enthält, durch einen oder mehrere Brunnen, Dränagerohre, Radialfilterrohre und/oder Gräben in das Gestein oder den anstehenden Fels nach unten gepumpt. Das Wasser wird in ausreichende Tiefe gepumpt, die vom Grundwasserspiegel und der Lage und Stärke der Schicht, die das orga-

208398

-6-

2.2.1979

54 328/18

nische Material enthält, abhängig ist. Das nach unten gepumpte Wasser fließt zum Extraktionsbrunnen oder zu den Brunnen, wobei die Geschwindigkeit von verschiedenen Faktoren abhängig ist, so beispielsweise von der Durchlässigkeit des Gesteins oder anstehenden Fels. So wird der Abstand zwischen den Einspritzbrunnen und den Extraktionsbrunnen teilweise als Funktion der genannten Geschwindigkeit bestimmt. Diese Entfernung kann zwischen einigen Metern und mehr als 100 m liegen, sie beträgt in der Regel zwischen 10 und 100 m. Oft ist es vorteilhaft, ein System aus einer Vielzahl von Brunnen zu nutzen, so daß der mikrobiologische Prozeß dann über einem großen Abschnitt erfolgt, um so ein großes Gesamtvolumen an Methan zu erzeugen. Beispielsweise ist es möglich, zwei parallele Reihen von Brunnen zu bohren, wobei die Brunnen in der einen Reihe Einspritzbrunnen und die Brunnen in der anderen Reihe Extraktionsbrunnen sind. Alternativ dazu kann eine Reihe von Einspritzbrunnen rund um eine zentrale Extraktionsbohrung angeordnet werden.

Bei der Gewinnung von Methan aus den Bodensedimenten in Seen wird Wasser, das Mikroorganismen und/oder Chemikalien enthält, durch eines oder mehrere Rohre in das Bodensediment gepumpt. Das Wasser wird in ausreichende Tiefe in das Bodensediment gepumpt, in dem sich das organische Material befindet. Dann wird das durch das Sediment fließende Wasser durch eines oder mehrere Extraktionsrohre nach oben gepumpt. Die Einspritzrohre und die Extraktionsrohre sind in der gleichen Art und Weise angeordnet, wie das oben für die Brunnen beschrieben wurde.

Im Gestein oder anstehenden Fels bauen die Mikroorganismen das organische Material ab, um Methan zu bilden, und das so gebildete Methan löst sich in dem fließenden Wasser auf. Wenn das Wasser den Extraktionsbrunnen erreicht, sollte es genü-

208398

-7-

2.2.1979

54 328/18

gend mit Methan gesättigt sein, wobei die Sättigungskonzentration natürlich vom herrschenden Druck und der Temperatur abhängig ist. Daher ist bei einer gegebenen Gesteins- oder Felsdurchlässigkeit der geeignete Abstand zwischen Einspritz- und Extraktionsbrunnen von der Zeit abhängig, die das Wasser zur Sättigung mit Methan braucht.

Bei der Gewinnung von Methan aus Seesedimenten sollte die Methankonzentration die Sättigungskonzentration nicht übersteigen, wenn das Wasser das Extraktionsrohr erreicht. Wird die Sättigungskonzentration überschritten, wird gasförmiges Methan freigesetzt, was zu Methanverlusten führt. Die Umlaufgeschwindigkeit und die Entfernung zwischen Einspritz- und Extraktionsrohren sollte daher so gewählt oder abgestimmt werden, daß die Methankonzentration im Wasser nicht auf den Sättigungspunkt ansteigt, bevor das Wasser zum Freisetzen des Methans nach oben gepumpt wird.

Das methanhaltige Wasser wird durch den Extraktionsbrunnen oder das Extraktionsrohr nach oben gepumpt und in eine Trennkammer eingeführt, in welcher der Druck niedriger als der Druck unten im Brunnen oder Seesediment ist. Im Ergebnis dessen setzt das Wasser in der genannten Trennkammer die Gasmenge frei, die die Sättigungskonzentration unter den Bedingungen überschreitet, die in der Trennkammer herrschen. Das so freigesetzte Gas wird zu einer Speicher- oder Verbrauchseinrichtung geleitet. Der Druck in der Trennkammer ist vorzugsweise gleich dem Luftdruck oder niedriger. Günstig ist es, Wasser so in die Trennkammer einzuspritzen, daß es zu Tropfen zerstäubt wird. Dadurch wird die Freisetzung des Gases beschleunigt.

