(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 535 461 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.09.2016 Patentblatt 2016/39

(51) Int Cl.:
E02D 3/12 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **11170167.8**

(22) Anmeldetag: **16.06.2011**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN VON BODENELEMENTEN**

DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING GROUND ELEMENTS

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'ÉLÉMENTS DE SOL

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.12.2012 Patentblatt 2012/51

(73) Patentinhaber: **Keller Holding GmbH**
63067 Offenbach/Main (DE)

(72) Erfinder: **Sigmund, Christian**
1140 Wien (AT)

(74) Vertreter: **Oberwalleney, Stephan**
Neumann Müller Oberwalleney & Partner Patentanwälte
Overstolzenstrasse 2a
50677 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 436 954
EP-A1- 1 045 073
DE-A1- 4 311 917
DE-A1- 19 849 786
JP-A- 10 212 724
JP-A- 59 010 610
JP-A- 59 015 118
US-A- 5 560 739

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 535 461 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Bodenelementen zur Baugrundverbesserung. Für eine solche Baugrundverbesserung kommt die sogenannte "Tiefe Bodenstabilisierung" zum Einsatz, die auch als "Tiefe Bodenvermörtelung" oder "Deep Soil Mixing" (DSM) bezeichnet wird. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem der anstehende Boden mit einem Bindemittel bzw. einer Suspension vermischt wird. Auf diese Weise werden säulenartige Gründungskörper erzeugt, die in der Lage sind, unter anderem Gebäudelasten, Lasten aus Aufschüttungen oder Dämmen in den tieferen, tragfähigen Untergrund zu übertragen.

[0002] Nach der Art der Einbringung des Bindemittels wird die nasse oder trockene Methode zur Tiefen Bodenstabilisierung unterschieden. Beim Trockenmischverfahren wird das Bindemittel, üblicherweise reiner Zement oder Zement-Kalk-Gemische, mit Hilfe von Luft in den Boden eingebracht. Dieses Verfahren kommt insbesondere bei Böden mit hohem Wassergehalt oder bei Frosttemperaturen zum Einsatz. Beim Nassmischverfahren wird das Bindemittel durch das Vermischen des Bodens mit einer Suspension eingebracht. Es werden ein oder mehrere Mischwerkzeuge mechanisch in den Boden gedreht. Beim Einfahren bzw. beim Ausfahren des Mischwerkzeugs wird das Bindemittel in den Boden eingebracht. Anschließend härtet das Boden-Bindemittel-Gemisch aus und bildet ein säulenartiges Element.

[0003] Aus der DE 103 27 470 B3 ist eine Vorrichtung mit drei Einzelrührwerkzeugen bekannt. Zum Auflockern des Bodens unterhalb der Bohranfänger wird der Boden mit Düsenstrahlen aus einem Düsenhalter bearbeitet. Der Düsenhalter ist unterhalb der Einzelrührwerkzeuge so angeordnet, dass die Schneiddüsen mit den Schneidstrahlen die Bereiche unterhalb der Bohranfänger bearbeiten. Der höhenmäßige Abstand zu den Lösewerkzeugen der Bohranfänger wird so gewählt, dass die Zähne der Bohranfänger nicht von den Schneidstrahlen beschädigt werden. Der Düsenhalter ist so an der Vorrichtung befestigt, dass er beim Abteufen der Vorrichtung den Bohranfängern voreilt. Der der vertikale Abstand des Düsenhalters zur gesamten Vorrichtung ist während des Abteufvorgangs konstant oder er kann innerhalb gewisser konstruktiver Grenzen vergrößert oder verkleinert werden.

[0004] Aus der JP 59015118 A ist ein Mischwerkzeug zur Bodenverbesserung bekannt. Das Mischwerkzeug weist ein drehbares äußeres Rohr und ein drehbares inneres Rohr auf, an dessen unterem Ende ein Schneidblatt angeordnet ist. Ein oberes Mischblatt ist am unteren Ende des äußeren Rohres befestigt und ein unteres Mischblatt ist am inneren Rohr nah am unteren Ende des äußeren Rohres angebracht. Die beiden Rohre sind mittels eines Getriebes relativ zueinander drehbar, wobei durch das Getriebe ein festes Übersetzungsverhältnis zwischen der Drehbewegung des äußeren Rohres relativ zur Drehbewegung des inneren Rohres vorgegeben ist. Durch eine Versorgungsleitung wird Zement durch eine untere Öffnung des inneren Rohres in den Boden eingebracht und aufgrund der Drehbewegung von innerem Rohr und äußerem Rohr mit dem Boden vermischt.

[0005] Aus der JP 08013471 A ist ein Verfahren zum Erzeugen eines säulenartigen Körpers bekannt. Das Werkzeug weist zwischen der Bohrkrone und den Schneiden Düsen auf, durch die während des Abteufens Wasser mit Hochdruck unter einem Winkel in den Boden eingepritzt wird.

[0006] Aus der DE 103 33 613 A1 ist ein Verfahren zur Bodenverbesserung eines Bodens bekannt, der eine tragfähige obere Bodenschicht und eine darunterliegende Weichschicht mit geringer Tragfähigkeit aufweist. In die Weichschicht werden vertikale Säulen unter Einmischen von Bindemittel hergestellt (Deep Soil Mixing). In der darüber liegenden tragfähigen Bodenschicht werden Stopfsäulen eingebracht.

[0007] Aus der JP 10212724 A ist ein Werkzeug mit einem Bohrgestänge und einem Gehäuse bekannt, die in den Boden eingedreht werden. Beim Ziehen des Bohrgestänges und des Gehäuses wird gleichzeitig ein Bindemittel mit Hochdruck von den Enden der Schneiden nach radial außen in den Boden eingespritzt. So entsteht eine vergrößerte gehärtete äußere Schicht. Das eingebrachte Bindemittel fließt teilweise in einen Kernbereich und bildet dort eine Kernschicht.

[0008] Aus der JP 59010610 A ist ein Werkzeug mit einem Bohrkopf mit Scheiden bekannt, an denen Düsen vorgesehen sind. Zusätzlich sind expandierbare Schneiden vorgesehen, die durch axiale Bewegung einer Hülse radial ein- bzw. ausfahrbar sind.

[0009] Aus der EP 1 045 073 A1 ist ein Bohrwerkzeug bekannt, an dessen unteren Schneiden nach axial unten gerichtete Düsen zum Einbringen von Fluid vorgesehen sind.

[0010] Aus der EP 0 436 954 B1 ist ein Bohrwerkzeug mit einer Doppelrohr-Schaftanordnung mit einem äußeren und einem inneren Rohrschaft bekannt, die getrennt voneinander drehbar sind. Der äußere Rohrschaft ist an seiner Außenfläche mit oberen Rühr- und Knetmitteln versehen, sowie mit nach radial außen gerichteten Flüssigkeitsauslässen. Der innere Rohrschaft ist mit einer Bohrspitze, mit unteren Rühr- und Knetmitteln sowie mit einem oder mehreren nach unten gerichteten Flüssigkeitsauslässen versehen.

