



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 833 011 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.04.1998 Patentblatt 1998/14

(51) Int. Cl.⁶: **E02D 31/00**, E02D 19/16,
E02D 19/18, E21B 7/04,
E21B 47/022

(21) Anmeldenummer: **96115374.9**

(22) Anmeldetag: **25.09.1996**

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

(72) Erfinder: **Der Erfinder hat auf seine Nennung
verzichtet.**

(71) Anmelder:
**FLOWTEX TECHNOLOGIE-IMPORT VON
KABELVERLEGEMASCHINEN GmbH
D-76275 Ettlingen (DE)**

(74) Vertreter:
**Füchsle, Klaus, Dipl.-Ing. et al
Hoffmann Eitle,
Patent- und Rechtsanwälte,
Arabellastrasse 4
81925 München (DE)**

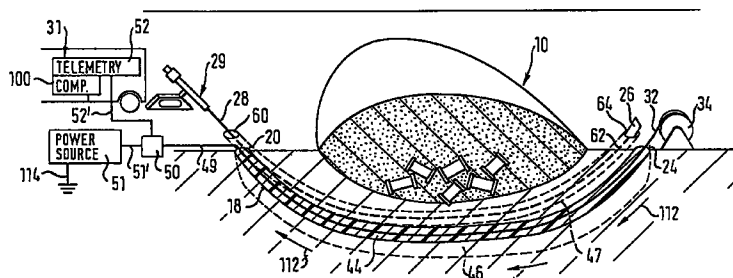
(54) **Verfahren zum Herstellen von parallel verlaufenden Injektionskörpern im Boden**

(57) Ein Verfahren zum Herstellen von parallel zueinander verlaufenden Injektionskörpern im Boden umfaßt die Schritte:

- Bohren eines Bohrloches (18) durch den Boden;
- Einziehen eines elektrisch leitenden Führungskabels (32) durch das Bohrloch (18);
- Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels (44) in das Bohrloch (18) und das umgebende Bodengefüge;

- Erzeugen eines Magnetfeldes um das elektrisch leitende Führungskabel (32);
- Durchführen einer Bohrung (62) in definiertem Abstand zum Bohrloch (32) unter Verwendung des Magnetfeldes zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes (26); und
- erneutes Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels in das Bohrloch und das umgebende Bodengefüge.

FIG. 4



EP 0 833 011 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von parallel zueinander verlaufenden Injektionskörpern im Boden.

Das Injizieren von Stoffen unter einem hohen Druck in den Boden dient verschiedenen Anwendungszwecken, die sich grob in zwei verschiedene Gruppen unterteilen lassen. Die erste Gruppe beinhaltet Verfahren, bei denen der Injektionsmitteleinbau bestimmte Stoffe, wie Wasser oder flüssige Chemikalien, eine verminderte Durchlässigkeit bewirkt. Diese Verfahren lassen sich daher unter dem Begriff "Abdichtungsmaßnahmen" zusammenfassen. Die zweite Gruppe von Verfahren verwendet Injektionsmittel, die als schwache bis starke Bindemittel fungieren und somit verdichtend oder verstärkend wirken. Diese Verfahren dienen allgemein dazu, die Festigkeit in definierten Bereichen des Erdreichs zu erhöhen, wodurch z.B. Baugrundverbesserungen, Einsturzvermeidungen oder Hangsicherungen erreicht werden können.

Allen genannten Verfahren ist gemeinsam, daß die von einer Bohrung aus durchgeführten Injektionen nur eine geringe Reichweite, d.h. Wirkungstiefe in das die Bohrung umgebende Erdreich, von in der Regel weniger als drei bis vier Metern besitzen.

Da eine mit einem einzelnen derartigen Injektionskörper erzeugte Maßnahme nur eine örtlich begrenzte Abdichtung oder Verdichtung und Stabilisierung des Bodens mit sich bringen würde, sind in der Regel eine große Anzahl von Injektionskörpern notwendig, wobei insbesondere im Bereich der Abdichtungsmaßnahmen erforderlich ist, daß sich die gebildeten Injektionskörper vollständig überlappen, damit im Bereich einer aus einer Vielzahl von Injektionskörpern gebildeten Sperrschicht keine durchlässigen Stellen verbleiben.

Stand der Technik

Die internationale Anwendung WO 94/25688 beschreibt ein Verfahren zur Abdichtung von Bodenkörpern, insbesondere einer Deponie, von Altablagerungen, Rohrleitungen oder auch zu erstellenden Baugruben, bei dem mittels eines voll verlaufsgesteuerten Bohrverfahrens von der Oberfläche außerhalb des abzudichtenden Bodenkörpers aus eine Vielzahl von Bohrungen unter dem Bodenkörper vorangetrieben werden und dabei der Dichtstoff in den umliegenden Bodenbereich injiziert wird. Je nach dem verwendeten ferngelenkten Bohrkopf und der Geometrie der daran befindlichen Düsen zum Injizieren des Dichtstoffes lassen sich verschiedene Geometrien von Dichtkörpern erzeugen. Es wird jeweils darauf geachtet, die einzelnen Bohrungen im wesentlichen parallel zueinander auszuführen, wobei der Abstand zwischen den einzelnen Bohrungen so gewählt werden muß, daß sich die

Injektionskörper überlappen und somit eine Sperrschicht erzeugen, die keine unbehandelten Bereiche mit höherer Durchlässigkeit besitzt.

Als Dichtstoff wird z.B. eine Wachsemlulsion, ein Polymersilikat, Wasserglas, Wachs, Harz oder eine Bindemittelmulsion in Mischung mit einem der genannten Dichtstoffe verwendet. Die Länge der Hochdruckinjektionsbohrung beträgt bis zu 1500 Meter und die Tiefe bis zu 300 Meter.

Aufgrund einer Ortungsgenauigkeit von $\pm 2\%$ der Bohrtiefe und einer Reichweite der Injektion von 1 bis 4 Metern lassen sich bei sehr tiefen Bohrungen dichte Sperrschichten nicht mehr mit absoluter Lagesicherheit erzeugen und müssen beispielsweise bei Tiefen von ca. 50 Meter mit einer Ortungsgenauigkeit von ± 1 Meter die jeweiligen Injektionsbohrungen in einem engen gegenseitigen Abstand zueinander angeordnet werden, damit eine Überlappung zwischen den benachbarten Injektionskörpern sichergestellt ist. Zudem läßt sich das Ergebnis einer durchgeführten Hochdruckinjektion nicht überprüfen, ohne daß an der betreffenden Stelle Aufgrabungen durchgeführt werden.

Andere in der Technik bekannte Verfahren, bei denen parallel und überlappend zueinander angeordnete Injektionskörper gezielt erzeugt werden, sind Hangverbaumaßnahmen, die zur Sicherung eines rutschgefährdeten Hanges mit Hilfe aushärtender oder bodenverfestigender Injektionsmittel dienen, aber auch Anwendungen im Tunnelbau, wobei noch im Bereich vor dem bereits ausgeführten Tunnelausbruch d.h. vor der Ortsbrust in Längsrichtung des Tunnels verlaufende, verfestigende Injektionskörper überlappend hergestellt werden. Auch bei dieser Maßnahme einer vorausseilenden Firstsicherung werden die Injektionsmittel aus im wesentlichen parallel zueinander erzeugten Bohrungen in den umgebenden Bodenbereich injiziert und ist der Erfolg der Verfestigungsmaßnahme nicht zuletzt auch von den zielgerichteten, jeweils parallel zueinander geführten Bohrungen entlang des geplanten Trassenverlaufs abhängig.

Darstellung der Erfindung

Es ist das der Erfindung zugrundeliegende Problem (Aufgabe), ein Verfahren vorzuschlagen, das gewünschte Geometrien von Injektionskörpern im Erdreich sicherstellt.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Eine aus vielen nebeneinander angeordneten Injektionskörpern im Erdreich gebildete Sperrschicht ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 15 beschrieben.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, während oder vor dem Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels in ein Bohrloch ein elektrisch leitendes Führungskabel in und durch das Bohrloch einzuziehen. Hierdurch kann um das elektrisch leitende Führungskabel ein Magnetfeld erzeugt werden, das zur

Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes in einer parallel dazu verlaufenden Bohrung verwendet werden kann. Hierdurch läßt sich der gewünschte Injektionskörper erzeugen und gleichzeitig lassen sich Vorkehrungen treffen, damit der Abstand der parallel hierzu durchzuführenden Bohrungen mit möglichst großer Genauigkeit eingehalten werden kann und somit auch die Lage der Injektionskörper zueinander mit großer Genauigkeit vorgegeben werden kann. Anstelle eines elektrisch leitenden Führungskabels kann ein leeres Bohrgestänge selbst zu einem Leitkabel umfunktioniert werden, indem eine Stromquelle angelegt wird. Diese Vorgehensweise empfiehlt sich immer dann, wenn das Einziehen eines Kabels zu aufwendig oder in der gegebenen Situation zu umständlich ist.

Werden eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten Injektionskörpern erzeugt, wobei sich jeweils nebeneinander angeordnete Injektionskörper überlappen, so bildet sich eine durchgängige Sperrschicht unter der Erdoberfläche.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind durch die übrigen Ansprüche gekennzeichnet.

So wird nach einem bevorzugten Verfahren das Magnetfeld um das elektrisch leitende Führungskabel dadurch erzeugt, daß dieses mit einer Stromquelle verbunden wird. Hierdurch läßt sich ein genau definiertes Magnetfeld erzeugen, das zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes, der mit geeigneten Sensoren und Meßinstrumenten versehen ist, verwendet werden kann.

