



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 409 007 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1817/97  
(22) Anmeldetag: 28.10.1997  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.09.2001  
(45) Ausgabetag: 27.05.2002

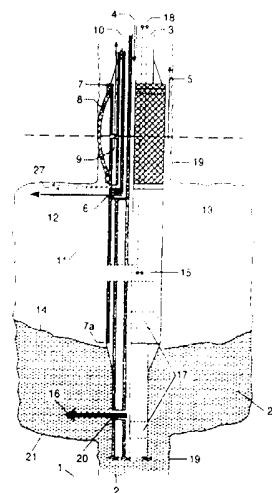
(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **E02D 3/12**

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 3514522A1 EP 0202438A1 GB 361966A  
US 4624606A

(73) Patentinhaber:  
KELLER GRUNDBAU GMBH  
D-63067 OFFENBACH (DE).

(54) HERSTELLUNG VON AUSHÖHLUNGEN UND DEREN VERFÜLLUNG IM UNTERGRUND ZUM ZWECK DER BODENSTABILISIERUNG

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Bodenkörpern im Baugrund durch Bildung von Aushöhlungen mittels Hochdruckbodenerosion und deren unmittelbar nachfolgender Verfüllung mit einem beim Erodieren mittels Düsen-schneidstrahlen (12) gebildeten Boden-Bindemittelgemisch beschrieben, das nach dem Erhärten einen verfestigten, wassersperrenden Bodenkörper bildet. Um vorteilhafte Verfahrensbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, daß die Bodenerosionsarbeiten der Düsen-schneidstrahlen (12) in einem permanent erzeugten Luftkissen (11) ausgeführt werden.



**AT 409 007 B**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bodenkörpern im Baugrund gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Bei bekannten Verfahren wird mit Hilfe von Bohrungen, die bis auf die geplante Gründungssohle abgeteuft werden, über ein mit seitlichen Düsenausgängen versehenes Bohr- und Spülgestänge Wasser, Luft und Suspension verpreßt. Dabei wird der das Bohrloch umgebende Boden durch einen hochdruckgespannten Schneidstrahl erodiert, aufgeschnitten, d.h. ausgehöhlt, und nachfolgend mit Suspension verfüllt. Die hierbei aus Boden, Wasser, Luft und beispielsweise Zementsuspension entstehende breiige Mischung füllt die entstandenen Hohlräume. Der Mischungsüberschuß fließt über den offenen Bohrlochringraum zutage. Die Form der nachfolgend erhärtenden Bodenkörper hängt von der Düsenstrahlbewegung ab. Beispielsweise entstehen säulenartige Körper, wenn das Gestänge während des Düsens rotiert und zugleich gezogen wird.

Die Leistungsfähigkeit derartiger Verfahren ist im wesentlichen abhängig vom Wirkungsgrad der eingesetzten hydraulischen Energie, d.h. abhängig von der Pumpenleistung, den bodenmechanischen Eigenschaften der zu erodierenden Bodenschichten und dem gewählten Herstellungsparameter. Düsenstrahlreichweite und Erosionsbreite sind Bewertungsmaßstab für die effektive Erosionsleistung der Düsenstrahlverfahren.

Nach dem heutigen Stand der Technik arbeiten die oben erwähnten Verfahren unter der international gebräuchlichen Bezeichnung JET-GROUTING mit Düsenstrahlstrahlen, die aus Wasser oder Bindemittelsuspensionen bestehen. Die dabei aus Boden, Wasser bzw. Suspension sich bildende Mischung schränkt die Wirtschaftlichkeit derartiger Verfahren ein, weil Reibungs- und Strömungsverluste einen Teil der eingesetzten Energie verbrauchen.

Nachteilig und daher verbesserungsbedürftig sind bei den bisherig praktizierten Verfahren die bodenabhängigen und daher wechselnden, unbestimmbaren Erosionsleistungen, die ungleichmäßige Bodenkörper mit den daraus resultierenden Unzulänglichkeiten, wie beispielsweise fehlerhafte Überschneidungen, zur Folge haben.