[0011] Mit den bekannten Verfahren zur Tiefen Bodenstabilisierung ist die Bearbeitungstiefe begrenzt. Für größere Tiefen von mehr als 15 m bis 20 m sind sehr große Geräte erforderlich. Außerdem ist ein Durchmischen des Bodens bei Blocklagen oder Ton nicht möglich.

[0012] Zur Verfestigung des Untergrundes, beipielsweise bei Unterfangungen, oder zur Abdichtung, beispielsweise unter Staudämmen oder von Baugrubensohlen, kommt die Injektionstechnik zur Anwendung, die auch als Düsenstrahlverfahren bekannt ist. Hierfür werden von Bohrlöchern aus ein auf die Untergrundverhält-

nisse abgestimmtes Injektionsmittel unter hohen Drücken in den Untergrund eingepresst. Das sogenannte Hochdruckinjektionsverfahren, das auch unter Firmenbezeichnungen wie Soilcrete- oder Jet-Grouting-Verfahren bekannt ist, stellt eine Weiterentwicklung des Injektionsverfahrens dar. Hierfür wird ein Rohr unter Spülhilfe abgeteuft. Nach Erreichen der Endteufe wird durch am unteren Ende des Rohres befindliche seitliche Düsen Suspension mit hohen Drücken gepresst und das Rohr mit langsamer Rotation oder Schwenkbewegung gezogen. Dabei entsteht ein Körper, indem der Boden durch die Suspensionsstrahlen gelöst und vermischt ist.

[0013] Aus der DE 199 60 023 A1 ist ein solches Verfahren zur Bodenverbesserung durch Injektionen von Bindemittelsuspension nach einem Flächenraster bekannt.

[0014] Aus der DE 198 49 786 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Bodenkörpern im Baugrund bekannt, bei dem die Bodenerosionsarbeiten der Düsenschneidstrahlen in einem permanent erzeugten Luftkissen ausgeführt werden.

[0015] Der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von säulenartigen Elementen der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass es auch bei ungünstigen Böden bzw. in größeren Tiefen anwendbar ist. Die Aufgabe besteht weiter darin, eine entsprechende Vorrichtung vorzuschlagen, mit der sich säulenartige Elemente auch in großen Tiefen bzw. bei Blocklagen oder in Tonböden herstellen lassen.

[0016] Die Lösung besteht in einem Verfahren zur Herstellung von säulenförmigen Elementen im Boden mit den Verfahrensschritten:

> Abteufen eines Mischwerkzeugs unter Drehbewegung bis zu einer ersten Tiefe (T1), wobei der Boden in einem ersten Bodenbereich durchmischt wird; Abteufen eines Düsenstrahlwerkzeugs bis zu einer zweiten Tiefe (T2) unterhalb des durchmischten ersten Bodenbereichs; Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs von der zweiten Tiefe (T2) bis zur ersten Tiefe (T1) unter Dreh- oder Schwenkbewegung bei aktiviertem Düsenstrahl, wobei der Boden in einem zweiten Bodenbereich, der unterhalb des durchmischten ersten Bodenbereichs liegt, erodiert und eine Suspension in diesen zweiten Bodenbereich eingebracht wird, wobei das Düsenstrahlwerkzeug unabhängig von dem Mischwerkzeug axial bewegt wird; und Ziehen des Mischwerkzeugs und des Düsenstrahlwerkzeugs aus dem Boden.

[0017] Der Vorteil liegt darin, dass eine Behandlung von nicht mischbaren Böden, die von mischbaren Böden überlagert sind, ermöglicht wird. Mit dem Mischwerkzeug kann eine Tiefreichende Bodenstabilisierung (Deep Soil Mixing) in den flacher gelegenen Bodenschichten durchgeführt werden. In Bodenschichten, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Tiefe für eine Tiefreichende Bodenstabilisierung (Deep Soil Mixing) nicht geeignet sind, kann dann eine Behandlung mittels Düsenstrahltechnik zum Einsatz kommen. Mittels der Tiefreichenden Bodenstabilisierung wird somit in den flacheren Bodenbereichen ein erster säulenartiger Bodenverbesserungskörper erzeugt, unterhalb dem mittels des Düsenstahlwerkzeugs ein zweiter säulen-, halbsäulen- oder lamellenartiger Bodenverbesserungskörper erzeugt wird. Die Ausgestaltung des zweiten Bodenverbesserungskörpers kann dabei, je nach Bedarf, gestaltet werden. Zur Erzeugung einer Säule beziehungsweise eines Zylinders wird das Düsenstrahlwerkzeug fortlaufend um seine Drehachse gedreht. Entsprechend können halbsäulenartige Körper durch Hin- und Herschwenken des Düsenstrahlwerkzeugs um die Drehachse während des Abteufens beziehungsweise während des Ziehens erzeugt werden. Lamellen lassen sich durch partielles Einbringen von Suspension mittels des Düsenstrahlwerkzeugs in verschiedenen Tiefen herstellen. Der obere Körper ist auf dem unteren Körper abgestützt, welcher eingeleitete Kräfte nach unten auf eine tragende Bodenschicht weiterleitet. Beide Körper bilden zusammen ein Bodenelement zur Bodenstabilisierung. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass sich hiermit halbsäulen- oder säulenförmige Elemente oder Lamellen bis in große Tiefen von mehr als 15 m herstellen lassen.

[0018] Bei der Durchführung des Verfahrens werden das Mischwerkzeug und das Düsenstrahlwerkzeug bis zur ersten Tiefe T1 vorzugsweise gemeinsam abgeteuft. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Düsenstrahlwerkzeug mit seinem Gestänge in dem Gestänge für das Mischwerkzeug aufgenommen und geführt ist. Dabei tritt die Bohrkrone des Düsenstrahlwerkzeugs am unteren Ende aus dem Gestänge des Mischwerkzeugs hervor. Beim Abteufen drehen sich das Mischwerkzeug und das Düsenstrahlwerkzeug um ihre gemeinsame Achse, wobei die Drehgeschwindigkeiten vorzugsweise separat gesteuert werden und insbesondere unterschiedlich sein können.

[0019] Ist die für die Tiefreichende Bodenstabilisierung vorgesehene Tiefe T1 erreicht, wird das Abteufen des Mischwerkzeugs gestoppt. Das Düsenstrahlwerkzeug wird nun weiter in den Boden abgeteuft, und zwar bis zur vorgesehenen Endtiefe T2. Während des Abteufvorgangs des Düsenstrahlwerkzeugs ist insbesondere vorgesehen, dass das Mischwerkzeug weiter dreht. Dabei kann das Mischwerkzeug nach einer ersten Verfahrensführung auf der Stelle drehen, das heißt die axiale Position des Mischwerkzeugs bleibt unverändert. Nach einer zweiten Möglichkeit wird das Mischwerkzeug beim Abteufen des Düsenstrahlwerkzeugs wieder nach oben gezogen. Je nach Bodenbeschaffenheit ist es auch denkbar, dass das Mischwerkzeug mehrmals gezogen und wieder abgeteuft wird, womit eine besonders gute Durchmischung des anstehenden Bodens in den ersten Bodenbereich erreicht wird.