In der US-amerikanischen Patentschrift 5,515,931 wird die Verwendung eines Magnetfeldes um ein Führungskabel zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes offenbart. Als Anwendungsfälle für das darin beschriebene Parallelbohrsystem, auf das hierin Bezug genommen wird, sind zum einen das Ausführen einer Flußunterdükerung, bei der der Bohrkopf von der Oberfläche nicht einer Steuerung zugänglich ist, wie auch das Einziehen von parallel zueinander verlaufenden Kühlleitungen im Erdreich genannt, mit Hilfe derer eine Vereisung des umgebenden Bodens bewirkt werden kann.

Vorteilhafterweise wird das Einziehen eines elektrisch leitenden Führungskabels in und durch das Bohrloch und das Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels in das Bohrloch und das umgebende Bodengefüge gleichzeitig durchgeführt. Hierdurch läßt sich die Zeitdauer des Verfahrens verringern. Ebenso läßt sich eine Vereinfachung vorteilhafterweise erzielen, daß das Einziehen eines elektrisch leitenden Führungskabels in und durch das Bohrloch gleichzeitig mit dem Bohren des Bohrloches ausgeführt wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird der Abstand zwischen den Bohrungen so gewählt, daß sich die durch das Injizieren von Injektionsmittel gebildeten Injektionskörper um zwei benachbarte Bohrungen jeweils überlappen. Durch diese Maßnahme läßt sich eine Schicht erzeugen, die je nach verwendeten Injektionsmittel entweder eine erhöhte Festigkeit besitzt oder

aber eine verringerte Permeabilität für bestimmte Stoffe aufweist oder beide Eigenschaften in sich vereint. Insbesondere beim Durchführen von Abdichtungsmaßnahmen ist es von hoher Wichtigkeit, daß eine durchgängige Sperrschicht ohne Unterbrechungen gebildet wird.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird nach dem Bohren der jeweils weiteren, parallelen Bohrlöcher ein weiteres, elektrisch leitendes Führungskabel gleichzeitig mit dem Injizieren eines Injektionsmittels in das Bohrloch eingeführt. Dieser Verfahrensschritt ist deshalb vorteilhaft, weil hierdurch jeweils nacheinander durchzuführende Bohrungen in unmittelbarer Nähe zu einem Führungskabel durchgeführt werden können, um das ein Magnetfeld zur Steuerung des Bohrkopfes erzeugt werden kann. Je schwächer das Magnetfeld um ein Führungskabel ist, bzw. je weiter ein das Magnetfeld erzeugendes Führungskabel entfernt ist, desto geringer wird die Genauigkeit des Verfahrens.

Indem jeweils ein elektrisch leitendes Führungskabel durch eine Vielzahl weiterer Bohrungen eingezogen wird, läßt sich jeweils eine besonders hohe Parallelität zwischen den einzelnen Bohrungen herstellen, indem die weiteren Bohrungen jeweils unter Verwendung eines Magnetfeldes zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes durchgeführt werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird eines oder mehrere Sensorkabel durch das Bohrloch eingezogen. Diese Maßnahme ermöglicht es, daß nicht nur die gewünschte Geometrie verschiedener Injektionskörper in Bezug zueinander, sondern auch die Geometrie eines einzelnen Injektionskörpers überprüft werden kann.

Vorteilhafterweise wird ein Leerrohr durch das Bohrloch eingezogen, von dem aus nach dem Herstellen der Injektionskörper deren Geometrie mit Hilfe von geeigneten Meßsonden, wie Gamma-Sonden oder einem Bodenradar, erfaßt werden kann.

Wahlweise können auch Gitterrohrenlement oder Stahlelemente in das Bohrloch eingeführt werden, die eine stützende oder verspannende Wirkung entfalten.

Vorzugsweise wird sowohl das optionale Einziehen des oder der Sensorkabel wie auch des Leerrohres gleichzeitig mit dem Einziehen des elektrisch leitenden Führungskabels durchgeführt. Dies besitzt den Vorteil, daß ein gesonderter Arbeitsschritt entfällt und das Bereitstellen der zusätzlichen Möglichkeiten einer nachträglichen Überprüfung nicht durch einen erhöhten Zeitaufwand bei der Durchführung des Verfahrens erkauft werden muß.

Vorteilhafterweise wird der lenkbare Bohrkopf vor dem Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels gegen einen Injektionskopf ausgetauscht. Diese Maßnahme ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn es sich um eine Durchgangsbohrung handelt, die wieder an einer für den Austausch des Bohrkopfes zugänglichen Stelle endet. Die Verwendung eines Injektionskopfes besitzt den Vorteil, daß sowohl beim Erstel-

len des Bohrloches, wie auch anschließend dem Injizieren des Injektionsmittels jeweils eine auf die jeweilige Aufgabe in bestmöglicher Weise angepaßte Geometrie des Werkzeuges bereitgestellt werden kann. So können beispielsweise lenkbare Bohrköpfe verwendet werden, die ebenfalls Hochdruck-Austrittsöffnungen für Wasser besitzen; möglicherweise sind jedoch davon abweichende Geometrien beim Erstellen von Injektionskörpern erwünscht, so daß es vorteilhaft ist, diese mit Hilfe eines Injektionskopfes auszuführen, der speziell für den Anwendungsfall angepaßt ist.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform werden eine oder mehrere Meßsonden in das Leerrohr eingeführt, um den hergestellten Injektionskörper zu überprüfen und zu analysieren. Bei einer Vielzahl von Injektionskörpern ist es von sehr hoher Wichtigkeit, daß das Verfahren erfolgreich durchgeführt wurde, d.h. entweder nebeneinander angeordnete Injektionskörper in der gewünschten Weise überlappend hergestellt wurden, oder aber Injektionskörper aus verfestigenden Materialien keine Schwächungen längs ihres Verlaufes aufweisen. All diese Fragestellungen können unter Verwendung geeigneter Meßsonden beantwortet werden.

Daher zeichnet sich auch die Sperrschicht vorteilhafterweise dadurch aus, daß Sensorkabel und/oder Leerrohre in einem oder mehreren ausgewählten Bohrlochern angeordnet sind. Hierdurch ist zu einem beliebigen, späteren Zeitpunkt eine Überprüfung der gebildeten Geometrie möglich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft anhand der beigefügten Figuren beschrieben, in denen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Bohrloches ist, das unter einer Deponie gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gebohrt wird;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Bohrung in Fig. 1 ist, worin das Bohrgestänge teilweise zurückgezogen wurde und mit einem Führungskabel verbunden ist;
- Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Bohrloches entlang der Schnittlinie 3-3 in Fig. 2 ist;
- Fig. 4 eine schematische, perspektivische Darstellung in teilweisem Schnitt von zwei parallel zueinander verlaufenden Bohrungen ist, die unter einer Deponie verlaufen;

Fig. 5

5

Fig. 6

10

Fig. 7

15

Fig. 8

20

Fig. 9 und Fig. 10

25

Fig. 11

30

Fig. 12

35

Wege zur Ausführung der Erfindung

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele erläutert.

Erstes Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt einen Deponiekörper 10, der z.B. giftige oder grundwassergefährdende Stoffe 12 oder auch Fässer 14 mit gefährlichen Chemikalien entweder auf der Oberfläche des Bodens 16 oder unterhalb der Oberfläche enthält. Um die unterhalb des Deponiekörpers liegenden Schichten zu schützen, wird eine Barriere darunter erstellt, die aus einer im wesentlichen horizontalen Sperrschicht mit einer geringen Durchlässigkeit besteht. Diese Schicht wird hergestellt, indem eine Vielzahl von im wesentlichen horizontalen, parallelen Bohrungen unter dem betreffenden Bodenkörper vorangetrieben werden und von diesen jeweils ein Dichtstoff in die benachbarten Bodenbereiche injiziert wird.

eine schematische Querschnittsansicht ist, die eine fertiggestellte Bohrung und eine benachbarte Bohrung während der Injektage darstellt;

eine schematische perspektivische Ansicht einer Deponie mit einer Vielzahl von Bohrungen ist, die eine Schutzbarriere unter einer Deponie bilden;

eine schematische Darstellung eines Bohrgestänges ist, das beim Bohren der Bohrlocher der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

eine schematische Darstellung der Steuerungseinrichtung ist, die in dem Bohrgestänge verwendet wird;

schematische Darstellungen des Entfernungsmesssystems mit dem Führungskabel und Fühler sind;

eine schematische Ansicht ist, die zeigt, wie ein Führungskabel in einem blinden Bohrloch verankert wird; und

eine schematische Ansicht eines Tunnels unter Verwendung der Bohrungen gemäß Fig. 11 ist.

Wie in Fig. 1 dargestellt ist, erstreckt sich eine erste Bohrung 18 von einem Eintrittsort 20 an der Oberfläche 22 des Bodens auf einer Seite des Deponiekörpers 10 im wesentlichen nach unten und dann im wesentlichen horizontal unter dem Deponiekörper und weist dann eine im wesentlichen nach oben gerichtete Krümmung auf, um an einem Austrittsort 24 wieder an der Oberfläche 22 zu enden. Da eine voll verlaufsgesteuerte Bohrentechnik zur Anwendung gelangt, kann der in Fig. 1 dargestellte Verlauf der Bohrung selbstverständlich jede gewünschte, abweichende Geometrie besitzen.