Mit den heutigen Herstellungsbedingungen ist eine leistungsabhängige, kontrollierende Steuerung der Düsenstrahlen während der Erosionsarbeit wegen des Fehlens geeigneter Meßverfahren zur Zeit nicht möglich. Daher werden empirische Herstellungsparameter eingesetzt, die von ausgewerteten Baustellenversuchen und Arbeitsausführungen gewonnen und abgeleitet werden. Die Feststellung der tatsächlichen Arbeitserfolge und die Kontrolle der erzielten Abmessungen der Erosionskörper ist zur Zeit nur mit größerem zusätzlichem Aufwand durchführbar.

Eine Analyse der angeführten Nachteile führt zur Erkenntnis, daß schon bei der Zerstörung des Bodengefüges die Wirksamkeit des flüssigen, fallweise luftummantelten Schneidstrahles durch den sich bildenden Bodenmörtel stark beeinträchtigt wird. Auf Grund seiner unbestimmbaren, heterogenen Zusammensetzung und den während der Düsenarbeit herrschenden komplexen Strömungsvorgängen sind Versuche und Bemühungen zur Erfassung relevanter Meßdaten in diesem Milieu erfolglos geblieben.

Aus der GB 361 966 ist ein o.g. GROUTING-Verfahren bekannt, wobei Preßluft oder ein anderes Gas intermittierend in die Bodenschicht eingeblasen wird. Hierbei wird die Preßluft über andere Öffnungen als die zum Einbringen der Suspension verwendeten eingebracht. Dies soll jedoch derart erfolgen, daß die Einbringung der Suspension nicht beeinflusst wird, sondern lediglich eine intensive Vermischung von Suspension und Boden erzielt wird.

Die EP 0 202 438 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verfestigen und/oder Abdichten eines vorgebbaren Bereichs im Erdboden, wobei ein erhärtender, flüssiger Stoff unter gleichzeitiger Zugabe eines gasförmigen Stoffes injiziert wird. Der Gasstrahl wird dabei parallel beabstandet von einem Flüssigkeitsstrahl geführt. Die Zielrichtung ist hierbei, daß der Gasstrahl mittels seiner kinetischen Energie zusätzlich einen Flüssigkeitsstrahl beim Eindringen in das Erdreich unterstützt.

Aus der US 4 624 606 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen von Bodenkörpern mittels Injektion bekannt. Eine Injektionsstange weist zwei benachbart zueinander angeordnete Öffnungen auf, durch welche Flüssigkeit und Luft austreten. Hierbei umschließt die Öffnung, durch welche Luft austritt, ringförmig die Öffnung, aus der die Flüssigkeit austritt. Hierbei ist die Zielrichtung, daß von einer Bohrspitze abgetragener Boden durch ein Loch im Gestänge angehoben wird.

Die DE 35 14 522 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ausbilden von Bodenverfestigungsstrukturen. Hierbei ist an einem führenden Ende einer Einsetzrohranordnung mit einer Bohrspitze ein Ultraschallsensor angeordnet.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung von Bodenkörpern im Baugrund zu schaffen, mit denen es auf einfache Weise möglich ist, steuerbare sowie kontrollierbare Erosionsarbeiten durchzuführen und mit Hilfe von Reichweitenmessungen den gegebenen Bodenverhältnissen anzupassen.

Diese Aufgabe wird bei dem Verfahren gemäß der Erfindung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bei der zur Durchführung dieses Verfahrens vorgesehenen Vorrichtung gemäß der Erfindung mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen hiervon sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt der wesentliche Gedanke zugrunde, im erweiterten Arbeitsbereich der Düsenstrahlen ein permanentes Luftkissen bzw. Druckluftkissen zu erzeugen. In diesem Druckluftkissen können einzelne oder auch mehrere Düsenstrahlstrahlen unproblematisch und reibungslos die Bodenstruktur auflösen, weil alle Stoffe mit einer höheren Dichte als die der Luft, also Wasser, Suspension und Boden, in den zuvor ausgehöhlten Raum absinken und sedimentieren. Auf diese Weise kann der Arbeitsprozeß nahezu unter atmosphärischen Bedingungen ungestört ablaufen, wobei gleichzeitig höhere Erosionsleistungen möglich sind, die zudem über Reichweitenmessungen gesteuert werden können.