[0020] Nach Erreichen der Endtiefe T2 wird der Dü-

senstrahl des Düsenstrahlwerkzeugs aktiviert. Das Düsenstrahlwerkzeug wird unter Drehung bzw. unter Schwenkbewegung nach oben gezogen, wobei aus einer oder mehreren Düsen Wasser bzw. eine Suspension unter hohem Druck austritt und den anstehenden Boden erodiert; gleichzeitig mit dem Erodieren des Bodens wird Zementsuspension unter Druck zugeführt und durch die verfahrensbedingten Turbulenzen im unmittelbaren Produktionsbereich eingemischt. Es ist insbesondere vorgesehen, dass der Betriebsdruck des Düsenstrahlmediums bei über 200 bar liegt. Die Austrittsgeschwindigkeiten des Düsenstrahlmedium betragen vorzugsweise mehr als 100 m/s. Die Erosionsweite des Düsenstrahls im Baugrund reicht je nach Boden, Verfahrensart und verwendeter Flüssigkeit bis zu 2,5 m vom Bohrloch.

[0021] Die Flüssigkeit, welche zum Düsenstrahlen verwendet wird, ist vorzugsweise eine Suspension aus Wasser mit Bindemittel. Als Bindemittel kommen insbesondere Mörtel, Zement, Utrafeinzemente, Silikatgele oder auch Kunststofflösungen in Frage. Zur Erhöhung der Erosionsleistung und damit der Reichweite kann der Düsenstrahl über eine Ringdüse zusätzlich mit Druckluft ummantelt werden. Das Auflösen des Korngefüges mittels des hochenergiereichen Düsenstrahls beginnt an der tiefsten Stelle, das heißt in der zweiten Tiefe T2. Überschüssiges Wasser-Boden-Zementgemisch fließt vom düsengestrahlten zweiten Bodenbereich über den Bohrlochringraum durch den oberen ersten Bodenbereich zutage. Mit dem Aushärten des Bindemittels entsteht ein halbsäulen-, säulen- oder lamellenförmiger zweiter Bodenverbesserungskörper, welcher unterhalb des mittels Deep Soil Mixing behandelten ersten Bodenbereichs liegt und hier zur Baugrundverbesserung dient.

[0022] Während des Düsenstrahlvorgangs, das heißt beim Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs von der zweiten Tiefe T2 bis zur ersten Tiefe T1 bei aktiviertem Düsenstrahl, kann das Mischwerkzeug nach einer ersten Möglichkeit in der abgeteuften Tiefe verbleiben, wobei es insbesondere weiter auf der Stelle dreht. Nachdem das Düsenstrahlwerkzeug die erste Tiefe T1 wieder erreicht hat, werden das Mischwerkzeug und das Düsenwerkzeug dann gemeinsam nach oben gezogen. Dabei ist der Düsenstrahl des Düsenstrahlwerkzeugs jedoch deaktiviert oder bringt die Suspension nur bei einem reduzierten Druck aus. Nach einer zweiten Möglichkeit wird das Mischwerkzeug, während das Düsenstrahlwerkzeug von der Endtiefe T2 zur Zwischentiefe T1 gezogen wird, ebenfalls nach oben gezogen. Diese Verfahrensführung hat den Vorteil, dass beim Düsenstrahlvorgang nach oben rücklaufendes Material, im ersten Bodenbereich durchmischt wird.

[0023] Es ist nach bevorzugten Verfahrensführung vorgesehen, dass das Abteufen und/oder das Ziehen des Mischwerkzeugs unter Einbringen eines Bindemittels erfolgt, wobei mit dem Aushärten des Bindemittels ein säulenförmiger Bodenverbesserungskörper entsteht. Das mit dem Mischwerkzeug eingebrachte Bindemittel wird in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen beziehungsweise den Anforderungen an den herzustellenden säulenförmigen Bodenkörper entsprechend ausgewählt und kann im Nass- oder Trockenverfahren in den Boden eingebracht werden. Als Bindemittel kommen für die Tiefreichende Bodenstabilisierung dieselben im Zusammenhang mit dem Düsenstrahlen genannten Bindemittel in Frage, insbesondere Zement und/oder Kalk, daneben auch Asche, Gips oder Mischungen aus den genannten Produkten. Dabei kann das Bindemittel für die Tiefreichende Bodenstabilisierung der oberen ersten Bodenschicht grundsätzlich ein anderes Bindemittel sein, als das Bindemittel für das Düsenstrahlen in der darunterliegenden zweiten Bodenschicht. Aus verfahrensökonomischen Gründen ist jedoch die Verwendung desselben Bindemittels bzw. derselben Bindemittelsuspension bevorzugt. Eine besonders effiziente Verfahrensführung wird erreicht, wenn das Rücklaufmaterial der vom Düsenstrahlwerkzeug eingedüsten Suspension zumindest teilweise zum Einbringen in den ersten Bodenbereich verwendet wird.

[0024] Nach dem Einbringen des Bindemittels im Rahmen der Tiefreichenden Bodenstabilisierung beziehungsweise der beim Düsenstrahlen durch Rücklauf in die oberen ersten Bodenschichten eindringenden Suspension ist es günstig, wenn der obere erste Bodenbereich nach Beendigung des Düsenstrahlens des zweiten Bodenbereichs mittels des Mischwerkzeugs nochmals durchmischt wird. Auf diese Weise ergibt sich ein besonders homogenes Gefüge des säulenförmigen oberen Bodenverbesserungskörpers. Nach dem Aushärten des Bindemittels weist der Boden eine höhere Scherfestigkeit, eine geringere Durchlässigkeit und eine geringere Verformbarkeit bzw. höhere Steifigkeit als der unverbesserte Boden auf.

[0025] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der zwischen dem Düsenstrahlgestänge für das Düsenstrahlwerkzeug und dem Mischgestänge für das Mischwerkzeug gebildete Ringraum zumindest während des Düsenstrahlvorgangs mit einer Flüssigkeit durchspült. Mit diesem kontrollierten Spülvorgang wird verhindert, dass Suspension ungewünscht in den Ringraum zwischen den beiden Gestängen eindringt. Als Spülflüssigkeit wird vorzugsweise Wasser verwendet.

[0026] Das Verfahren endet mit dem Ziehen des Mischwerkzeugs und des Düsenstrahlwerkzeugs aus dem Boden beziehungsweise dem Baugrund. Dabei kann das Ziehen der beiden Werkzeuge, wie oben beschrieben, gemeinsam oder zeitlich versetzt erfolgen.

[0027] Die obengenannte Aufgabe wird weiter durch eine Vorrichtung zur Herstellung von Bodenelementen gelöst, umfassend ein Mischwerkzeug zum Durchmischen von Boden mit einem Bindemittel und ein Düsenstrahlwerkzeug zum Erodieren und Durchmischen von Boden mit einer Suspension, wobei das Mischwerkzeug und das Düsenstrahlwerkzeug koaxial zueinander angeordnet sind, und wobei das Mischwerkzeug und das Düsenstrahlwerkzeug unabhängig voneinenander axial bewegbar sind. Dabei versteht es sich, dass zusätzlich zu

der koaxialen Anordnung aus Mischwerkzeug und Düsenstrahlwerkzeug noch ein oder mehrere weitere Mischwerkzeuge vorgesehen sein können. Diese können beispielsweise seitlich benachbart zu dem mit Düsenstrahlwerkzeug integrierten Mischwerkzeug angeordnet sein.

