

(19)



(11)

**EP 2 530 239 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.12.2012 Patentblatt 2012/49**

(51) Int Cl.:  
**E21B 43/16** (2006.01) **E21B 47/00** (2012.01)  
**E21B 47/10** (2012.01) **E21B 43/12** (2006.01)  
**E21B 43/20** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11168172.2**

(22) Anmeldetag: **31.05.2011**

(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**

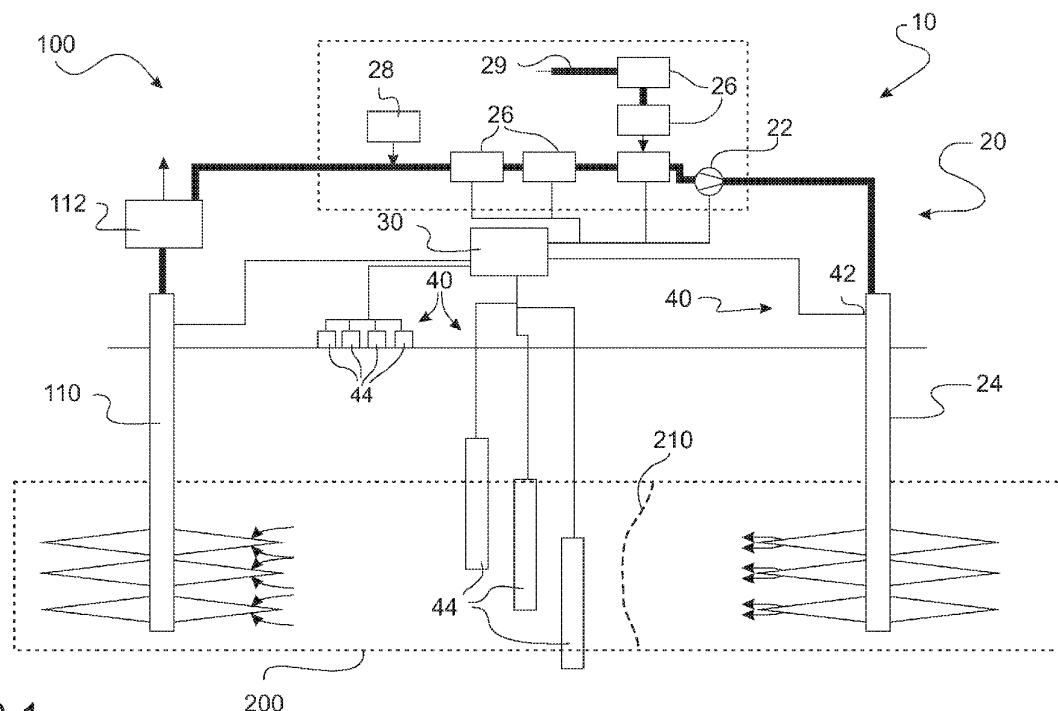
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hagen, Frank**  
**91074 Herzogenaurach (DE)**  
• **Ranaudo, Claudio**  
**91054 Erlangen (DE)**  
• **Schmied, Stefan**  
**91224 Pommelsbrunn (DE)**  
• **Sviridov, Evgeny**  
**109383 Moscow (RU)**  
• **Wacker, Bernd**  
**91074 Herzogenaurach (DE)**

**(54) Injektionssystem für ein Ölfördersystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Injektionssystem (10) für ein Ölfördersystem (100) zur Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation (200), aufweisend eine Injektionsvorrichtung (20) für das Einbringen eines Fluidstroms in das Reservoir der Gesteinsformation (200) mit zumindest einer Pumpe (22) und wenigstens einer Injektionsbohrung (24) in das Reservoir der Ge-

steinsformation (200), eine Regeleinheit (30) zur Regelung des Fluidstroms durch die Injektionsvorrichtung (20) und ein mit der Regeleinheit (30) in signalkommunizierender Weise verbundenes Sensorsystem (40) mit wenigstens einem Fluidsensor (44) für die Überwachung des Fluidstroms innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation (200).

**FIG 1****EP 2 530 239 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Injektionssystem für ein Ölfördersystem, ein derartiges Ölfördersystem sowie ein Verfahren zur Regelung eines derartigen Injektionssystems.

**[0002]** Es ist bereits bekannt, dass bei der Förderung von Öl aus einem Reservoir in einer Gesteinsformation die Ausbeute des Öls über den Förderzeitraum abnimmt. Insbesondere ist bekannt, dass in bestehenden Reservoirs in Gesteinsformen bis zu 70% der dort lagernden Ölmengen verbleiben, da die bisherigen Fördermethoden nicht oder nur unzureichend in der Lage sind, diese Restmengen zu fördern. Dies beruht unter anderem darauf, dass der Reservoirdruck abnimmt und sich mit Hilfe von Pumpen nur noch wenig Öl fördern lässt. Das Absenken des Drucks im Reservoir der Gesteinsformation führt zu erhöhten Schwierigkeiten für die Förderung des Öls aus demselben.

**[0003]** Es ist bereits vorgeschlagen worden, die Volumina des geförderten Öls durch fluide Stoffe, insbesondere Wasser, zu ersetzen bzw. auszuwaschen. Solche Auffüllfluide, also insbesondere Wasser, werden an einer separaten Stelle mit Bezug auf eine Förderbohrung, in das Reservoir der Gesteinsformation injiziert. Auf diese Weise wurde sozusagen das entnommene Öl durch das Wasser ersetzt und damit versucht der Druck im Inneren des Reservoirs für die Förderung auch der Restmenge des Öls aufrecht zu erhalten, oder das Öl aus der Lagerstätte zu waschen.

**[0004]** Nachteilig bei den bekannten Vorrichtungen und Systeme ist es, dass keine ausreichende Regelung der Injektionsvolumina des Wassers durchgeführt werden konnte. Vielmehr war es ausschließlich möglich, die Pumpleistung, also die Injektionsleistung für das Wasser, zu dokumentieren und anhand der Ergebnisse an der Förderbohrung, insbesondere dem Wasseranteil im geförderten Öl, Rückschlüsse zu ziehen, welche für eine Veränderung der Steuerung der Injektionsleistung verwendet werden konnten. Mit anderen Worten handelt es sich also bei bekannten Verfahren um eine reine Steuerung beziehungsweise einen offenen Regelkreis, der keine Rückkopplung zwischen der Regelstrecke und dem durch die Regelung erzielten Ergebnis aufweist. Auf diese Weise beinhalten die bekannten Injektionssysteme zwar grundsätzlich die Möglichkeit den Druck innerhalb eines Reservoirs zu erhöhen, jedoch weisen sie die Problematik auf, dass eine gezielte Regelung der Injektion nicht durchgeführt werden kann.

**[0005]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile bekannter Injektionssysteme für ein Ölfördersystem beziehungsweise derartiger Ölfördersysteme und entsprechender Regelungsverfahren zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Injektionssystem für ein Ölfördersystem, ein derartiges Ölfördersystem sowie ein entsprechendes Verfahren zur Regelung eines Injektionssystems eines Ölfördersystems zur Verfügung zu

stellen, um in der Lage zu sein, eine gezielte Regelung der Menge eines in ein Ölreservoir einer Gesteinsformation injizierten Fluides durchzuführen. Dabei soll insbesondere ein geschlossener Regelkreis erzeugt werden.