Das Bohrgestänge wird von einer herkömmlichen Bohreinrichtung 29 aus vorangetrieben, die an der Oberfläche nahe dem Eintrittsort 20 aufgestellt ist und an der Abschnitte des Bohrgestänges nach Bedarf während der Bohrung jeweils am bereits bestehenden Bohrgestänge angesetzt werden. Jeder Abschnitt des Bohrgestänges kann z.B. fünf Meter lang sein, wobei die Bohrung alle fünf Meter unterbrochen wird, um das Ansetzen eines neuen Abschnittes am Gestänge zu gestatten. Das Bohrgestänge kann eine herkömmliche Meß- und Regeleinrichtung nahe dem Bohrkopf 26 besitzen, so daß während der Zeit, in der der Bohrvorgang unterbrochen wird, Positionsmessungen und Berechnungen durchgeführt werden können und Richtungskontrollsignale an den Bohrkopf gesandt werden können, um den weiteren Bohrvorgang zu regeln. Herkömmlicherweise wird von der Bohreinrichtung 29 Wasser, Bohrsuspension oder (verdünntes) Injektionsmittel unter Druck bereitgestellt und strömt durch das Bohrgestänge 28 zum Bohrkopf 26, wo das Wasser, die Bohrsuspension, etc. durch geeignete Wasserhochdruckdüsen (nicht dargestellt) in herkömmlicher Weise austritt und das Erdreich lockert.

Die erste Bohrung 18 wird vorzugsweise unter Verwendung herkömmlicher Ortungstechniken gebohrt, wobei ein Sensor mit einem Magnetometer am oder nahe dem Bohrkopf angeordnet ist, um das Magnetfeld der Erde zu messen. Der Sensor kann ebenfalls Neigungsmesser umfassen, um die Ausrichtung des Bohrkopfes zu bestimmen. Ausgangssignale von den Magnetometern und Neigungsmessern werden zur Oberfläche in bekannter Weise z.B. unter Verwendung eines Kabels (nicht dargestellt), das sich durch das Bohrgestänge 28 erstreckt, und mittels einer geeigneten Verkabelung 30, die mit den Gerätschaften 31 an der Oberfläche verbunden ist, übertragen. Diese Gerätschaften 31 umfassen einen Empfänger für die Entfernungsmessung und einen Rechner zur Berechnung des Ortes des Bohrkopfes 26 und zur Bestimmung der Richtung des weiteren Bohrvorganges.

Richtungskontrollsignale werden dann nach unten durch das Kabel übertragen, um Richtungsanweisungen für den Bohrvorgang zu geben. Die erste Bohrung 18 wird unter dem Deponiekörper 10 mit einer ausreichenden Tiefe gebohrt, um vollständig unter dem Deponiekörper und unter jeglicher merklichen Anreicherung an gefährlichen Stoffen im Boden unter dem Deponie-

körper hindurchzutreten und durchbricht die Oberfläche am Austrittsort 24.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird, wenn der Bohrkopf den Boden am Austrittsort 24 verläßt, ein Führungskabel 32 an dem Bohrkopf 26 angebracht und das Bohrgestänge 28 wird dann durch die erste Bohrung 18 durch die Bohreinrichtung 29 zurückgezogen. Wahlweise kann auch der Bohrkopf 26 gegen einen Injektionskopf 26' ausgetauscht werden.

Wenn das Bohrgestänge zurückgezogen wird, wird das Führungskabel 32, z.B. von einer Rolle 34 in und durch die erste Bohrung 18 gezogen.

Während der Bohrkopf zurückgezogen wird, wird ein Injektionsmittel unter hohem Druck in die Bohrung injiziert, während das Führungskabel 32 in die Bohrung eingezogen wird. Wenn es sich bei dem Injektionsmittel um ein aushärtendes Medium, wie z.B. Zementstaub handelt, ist das Führungskabel 32 nach dem Aushärten des Injektionskörpers fest in diesem eingebettet und kann bei einigen Anwendungsfällen einen zusätzlichen Beitrag zur Festigkeit leisten. Im vorliegenden Fall einer durchzuführenden abdichtenden Schicht unter einem Deponiekörper werden bevorzugt Injektionsstoffe wie natürlich auftretendes Montanwachs, welches ein fossiles Pflanzenwachs ist, Montanwachs in Kombination mit Zement und Bentonit, oder ein anderer geeigneter Dichtstoff verwendet und durch entsprechende Austrittsöffnungen im Bohrkopf 26 oder Injektionskopf 26' unter hohem Druck in die erste Bohrung 18 sowie das umgebende Gefüge injiziert, während der Bohrkopf zurückgezogen wird. Der Injektionsdruck liegt z.B. zwischen 200 und 1000 bar. Sowohl der Vortrieb wie auch die Injektion beim Zurückziehen kann jeweils mit einem einzigen Bohrkopf 26 durchgeführt werden; es kann jedoch auch nach dem Austreten des Bohrkopfes am Austrittsort 24 dieser gegen einen speziellen Injektionskopf 26' mit speziell angeordneten Austrittsdüsen für das Injektionsmittel ausgetauscht werden.

Fig. 3 zeigt eine Ansicht entlang der Schnitlinie 3-3 in Fig. 2. Der Injektionskopf 26' umfaßt ein Paar von Düsen 40 und 42 auf der Vorderseite 43 des Kopfes, wobei die Düsen mit einem Winkel von z.B. zwischen 60 und 120 Grad auseinander gerichtet sind. Der hohe Druck des Injektionsmittels 44 drückt dieses in das Erdreich, wobei je nach Anzahl und Geometrie der Düsen bzw. Austrittsöffnungen eine Vielzahl verschiedener Geometrien des Injektagekörpers erzielt werden können. Im vorliegenden Beispiel bilden sich fächerförmige Strahlen 46 und 47, die bis zu einer Entfernung von z.B. drei Metern vom Mittelpunkt des Bohrloches 18 reichen. Die Ausrichtung des Injektionskopfes 26' wird während des Zurückziehens des Bohrgestänges so geregelt, daß die Düsen 40 und 42 im allgemeinen nach außen und nach unten gerichtet sind und bezüglich einer vertikalen Ebene 48 durch den Mittelpunkt des Bohrloches sich symmetrische Injektionskörper ergeben. Die Injektion bildet eine Sperrschicht im Boden, die sich nach außen zu jeder Seite des Bohrloches mit im wesentli-

chen gleichen Abstand und in Längsrichtung entlang des Bohrloches vom Austrittsort 24 unter dem Deponiekörper 10 hindurch bis zum Eintrittsort 20 erstreckt.

Fig. 4 zeigt eine schematische, perspektivische Ansicht der weiteren Vorgehensweise beim Einbringen parallel zueinander verlaufender Bohrungen. Nach dem vollständigen Zurückziehen des Bohrgestänges 28 vom ersten Bohrloch 18, wird das Kabel 32 von dem Bohrkopf 26 oder 26' gelöst und mittels der Leitung 49 mit einem Schalter 50 verbunden, der die Leitung 49 und somit das Führungskabel 32 mit einer geerdeten 114 Gleichstromquelle 51 oder Niederfrequenzwechselstromquelle mittels der Leitung 51' und/oder mit einem Entfernungsempfänger 52 mittels einer Leitung 52' verbindet. Das Ende des Kabels am Austrittsort 24 wird dann mit einer Erdungselektrode verbunden, wie durch Referenzziffer 54 in Fig. 6 dargestellt ist oder über eine Rückleitung (die mit unterbrochenen Linien als Referenzziffer 55 in Fig. 6 dargestellt ist) mit der Stromquelle 51 verbunden. Somit erstreckt sich das Führungskabel 32 durch die Bohrung 18, die bereits mit Injektionsmittel gefüllt ist.

Um zusätzliche Bohrungen nahe zu und parallel zur ersten Bohrung 18 zu bohren, wird das Führungskabel 32 in der ersten Bohrung 18 eingesetzt. Zunächst erzeugt der Gleichstrom oder Wechselstrom niedriger Frequenz, der durch die Quelle 51 bereitgestellt wird, ein kreisförmiges magnetisches Feld um das Führungskabel 32, das vom Steuerungsfühler einer nahegelegenen Bohrung aufgenommen werden kann. Dieses Feld wird während des Bohrens eines benachbarten oder in der Nähe gelegenen Bohrloches verwendet, um den Ort des Fühlers des Steuerwerkzeuges für das benachbarte Bohrloch relativ zum Führungskabel zu bestimmen und um die Bohrung zu lenken. Des weiteren wird das Führungskabel 32 ebenfalls verwendet, um Regelsignale zum Fühler des nahegelegenen Steuerwerkzeuges zu senden, um das Fühlermeßprogramm zu regeln, z.B. um den Entfernungsmesser des Fühlers anzuschalten und abzuschalten, wenn Batterieleistung gespart werden soll, um dem Fühler ein Signal zu übermitteln, damit dieser Daten an die Oberfläche übermittelt oder um ihm ein Signal zu übermitteln, damit dieser teilweise oder vollständige Informationen oder ähnliches absendet. Die dritte Funktion des Führungskabels ist es, als eine Antenne zu dienen, um Entfernungsmessungssignale zu empfangen, die Messungen darstellen, die durch den Fühler ausgeführt wurden, und die durch den Fühler des Steuerwerkzeuges zum Entfernungsempfänger 52 an der Oberfläche gesandt werden sollen.