[0028] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Mischwerkzeug und einem integrierten, unabhängig vom Mischwerkzeug verfahrbaren Düsenstrahlwerkzeug, ergeben sich die im Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen Verfahren obengenannten Vorteile, auf die insofern Bezug genommen wird. Im Ergebnis ermögicht die Vorrichtung in vorteilhafter Weise eine Bodenstabilisierung bis in große Tiefen beziehungsweise die Behandlung von nicht mischbaren Böden, die von mischbaren Böden überlagert sind. Es werden die Vorteile der Tiefreichenden Bodenstabilisierung (Deep Soil Mixing) für flachere Bodenschichten mit denen der Düsenstrahltechnik für tieferliegende Bodenschichten insofern kombiniert, als untereinander zwei Bodenverbesserungskörper erzeugt werden können, und zwar mit einer unteren Düsenstrahlkubatur und einer darüberliegenden Deep-Soil-Mixing-Kubatur. Dabei ergibt es sich in günstiger Weise insbesondere, dass die mittels Düsenstrahlwerkzeugen hergestellten unteren Bodenkörper eine größere Festigkeit aufweisen, als die mittels Tiefreichender Bodenverbesserung hergestellten oberen Bodenkörper.

[0029] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung sind das Düsenstrahlwerkzeug und das Mischwerkzeug unabhängig voneinander drehend antreibbar. Auf diese Weise kann das Durchmischen der oberen Bodenbereichs mittels des Mischwerkzeugs einerseits und das Aufschneiden des unteren Bodenbereichs mittels des Düsenstrahlwerkzeugs andererseits an die Bodenverhältnisse hinsichtlich der Drehgeschwindigkeit individuell angepasst werden. Dies gilt im übrigen auch für die axiale Verfahrbarkeit des Mischwerkzeugs einerseits und des Düsenstrahlwerkzeugs andererseits. Insgesamt haben die mit der Vorrichtung hergestellten Bodenelemente jeweils eine homogene und an die Erfordernisse angepasste Struktur.

[0030] In Konkretisierung ist vorgesehen, dass das Gestänge des Düsenstrahlwerkzeugs innerhalb des Gestänges des Mischwerkzeugs angeordnet ist. Vorzugsweise weist das Gestänge des Mischwerkzeugs zumindest ein Rohr oder Hohlkörper auf, in dem zumindest ein Teil des Düsenstrahlwerkzeugs bzw. des Düsenstrahlgestänges drehbar und axial verschiebbar geführt ist. Dabei ist der Innendurchmesser des Mischgestänges größer als der Außendurchmesser des Düsenstrahlgestänges, so dass letzteres in ersterem axial bewegbar ist.

[0031] Um zu verhindern, dass in den zwischen dem Düsenstrahlgestänge und dem Mischgestänge gebildeten Ringraum beim Düsenstrahlen Suspension eindringt, sind hier vorzugsweise Dichtmittel vorgesehen. Die Dichtmittel können eine oder mehrere Drehdichtungen aufweisen, welche in dem Ringraum zwischen einer Innenwand des Düsgestänges und einer Außenwand des Mischgestänges angeodnet sind. Dabei sind die Dichtungen vorzugsweise am unteren Ende des Mischgestänges vorgesehen. Mit Drehdichtung ist gemeint, dass die Dichtungen eine relative Drehbewegung des Düsenstrahlgestänges gegenüber dem Mischgestänge erlauben. Alternativ zur Verwendung einer Dichtung kann auch eine Spülvorrichtung vorgesehen sein, mit der ein kontrollierter Spülvorgang des Ringraums erfolgt. Auf diese Weise wird ebenso ein Eindringen von Suspension in den Ringraum verhindert.

[0032] Das Mischwerkzeug ist von einem Drehkopf um eine Drehachse drehend antreibbar. Das Düsenstrahlwerkzeug ist von einem zweiten Drehkopf drehend antreibbar. Vorzugsweise ist der Drehkopf des Mischwerkzeugs separat vom Drehkopf des Düsenstrahlwerkzeugs ansteuerbar und antreibbar. Auf diese Weise können Vorschub und Drehgeschwindigkeit der Werkzeuge nach Bedarf an die unterschiedlichen Bodenschichten bzw. Bohrtiefen angepasst werden.

[0033] Um den anstehenden Boden und dessen Struktur aufzulösen und den gelösten Boden mit dem einzubringenden Bindemittel möglichst homogen zu durchmischen, sind Bewegungeungen des Mischwerkzeugs erforderlich, die Scherverformungen im Boden erzeugen. Hierfür können vorzugsweise messerartige, insbesondere gegeneinander drehenden Paddel oder Flügel verwendet werden. Die Messer, Paddel oder Flügel sind dann je nach Boden mit Zähnen, Schneiden oder ähnlichem besetzt. Eine Anpassung an die jweiligen Baugrundverhältnisse ist erforderlich. Es können Einfach-, Doppel-, Dreifach- oder Vierfachpaddel verwendet werden. Die Zugabe des Bindemittels kann beim Einfahren, beim Ausfahren oder beim Ein- und Ausfahren des Mischwerkzeugs erfolgen.

[0034] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungsfiguren erläutert. Hierin zeigt:

Figur 1 ein Bohrgerät in Arbeitsstellung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung von Bodenelementen zur Baugrundverbesserung in einer ersten Ausführungsform mit einem Mischwerkzeug und einem Düsenstrahlwerkzeug in Frontalansicht;

Figur 2 einen unteren Abschnitt der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 als Detail im Längsschnitt;

Figur 3 einen oberen Abschnitt der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 mit den Drehköpfen für das Mischwerkzeug und das Düsenstrahlwerkzeug als Detail im Längsschnitt;

Figur 4 ein Bohrgerät in Arbeitsstellung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Herstellung von Bodenelementen zur Baugrundver-

besserung in einer zweiten Ausführungsform mit mehreren Mischwerkzeugen und einem Düsenstrahlwerkzeug in Frontalansicht;

Figur 5 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung von Bodenelementen zur Baugrundverbesserung, das mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 4 durchgeführt wird, schematisch im Längsschnitt durch die Bohrung

a) vor dem Abteufen der Vorrichtung;
b) nach dem Abteufen der Vorrichtung bis zu einer Tiefe T1;
c) nach dem Abteufen des Düsenstrahlwerkzeugs bis zu einer zweiten Tiefe T2;
d) während des Ziehens des Düsenstrahlwerkzeugs bei aktiviertem Düsenstrahl und unter gleichzeitigen Ausbringen einer Suspension;
e) nach dem Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs und des Mischwerkzeugs; und

Figur 6 die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß den Figuren 4 bzw. 5 während der Durchführung des Düsenstrahlverfahrens, kurz vor der Fertigstellung des Düsenstrahlkörpers als Detail.