Durch das gleichzeitige Einpressen von Luft und Schneidflüssigkeit über die Düseneinrichtung wird die Erzeugung des permanenten Luftkissens gewährleistet.

Durch die Erfindung wird somit auf vorteilhafte Weise die Herstellung von verfestigten, wasserundurchlässigen Bodenkörpern in Sediment- und Lockergestein ermöglicht. Diese Bodenkörper können der Bodenstabilisierung dienen oder für Gründungs- und Unterfangungsmaßnahmen, jedoch auch als Abdichtungs- und Abkapselungskörper zur Anwendung gelangen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in der einzigen Figur eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erläuterung des Verfahrens gemäß der Erfindung im Längsschnitt.

In vorgegebenen Bodenschichten 1 wird eine Spülbohrung 2 mit einem an einem Triplex-Bohrgestänge 3 befestigten Bohrmeißel hergestellt, wobei eine filterkuchenbildende Spülung verwendet wird. Der betreffende Spülungsstrom 4 fließt über das Gestängeinnere zum Bohrmeißel und befördert das Bohrklein über einen Bohrlochringraum 5 zutage.

In demjenigen Bereich des Bohrgestänges 3, in dem sich eine Düsenvorrichtung 6 befindet, ist ein koaxiales Tauchrohr 7 montiert, das nach dem pneumatischen Aufpumpen einer Gummimanschette 8 wie ein Ringraumpreventer (Ringraumpacker) wirkt und den Spülungsstrom 4 nur über einen koaxialen Ringraum 9 zwischen Tauchrohr 7 und Bohrgestänge 3 fließen läßt.

Nach dem Erreichen der planungsgemäßen Bohrtiefe wird von der Arbeitsphase "Bohren" auf die Arbeitsphase "Düsen" umgestellt. Diese wird durch das mit Hilfe eines Kompressors erfolgende Einpressen von Luft über eine Luftzuleitung 10 eingeleitet.

Der für das Verfahren erforderliche Luftbedarf ist von der Durchlässigkeit der vorliegenden Bodenschichten 1 abhängig. Beispielsweise ergibt sich ein Luftbedarf von  $3 \text{ m}^3/\text{min}$  Ansaugleistung des Kompressors bei einem Druck des Luftkissens 11 von 2 bar und einem Boden-Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ . Bei größeren Luftverlusten können der Schneidflüssigkeit filterkuchenbildende Stoffe zugemischt werden.

Beim Einpressen der Luft über die Zuleitung 10 zur Luftdüse wird der an die Luftzuleitung 10 angeschlossene Ringraumpacker 8 in Funktion gesetzt. Nach erfolgter Abdichtung des Bohrlochringraums 5 im Bereich des Tauchrohres 7 baut die überschüssige Luft ein Luftkissen 11 auf. Die Unterkante 7a des Tauchrohres 7 bestimmt die Höhe der Ausdehnung des Luftkissens 11. Über den offenen Ringraum 9, gebildet aus Tauchrohr 7 und Bohrgestänge 3, sowie weiter aufsteigend über den Ringraum 9, gebildet aus Bohrlochwand 19 und Bohrgestänge 3, gelangt der Luftüberschuß zutage.

Nach hergestellter Umläufigkeit der eingepreßten Luft wird mit den Erosionsarbeiten zur Herstellung des Verfestigungskörpers 22 begonnen. Hierzu wird Wasser mit beisp. 400 bar durch die Düsenvorrichtung 6 verpreßt, deren Düse einen Durchmesser von beispielsweise 2mm aufweist. Der sich bildende Schneidstrahl 12 durchdringt den anstehenden Boden, beispielsweise Sand, und

zerstört in seinem Arbeitsbereich die Bodenstruktur, wobei eine fließfähige Mischung aus Wasser und Boden entsteht. Die hohe Rohwichte der Mischung bewirkt deren Trennung von der gleichzeitig eingepreßten Luft, so daß die entstandene Mischung über den offenen Ringraum 9 zutage gefördert wird. Der hohe Wasser-Einpreßdruck von 400 bar entsteht vor der Düse 6 und baut sich schnell auf den tiefenabhängigen hydrostatischen Druck ab. Wird das Bohrgestänge 3 bei diesem Arbeitsprozeß gezogen, entsteht die beabsichtigte Aushöhlung 13 im Boden. Diese wird zylinderförmig, wenn das Bohrgestänge 3 rotierend gezogen wird. Die Aushöhlung 13 bleibt so lange luftgefüllt, wie es die Unterkante 7a des Tauchrohres 7 bestimmt. Erreicht die Trennflächenzone 14 die Unterkante 7a des Tauchrohres 7, wird zu diesem Zeitpunkt mit dem Eindüsen von Zementsuspension 16 über eine Zementsuspensions-Düse 20 begonnen.