Wenn ein nachfolgendes Bohrloch parallel zum anfänglichen, oder Bezugsbohrloch 18, gebohrt werden soll, wird die Bohreinrichtung 29 zu einem zweiten Eintrittsort, z.B. dem Ort 60 neben dem Ort 20 bewegt. Wenn parallele Bohrungen ausgeführt werden sollen, um eine Schicht 46, 47 aus Injektionsstoff zu bilden, muß eine benachbarte Bohrung 62, die vom Ort 60 aus

gebohrt wird, vom Bezugsbohrloch einen Abstand r beabstandet sein. Dieser Abstand r ist geringer als die zweifache, seitliche Erstreckung des Injektionskörpers 46, 47, so daß, wenn Injektionsmittel in die zweite Bohrung injiziert wird, dieses mit dem in die erste Bohrung injizierten Injektionsmittel überlappen kann, um eine kontinuierliche Sperrschicht zwischen den Bohrungen zu bilden, wie insbesondere in Fig. 5 dargestellt ist.

Der Bohrkopf 26 wird in der in Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Weise betätigt, um die zweite Bohrung 62 so einzubringen, daß es sich ebenfalls nach unten und unter dem Deponieort 10 erstreckt und an die Oberfläche an einem Austrittsort 64 auf der entfernten Seite von der Bohreinrichtung 29 zurückkehrt. Die Richtung der zweiten Bohrung und ihr Ort relativ zur ersten Bohrung wird sorgfältig und genau gemäß der vorliegenden Erfindung so geregelt, daß die Bohrungen parallel sind, und insbesondere, daß sie in einem vorgegebenen, gewünschten Abstand voneinander durchgeführt werden, um sicherzustellen, daß in der nach dem Ausbilden der Injektionskörper entstehenden Schicht 46, 47 keine Freiräume verbleiben. Wenn das Bohrloch 62 fertiggestellt worden ist, wird, wie oben beschrieben wurde, der Bohrkopf gegen einen Injektionskopf ausgetauscht und ein zweites Führungskabel wird an dem Bohr- bzw. Injektionskopf 26 bzw. 26' angebracht. Dieses zweite Kabel, das in Fig. 5 mit 32' dargestellt ist, wird durch das Bohrloch 62 gezogen, wenn das Bohrgestänge 28 zurückgezogen wird, während zur selben Zeit das Injektionsmittel 44' (Fig. 5) in das Bohrloch 62 und in den das Bohrloch umgebenden Boden injiziert wird, wie in Fig. 5 mit 46' und 47' dargestellt ist. Wenn in der zweiten Bohrung ebenfalls ein Führungskabel 32' eingezogen wurde, kann dieses nach dem Fertigstellen des Injektionskörpers wiederum leitend mit einer Stromquelle 51 und einem Entfernungsempfänger 52 verbunden werden.

Danach wird, wie in Fig. 6 dargestellt ist, ein drittes Bohrloch 70 neben dem und parallel zum Bohrloch 62 in der gleichen Weise wie das Bohrloch 62 gebohrt, Injektionsmittel bevorzugt in den Boden injiziert, wenn das Bohrgestänge zurückgezogen wird und gleichzeitig wiederum ein Führungskabel in die Bohrung eingezogen. Auf diese Weise entsteht eine durchgängige Sperrschicht unter dem Deponiekörper 10, wenn dieser jeweils mit parallel zueinander verlaufenden Bohrungen unterfahren wird, wobei die Bohrungen jeweils im Abstand r zueinander angeordnet sind.

Wie in den Fig. 4 bis 9 dargestellt ist, wird das Führungskabel 32 und jedes der nachfolgenden Führungskabel 32' wiederum als ein Bezug zum Lenken der Bohrung benachbarter Bohrlöcher verwendet, indem ein Gleichstrom von z.B. 10 Ampere durch das Kabel 32 geleitet wird, um ein umgebendes Magnetfeld H zu erzeugen, das durch Pfeile 72 in Fig. 5 verdeutlicht wird. Die Richtung der Bohrung des Bohrloches 72 wird in Abhängigkeit von den Messungen dieses Feldes H geregelt, wie oben beschrieben wurde, indem die Rich-

tung des Bohrkopfes 26 unter der Regelung eines herkömmlichen Bohrenwerkzeuges 78, das in einer Bohrregleinrichtung angeordnet ist, anzupassen. Diese Einrichtung ist unmittelbar hinter dem Bohrkopf in einem Bereich 28' des Bohrgestänges befestigt, das von dem Hauptgestänge 28 durch eine Isolierverbindung 80 (siehe Fig. 7 und 8) getrennt ist. Die Isolierverbindung kann fünf bis zehn Meter vom vorderen Ende oder der Spitze des Bohrkopfes 26 entfernt angeordnet sein und isoliert elektrisch den Endbereich 28' des Bohrgestänges von dem Haupt-, oder oberen Bereich des Gestänges.

Die Bohrregleinrichtung 79 empfängt Informationen von der Oberfläche und liefert Daten aus dem Bohrloch an die Oberfläche. Demgemäß umfaßt die Bohrregleinrichtung 79 einen Sensor und einen Regelfühler 81, der zusätzlich zum Bohrenwerkzeug 78 einen Magnetfeldsensor 82 umfaßt, der vorzugsweise ein dreiachsiger Magnetometer zum Messen der Vektorkomponenten des gesamten statischen Magnetfeldes (einschließlich des erzeugten Magnetfeldes H) entlang der Orthogonalen X, Y und Z-Achsen umfaßt. Wenn ein Wechselstrom geringer Frequenz im Führungskabel verwendet wird, wird ein getrennter Wechselstrommagnetometersensor verwendet. Der Regelfühler 81 umfaßt zusätzlich ein Paar von Neigungsmessern 83 zum Messen der Richtung des Erdschwerefeldes, um das Bohrgestänge auszurichten, und einen Regler 116.

Die Übermittlung der gemessenen Parameter zur Oberfläche wird nach dem Durchlaufen der entsprechenden Daten eines Analog-Digitalwandlers 84 und eines beigeordneten digitalen Entfernungsmodulators 86, der phasenmodulierte Ströme mit etwa 200 bis 2.400 Hz erzeugt, digital übertragen. Zwischen dem Bohrgestänge 28 und dem Bereich 28' am vorderen Ende des Bohrgestänges werden die Ströme von der Spule 88 auf die zweite Spule 90 übertragen. Die Spule 90 ist mit dem Bohrgestänge 28 durch die Leitung 92 und mit dem Bohrgestänge 28' durch die Leitung 94 verbunden, so daß im Bohrgestänge 28 durch den Stromfluß 96 ein wechselndes Magnetfeld erzeugt wird, das durch die Feldlinien H2 und durch Pfeile 98 in Fig. 7 dargestellt ist. Dieses Magnetfeld ist coaxial mit dem Bohrgestänge 28. Das Wechselstrommagnetfeld H2 wird induktiv mit dem benachbarten Führungskabel 32 gekoppelt, wobei das Kabel als eine sekundäre Windung eines Transformators oder als eine Empfangsantenne wirkt, um eine entsprechende Audiofrequenzspannung V2 zu erzeugen, die mit Hilfe der Leitung 49, des Schalters 50 und der Leitung 52' dem Entfernungsmesser 52 zugeführt wird. Die empfangenen Signale werden einem Demodulator zugefügt und dessen Ausgang wiederum in einen geeigneten Computer 100 (Fig. 4) eingespeist, der die digitalisierten Daten verarbeitet und die notwendigen Berechnungen ausführt, wie beschrieben wird. Der Computer berechnet von den empfangenen Daten den Abstand und die Richtung des

Fühlers 81 relativ zum Führungskabel 32 und bestimmt, welche Korrekturen, wenn erforderlich, bezüglich der Bohrrichtung benötigt werden. Die benötigten Bohranweisungen werden dann zu dem Regelfühler 81 übertragen, damit das Vorlenkwerkzeug 78 entsprechend gesteuert wird. Somit verwendet der Bohrer die Informationen von dem Regelfühler 81, um das Bohrloch 62 auf einem Pfad zu halten, der einen konstanten Abstand r (siehe Fig. 5) von dem Führungskabel 32 beabstandet ist, so daß die beiden Bohrungen innerhalb einer sehr engen Toleranz parallel zueinander verlaufen.

In Abhängigkeit von der Stärke des Magnetfeldes H, kann möglicherweise ein drittes Bohrloch, wie z.B. das Bohrloch 70 in Fig. 6 unter Verwendung des vom Kabel 32 im Bezugsbohrloch 18 erzeugten Magnetfeldes gebohrt werden, wodurch es nicht notwendig ist, ein Führungskabel durch das zweite Bohrloch 62 einzuziehen. Je nach Abstand der einzelnen Bohrlöcher zueinander, der gewünschten Genauigkeit der durchzuführenden Bohrungen und der Stärke der erzeugten Magnetfelder lassen sich somit verschiedene Möglichkeiten verwirklichen, bei denen nicht jede Bohrung mit einem Führungskabel versehen sein muß.

Wie im US-Patent 5,515,932 beschrieben ist, können durch das periodische Umpolen der Gleichstromquelle 51 Unregelmäßigkeiten und Störungen im Magnetfeld erkannt und in geeigneter Weise kompensiert werden. Störungen aufgrund der Ströme 112 im Boden können dadurch vermieden werden, daß eine Rückleitung 55 (Fig. 6) verwendet wird, die weit genug vom Führungskabel 32 entfernt ist, so daß sie keine oder nur eine sehr geringe Wirkung auf das Magnetfeld in dem gerade gebohrten Bohrloch besitzt.