[0035] Die Figuren 1 bis 3, welche im folgenden gemeinsam beschrieben werden, zeigen ein Bohrgerät 2 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 in einer ersten Ausführungsform. Das Bohrgerät 2 steht auf einer Bodenoberfläche 3 und ist dem Betrachter zugewandt. An dem Bohrgerät 2 ist ein Mäklermast 4 befestigt, welcher vertikal verfahrbare Tragvorrichtungen 5 zum Tragen eines Bohrgestänges 6, 7 aufweist. Das Bohrgestänge umfasst ein Mischgestänge 6 für ein Mischwerkzeug 8 sowie ein Düsenstrahlgestänge 7 für ein Düsenstrahlwerkzeug 9. Das Mischwerkzeug 8 ist am unteren Ende der Mischgestänges 6 angeordnet und weist hier nicht näher beschriebene Mischpaddel 17, 18 und Bohrwendeln auf. Das Düsenstrahlwerkzeug 9 umfasst ein oder mehrere Austrittsdüsen 10, 10' über die Wasser beziehungsweise eine Suspension durch das Düsenstrahlgestänge 7 ausgebracht werden kann, sowie eine Bohrkrone 12. Das Mischgestänge 6 ist durch einen Durchsteckdrehkopf 23 geführt, mittels dem das Mischgestänge 6 um eine Drehachse A drehend antreibbar ist. Das Mischwerkzeug 8 und das Düsenstrahlwerkzeug 9 sind Teile der erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 zur Herstellung von Bodenelementen zur Baugrundverbesserung im Boden.

[0036] Das Düsenstrahlgestänge 7 ist über entsprechende Halterungen bzw. Schlitten mit dem Mäkler 4 verbunden und gegenüber diesem verfahrbar. Am oberen Ende des Düsenstrahlgestänges sind ein Drehantrieb 14 und ein Spülkopf 22 vorgesehen, welche sich beide vertikal am Mäkler 4 verfahren lassen. Der Drehantrieb 14 dient zum drehbaren, respektive schwenkbaren Antreiben des Düsenstrahlgestänges 7, wobei vorgesehen ist, dass das Düsenstrahlgestänge 7 unabhängig von dem Mischgestänge 6 angetrieben werden kann. Der Spülkopf 22, der auch als Swivel bezeichnet wird, dient zum Anschließen von Leitungen zum Einleiten von Suspension, Wasser beziehungsweise Luft, wobei die Leitungen nicht dargestellt sind. Der Drehkopf 23 zum Antreiben des Mischgestänges 6 ist ebenfalls über eine entsprechende Halterung mit dem Mäkler 4 verbunden und kann gegenüber diesem vertikal verschoben werden. Zum Abteufen eines Bohrlochs in einen Baugrund werden der Drehkopf 23 mit dem Mischgestänge 6 beziehungsweise der Drehkopf 14 mit dem Düsenstrahlgestänge 7 abgesenkt. Dabei kann der Drehkopf 23 mit Mischgestänge 6 einerseits und der Drehantrieb 14 mit dem Düsenstrahlgestänge 7 andererseits unabhängig voneinander vertikal verfahren werden, worauf weiter unten noch näher einzugehen sein wird.

[0037] In Figur 2, die das untere Ende der erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 zeigt, sind weitere Details erkennbar. Das Düsenstrahlgestänge 7 ist innerhalb des Mischgestänges 6 angeordnet, und zwar in koaxialer Ausrichtung zur Drehachse A. Am unteren Ende des zwischen dem Mischgestänge 6 und dem Düsenstrahlgestänge 7 gebildeten Ringraums 15 sind Dichtmittel 16 vorgesehen, die verhindern, dass Suspension oder ein Boden-Zement-Gemisch in diesem Ringraum 15 eindringt. Die Dichtmittel 16 umfassen vorliegend drei übereinander angeordnete Drehdichtungen, welche ein relatives Drehen des Düsenstrahlgestänges 7 gegenüber dem Mischgestänge 6 ermöglichen. Es können jedoch auch andere geeignete Dichtmittel vorgesehen werden. Vom Mischwerkzeug 8 sind ferner mehrere Mischpaddel 17, 18 erkennbar, mittels denen der anstehende Boden beim Abteufen durchmischt wird. Die Mischpaddel 17, 18 weisen mehrere Düsen 19, 20 auf, über die Bindemittel bzw. eine Suspension in das Erdreich eingebracht werden kann.

[0038] Es ist ferner das Düsenstrahlwerkzeug 9 erkennbar, dass mehrere Austrittsdüsen 10, 10' über den Umfang verteilt aufweist. Am Ende des Düsenstrahlwerkzeugs 9 befindet sich die Bohrkrone 12.

[0039] In Figur 3 sind weitere Einzelheiten des Bohrgeräts gezeigt. Es sind schematisch der Spülkopf 22 gezeigt, der an das Düsenstrahlgestänge 7 angeschlossen ist. Beim Düsenstrahlen werden Betriebsdrücke für das Düsenstrahlmedium von über 200 bar, insbesondere von etwa 400 bar erzeugt. Unterhalb des Spülkopfes 22 ist der Drehkopf 14 zum Antreiben des Düsenstrahlgestänges 7 erkennbar. Unterhalb des Drehkopfs 14 für das Düsenstrahlgestänge 7 befindet sich der Drehkopf 23 zum Antreiben des Mischgestänges 6. Der Drehkopf 23 ist als Durchsteckdrehantrieb gestaltet, das heißt das Mischgestänge 6 ist durch den Drehantrieb 23 hindurchgeführt. Es ist weiter erkennbar, dass zwischen dem oberen Abschnitt des Mischgestänges 6 und dem hierin ge-

führten Düsenstrahlgestänge 7 Dichtungsmittel 24, 25 angeordnet sind, welche verhindern, dass Schmutz in den Ringraum 15 eindringt.

[0040] Figur 4 zeigt ein Bohrgerät 2 mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 in einer zweiten Ausführungsform. Das Bohrgerät entspricht hinsichtlich seines Aufbaus und seiner Funktionsweise weitestgehend den in Figur 1 gezeigten Bohrgerät. Insofern wird hinsichtlich der Gemeinsamkeiten auf die obige Beschreibung Bezug genommen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass neben der erfindungsgemäßen Vorrichtung 11 mit einem Mischwerkzeug 8 und einem Düsenstrahlwerkzeug 9 zwei weitere Mischwerkzeuge 8' und 8" vorgesehen sind. Es sind also insgesamt 3 Mischwerkzeuge 8, 8', 8", mit entsprechenden Mischgestängen 6, 6', 6" und Drehantrieben 23, 23', 23" vorgesehen. Von diesen bildet das mittlere Mischwerkzeug 8 zusammen mit dem darin koaxial geführten Düsenstrahlwerkzeug 9 die erfindungsgemäße Vorrichtung 11. Die drei Mischwerkzeuge 8, 8', 8" werden über die jeweiligen Bohrgestänge 6, 6', 6" und die zugehörigen Drehantriebe 23, 23', 23" gemeinsam abgesenkt, um das Bohrloch abzuteufen. Dabei wird das Düsenstrahlgestänge 7 gemeinsam mit dem Mischgestänge 6 abgeteuft. Der Vorteil des vorliegenden Bohrgeräts 2 mit drei Mischwerkzeugen 8, 8', 8" besteht darin, dass ein vergleichsweise größeres Bohrloch für die Bodenstabilisierung abgeteuft werden kann, um einen Bodenkörper 29 mit gleicher Breite wie die des Bodenkörpers 30 herzustellen.