208398

-8-

2.2.1979

54 328/18

Die notwendigen Mikroorganismen und Chemikalien (Nährflüssigkeiten, Spurenelemente, pH-Wertregulierungssubstanzen) werden dem Wasser zugesetzt, das aus der Trennkammer kommt, und dann wird das Wasser wieder hinunter in das Gestein, den anstehenden Fels oder das Seesidiment durch einen Einspritzbrunnen oder ein Einspritzrohr gepumpt. Die Zusätze können entweder direkt in dem Rohr, durch welches das Wasser gepumpt wird, oder in einem speziellen Mischbehälter erfolgen. Auf diese Weise entsteht ein kontinuierlicher, geschlossener Kreislauf, und der Prozeß kann so lange aufrechterhalten werden, solange das Gestein, der anstehende Fels oder das Seesediment organische Substanzen enthalten, die von Bakterien zur Methanherstellung genutzt werden können. Die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, die im geschlossenen Kreis einer gegebenen Anlage zirkuliert, kann beispielsweise zwischen 1 l/s und mehr als 1000 l/s betragen.

Die Produktion von Methan mit Hilfe von Methan-Bakterien ist ein anaerober Prozeß, aber da das Wasser oberirdisch durch ein geschlossenes System geführt wird, so daß sich kein Sauerstoff im Wasser lösen kann, ist kein spezielles Entfernen von gelöstem Sauerstoff erforderlich. Wenn das gewünscht wird, kann man das Wasser, das anfangs in die Erde gepumpt wird, entgasen, um so daß geschlossene System zu starten. Eine solche Entgasung kann auf jede herkömmliche Weise durchgeführt werden.

Nach einer Ausführung des Verfahrens der Erfindung werden abwechselnd aerobe und anaerobe Bedingungen angewendet, um das vorhandene organische Material vollständiger nutzen zu können. Während der Abschnitte des aeroben Betriebs wird Wasser, das Sauerstoff oder sauerstoffreisetzende Verbindungen enthält, nach unten gepumpt; das hat zur Folge, daß die organischen

208398

-9-

2.2.1979

54 328/18

Substanzen oder ein Teil der organischen Substanzen, die nicht "nutzbar" sind, d.h., durch die eingesetzten Mikroorganismen nicht genutzt werden können, in "nutzbare" organische Substanzen umgewandelt werden. Auf diese Art und Weise können beispielsweise gesättigte Fettsäuren in ungesättigte Fettsäuren umgewandelt werden, die von den Methanbakterien genutzt werden können. Das Wasser wird in der Regel in einer geeigneten Weise durchlüftet, bevor es nach unten gepumpt wird. Während der Abschnitte des anaeroben Betriebs wird sauerstoffreies Wasser, das Mikroorganismen und/oder Chemikalien enthält, nach unten gepumpt und Methan in der oben beschriebenen Art und Weise produziert und gewonnen. Es wurde festgestellt, daß ein solcher wechselweiser Betrieb eine sehr wirksame Form der Nutzung des organischen Materials zur Methanproduktion ist.

In bestimmten Fällen, z.B. bei der Gewinnung von Methan aus Torfmooren, kann es sogar ratsam sein, ständig Wasser, das Sauerstoff oder sauerstoffreisetzende Verbindungen sowie Mikroorganismen und/oder wachstumsfördernde Substanzen enthält, nach unten zu pumpen. Das ist dann der Fall, wenn auf Grund der herrschenden Bedingungen der Sauerstoff in dem nach unten gepumpten Wasser verhältnismäßig schnell verbraucht wird, so daß sich anaerobe Bedingungen herausbilden, bevor das Wasser den Extraktionsbrunnen erreicht.