**[0006]** Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Injektionssystem für ein Ölfördersystem mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1, ein Ölfördersystem mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 9 sowie ein Verfahren zur Regelung eines Injektionssystems mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 10. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Injektionssystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Ölfördersystem und dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

**[0007]** Ein erfindungsgemäßes Injektionssystem für ein Ölfördersystem zur Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation weist eine Injektionsvorrichtung auf. Diese ist für das Einbringen eines Fluidstroms in das Reservoir der Gesteinsformation mit zumindest einer Pumpe und wenigstens einer Injektionsbohrung in das Reservoir der Gesteinsformation ausgestattet. Die Injektionsbohrung ist also insbesondere ein Bohrloch, über welches mit Hilfe der Pumpe Fluid bis in die Gesteinsformation, insbesondere das Reservoir der Gesteinsformation, gepumpt werden kann. Dabei weist die Injektionsbohrung in der Nähe des Reservoirs der Gesteinsformation oder direkt in denselben Öffnungen auf, durch welche das gepumpte Injektionsfluid die Injektionsbohrung verlassen kann und auf diese Weise der Fluidstrom durch das Reservoir der Gesteinsformation seinen Ausgang nimmt.

**[0008]** Die Injektionsbohrung ist dabei vorteilhafter Weise derart ausgestaltet, dass die Öffnungen in das Reservoir der Gesteinsformation hinein variierbar sind. Dies ist zum Beispiel mit Hilfe einer sogenannten Zylinder-in-Zylinder Ausführung möglich. So kann nicht nur der gesamte Öffnungsquerschnitt der Injektionsbohrung, für das Injizieren des Fluides in das Reservoir der Gesteinsformation angepasst, sondern darüber hinaus vorteilhafter Weise auch der exakte Ort für das Injizieren in das Reservoir der Gesteinsformation bestimmt werden. Darüber hinaus ist auch die Pumpe regelbar, sodass durch die Kombination der Regelung der Pumpe, der Öffnungsquerschnitte in der Injektionsbohrung und/oder der exakten Position der Öffnungen in der Injektionsbohrung der Fluidstrom durch das Reservoir der Gesteinsformation nicht nur eingebracht, sondern darüber hinaus hinsichtlich seiner Einbringungsorte und hinsichtlich seines Massenbeziehungsweise Volumenstroms variierbar bleibt.

**[0009]** Ein erfindungsgemäßes Injektionssystem für

ein Ölfördersystem ist weiter mit einer Regeleinheit zur Regelung des Fluidstroms durch die Injektionsvorrichtung hindurch ausgestattet. Diese kann zum Beispiel durch einen Rechner, insbesondere die CPU eines Computers, ausgebildet sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass die Regeleinheit kombiniert mit einer Regeleinheit eines Ölfördersystems, insbesondere einem Regelcomputer eines Ölfördersystems, ausgebildet ist. So ist es denkbar, dass die Regeleinheit als Software-Applikation auf einem solchen Computer für das Injektionssystem und/oder das Ölfördersystem läuft.

**[0010]** Darüber hinaus ist bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem ein mit der Regeleinheit in signalkommunizierender Weise verbundenes Sensorsystem vorgesehen. Dieses weist wenigstens einen Fluidsensor für die Überwachung des Fluidstroms innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation auf. Es ist damit möglich mit einem solchen Sensorsystem, insbesondere mit dem wenigstens einen Fluidsensor, die tatsächliche Bewegung des Fluides durch das Reservoir der Gesteinsformation zu erkennen. Durch diese Erkennung beziehungsweise durch diese Überwachung des Fluidstroms durch das Reservoir der Gesteinsformation wird eine Rückkopplungsmöglichkeit gegeben, durch welche die Regeleinheit eine Information über die realen Verhältnisse innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation erhält. Diese Rückkopplung schließt den Regelkreis, so dass die Regeleinheit auf Basis dieser Informationen den Fluidstrom durch die Injektionsvorrichtung regeln kann. Dabei regelt die Regeleinheit zum Beispiel die Pumpleistung der Pumpe, die Öffnungsquerschnitte der Injektionsbohrung in das Reservoir der Gesteinsformation und/oder die exakte Örtlichkeit der jeweiligen Öffnung in das Reservoir der Gesteinsformation.

**[0011]** Es ist darauf hinzuweisen, dass bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem auch mehrere Injektionsbohrungen denkbar sind. So kann die Regeleinheit zusätzlich auch die entsprechenden Injektionsbohrungen auswählen beziehungsweise neben einem Ein- und Ausschalten einzelner Injektionsbohrungen auch die variable Verteilung des einzubringenden Fluidstroms über die Regelung der jeweiligen Injektionsbohrung, zum Beispiel mit Hilfe von variablen Ventilen, einstellen.

**[0012]** Unter einem Reservoir in einer Gesteinsformation ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung sowohl ein Hohlraum, als auch eine Gesteinsformation zu verstehen, in welcher das Öl in offener, teilgebundener oder gebundener Form vorliegt. Es ist also auch denkbar, dass das Reservoir als eine Art Schwammgebilde (sedimentäre Lagerstätte) im Inneren einer Gesteinsformation ausgebildet ist. Unter einer Gesteinsformation kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch eine Sandformation verstanden werden. Als Gestein gelten alle möglichen Materialien, in denen Öl vorkommen kann.

**[0013]** Bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem kann als gefördertes Gut neben der Förderung von Öl selbstverständlich auch ein anderes Fördermedium vorhanden sein. Zum Beispiel kann ein erfindungsgemä-

ßes Injektionssystem auch für die Förderung von Gas, insbesondere Erdgas einsetzbar sein. Als einzubringendes Fluid für die Erzeugung des Fluidstroms ist insbesondere Wasser zu verwenden. Selbstverständlich sind jedoch auch andere Fluide, insbesondere Mischungen von Fluiden denkbar. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass der Fluidstrom in Form eines Gasstromes eingesetzt wird.

**[0014]** Durch ein erfindungsgemäßes Injektionssystem ist es möglich, insbesondere zwei Ziele zu erreichen.

**[0015]** Zum einen kann auf diese Weise ein taktisches Ziel der Regeleinheit vorgegeben werden, welches zum Beispiel beinhaltet, dass der Wasseranteil in der Fördermenge des Öls möglichst gering gehalten werden soll. Ein solches taktisches Ziel beruht darauf, dass bei der Einbringung eines Fluidstroms, zum Beispiel von Wasser, die Gefahr besteht, dass sich Fluidkurzschlüsse im Reservoir ausbilden. Das bedeutet, dass Wasser nicht nur das Öl aus dem Reservoir verdrängt und den Druck erhöht, sondern direkt, als Kurzschluss zwischen einer Injektionsbohrung und einer Förderbohrung, nach dem Einbringen wieder gefördert wird. Um dies zu vermeiden ist insbesondere ein möglichst geringer Druck beim Einbringen des Fluidstroms erwünscht.