Die Ausbildung des Luftkissens 11 im Arbeitsbereich des Düsenschneidstrahles 12 bis zur Unterkante 7a des Tauchrohres 7 erlaubt nun auch vorteilhafterweise kontinuierliche oder diskontinuierliche Reichweitenmessungen. Diese können in einer Ausführungsform der Vorrichtung mit Ultraschallmeßgeber 15, gesteuert durch Steuerungskabel 18, ausgeführt werden. Über eine Prozeßsteuerungseinrichtung können nun auch die Herstellungsparameter, also Gestängeziehgeschwindigkeit, Düsenrotation und Suspensionsmenge, den unterschiedlichen bodenmechanischen Bodenschichten 1 angepaßt werden.

Die erwünschten Reichweitenmessungen sind Distanzbestimmungen. Sie können unter den vorteilhaften Luftkissenbedingungen auch mit anderen Meßverfahren ausgeführt werden.

In die Vorrichtung sind außerdem Druckmeßdosen 17 eingebaut. Diese dienen der Differenzdruckmessung im Ausspülungs- sowie im Verfüllungsbereich zur Kontrolle der erosionsabhängigen Rohdichte der sich bildenden Bodenmischungen.

Mit Hilfe eines Zusatzmittels, das der Schneidflüssigkeit als Entschäumer zugesetzt wird, wird eine Schaumbildung im Luftkissen 11 ausgeschlossen.

Die Größe des permanent erzeugten Luftkissens 11 ist so bemessen, daß der Düsenschneidstrahl 12 durch schnelle Separation der Mischungsphasen, Luft und Bodensuspension, nicht behindert wird.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung von Bodenkörpern im Baugrund durch Bildung von Aushöhlungen mittels Hochdruckbodenerosion und deren unmittelbar nachfolgender Verfüllung mit einem beim Erodieren mittels Düsenschneidstrahlen gebildeten Boden-Bindemittelgemisch, das nach dem Erhärten einen verfestigten, wassersperrenden Bodenkörper bildet, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenerosionsarbeiten der Düsenschneidstrahlen (12) in einem permanent erzeugten Luftkissen (11) ausgeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erzeugte Luftkissen (11) in radialer Erstreckung durch die Reichweite der Erosion begrenzt und in vertikaler Erstreckung größer als 50 cm ausgebildet wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schneidflüssigkeit Zusatzstoffe zur Vermeidung von Luftverlusten und/oder Verstopfungsmittel, wie beispielsweise Bentonit oder andere Quellstoffe, zugesetzt werden.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schneidflüssigkeit Entschäumer zur Vermeidung einer Schaumbildung zugesetzt werden.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einer coaxialen Rohrkombination besteht, die ein Spülgestänge (3), ein Tauchrohr (7) mit einem Ringraumpreventer (8) mit aufblähbarer Dichtungsmanschette und eine Düseneinrichtung (6) aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung und Kontrolle der erzielten Reichweite wenigstens ein Distanzmeßgeber (15) im Gestänge (3) derart integriert ist, daß das Meßergebnis während der Erosionsarbeiten über einen Steuermonitor anzeigbar, kontrollierbar und steuerbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanzmeßgeber (15) Echolote, Ultraschallmeßgeräte, Infrarotentfernungsmesser, Lasergeräte und dgl. sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kontinuierliche Messung und Kontrolle der erzielten Erosionsleistung über Differenzdruckmessungen mittels Druckmeßdosen (17) erfolgt, die auf dem Spülgestänge (3) im Ausspülungs- und Verfüllungsbereich montiert sind und den Kontakt zum Bohrlochringraum (9) sicherstellen.

5

**HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN**

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