Durch die Verwendung des oben beschriebenen Verfahrens kann eine Genauigkeit zwischen parallel verlaufenden Bohrungen von $\pm 0,1$ m erzielt werden. Dies gestattet es, daß, bei der Kenntnis der Eindringtiefe der Injektionskörper in das umgebende Erdreich der Abstand zwischen zwei benachbarten, parallelen Bohrungen so gewählt wird, daß nur eine geringe Überlappung zwischen den Injektionskörpern besteht. Wie aus Fig. 6 deutlich wird, bedarf es bei dem Ausführungsbeispiel der Abdichtung einer Deponie einer sehr großen Anzahl von parallel verlaufenden Bohrungen, so daß ein vergrößerter, optimierter Abstand zwischen den einzelnen, parallel verlaufenden Bohrungen zu einer merklichen Verringerung der Gesamtzahl an durchzuführenden Bohrungen führt und daher der Zeit- und Materialaufwand für die durchzuführende Deponieabdichtung deutlich verringert wird. Der verringerte Materialaufwand entsteht insbesondere dadurch, daß die Gesamtmenge des verwendeten Injektionsmittels reduziert werden kann. Sind bei einem herkömmlichen Bohrverfahren zudem größere Abweichungen des Bohrverlaufs von der geplanten Strecke möglich, so bringt dies zusätzlich die Gefahr mit sich, daß die aus den einzelnen Injektionskörpern gebildete Sperrschicht nicht vollständig ausgeführt wurde und gefährdende

Stoffe in das darunterliegende Erdreich oder auch Grundwasser gelangen können.

Fig. 9 und 10 zeigen einen Bohrkopf 132, der nicht nur verwendet wird, um ein Bohrloch 134 zu bohren, sondern auch um ein Führungskabel 136 im Bohrloch anzuordnen. Das Führungskabel wird innerhalb des hohlen Bohrgestänges 130 angeordnet und mit dem Bohrgestänge am vorderen Ende desselben, d.h. dem Bohrkopf zugewandten Ende, verbunden. Zum Beispiel kann das Kabel am Bohrkopf 132 oder der in Fig. 8 dargestellten Regeleinrichtung, die durch Referenzziffer 142 angedeutet ist, durch eine beliebige, geeignete Befestigung 138 angebracht sein. Das Kabel wird in das Bohrloch 134 während des Bohrens eingezogen.

Wenn, wie in Fig. 10 dargestellt ist, das Bohrloch fertiggestellt wurde, kann der Bohrkopf 132 entfernt werden und das Führungskabel 136 an einer Befestigung 140 angebracht werden, woraufhin das Bohrgestänge 130 aus der Bohrung und von dem bereits eingezogenen Führungskabel 136 zurückgezogen wird. Auch in diesem letztgenannten Fall ist es möglich, daß während des Zurückziehens des Bohrgestänges ein Dicht- oder Verfestigungsmittel in das Erdreich injiziert wird. So könnte beispielsweise der Bohrkopf gegen einen Injektionskopf ausgewechselt werden oder mit einem Injektionszwischenstück versehen werden, der eine vorzugsweise mittig angeordnete Durchtrittsöffnung besitzt, durch die das Führungskabel 136 hindurchtreten kann, so daß das Bohrgestänge mit daran befestigtem Injektionskopf durch die Bohrung 134 zurückgezogen wird, während das Führungskabel 136 ortsfest in der Bohrung verbleibt.

Fig. 11 zeigt eine weitere Variante, nach der ein Blindloch 148 gebohrt wird. Wie dargestellt ist, ist am Bohrkopf 150 das Führungskabel 136 befestigt. Der Bohrkopf oder vorzugsweise ein vom Bohrkopf lösbarer Befestigungsring (nicht dargestellt) umfaßt ein Paar schwenkbar befestigter Anker 152 und 154, die normalerweise in den Bohrkopf geschwenkt sind. Wenn die Bohrung einen vorgewählten Ort bzw. eine vorgewählte Tiefe erreicht hat, werden die Anker gelöst und nach außen im Boden 156 verklemmt, um den Bohrkopf oder vorzugsweise einen vom Bohrkopf lösbaren Befestigungsring im Bohrloch zu fixieren, während der Bohrkopf unter gleichzeitigem Austritt von Injektionsmittel gemeinsam mit dem Bohrgestänge 130 zurückgezogen werden kann. Auch bei dieser Ausführungsform besitzt der Bohr- bzw. Injektionskopf eine Öffnung, durch die das im Bohrloch befestigte Führungskabel 136 hindurchtreten kann.

Zweites Ausführungsbeispiel

Neben dem oben genannten Anwendungsbereich der Altlastensicherung im Rahmen einer Deponieabdichtung werden parallel verlaufende Injektionskörper auch für Baugrubensicherungen eingesetzt. Hierbei wird unterhalb der geplanten Baugrube ebenfalls eine

Sperrschicht erzeugt, die das Eindringen von Grundwasser in eine Baugrube und in den späteren Baukörper verhindern oder verringern soll. Auch hier müssen eine Vielzahl von parallel zueinander verlaufenden Bohrungen durchgeführt werden und jeweils ein abdichtendes Injektionsmittel in die umgebenden Bodenschichten eingebracht werden, wobei sich mit Hilfe einer exakten Steuerung der jeweiligen Bohrungen eine möglichst gleichmäßige, gerade ausreichende Überlappung der einzelnen Injektionskörper sicherstellen läßt.

Eine ähnliche Anwendung findet das Verfahren im Bereich des Wasserbaus, wenn in einem Dammkörper ein Dichtungskernbereich erzeugt werden soll. Auch hier kommen mehrere, parallel zueinander verlaufende Injektionskörper zur Anwendung, die, wie im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben wurde, nebeneinander und parallel zueinander angeordnet werden. Weil Dämme häufig eine sehr große Länge besitzen, ist das nebeneinander Anordnen jeweils vertikal verlaufender Bohrungen mit Injektion eines geeigneten Dichtstoffes sehr aufwendig und entsprechend kostenintensiv. Aus diesem Grund wird bei dem Erzeugen eines Dichtungskernbereichs im Dammkörper ebenfalls eine im wesentlichen horizontal verlaufende, erste Bohrung erzeugt, in die das Führungskabel eingezogen wird und anschließend die angrenzenden Bohrungen durchgeführt, wobei jeweils wieder Führungskabel eingezogen werden, um diese Bohrungen als Referenzbohrungen für benachbarte Bohrungen einzusetzen.

Drittes Ausführungsbeispiel

Fig. 12 zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der die Injektionskörper zur Bodenverfestigung eingesetzt werden. Es handelt sich hierbei um eine vorausseilende Firstsicherung im Verlauf der geplanten Trassenführung eines Tunnels 164 im Erdreich 160. Noch vor dem Ausführen der Tunnelauffahrung im durch die durchbrochene Linie 166 dargestellten Bereich werden im Bereich der Tunnelfirste, d.h. längs des geplanten Trassenverlaufs, verfestigende Injektionskörper erstellt. Hierzu wird entweder von der Oberfläche 161 oder aber vom Streckenvortrieb der bereits ausgeführten Tunnelauffahrung aus eine erste Pilotbohrung 148 entlang der geplanten Tunneltrasse durchgeführt. Je nach den geometrischen und geologischen Gegebenheiten kann die Bohrung 148 an der Oberfläche 161 enden oder auch, wie anhand von Fig. 11 beschrieben wurde, blind enden. Je nach Anwendungsfall wird das eine oder andere, oben beschriebene Verfahren verwendet, um ein Führungskabel 136 in der Bohrung 148 anzuordnen und gleichzeitig einen Injektionskörper zu erzeugen, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel bevorzugt ringförmig um die Bohrung 148 herum angeordnet ist.

Unter Verwendung des Führungskabels 136 zur Steuerung benachbarter Bohrungen, können weitere Bohrungen im Bereich der Tunnelfirste mit hoher Präzi-

sion parallel zur Bohrung 148 ausgeführt werden und jeweils geeignete Injektionskörper erzeugt werden, die zu einer Verfestigung des Erdreichs im Bereich der Tunnelfirste führen. Im Gegensatz zu dem erstgenannten Ausführungsbeispiel bei der Verwendung von Injektionskörpern zum Erzeugen einer Sperrschicht mit geringer Durchlässigkeit, wird das hier beschriebene Verfahren dazu verwendet, um das Erdreich zu verfestigen, weshalb bevorzugt Injektionsmittel wie Zementtaub zur Anwendung gelangen. Selbstverständlich können die beiden Verfahren jedoch auch kombiniert verwendet werden und so könnte beispielsweise auch in eine oder mehrere Bohrungen 162 seitlich der geplanten Tunneltrasse ein abdichtendes Injektionsmittel eingebracht werden, um während des anschließenden Tunnelvortriebs das seitliche Eindringen von Wasser zu verringern oder auszuschalten.

Viertes Ausführungsbeispiel

Ein weiteres Anwendungsfeld des erfindungsgemäßen Verfahrens stellt der Hangverbau dar. Hierbei werden rutschgefährdete Hänge mit Hilfe parallel verlaufender Injektionskörper, die jeweils einen verfestigten Bodenbereich erzeugen, gesichert. Auch hier ist der exakte Verlauf und Abstand der einzelnen Injektionskörper zueinander von großer Bedeutung.