**[0016]** Parallel zu dem taktischen Ziel ist ein weiteres, sogenanntes strategisches Ziel denkbar. Nach diesem soll eine möglichst hohe Ausbeute an Öl erzielt werden, also die Restmenge an Öl im Reservoir, welche nicht mehr mit vertretbarem Aufwand gefördert werden kann, minimiert werden. Um das strategische Ziel zu erreichen, ist ein besonders hoher Druck durch das eingebrachte Fluid, also durch den Fluidstrom, notwendig.

**[0017]** Augenscheinlich widersprechen sich die Notwendigkeiten für das taktische Ziel und das strategische Ziel zumindest teilweise. Es ist also vorteilhaft, wenn durch die Regeleinheit eine Möglichkeit geschaffen wird, sich einem Überschneidungsbereich zwischen den beiden Zielen zu nähern, welcher einen ausreichend hohen Erfüllungsgrad für beide Ziele ermöglicht. Insbesondere wird die Regeleinheit zu Beginn des Verfahrens ein Einpendeln zwischen dem Erreichen des taktischen Ziels und des strategischen Ziels durchführen. Dabei wird zum Beispiel durch die Regelung der Pumpe der Fluidstrom auf den gewünschten Wert eingestellt, welcher einen ausreichend geringen Wasseranteil in der Fördermenge des Öls und eine ausreichend hohe Ausbeute an Öl in der Fördermenge erreichen lässt. Zusätzlich ist es auch möglich, dass durch die Wahl der Injektionsbohrung, durch den Öffnungsquerschnitt derselben und/oder die Auswahl des Ortes der Öffnung ein Kurzschluss in der Gesteinsformation unabhängig vom Druck vermieden oder reduziert wird.

**[0018]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann das Sensorsystem in der Gesteinsformation sowohl direkt, als auch indirekt messend vorgesehen sein. Bei einer indirekten Anordnung ist es vorteilhaft, wenn das Sensorsystem, insbesondere dessen Sensoren, direkt

auf der Oberfläche oberhalb einer Gesteinsformation angeordnet sind. In diesem Fall ist es nicht notwendig eine separate Bohrung für das Sensorsystem durchzuführen, wodurch Kosten und Zeit eingespart werden können.

**[0019]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass der Fluidstrom zum Teil auf einem Fluid basiert, welches bei der Förderung von Öl als Abfallstoff entsteht. Dies kann zum Beispiel Wasser sein. Bei der Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation ist dieses Öl häufig mit weiteren Stoffen verunreinigt. Diese werden in einer Ölabtrennvorrichtung (Separationsanlage) abgeschieden, sodass das Öl als reines Produkt des Förderprozesses verbleibt. Die übrigen Stoffe sind grundsätzlich Abfallstoffe, die entsorgt oder weiterverarbeitet werden müssen. Ein solcher Abfallstoff ist zum Beispiel Wasser, welches als Bestandteil der geförderten Menge des Öls von diesem abgetrennt wird. Dieses Wasser kann direkt oder nach einer entsprechenden Behandlung, wie zum Beispiel die Entfernung von Schwebstoffen und Ölresten, der erfindungsgemäßen Injektionsvorrichtung des Injektionssystems zugeführt und wieder auf diese Weise zurück in das Reservoir der Gesteinsformation gepumpt werden.

**[0020]** Je nach Ausbildungsform eines erfindungsgemäßen Injektionssystems ist es möglich, dass das Sensorsystem Bestandteil der Regeleinheit ist. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn eine besonders robuste und/oder kompakte Baueinheit für ein erfindungsgemäßes Injektionssystem erreicht werden soll. So ist es möglich, dass die Regeleinheit die einzelnen Sensoren des Sensorsystems als einzelne Komponenten in sich selbst aufweist.

**[0021]** Durch die Injektionsvorrichtung eines erfindungsgemäßen Injektionssystems kann der Fluidstrom dabei insbesondere kontinuierlich eingebracht werden. Das bedeutet, dass durch die Pumpe Fluid in kontinuierlicher Weise gefördert wird, sodass über die Injektionsbohrung ebenfalls in kontinuierlicher Weise das Fluid dem Reservoir in der Gesteinsformation zugeführt wird. Durch den Austritt an den Öffnungen der Injektionsbohrung wird ein Fluidstrom durch das Reservoir der Gesteinsformation erzeugt, welcher aufgrund von Dichteunterschieden und/oder Viskositätsunterschieden zum dort lagernden Öl dieses sozusagen vor sich her schiebt. Das Vor-sich-Herschieben bildet sozusagen eine Fluidfront, insbesondere eine Wasserfront aus, welche sich möglichst kontinuierlich durch das Reservoir in der Gesteinsformation schieben soll. Insbesondere ist es durch die Regeleinheit und das Sensorsystem eines erfindungsgemäßen Injektionssystems möglich, dass Kurzschlüsse zwischen der Injektionsbohrung und einer Förderbohrung vermieden werden.

**[0022]** Es kann von Vorteil sein, wenn im Rahmen der vorliegenden Erfindung zumindest ein Injektionssensor für die Überwachung des Fluidstroms durch die Injektionsvorrichtung angeordnet ist. Dies ermöglicht eine Erweiterung des geschlossenen Regelkreises. So ist es zwar grundsätzlich möglich, dass in besonders einfacher

Weise die Pumpleistung, eine Ventilsteuerung, die Öffnungssituation von Öffnungen in der Injektionsbohrung oder die Auswahl des Ortes derselben rein auf Basis der gemessenen Daten des Fluidsensors des Sensorsystems erfolgt. Jedoch ist es von Vorteil, wenn die Ergebnisse der einzelnen Regelaktionen direkt bei der Injektionsvorrichtung überwacht werden. Insbesondere misst ein solcher Injektionssensor den Fluiddurchfluss hinsichtlich seines Massen- beziehungsweise Volumensstroms in die Injektionsbohrung.

**[0023]** Auch vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem der wenigstens eine Fluidsensor als seismischer, als akustischer und/oder als elektromagnetischer Sensor ausgebildet ist. Dies sind unterschiedliche mögliche Sensormöglichkeiten, um den Fluidstrom im Inneren des Reservoirs der Gesteinsformation in erfindungsgemäßer Weise zu überwachen. Selbstverständlich sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung diese unterschiedlichen Messmethoden auch miteinander kombinierbar. Sämtliche dieser Messmethoden sind dabei vorteilhafterweise sowohl oberhalb des Reservoirs der Gesteinsformation, also an der Oberfläche, wie auch im Inneren der Gesteinsformation einsetzbar. Dabei kann auch eine Kombination solcher direkten und indirekten Messverfahren im Rahmen der vorliegenden Erfindung denkbar sein.