Bei der Gewinnung von Methan aus Schiefer nach der vorliegenden Erfindung ist es möglich, den Energiewert dieser Schiefer wirtschaftlich zu nutzen. Methangas hat viele unterschiedliche Anwendungs- oder Nutzungsbereiche, und die Nutzung der Schiefer an Ort und Stelle für die Produktion von Methan ist daher eine sehr vorteilhafte Art der Nutzung dieser Energiequelle.

208398

-10-

2.2.1979

54 328/18

Neben der Anwendung zur Gewinnung von Methan aus Schiefer ist das Verfahren gemäß der Erfindung auch von Nutzen bei der Gewinnung von Methan oder anderen organischen Gasen (z.B. Äthylen) aus andere Gesteins- oder Erdformationen, beispielsweise Sumpf- oder Morastgebieten, oder organischen Sedimenten, z.B. kohleführende Formationen, Öllagerstätten oder Gaslagerstätten.

Das in der Trennkammer gewonnene Gas kann neben dem gewünschten organischen Gas unter Umständen auch verschiedene anorganische Gase, wie Wasserstoffsulfid, Stickstoff, Ammoniak, Wasserstoff usw., enthalten, die normalerweise in kleineren Konzentrationen vorhanden sind. In den meisten Fällen ist der Gehalt an organischen Gasen größer als 90 %. Wenn das gewünscht wird, können die anorganischen Gase von dem organischen Gas getrennt werden, wenn das für die beabsichtigte Verwendung des organischen Gases erforderlich ist.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Gewinnung von organischen Gasen aus Gestein, anstehendem Fels oder Seesedimenten, die organische Stoffe enthalten, gekennzeichnet dadurch, daß (a) Mikroorganismen, die zumindest einen Teil der organischen Stoffe fermentieren können, um so organische Gase zu bilden, und/oder Substanzen, die das Wachstum dieser Mikroorganismen fördern, Wasser zugesetzt werden; daß (b) das so behandelte Wasser durch einen oder mehrere Brunnen, Rohre, Dränagerohre, Radialfilterrohre und/oder Gräben in das Gestein, den anstehenden Fels oder das Seesediment gepumpt wird; daß (c) Wasser, welches die so produzierten organischen Gase enthält, wobei die genannten Gase darin in gasförmiger und/oder gelöster Form vorhanden sind, durch einen oder mehrere Brunnen, Rohre, Dränagerohre, Radialfilterrohre und/oder Gräben, die sich in geeigneter Entfernung von den genannten, zuerst erwähnten Brunnen, Rohren, Dränagerohren, Radialfilterrohren und/oder Gräben befinden, nach oben gepumpt wird; und daß (d) der Druck des nach oben gepumpten Wassers in einer Trennkammer auf einen Druck gesenkt wird, der geringer ist als der, welcher in dem genannten Gestein, anstehenden Fels oder Seesediment herrscht, so daß der größte Teil der organischen Gase freigesetzt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Wasser in einem im wesentlichen geschlossenen Kreislauf gepumpt wird, wobei Mikroorganismen und/oder wachstumsfördernde Substanzen dem Wasser zugesetzt werden, das

208398

-12-

2.2.1979

54 328/18

aus der Trennkammer kommt und einen geringen Gehalt an gelösten organischen Gasen hat, und das genannte Wasser dann wieder nach unten in das Gestein, den anstehenden Fels oder das Seesediment gepumpt wird.

3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß dem Wasser Methan-Bakterien zugesetzt werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß dem Wasser die notwendigen Nährflüssigkeiten und/oder Spurenelemente zugesetzt werden.
5. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß dem Wasser den pH-Wert regulierende und/oder Puffersubstanzen zugesetzt werden.
6. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß Wasser, welches Sauerstoff oder sauerstoffreisetzende Verbindungen enthält, abwechselnd oder ständig nach unten gepumpt wird, um organische Substanzen umzuwandeln, die von den Mikroorganismen nur schwer genutzt werden können, in organische Substanzen, die leichter von den Mikroorganismen genutzt werden können.