[0041] Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Zeichnungsfiguren 5a bis 5e erläutert. Figur 5a zeigt das Bohrgerät 2 gemäß Figur 4 beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren in der Ausgangsstellung. Es ist erkennbar, dass die unter der Geländeroberkante 3 liegenden Bodenschichten 26, 27, 28 eine unterschiedliche Beschaffenheit aufweisen. Beispielhaft ist die Beschaffenheit vorliegend so, dass die oberste Bodenschicht 26 unter Zugabe von Bindemittel, beispielsweise Zement oder Betonit, mittels mechanischem Durchmischen zu einem Bodenkörper verarbeitet werden kann. Darunter liegt eine zweite Bodenschicht 27, die mit dem Mischverfahren (Deep Soil Mixing) nicht mehr verarbeitet werden kann. Die unterste Bodenschicht 28 stellt einen tragfähigen oder wasserundurchlässigen Boden dar, der als Unterkante für das zu erstellende Bodenelement dienen soll.

[0042] Figur 5b zeigt das Verfahren nach dem Durchführen des ersten Arbeitsschrittes, nämlich nach dem Herstellen des ersten Bodenkörpers 29. Dieser erste Verfahrensschritt wird dadurch bewerkstelligt, dass die drei nebeneinander befindlichen Mischwerkzeuge 8, 8', 8" unter Drehbewegung um ihre jeweilige Achse A, A', A" abgeteuft werden. Mit Hilfe der sich drehenden Mischpaddel 17, 17', 17"; 18, 18', 18" wird die oberste Bodenschicht 26 unter Zugabe eines Bindemittels, insbesondere eines Zements oder einer Bindemittelsuspension durchmischt. Hierdurch entsteht der erste säulenartige Bodenkörper 29. Das in dem mittleren Mischgestänge 6 befindliche Düsenstrahlgestänge 7 ist während des Abteufens der Mischwerkzeuge 8, 8', 8" nicht aktiviert, wird aber gemeinsam mit dem mittleren Mischgestänge 8 abgeteuft. Ist die für die Tiefreichende Bodenstabilisierung (Deep Soil Mixing) vorgesehene Tiefe T1 erreicht, wird das Abteufen der Mischwerkzeuge 8, 8', 8" gestoppt. Diese Position ist in Figur 5b gezeigt.

[0043] Im folgenden nächsten Arbeitsschritt wird nun das Düsenstrahlwerkzeug 9 weiter in den Boden, durch die zweite Bodenschicht 27 abgeteuft, und zwar bis zur vorgesehenen Endtiefe T2, die vorliegend durch die Grenze der aneinander liegenden Schichten 27, 28 definiert ist. In Figur 5c ist der Zustand nach diesem zweiten Arbeitsschritt gezeigt. Das Düsenstrahlgestänge 7 ist aus dem mittleren Mischgestänge 6 heraus nach unten bis in die unterste Bodenschicht 28 hinein abgeteuft worden. Dies geschieht durch den eigens für das Düsenstrahlwerkzeug 9 beziehungsweise das Düsenstrahlgestänge 7 vorgesehenen Drehkopf 14. Dabei wird das Düsenstrahlgestänge 7 mittels des Drehkopfes 14 separat, das heißt unabhängig vom Antrieb der Mischwerkzeuge 8, 8', 8" angetrieben. Währens des Abteufvorgangs des Düsenstrahlwerkzeugs 9 drehen die Mischwerkzeuge 8, 8', 8" vorzugsweise auf der Stelle, das heißt ihre vertikale Position bleibt unverändert. Alternativ hierzu ist es ebenso denkbar, dass die Mischwerkzeuge 8, 8', 8" während des Abteufens des Düsenstrahlwerkzeuges 9 unter Drehbewegung wieder nach oben gezogen werden.

[0044] Hiermit würde sich eine verbesserte Durchmischung des oberen säulenartigen Bodenkörpers 29 ergeben.

[0045] Nachdem das Düsenstrahlwerkzeug 9 die gewünschte Endtiefe T2 erreicht hat und die Bohrung 21 bis zur untersten Bodenschicht 28 abgeteuft worden ist, wird mittels des Düsenstrahlwerkzeugs 9 ein zweiter Bodenkörper 30 hergestellt. Dieser dritte Verfahrensschritt ist in Figur 5d gezeigt. Das Herstellen des zweiten Bodenkörpers 30, der auch als Düsenstrahlkörper bezeichnet werden kann, wird dadurch bewerkstelligt, dass das Düsenstrahlwerkzeug 9 unter Drehung, beziehungsweise unter Durchführung von Schwenkbewegungen, nach oben gezogen wird, wobei aus ein oder mehreren Düsen 10, 10' Wasser beziehungsweise eine Suspension unter hohem Druck austritt und den anstehenden Boden erodiert. Gleichzeitig mit dem Erodieren beziehungsweise Aufschneiden des Bodens wird Zementsuspension unter Druck zugeführt und durch die verfahrensbedingten Turbulenzen eingemischt. In Figur 5d ist schematisch der Düsenstrahl 31 sowie der bereits hergestellte Düsenstrahlkörper 30 erkennbar. Die Verfahrensführung erfolgt von unten nach oben durch die zweite Bodenschicht 27, und zwar von einer etwas unterhalb der Tiefe T2 liegenden Tiefe bis hin zur Tiefe T1.

[0046] Während des Düsenstrahlvorgangs können die Mischwerkzeuge 8, 8', 8" nach einer ersten Möglichkeit in der abgeteuften Tiefe T1 verbleiben und dort weiter auf der Stelle drehen. Nach einer alternativen Verfahrensführung können die Mischwerkzeuge 8, 8', 8", wäh-

rend des Düsenstrahlvorgangs ebenfalls nach oben gezogen werden. Nachdem der dritte Verfahrensschritt zur Herstellung de Düsenstrahlkörpers beendet ist, das heißt nachdem das Düsenstrahlwerkzeug 9 wieder bis zur Tiefe T1 gezogen worden ist, wird das Düsenstrahlwerkzeug 9 deaktiviert.