**[0024]** Auch vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem wenigstens ein Fluidsensor innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation angeordnet ist. Dies geschieht zum Beispiel über Sensorbohrungen, die in die Nähe des Reservoirs der Gesteinsformation oder in dasselbe eingesetzt werden. Diese sind insbesondere an unterschiedlichen Orten beziehungsweise in unterschiedlichen Teufen im Reservoir der Gesteinsformation angeordnet. Auf diese Weise ist es möglich die Überwachung durch das Sensorsystem in zweidimensionaler und/oder sogar in dreidimensionaler Weise durchzuführen. So kann die entstehende Fluidfront beim Erzeugen des Fluidstroms in dem Reservoir der Gesteinsformation in zweidimensionaler und/oder dreidimensionaler Weise überwacht werden. Je größer das Sensorsystem einen Abdeckungsbereich definiert, umso größer ist die Sicherheit, dass Kurzschlüsse zwischen der Injektionsbohrung und einer Förderbohrung vermieden werden können.

**[0025]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann es weiter von Vorteil sein, wenn wenigstens ein Fluidsensor an der Oberfläche oberhalb des Reservoirs der Gesteinsformation angeordnet ist. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass teure und zeitaufwendige Sensorbohrungen unterbleiben können. Darüber hinaus sind die einzelnen Fluidsensoren besser zugänglich, sodass deren Installation aber auch deren Wartung vereinfacht ist und Kosten spart. Dabei erstreckt sich das Reservoir der Gesteinsformation in einer dreidimensionalen Weise über einen zweidimensionalen Bereich sowie, in dritter Dimension, unterschiedliche Teufenbereiche innerhalb einer Gesteinsformation. Über die Abbildung dieses drei-

dimensionalen Reservoirbereiches auf der Oberfläche oberhalb desselben sind vorteilhafterweise in regelmäßigen Abständen die entsprechenden Fluidsensoren verteilt. Dabei kann es sich bei der Anordnung auf der Oberfläche um Fluidsensoren handeln, welche in der Lage sind, nicht nur im Zweidimensionalen, sondern auch im Dreidimensionalen eine Messung durchzuführen. Das bedeutet, dass trotz der reinen Anordnung auf der Oberfläche die unterschiedlichen Teufen hinsichtlich der Ausbildung der Fluidfront im Reservoir der Gesteinsformation messbar und bestimmbar sind.

**[0026]** Auch vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem einer der wenigstens einen Fluidsensoren derart ausgestaltet ist, dass er den Fluidstrom an unterschiedlichen Orten des Reservoirs der Gesteinsformation, insbesondere in unterschiedlichen Teufen, überwachen kann. Wie bereits in dem voranstehenden Absatz erläutert, können dabei sowohl zweidimensionale, als auch dreidimensionale Abbilder hinsichtlich des Fluidstroms, insbesondere der Fluidfront im Reservoir der Gesteinsformation erzeugt werden.

**[0027]** Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem die Regeleinheit die Injektionsvorrichtung, insbesondere deren Pumpe, hinsichtlich des Fluidstroms anhand der von dem Sensorsystem zur Verfügung gestellten Daten automatisch und/oder semiautomatisch regelt. Eine automatische Regelung bringt den Vorteil mit sich, dass ein aktiver Eingriff des Bedienpersonals nicht notwendig ist. Vielmehr kann die Regeleinheit auf Basis der zur Verfügung gestellten Daten vollautomatisch den Injektionsvorgang regeln. Selbstverständlich ist auch eine semiautomatische Regelung denkbar, insbesondere eine Regelung, bei welcher auf Basis der zur Verfügung gestellten Daten eine Handlungsanweisung dem Bedienpersonal vorgeschlagen wird. Dieser Vorschlag kann zum Beispiel dergestalt sein, dass eine Empfehlung durch die Regeleinheit abgegeben wird, dass eine Gefahr für die Ausbildung eines Kurzschlusses besteht und dementsprechend ein Eingriff hinsichtlich des Öffnungsquerschnittes der Injektionsbohrungen, deren exakte Position sowie des Massen- beziehungsweise Volumenstroms, der durch die Pumpe erzeugt wird, notwendig ist.

**[0028]** Diese automatische und/oder semiautomatische Regelung kann nicht nur auf Basis der aktuellen Daten erfolgen, sondern darüber hinaus bereits gemessene Daten aus der Vergangenheit in Betracht ziehen. Auf diese Weise ist es möglich, dass durch die Aufzeichnung der Überwachung des Sensorsystems Trends erkannt werden können, die hinsichtlich der Steigung oder des Absinkens des Druckes beziehungsweise der zukünftigen Ausbildung der Fluidfront in dem Reservoir des Gesteinssystems eine frühzeitige Warnung und/oder ein frühzeitiges Eingreifen ermöglichen.

**[0029]** Auch vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Injektionssystem in der Injektionsvorrichtung zumindest eine Reinigungsvorrichtung für den einzubringenden Fluidstrom, insbesondere für die Rei-

nigung von Ölrückständen und/oder Feststoffrückständen vorhanden ist. Die Ölrückstände sind insbesondere dann zu entfernen, wenn es sich bei dem Fluid wenigstens zum Teil um eine abgetrennte Fraktion aus der Fördermenge eines Ölfördersystems handelt. Insbesondere handelt es sich um abgetrenntes Wasser, in welchem noch Restspuren des Öls vorhanden sind.

**[0030]** Die physikalischen Unterschiede hinsichtlich einzelner Parameter dienen unter anderem dazu, den Fluidstrom hinsichtlich seiner Fluidfront möglichst scharf von dem enthaltenen Öl im Reservoir der Gesteinsformation abzugrenzen und eine Vermischung der beiden Stoffe Injektionsfluid und zu produzierendes Fluid zu reduzieren oder zu vermeiden, so dass eine Verdrängung anstatt einer Vermischung stattfindet. Zusätzlich oder alternativ ist es möglich, dass Chemikalien zur Veränderung der Viskosität zugeführt werden, z. B. zur Vergelung (Initiierung unter bestimmten Bedingungen, dass sich ein Gel in der injizierten Fluidfront bildet) oder Stoffe, die sich unter bestimmten Bedingungen ausdehnen und so zu einer Blockierung der bestimmten Schicht führen.

**[0031]** Da es sich bei der abgetrennten Fraktion des Wassers meist um eine Menge handelt, welche nicht ausreicht, um die zu injizierende Menge des Fluides zu stellen, kann zusätzlich frisches Fluid, insbesondere Frischwasser, diesem abgetrennten Fluid, also diesem abgetrennten Wasser, zugeführt werden.

**[0032]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Ölfördersystem für die Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation mit zumindest einem erfindungsgemäßen Injektionssystem. Bei einem derartigen erfindungsgemäßen Ölfördersystem können die gleichen Vorteile erzielt werden, wie sie voranstehend ausführlich für ein erfindungsgemäßes Injektionssystem erläutert worden sind. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass sich die Förderungsbohrung beziehungsweise die Förderungsbohrungen von der Injektionsbohrung beziehungsweise den Injektionsbohrungen beabstandet befinden muss/müssen. Vorteilhafterweise sind die Förderungsbohrungen an einem Ende des Reservoirs in der Gesteinsformation ausgebildet und die Injektionsbohrungen an einem anderen Ende.