Ein weiteres Anwendungsfeld des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt in der Baugrundverbesserung. Hier werden keine abdichtenden oder aushärtenden, verfestigenden Injektionsmittel, sondern ein hydratisierendes Mittel in den Boden injiziert. Das Injektionsmittel kann hierbei beispielsweise Kalkmehl, Feinsand oder Portlandzement sein, das verdichtend und verstärkend wirkt, wodurch der Boden im gewünschten Bereich tragfähiger wird. Auch hier wird das Verfahren vorzugsweise dadurch durchgeführt, daß eine Vielzahl von parallel zueinander verlaufenden Bohrungen im zu behandelnden Erdreich zur Injektion eines geeigneten Verdichtungsmittels verwendet werden. Wie bereits in den vorgenannten Anwendungsfällen läßt sich mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens der Abstand zwischen den einzelnen, parallel verlaufenden Bohrungen aufgrund der geringeren Abweichungen von der idealen Parallelität sehr groß wählen, wodurch die Gesamtzahl an benötigten Parallelbohrungen verringert werden kann. Gleichzeitig wird die Gesamtmenge des Injektionsmittels durch diese Maßnahme verringert.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung, der bei allen oben genannten Anwendungsbereichen eingesetzt werden kann, werden nicht nur ein Führungskabel, sondern gleichzeitig ein Leerrohr und/oder ein Sensorkabel in die jeweiligen Bohrungen eingezogen. In die Leerrohre können nach der Fertigstellung des Injektionskörpers entweder Überwachungskabel oder aber spezielle Sonden wie Gamma-Sonden oder ein Bohrlochradar eingeführt werden, um die Geometrie des erzeugten Injektionskörpers zu über-

prüfen.

Insbesondere beim Ausführen von Injektionskörpern für Gründungen im Baubereich richtet sich die Festigkeit des jeweiligen Injektionskörpers nach dem geringsten Querschnitt desselben über die Länge des Bohrloches. Durch das Einführen geeigneter Sensorkabel, beispielsweise für eine Durchschlagmessung, oder eines Leerrohres zum Einführen geeigneter Überwachungsinstrumente lassen sich die erzeugten Geometrien der Injektionskörper einer Nachüberprüfung unterziehen, wodurch, in Abhängigkeit von den jeweiligen geologischen Gegebenheiten, der Abstand zwischen den jeweiligen Bohrungen in bestmöglicher Weise bestimmt werden kann. Die zusätzliche Möglichkeit, Überwachungsgeräte in die Injektionskörper einzubringen besitzt somit zwei wesentliche Vorteile:

- zum einen kann die Güte der hergestellten Injektionskörper gegenüber den Auftragsgebern nachgewiesen werden und, im Falle schadhafter Stellen, können diese nachgebessert werden;
- des weiteren läßt sich im Bereich sehr großer, herzustellender Dichtkörper oder Verfestigungsbereiche der Abstand in Abhängigkeit von den lokalen geologischen Gegebenheiten optimieren. So kann je nach dem Ergebnis der nachgeschalteten Messungen der Injektionsdruck des Injektionsmittels den örtlichen Gegebenheiten angepaßt werden und auch bei gleichbleibendem Injektionsdruck der Abstand zwischen den einzelnen, parallel zueinander verlaufenden Bohrungen an die Geometrie der jeweiligen erzeugten Injektionskörper in bestmöglicher Weise angepaßt werden.

Die zusätzliche Einbindung von Überwachungskabeln oder Sensorkabeln in die Injektionskörper hilft somit, die Anzahl der erforderlichen, parallel zueinander verlaufenden Bohrungen noch weiter zu verringern und die Menge des einzusetzenden Injektionsmittels weiter zu optimieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von parallel zueinander verlaufenden Injektionskörpern im Boden; umfassend die Schritte:
 - (a) Bohren eines Bohrloches durch den Boden;
 - (b) Einziehen eines elektrisch leitenden Führungskabels durch das Bohrloch oder Verwenden eines leeren Bohrgestänges anstelle eines Führungskabels;
 - (c) Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels in das Bohrloch und das umgebende Bodengefüge;
 - (d) Erzeugen eines Magnetfeldes um das elektrisch leitende Führungskabel;

- (e) Durchführen einer Bohrung in definiertem Abstand zum Bohrloch unter Verwendung des im Schritt (d) erzeugten Magnetfeldes zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes; und
(f) Wiederholen des Schrittes (c) in dem in Schritt (e) erzeugten Bohrloch. 5
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Erzeugen eines Magnetfeldes um das elektrisch leitende Führungskabel durch das Verbinden desselben mit einer Stromquelle durchgeführt wird. 10
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß 15
- die Schritte (b) und (c) gleichzeitig durchgeführt werden.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß 20
- die Schritte (a) und (b) gleichzeitig durchgeführt werden.
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß 25
- der Abstand zwischen den Bohrungen so gewählt wird, daß sich die durch das Injizieren von Injektionsmittel gebildeten Injektionskörper um zwei benachbarte Bohrungen jeweils überlappen. 30
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, weiter umfassend: 35
- Einziehen eines weiteren, elektrisch leitenden Führungskabels durch das Bohrloch gleichzeitig mit dem Ausführen des Schrittes (f).
7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter umfassend: 40
- Durchführen einer Vielzahl weiterer Bohrungen jeweils im definierten Abstand zu der jeweils benachbarten Bohrung; und
 - jeweils Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels in das Bohrloch und das umgebende Gefüge. 45
8. Verfahren gemäß Anspruch 7 weiter umfassend: 50
- jeweils Einziehen eines elektrisch leitenden Führungskabels durch die Vielzahl weiterer Bohrungen.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die weiteren Bohrungen jeweils unter Verwendung eines Magnetfeldes zur Steuerung eines lenkbaren Bohrkopfes durchgeführt werden. 55
10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, weiter umfassend:
- Einziehen eines oder mehrerer Sensorkabel durch das Bohrloch.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, weiter umfassend:
- Einziehen eines Leerrohres durch das Bohrloch.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, weiter umfassend:
- Einziehen eines Gitterroherelements oder von Stahlelementen in das Bohrloch.
13. Verfahren gemäß Anspruch 10, 11 oder 12, wobei das Einziehen des oder der Sensorkabel, des Leerrohres, oder des Gitterroherelements oder der Stahlelemente gleichzeitig mit dem Einziehen des elektrisch leitenden Führungskabels durchgeführt wird.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, weiter umfassend:
- Austauschen des lenkbaren Bohrkopfes vor dem Injizieren unter erhöhtem Druck eines Injektionsmittels gegen einen Injektionskopf.
15. Verfahren gemäß Anspruch 11, weiter umfassend:
- Einführen einer Meßsonde in das Leerrohr zur Überprüfung und Analyse des Injektionskörpers.
16. Sperrschicht unter der Erdoberfläche umfassend:
- eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten, langgestreckten, im allgemeinen horizontalen, parallelen Bohrlöchern;
 - Injektionskörper, die sich seitlich nach außen von jedem der Bohrlöcher entlang ihrer Länge erstrecken, wobei der Injektionskörper, der sich von einem Bohrloch erstreckt, die Injektionskörper überlappt, die sich jeweils von benachbarten Bohrlöchern erstrecken; und
 - Führungskabel in einem oder mehreren ausgewählten Bohrlöchern.
17. Sperrschicht gemäß Anspruch 16, weiter umfassend:
- Sensorkabel und/oder Leerrohre und/oder Gitterroherelemente in einem oder mehreren ausgewählten Bohrlöchern.