[0047] Im anschließenden vierten Arbeitsschritt, das heißt nach der Herstellung des Düsenstrahlkörpers 30, werden im nächsten Arbeitsschritt die Mischgestänge 6, 6', 6" und die im mittleren Mischgestänge 6 geführten Düsenstrahlgestänge 7 nach oben gezogen. Figur 5e zeigt den Zustand nach dem vollständigen Ziehen der Mischgestänge 6 und der Düsenstrahlgestänge 7. Unter Umständen kann beim Ziehen der Mischgestänge 6, 6', 6" beziehungsweise der Düsenstrahlgestänge 7 in der oberen Bodenschicht 26 noch ein vertikaler Mischvorgang mittels der Mischwerkzeuge 8, 8', 8" erfolgen. Hiermit lässt sich in vorteilhafter Weise das durch das Düsenstrahlverfahren verfahrensbedingt in diese obere Bodenschicht 26 eingebrachte Rückflussmaterial aus Suspension, das aus der unteren Kubatur in die obere geflossen ist, mit der oberen Kubatur vermischen. Auf diese Weise wird ein homogener Bodenkörper hergestellt.

[0048] In Figur 6 sind im Detail die Werkzeuge 7, 9 während des dritten Verfahrensschritts schematisch gezeigt, und zwar kurz vor der Fertigstellung des Düsenstrahlkörpers 30. Es sind die Mischgestänge 8, 8', 8" mit den daran befestigten Mischpaddeln 17, 17', 17", 18, 18', 18" zu sehen. Ferner ist das im mittleren Mischgestänge 8 koaxial geführte Düsenstrahlgestänge 7 erkennbar. Der schematisch dargestellte Düsenstrahl 31, 31' tritt ein- oder zweiseitig aus dem Düsenstrahlwerkzeug 9 aus. Es sind ferner der mit dem Düsenstrahlverfahren hergestellte untere Bodenkörper 30 und der darüberliegende mittels des Mischverfahrens (Deep Soil Mixing) hergestellte obere Bodenkörper 29 erkennbar.

[0049] Insgesamt bietet die erfindungsgemäße Vorrichtung beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, dass eine Behandlung von nicht mischbaren Böden, die von mischbaren Böden überlagert sind, ermöglicht wird. Dabei wird in den flacheren Bodenschichten ein erster Bodenkörper 29 mittels tiefreichender Bodenstabilisierung (Deep Soil Mixing) hergestellt. Unterhalb diesem kann mittels des Düsenstrahlverfahrens ein zweiter Bodenverbesserungskörper 30 hergestellt werden, der in Form einer Halbsäule, Säule oder mit ein oder mehreren Lamellen gestaltet sein kann. Der obere Körper 29 ist auf dem unteren Körper 30 abgestützt, welcher auf einer tragfähigen Bodenschicht 28 abgestützt ist. beide Körper 29, 30 bilden gemeinsam ein Bodenelement 32 zur Bodenstabilisierung. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung beziehungsweise dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich in vorteilhafter Weise kleinere Geräte zur Erreichung größerer Tiefen verwenden. Insgesamt ergibt sich dadurch, dass die tiefreichende Bodenverbesserung (Deep Soil Mixing) und das Düsenstrahlverfahren integriert sind, eine Zeit und Kostenersparnis.

Bezugszeichenliste

[0050]

2	Bohrgerät
3	Baugrund
4	Mäkler
5	Träger, Stabilisierungjoch
6	Mischgestänge
7	Düsenstrahlgestänge
8	Mischwerkzeug
9	Düsenstrahlwerkzeug
10	Austrittsdüse
11	Vorrichtung
12	Bohrkrone
14	Drehkopf (Düsenstrahlgestänge)
15	Ringraum
16	Dichtung
17	Mischpaddel
18	Mischpaddel
19	Düse
20	Düse
21	Bohrung
22	Spülkopf, Swivel
23	Drehkopf (Mischgestänge)
24	Dichtmittel
25	Dichtmittel
26	erste Bodenschicht
27	zweite Bodenschicht
28	dritte Bodenschicht
29	erster Bodenkörper
30	zweiter Bodenkörper
31	Strahl
32	Element
A	Drehachse

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bodenelementen mit den Verfahrensschritten:

Abteufen eines Mischwerkzeugs (8) unter Drehbewegung bis zu einer ersten Tiefe (T1), wobei der Boden in einem ersten Bodenbereich (26) durchmischt wird;
Abteufen eines Düsenstrahlwerkzeugs (9) bis zu einer zweiten Tiefe (T2) unterhalb des durchmischten ersten Bodenbereichs (26);
Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs (9) von der zweiten Tiefe (T2) bis zur ersten Tiefe (T1) unter Dreh- oder Schwenkbewegung bei aktiviertem Düsenstrahl, wobei der Boden in einem zweiten Bodenbereich (27), der unterhalb des durchmischten ersten Bodenbereichs (26) liegt, erodiert und eine Suspension in diesen zweiten Bodenbereich (27) eingebracht wird, wobei das

Düsenstrahlwerkzeug (9) unabhängig von dem Mischwerkzeug (8) axial bewegt wird; und
Ziehen des Mischwerkzeugs (8) und des Düsenstrahlwerkzeugs (9) aus dem Boden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Mischwerkzeug (8) und das Düsenstrahlwerkzeug (9) bis zur ersten Tiefe (T1) gemeinsam abgeteuft werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Mischwerkzeug (8) beim Abteufen des Düsenstrahlwerkzeugs (9) weiter dreht, insbesondere auf der Stelle dreht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs (9) von der zweiten Tiefe (T2) bis zur ersten Tiefe (T1) das Mischwerkzeug (8) ebenfalls nach oben gezogen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Mischwerkzeug (8) beim Ziehen des Düsenstrahlwerkzeugs (9) von der zweiten Tiefe (T2) bis zur ersten Tiefe (T1) in der abgeteuften Stellung verbleibt und, nachdem das Düsenstrahlwerkzeug (9) die erste Tiefe (T1) erreicht hat, zusammen mit diesem nach oben gezogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Abteufen und/oder das Ziehen des Mischwerkzeugs (8) unter Einbringen eines Bindemittels erfolgt, wobei mit dem Aushärten des Bindemittels ein säulenförmiger Bodenverbesserungskörper (29) entsteht.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension für den Düsenstrahl Wasser und ein hydraulisches Bindemittel beinhaltet, wobei mit dem Aushärten des Bindemittels ein zweiter Bodenverbesserungskörper (30) entsteht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rücklaufmaterial der vom Düsenstrahlwerkzeug (9) eingedüsten Suspension zumindest teilweise zum Einbringen in den ersten Bodenbereich (26) verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Bodenbereich (26) nach Beendigung des Düsenstrahlens des zweiten Bodenbereichs (27) mittels des Mischwerkzeugs (8) nochmals durchmischt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zwischen dem Gestänge (7) des Düsenstrahlwerkzeugs (9) und dem Gestänge (6) des Mischwerkzeugs (8) gebildeter Ringraum (15) zumindest während des Düsenstahlvorgangs mit einer Flüssigkeit durchspült wird.