**[0033]** Auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Regelung eines Injektionssystems für ein zur Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation ausgebildetes Ölfördersystem. Ein solches Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Überwachung eines in das Reservoir der Gesteinsformation eingebrachten Fluidstroms innerhalb des Reservoirs,
- Auswerten des überwachten Fluidstroms und Regelung des einzubringenden Fluidstroms innerhalb der Injektionsvorrichtung auf Basis der Auswertung.

**[0034]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren ermöglicht das Ausbilden eines geschlossenen Regelkreises zur Regelung des Injektionssystems. Unter der Regelung

des einzubringenden Fluidstroms, zum Beispiel mittels einer Regeleinheit, ist dabei insbesondere zu verstehen, dass der Massenbeziehungsweise Volumenstrom des einzubringenden Fluides Öffnungsquerschnitte beziehungsweise Öffnungsorte innerhalb einer Injektionsbohrung sowie die Auswahl unterschiedlicher Injektionsbohrungen variiert werden kann. Auch hier ist es Ziel mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Verfahrens insbesondere zwei Ziele, also die beiden als taktisches und strategisches Ziel erläuterten Ziele, in kombinierter Weise zu erreichen. Die Auswertung erfolgt dementsprechend mit Bezug auf das taktische und das strategische Ziel.

**[0035]** Auch vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zusätzlich der folgende Schritt durchgeführt wird:

- Überwachen des einzubringenden Fluidstroms innerhalb einer Injektionsvorrichtung

**[0036]** Durch die Überwachung des einzubringenden Fluidstroms kann die Regelstrecke eine zusätzliche Kontrollfunktion erhalten. So wird nicht nur das Ergebnis der Regelung in der Gesteinsformation überwacht, sondern darüber hinaus auch ein Zwischenergebnis, wenn nicht der Fluidstrom durch die Injektionsvorrichtung selbst, überwacht. Auf diese Weise wird ein erfindungsgemäßes Verfahren noch genauer und noch besser einstellbar beziehungsweise noch reaktionsschneller hinsichtlich der gewünschten Regelung.

**[0037]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann dahingehend weitergebildet sein, dass der Schritt des Auswertens die beiden folgenden Teilschritte aufweist:

- Speichern der Überwachungsergebnisse zu jedem Überwachungszeitpunkt und
- Vergleich aktueller Überwachungsergebnisse mit Überwachungsergebnissen aus den vergangenen Überwachungszeitpunkten.

**[0038]** Durch das Splitten des Auswertschrittes gemäß dieser vorliegenden Ausführung wird der folgende Vorteil erzielt. Es handelt sich dabei insbesondere um eine kontinuierliche Messung, bei welcher eine kontinuierliche Aufzeichnung der Überwachungsergebnisse stattfindet. Unter kontinuierlicher Messung ist dabei zu verstehen, dass in vorher bestimmten einzelnen Zeitabständen oder aber voll kontinuierlich eine Überwachung stattfindet. Durch das Überwachen, Aufzeichnen und den Vergleich mit vergangenen Überwachungszeitpunkten ist es möglich, dass Trends erkannt werden, welche eine gewisse Vorhersagbarkeit für zukünftige Entwicklungen hinsichtlich der zu erwartenden Überwachungsergebnisse zukünftiger Überwachungszeitpunkte zulassen. Es ist damit möglich, eine Vorhersage für die Entwicklung des Fluidstroms im Reservoir der Gesteinsformation mit einem erfindungsgemäßen Verfahren zu treffen. Auf diese Weise kann neben einer Reaktion auf bestehende Verhältnisse innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation

on auch eine Vorabreaktion auf zu erwartende zukünftige Verhältnisse in dem Reservoir der Gesteinsformation durchgeführt werden.

**[0039]** Die vorliegende Erfindung wird näher erläutert anhand der beigefügten Zeichnungsfiguren. Die dabei verwendeten Begrifflichkeiten "links", "rechts", "oben" und "unten" beziehen sich auf eine Ausrichtung der Zeichnungsfiguren mit normal lesbaren Bezugszeichen. Es zeigen:

Figur 1 in schematischer Ansicht ein erfindungsgemäßes Ölfördersystem mit einem erfindungsgemäßen Injektionssystem, und

Figur 2 eine schematische dreidimensionale Querschnittsdarstellung der Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ölfördersystems mit einem erfindungsgemäßen Injektionssystem gemäß Fig. 1.

**[0040]** Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 und 2 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0041]** Anhand von Figur 1 wird schematisch die Funktionsweise eines erfindungsgemäßen Injektionssystems 10, eines erfindungsgemäßen Ölfördersystems 100 sowie eines entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert.

**[0042]** Figur 1 zeigt ein Ölfördersystem 100, das mit einem erfindungsgemäßen Injektionssystem 10 ausgestattet ist. Das Ölfördersystem 100 ist zur Förderung von Öl mit einer Förderungsbohrung 110 versehen, die in das Reservoir einer Gesteinsformation 200 ragt. Die Förderungsbohrung 110 ist innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 mit Öffnungen versehen, die ein Aufnehmen von Öl aus dem Reservoir der Gesteinsformation 200 ermöglichen. Dabei wird für die Förderung sowohl ein Pumpvorgang durchgeführt, als auch durch den Eigendruck im Reservoir der Gesteinsformation 200 ein Fördern von Öl durch die Förderungsbohrung 110 ermöglicht. Selbstverständlich sind auch mehr als eine Förderungsbohrung 110 möglich.

**[0043]** Da es sich bei dem geförderten Öl nicht um reines Öl, sondern um ein vermischtes Fluid handelt, ist der Förderungsbohrung 110 eine Ölabtrennvorrichtung 112 nachgeschaltet, aus welcher das Öl als Produkt der Förderung abgetrennt wird. Das abgetrennte Öl wird abgegeben und den weiteren Nutzungszyklen zugeführt. Bei der Ausführungsform gemäß der Figur 1 wird ein Teil der abgetrennten Abfälle, in diesem Fall des abgetrennten Wassers, wiederverwendet. Die Wiederverwendung erfolgt bei dieser Ausführungsform in einem erfindungsgemäßen Injektionssystem 10, welches nachfolgend näher erläutert wird.

**[0044]** Das Injektionssystem 10 der Ausführungsform der Figur 1 ist mit einer Injektionsvorrichtung 20 ausgestattet. Die Injektionsvorrichtung 20 weist eine Injektionsbohrung 24 auf, welche ebenfalls in das Reservoir der

Gesteinsformation 200 ragt. Dabei ist die Injektionsbohrung 24 deutlich von der Förderbohrung 110 beabstandet. Insbesondere liegen die beiden Bohrungen 24 und 110 an unterschiedlichen Enden des Reservoirs der Gesteinsformation 200. Um nun den gewünschten Fluidstrom durch das Reservoir der Gesteinsformation 200 zu erzeugen, ist die Injektionsvorrichtung 20 mit einer Pumpe 22 ausgestattet. Diese Pumpe 22 stellt einen Massenbeziehungsweise Volumenstrom an Fluid, insbesondere Wasser, zur Verfügung, welcher durch die Injektionsbohrung 24 in das Reservoir der Gesteinsformation 200 eingepumpt wird. Dazu ist die Injektionsbohrung 24 mit Öffnungen zum Reservoir der Gesteinsformation 200 ausgestattet, welche hinsichtlich ihres Öffnungsquerschnittes und/oder hinsichtlich der exakten Position, zum Beispiel ihrer Tiefe, innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 variierbar sind.