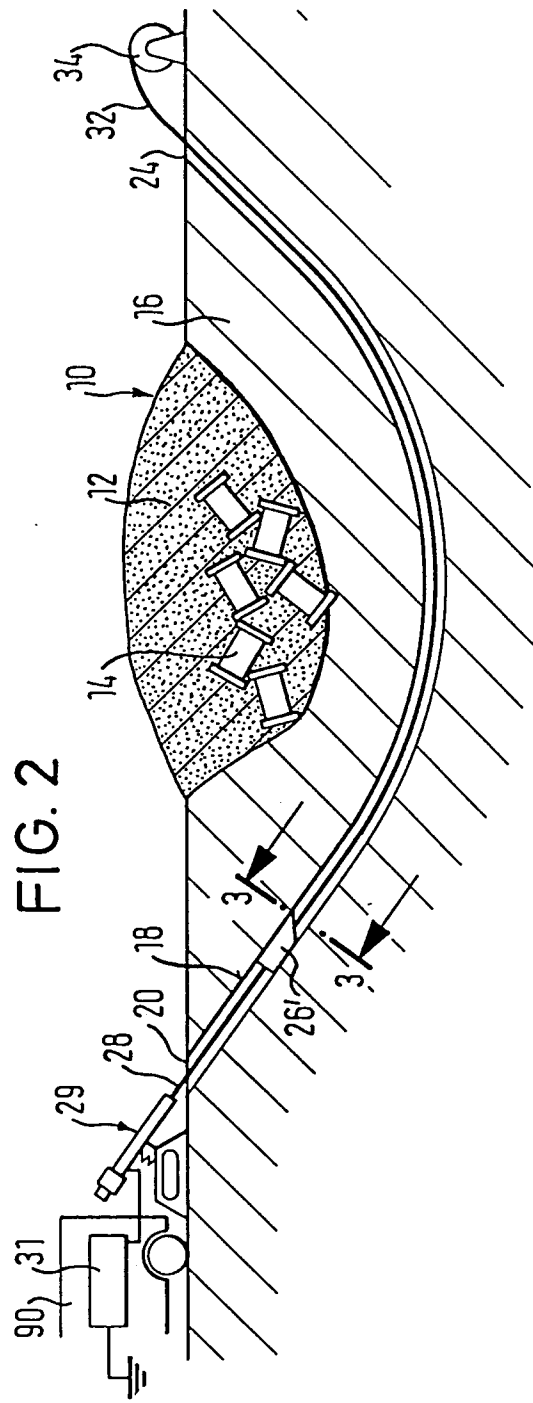
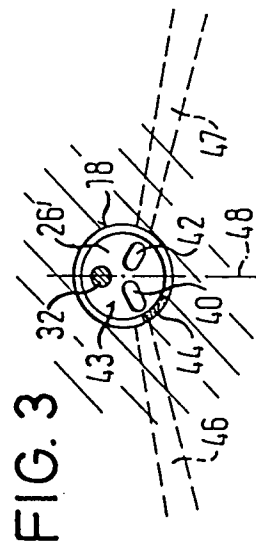
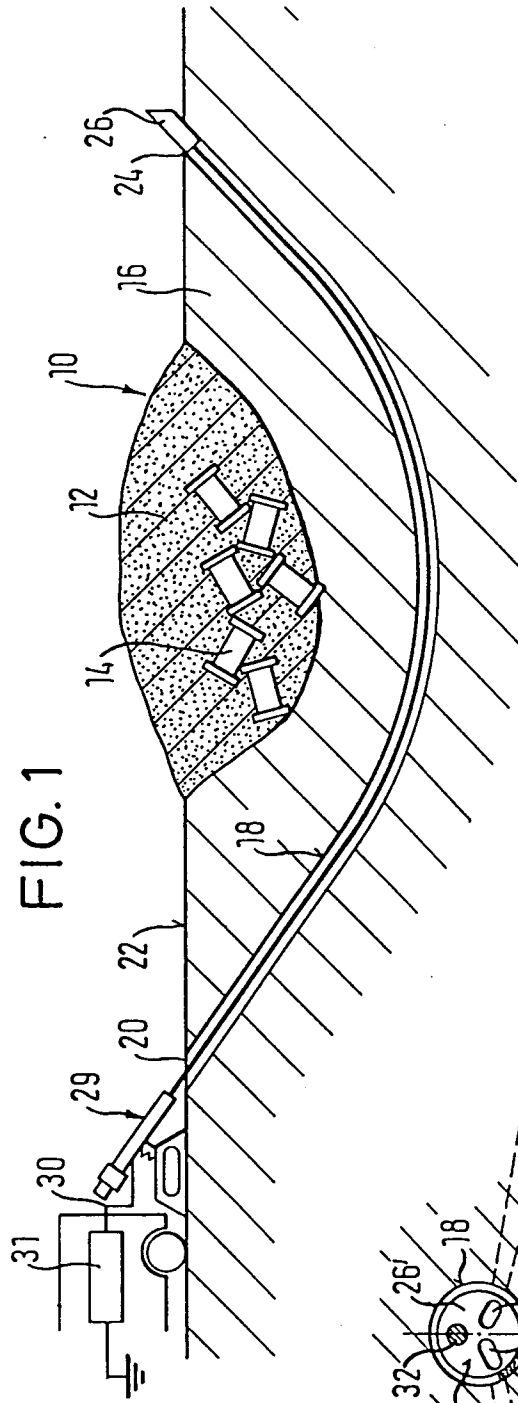