**[0045]** Um das einzubringende Fluid innerhalb des Injektionssystems 10 noch weiter vorzubereiten und an die gewünschte Funktion im Inneren des Reservoirs der Gesteinsformation 200 anzupassen, sind bei der vorliegenden Ausführungsform weitere Einrichtungen vorgesehen. So sind Reinigungsvorrichtungen 26 vorhanden, welche in der Lage sind das einzubringende Fluid, insbesondere das Wasser, zu reinigen. Auf diese Weise wird das Wasser, welches als abgetrennte Fraktion von dem geförderten Öl dem Injektionssystem 10 zugeführt wird, hinsichtlich Feststoffen und Ölrückständen gereinigt. Auch ist es möglich, dass eine Additivzugabe 28 vorhanden ist, die über chemische Additive insbesondere die Viskosität des einzubringenden Fluides verändert. Da normalerweise das abgetrennte Wasser aus der Förderung von Öl nicht ausreicht, um das gewünschte Volumen für die Erzeugung des Fluidstroms im Reservoir der Gesteinsformation 200 zur Verfügung zu stellen, ist zusätzlich eine Frischwasserzufuhr 29 vorgesehen, über die ebenfalls über Reinigungsvorrichtungen 26 Frischwasser mit der abgetrennten Fraktion des Wassers vermischt und von der Pumpe 22 durch die Injektionsbohrung 24 dem Reservoir der Gesteinsformation 200 zugeführt wird.

**[0046]** Um dem Injektionssystem 10 dieser Ausführungsform die erfindungsgemäße Qualität zu geben, ist eine Regeleinheit 30 vorgesehen. Diese Regeleinheit 30 ist in signalkommunizierender Weise mit einem Sensorsystem 40 verbunden. Dieses Sensorsystem 40 in dieser Ausführungsform zeigt exemplarisch zwei verschiedene Formen von Fluidsensoren 44, die alternativ oder aber parallel zueinander einsetzbar sind. So sind zum einen an der Oberfläche oberhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 Fluidsensoren 44 angeordnet. Diese können in seismischer, akustischer oder elektromagnetischer Weise den Fluidstrom im Inneren des Reservoirs der Gesteinsformation 200 überwachen. Dabei wird der Fluidstrom insbesondere hinsichtlich seiner Wasserfront 210 überwacht. So wird vermieden, dass sich Kurzschlüsse zwischen dem Einbringen des Fluides durch die Injektionsbohrung 24 und der Förderbohrung 110 er-

geben. Vielmehr bildet sich die Wasserfront 210 in einer Art und Weise aus, wie sie schematisch und beispielhaft in Figur 1 dargestellt ist. Insbesondere schiebt sie komplett oder im Wesentlichen komplett über das gesamte Reservoir in der Gesteinsformation 200 das darin enthaltene Öl auf die Förderbohrung 110 zu.

**[0047]** Zusätzlich oder alternativ zu den Oberflächenfluidsensoren 44 ist es möglich, dass auch durch Tiefenbohrungen Fluidsensoren 44 direkt in das Reservoir der Gesteinsformation 200 oder in dessen Nähe eingebracht sind. Diese sind, wie aus der schematischen Abbildung der Figur 1 zu erkennen ist, insbesondere in unterschiedlichen Teufen innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 oder in dessen Nähe angeordnet. So ist es nicht nur möglich die Wasserfront 210 hinsichtlich der Ausbildung von Kurzschlüssen grundsätzlich zu überwachen, sondern darüber hinaus auch die Gefahr von Kurzschlüssen hinsichtlich der einzelnen Teufen der Fluidsensoren zu bestimmen. So können je nach Tiefe des Fluidsensors 44 unterschiedliche Gefahrenpotenziale erhoben werden, sodass die Zufuhr von Fluid zur Erzeugung des Fluidstroms nicht nur grundsätzlich, sondern auch hinsichtlich der eingebrachten Tiefe variiert werden kann. So ist es möglich, dass unter Vermeidung von Kurzschlüssen trotzdem eine Maximierung des eingebrachten, also injizierten, Wassers durch die Injektionsbohrung 24 erfolgt. Je feiner die messbare Auflösung des Sensorsystems ist, umso genauer kann auch die Regelung durchgeführt werden.

**[0048]** Die Regeleinheit 30 weist darüber hinaus signalkommunizierende Verbindungen sowohl zur Injektionsbohrung 24, als auch zur Förderbohrung 110 auf. An der Injektionsbohrung 24 ist ein Injektionssensor 42 vorgesehen, welcher sozusagen das Zwischenergebnis der Regelung durch die Regeleinheit 30 abnimmt. Hierfür ist der Injektionssensor 42 insbesondere ausgestaltet, um den Massenbeziehungsweise Volumenstrom, welcher durch die Pumpe 22 zur Verfügung gestellt wird, zu überwachen. In gleicher oder ähnlicher Weise kann eine Sensorik in der Förderbohrung 110 vorgesehen sein. Darüber hinaus ist es möglich, dass die Regeleinheit 30 Daten über den Wasseranteil erhält, welcher in der Ölabtrennvorrichtung 112 anfällt.

**[0049]** Um die Regelung in erfindungsgemäßer Weise durchführen zu können, ist die Regeleinheit 30 mit der Pumpe 22 und/oder anderen Komponenten des Injektionssystems 10 verbunden.

**[0050]** In Figur 2 ist die Ausführungsform der Figur 1 in dreidimensionaler Weise dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass sich wiederum die Förderbohrung 110 und die Injektionsbohrung 24 an unterschiedlichen Positionen hinsichtlich ihrer zweidimensionalen Ausdehnung innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 befinden. Auch die Fluidsensoren 44 sind sowohl an der Oberfläche oberhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200, wie auch innerhalb desselben an unterschiedlichen Positionen angeordnet. Durch die unterschiedliche Positionierung wird eine zweidimensionale,

insbesondere eine dreidimensionale, Überwachung erzielt. Eine dreidimensionale Überwachung beinhaltet neben der flächigen Überwachung auch eine Tiefenüberwachung des Fluidstroms zwischen der Injektionsbohrung 24 und der Förderbohrung 110. Sowohl die Fluidsensoren 44 innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200, wie auch diejenigen auf der Oberfläche können dabei vorteilhafter Weise in einer Art Matrix angeordnet sein, welche hinsichtlich der Tiefe und/oder der zweidimensionalen Erstreckung ein möglichst hoch auflösendes Abbild der exakten Fluidstromsituation innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation 200 wiedergeben. Auf diese Weise kann eines der erfindungsgemäßen Ziele, nämlich die Erzeugung eines geschlossenen Regelkreises zur Verbesserung der Erreichung der taktischen und strategischen Ziele in optimaler Weise erreicht werden.

**[0051]** Die voranstehend beschriebenen Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Die beschriebenen Merkmale einzelner Ausführungsformen können dementsprechend frei, sofern technisch sinnvoll, miteinander kombiniert werden ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Injektionssystem (10) für ein Ölfördersystem (100) zur Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation (200), aufweisend eine Injektionsvorrichtung (20) für das Einbringen eines Fluidstroms in das Reservoir der Gesteinsformation (200) mit mindestens einer Pumpe (22) und wenigstens einer Injektionsbohrung (24) in das Reservoir der Gesteinsformation (200), eine Regeleinheit (30) zur Regelung des Fluidstroms durch die Injektionsvorrichtung (20) und ein mit der Regeleinheit (30) in signalkommunizierender Weise verbundenes Sensorsystem (40) mit wenigstens einem Fluidsensor (44) für die Überwachung des Fluidstroms innerhalb des Reservoirs der Gesteinsformation (200).
2. Injektionssystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Injektions-sensor (42) für die Überwachung des Fluidstroms durch die Injektionsvorrichtung (20) angeordnet ist.
3. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem wenigstens einem Fluidsensor (44) um einen seismischen, einen akustischen und/oder einen elektromagnetischen Sensor handelt.
4. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Fluidsensor (44) innerhalb des Re-

servoirs der Gesteinsformation (200) angeordnet ist.

5. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Fluidsensor (44) an der Oberfläche oberhalb des Reservoirs der Gesteinsformation (200) angeordnet ist.
6. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der wenigstens einen Fluidsensoren (44) derart gestaltet ist, dass er den Fluidstrom an unterschiedlichen Orten des Reservoirs der Gesteinsformation (200), insbesondere in unterschiedlichen Tiefen, überwachen kann.
7. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinheit (30) die Injektionsvorrichtung (20), insbesondere die Pumpe (22), hinsichtlich des Fluidstroms anhand der von dem Sensorsystem (40) zur Verfügung gestellten Daten automatisch und/oder semiautomatisch regelt.
8. Injektionssystem (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Injektionsvorrichtung (20) zumindest eine Reinigungsvorrichtung (26) für den einzubringenden Fluidstrom, insbesondere für die Reinigung von Ölrückständen und/oder Feststoffrückständen, vorhanden ist.
9. Ölfördersystem (100) für die Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation (200) mit zumindest einer Förderbohrung (110) und zumindest einem Injektionssystem (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8.
10. Verfahren zur Regelung eines Injektionssystems (10) für ein, zur Förderung von Öl aus einem Reservoir einer Gesteinsformation (200) ausgebildetes Ölfördersystem (100), aufweisend die folgenden Schritte:
  - Überwachung eines in das Reservoir der Gesteinsformation (200) eingebrachten Fluidstroms innerhalb des Reservoirs,
  - Auswerten des überwachten Fluidstroms und
  - Regelung des einzubringenden Fluidstroms innerhalb der Injektionsvorrichtung (20) auf Basis der Auswertung.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der folgende zusätzliche Schritt durchgeführt wird:
  - Überwachen des einzubringenden Fluidstroms innerhalb einer Injektionsvorrichtung

(20).

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Auswertens die beiden folgenden Teilschritte aufweist: 5
- Speichern der Überwachungsergebnisse zu jedem Überwachungszeitpunkt und
  - Vergleich aktueller Überwachungsergebnisse mit Überwachungsergebnissen aus den vergangenen Überwachungszeitpunkten. 10
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Injektionssystem (10) die Merkmale eines der Ansprüche 1 bis 8 aufweist. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