FIG. 4

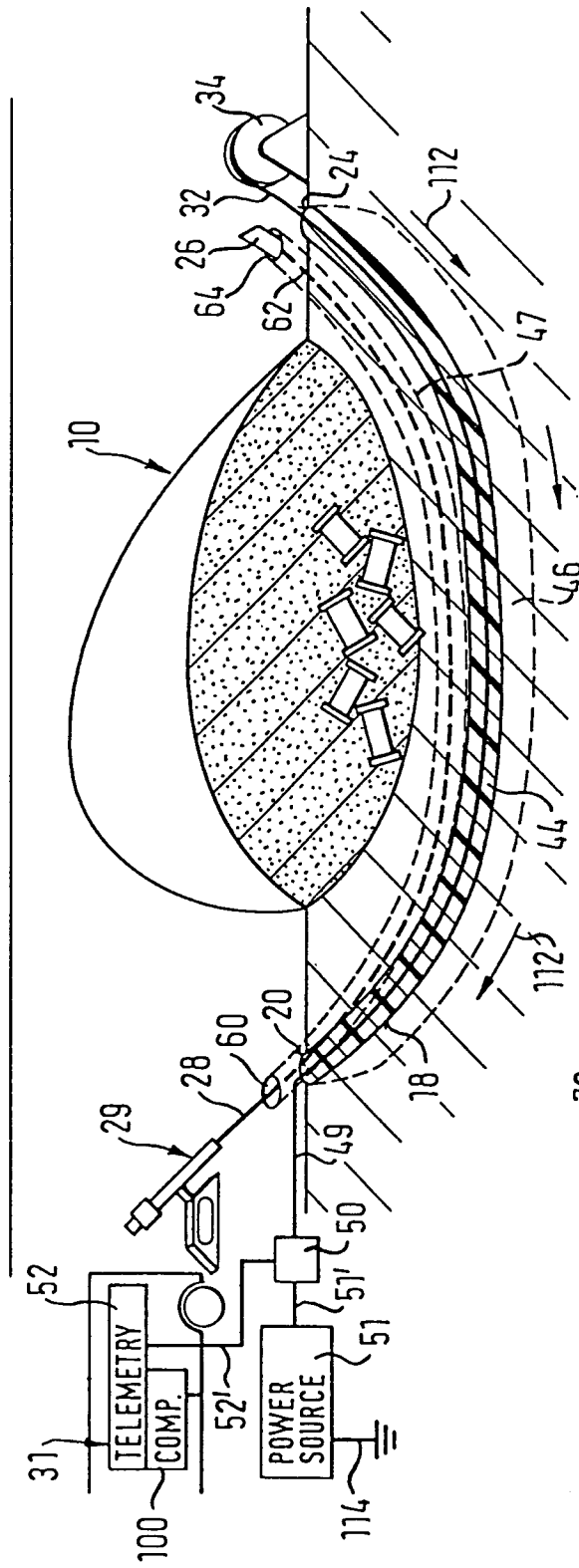


FIG. 5

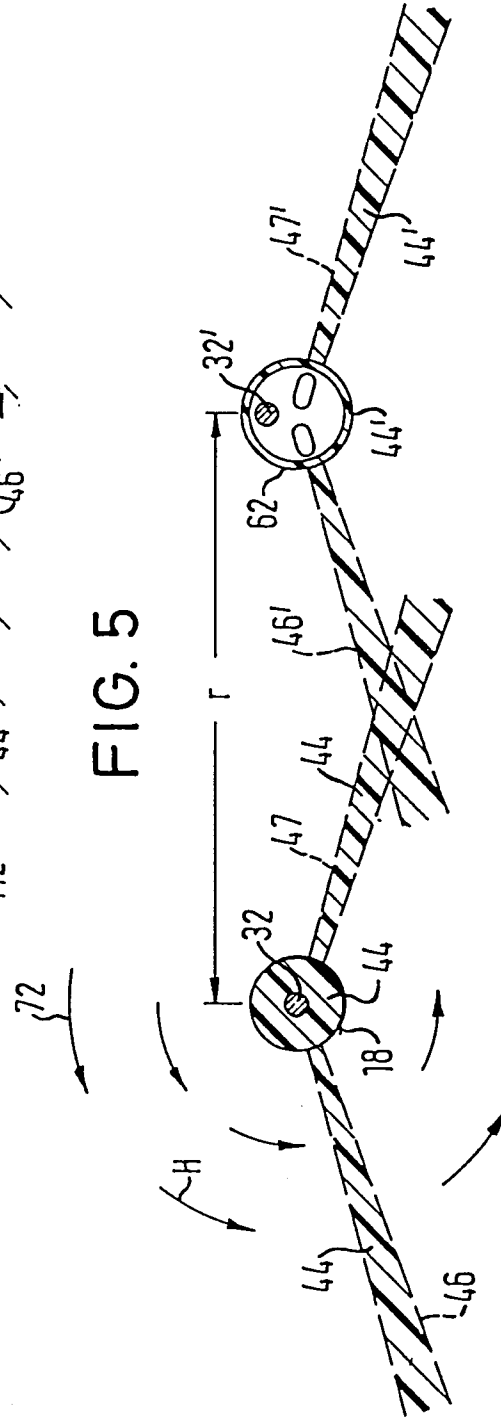


FIG. 6

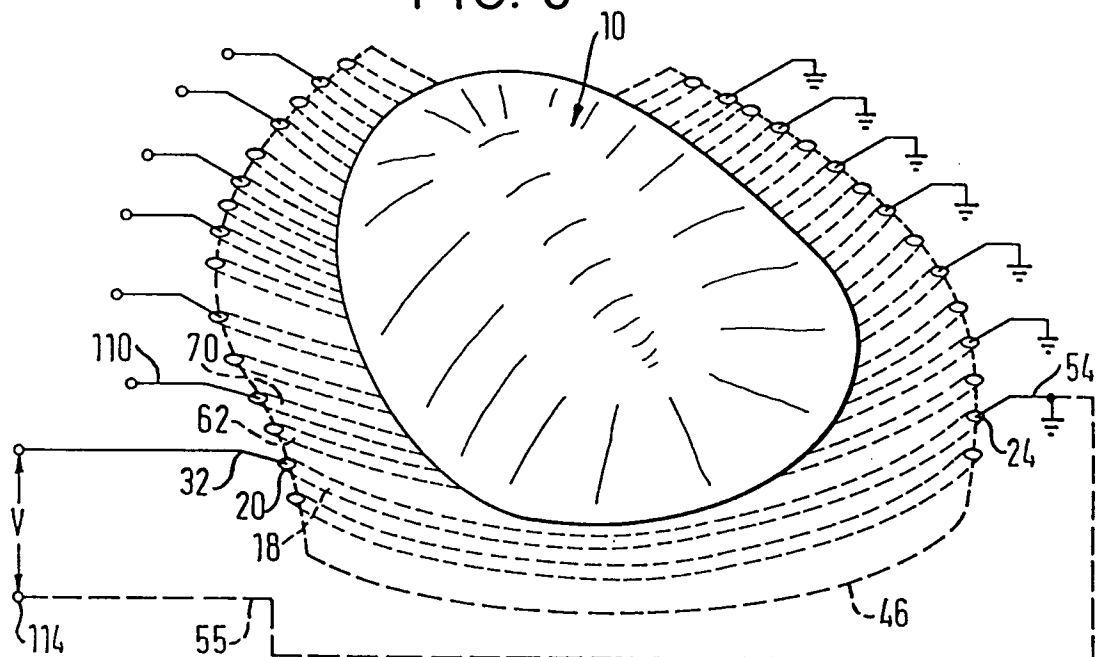


FIG. 7

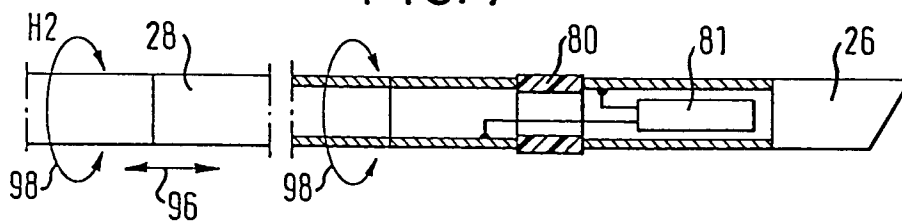


FIG. 8

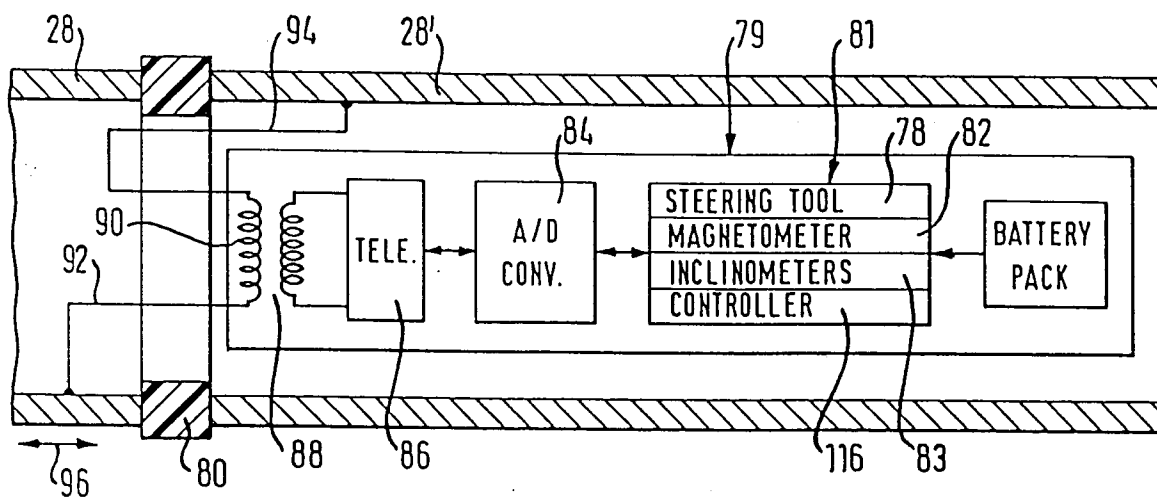


FIG. 9

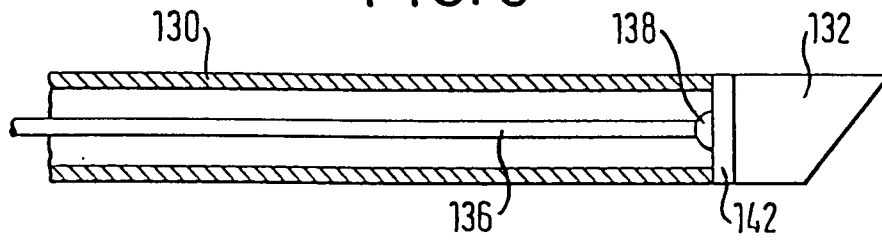


FIG. 10

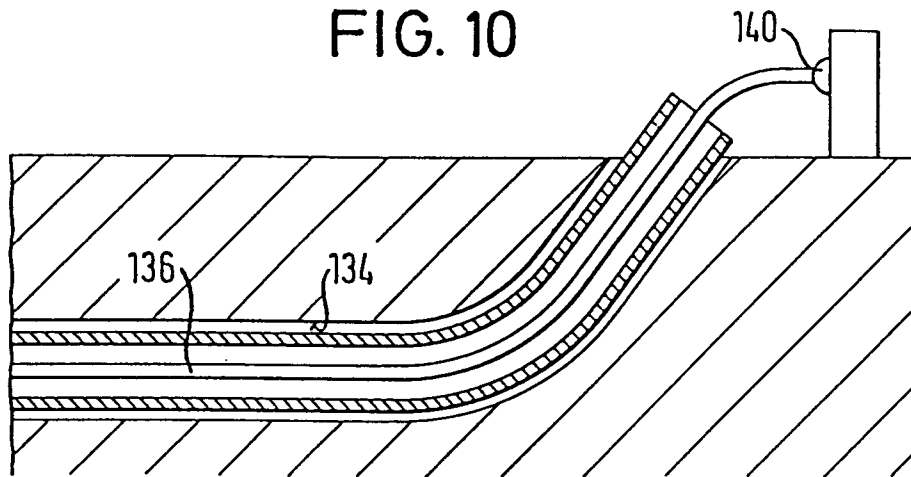


FIG. 11

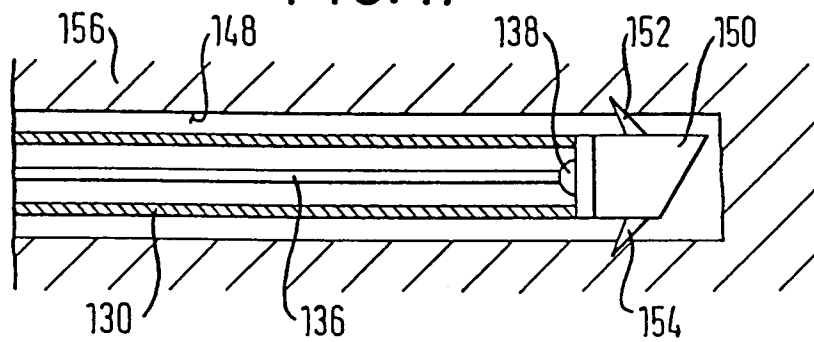
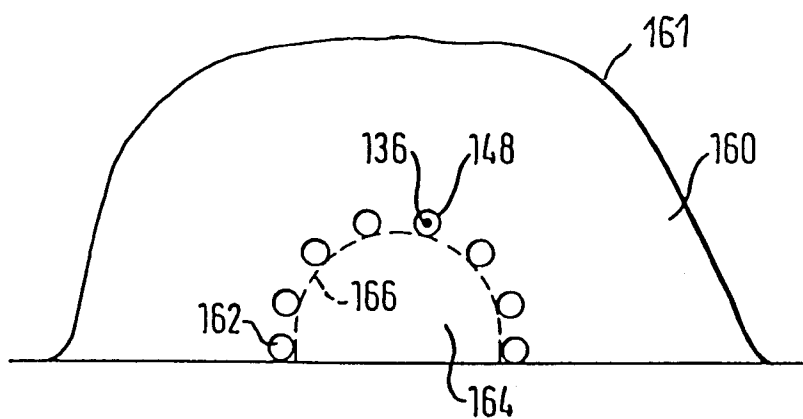


FIG. 12





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 11 5374

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y A	US 4 867 240 A (COLLA) * Spalte 2, Zeile 41 - Spalte 5, Zeile 10; Abbildungen 1-3,5,6 * ---	16,17 1,4-8, 10,11,15	E02D31/00 E02D19/16 E02D19/18 E21B7/04 E21B47/022
Y A	WO 95 21989 A (ATLAS COPCO GEOTECHNICAL DRILLING AB) * Seite 2, Zeile 19 - Seite 5, Zeile 17; Abbildungen 1-5 * ---	16,17 14	
D,A	US 5 515 931 A (KUCKES) * Spalte 4, Zeile 44 - Spalte 5, Zeile 43; Abbildung 1.2 * -----	1,2,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			E02D E21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 13. Februar 1997	Prüfer Kergueno, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)