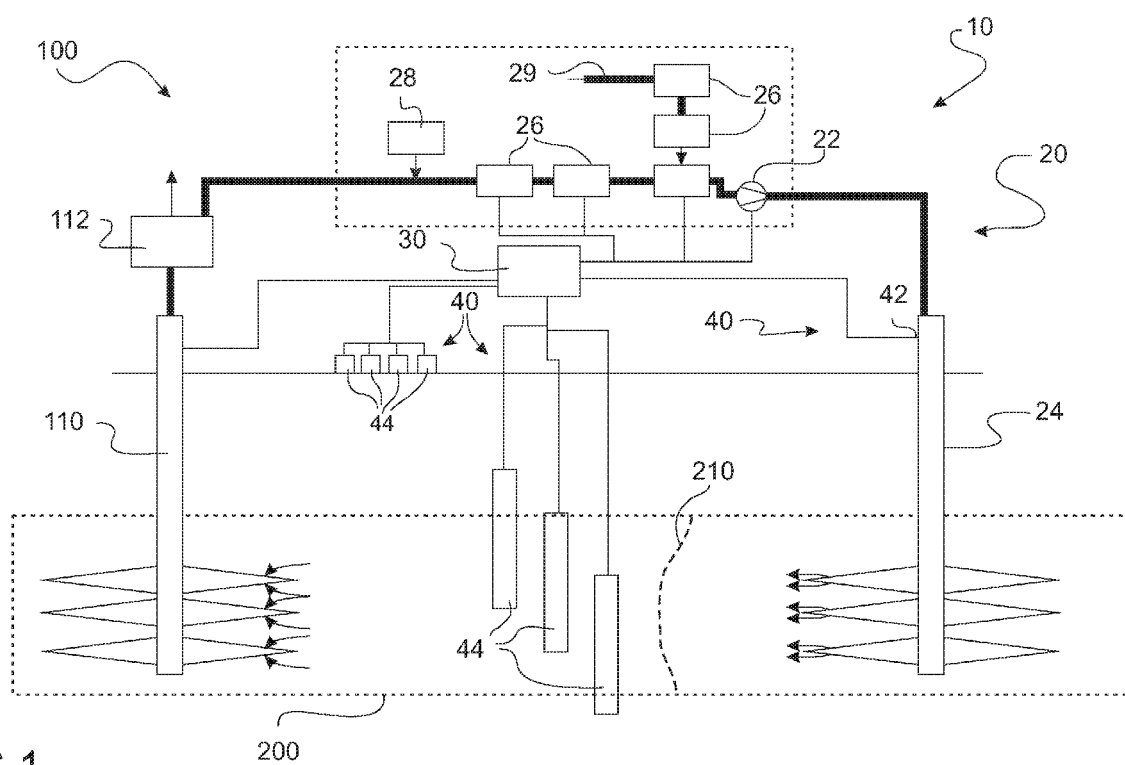


FIG 1

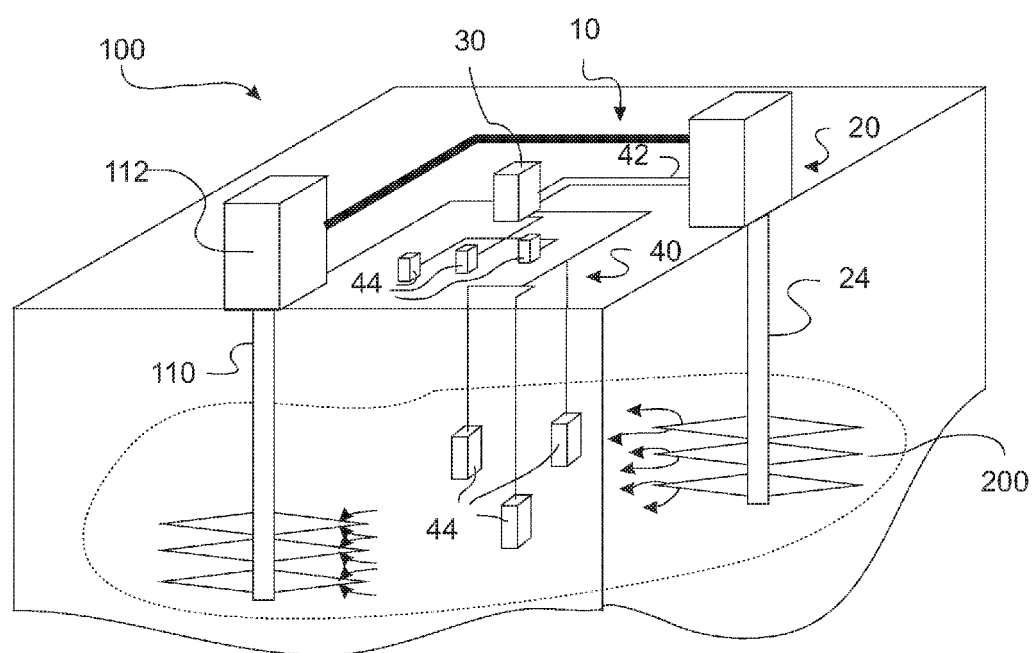


FIG 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 11 16 8172

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                   |                                                 |                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                               | Betrifft Anspruch                               | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)               |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 2010/147511 A1 (OLLRE ALBERT G [US])<br>17. Juni 2010 (2010-06-17)                                                                             | 1,2,7-13                                        | INV.<br>E21B43/16                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | * Seite 3, Absatz 35 - Absatz 36;<br>Abbildung 7 *<br>* Seite 3, Absatz 28 - Absatz 30 *<br>* Seite 1, Absatz 2 - Absatz 4 *                      | 3-6                                             | E21B47/00<br>E21B47/10<br>E21B43/12<br>E21B43/20 |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 6 408 943 B1 (SCHULTZ ROGER LYNN [US]<br>ET AL) 25. Juni 2002 (2002-06-25)<br>* Spalte 4; Abbildungen 3,4 *                                    | 3-6                                             |                                                  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 2001/040033 A1 (SCHNATZMEYER MARK A<br>[US] ET AL) 15. November 2001 (2001-11-15)<br>* Seite 2, Absatz 25 - Seite 3, Absatz 31 *               | 1-13                                            |                                                  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 2008/041594 A1 (BOLES JEANNE [US] ET<br>AL) 21. Februar 2008 (2008-02-21)<br>* Seite 4, Absatz 76 - Seite 5, Absatz 85 *                       | 1-13                                            |                                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 2003/220750 A1 (DELHOMME JEAN-PERRE<br>[FR] ET AL DELHOMME JEAN-PIERRE [FR] ET<br>AL) 27. November 2003 (2003-11-27)<br>* das ganze Dokument * | 1-13                                            | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (IPC)<br>E21B       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | US 2003/159828 A1 (HOWARD WILLIAM F [US]<br>ET AL) 28. August 2003 (2003-08-28)<br>* das ganze Dokument *                                         | 1-13                                            |                                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | DE 199 83 231 B4 (LOCKHEED MARTIN CORP<br>MANASSAS [US])<br>1. Dezember 2005 (2005-12-01)<br>* das ganze Dokument *                               | 1-13                                            |                                                  |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                   |                                                 |                                                  |
| Recherchenort<br>München                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                   | Abschlußdatum der Recherche<br>23. Februar 2012 | Prüfer<br>Morrish, Susan                         |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |                                                                                                                                                   |                                                 |                                                  |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 16 8172

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

23-02-2012

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2010147511 A1                                   | 17-06-2010                    | CA 2686888 A1                     | 11-06-2010                    |
|                                                    |                               | US 2010147511 A1                  | 17-06-2010                    |
| US 6408943 B1                                      | 25-06-2002                    | AU 2295002 A                      | 30-01-2002                    |
|                                                    |                               | CA 2416111 A1                     | 24-01-2002                    |
|                                                    |                               | EP 1305499 A1                     | 02-05-2003                    |
|                                                    |                               | NO 20030200 A                     | 05-03-2003                    |
|                                                    |                               | US 6408943 B1                     | 25-06-2002                    |
|                                                    |                               | US 2002179301 A1                  | 05-12-2002                    |
|                                                    |                               | WO 0206628 A1                     | 24-01-2002                    |
| US 2001040033 A1                                   | 15-11-2001                    | AU 5017000 A                      | 09-01-2001                    |
|                                                    |                               | US 6286596 B1                     | 11-09-2001                    |
|                                                    |                               | US 2001040033 A1                  | 15-11-2001                    |
|                                                    |                               | WO 0079097 A1                     | 28-12-2000                    |
| US 2008041594 A1                                   | 21-02-2008                    | AR 061851 A1                      | 24-09-2008                    |
|                                                    |                               | CA 2656330 A1                     | 17-01-2008                    |
|                                                    |                               | EA 200970095 A1                   | 30-06-2009                    |
|                                                    |                               | GB 2454109 A                      | 29-04-2009                    |
|                                                    |                               | US 2008041594 A1                  | 21-02-2008                    |
|                                                    |                               | US 2010006292 A1                  | 14-01-2010                    |
|                                                    |                               | WO 2008007324 A2                  | 17-01-2008                    |
| US 2003220750 A1                                   | 27-11-2003                    | KEINE                             |                               |
| US 2003159828 A1                                   | 28-08-2003                    | CA 2474064 A1                     | 31-07-2003                    |
|                                                    |                               | GB 2402443 A                      | 08-12-2004                    |
|                                                    |                               | US 2003159828 A1                  | 28-08-2003                    |
|                                                    |                               | US 2006081378 A1                  | 20-04-2006                    |
|                                                    |                               | WO 03062596 A1                    | 31-07-2003                    |
| DE 19983231 B4                                     | 01-12-2005                    | AU 3893399 A                      | 29-11-1999                    |
|                                                    |                               | AU 3978399 A                      | 29-11-1999                    |
|                                                    |                               | BR 9910400 A                      | 04-09-2001                    |
|                                                    |                               | CA 2330968 A1                     | 18-11-1999                    |
|                                                    |                               | CA 2330969 A1                     | 18-11-1999                    |
|                                                    |                               | DE 19983216 C2                    | 17-07-2003                    |
|                                                    |                               | DE 19983216 T1                    | 17-05-2001                    |
|                                                    |                               | DE 19983231 T1                    | 17-05-2001                    |
|                                                    |                               | ID 27202 A                        | 08-03-2001                    |
|                                                    |                               | ID 27811 A                        | 26-04-2001                    |
|                                                    |                               | MX PA00011040 A                   | 01-08-2003                    |
|                                                    |                               | MX PA00011041 A                   | 01-08-2003                    |
|                                                    |                               | WO 9958816 A1                     | 18-11-1999                    |
|                                                    |                               | WO 9959002 A2                     | 18-11-1999                    |

EPO FORM P0481

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