11. Vorrichtung zur Herstellung von Bodenelementen, umfassend
ein Mischwerkzeug (8) zum Durchmischen von Boden mit einem Bindemittel und ein Düsenstrahlwerkzeug (9) zum Erodieren und Durchmischen von Boden mit einer Suspension,
wobei das Mischwerkzeug (8) und das Düsenstrahlwerkzeug (9) koaxial zueinander angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Mischwerkzeug (8) und das Düsenstrahlwerkzeug (9) unabhängig voneinander axial bewegbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Antreiben des Mischwerkzeugs (8) ein erster Drehkopf (13) und zum Antreiben des Düsenstrahlwerkzeugs (9) ein zweiter Drehkopf (14) vorgesehen sind, wobei der erste Drehkopf (13) und der zweite Drehkopf (14) unabhängig voneinander drehend antreibbar sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Düsenstrahlgestänge (7) für das Düsenstrahlwerkzeug (9) innerhalb des Mischgestänges (6) des Mischwerkzeugs (8) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Mischgestänge (6) zumindest ein Rohr umfasst, in dem zumindest ein Teil des Düsenstrahlgestänges (7) drehbar und axial verschiebbar geführt ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zwischen dem Mischgestänge (8) und dem Düsenstrahlwerkzeug (9) beziehungsweise dem Düsenstrahlgestänge (7) gebildeter Ringraum (15) mit Dichtmitteln (16) abgedichtet ist.

Claims

1. A process of producing ground elements comprising

the following process steps:

Sinking a mixing tool (8) under a rotational movement down to a first depth (T1), wherein the ground in a first ground region (26) is mixed; sinking a jet grouting tool (9) down to a second depth (T2) below the mixed first ground region (26);
lifting the jet grouting tool (9) from the second depth (T2) to the first depth (T1) under rotational and pivoting movement with the grouting jet being activated, wherein the ground in a second ground region (27) which is positioned underneath the mixed first ground region (26) is eroded and with a suspension being introduced into said second ground region (27), wherein the jet grouting tool is axially moved independently of the mixing tool (8);
and lifting the mixing tool (8) and the jet grouting tool (9) out of the ground.

2. A process according to claim 1,
characterised in
that the mixing tool (8) and the jet grouting tool (9) are lowered jointly as far as the first depth (T1).

3. A process according to claim 1 or 2,
characterised in
that while the jet grouting tool (9) is being lowered, the mixing tool (8) continues to rotate, more particularly rotating stationary.

4. A process according to any one of claims 1 to 3,
characterised in
that while the jet grouting tool (9) is being lifted from the second depth (T2) to the first depth (T1), the mixing tool (8) is also being pulled upwards.

5. A process according to any one of claims 1 to 3,
characterised in
that while the jet grouting tool (9) is being lifted from the second depth (T2) to the first depth (T1), the mixing tool (8) remains in the lowered position, and after the jet grouting tool (9) has reached the first depth (T1), the mixing tool (8) is lifted upwards together with same.

6. A process according to claim 1 and 5,
characterised in
that the operations of lowering and/or lifting the mixing tool (8) take place while introducing a bonding agent, wherein, as the bonding agent hardens, a column-like ground improving element (29) is produced.

7. A process according to any one of claims 1 to 6,
characterised in
that the suspension for the jet contains water and a hydraulic bonding agent, wherein as the bonding agent hardens, a second ground improving element (30) is produced.

8. A process according to any one of claim 1 to 7,
characterised in
that the returning material of the suspension jetted in by the jet grouting tool (9) is used at least partially for being introduced into the first ground region (26).

9. A process according to any one of claims 1 to 8,
characterised in
that after jet grouting of the second ground region (27), the first ground region (26) is again mixed through by the mixing tool (8).

10. A process according to any one of claims 1 to 9,
characterised in
that an annular space (15) is formed between the rod (7) of the jet grouting tool (9) and the rod (6) of the mixing tool (8) is flushed through with a liquid at least during the jet grouting process.

11. A device for producing ground elements, comprising a mixing tool (8) for mixing the ground with a bonding agent and a jet grouting tool (9) for eroding and mixing the ground with a suspension,
wherein the mixing tool (8) and the jet grouting tool (9) are arranged coaxially relative to one another,
characterised in
that the mixing tool (8) and the jet grouting tool (9) are axially movable independently of one another.

12. A device according to claim 11,
characterised in
that for driving the mixing tool (8) there is provided a first rotary head (13) and for driving the jet grouting tool (9) there is provided a second rotary head (14), wherein the first rotary head (13) and the second rotary head (14) are rotatingly drivable independently of one another.

13. A device according to claim 11 or 12,
characterised in
that the jet grouting rod (7) for the jet grouting tool (9) is arranged inside the mixing rod (6) for the mixing tool (8).

14. A device according to claim 13,
characterised in
that the mixing rod (6) comprises at least one tube in which at least part of the jet grouting tool (7) is guided so as to be rotatable and axially displaceable.

15. A device according to any one of claims 11 to 14,
characterised in
that an annular space (15) formed between the mixing rod (8) and the jet grouting tool (9) and jet grouting

rod respectively is sealed by seating means (16).

Revendications

1. Procédé de fabrication d'éléments de sol, comportant les étapes opératoires suivantes :

   enfoncement d'un outil de mélange (8) sous mouvement rotatif jusqu'à une première profondeur (T1), le sol étant mélangé dans une première zone de sol (26) ;
   enfoncement d'un outil de projection à buse (9) jusqu'à une seconde profondeur (T2) en-dessous de la première zone de sol mélangée (26) ;
   traction de l'outil de projection à buse (9) de la seconde profondeur (T2) jusqu'à la première profondeur (T1) sous mouvement de rotation et de pivotement, le jet de buse étant activé, le sol étant érodé dans une seconde zone de sol (27) qui se situe en-dessous de la première zone de sol mélangée (26) et une suspension étend incorporée dans cette seconde zone de sol (27), l'outil de projection à buse (9) étant déplacé axialement indépendamment de l'outil de mélange (8) ; et
   traction de l'outil de mélange (8) et de l'outil de projection à buse (9) hors du sol.

2. Procédé selon la revendication 1,
   caractérisé en ce que
   l'outil de mélange (8) et l'outil de projection à buse (9) sont enfoncés ensemble (T1) jusqu'à la première profondeur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
   caractérisé en ce que
   l'outil de mélange (8) continue à tourner lors de l'enfoncement de l'outil de projection à buse (9), en particulier sur place.

4. Procédé selon une des revendications 1 à 3,
   caractérisé en ce que,
   lors de la traction de l'outil de projection à buse (9) depuis la seconde profondeur (T2) jusqu'à la première profondeur (T1), l'outil de mélange (8) est également tiré vers le haut.

5. Procédé selon une des revendications 1 à 3,
   caractérisé en ce que
   l'outil de mélange (8), lors de la traction de l'outil de projection à buse (9) depuis la seconde profondeur (T2) jusqu'à la première profondeur (T1), reste dans sa position enfoncée et, une fois que l'outil de projection à buse (9) a atteint la première profondeur (T1), est tiré avec celui-ci vers le haut.

6. Procédé selon une des revendications 1 à 5,
   caractérisé en ce que
   l'enfoncement et/ou la traction de l'outil de mélange (8) a lieu en l'incorporant un liant, un corps d'amélioration de sol (29) en forme de colonne se formant lors du durcissement du liant.

7. Procédé selon une des revendications 1 à 6,
   caractérisé en ce que
   la suspension utilisée pour le jet de buse contient de l'eau et un liant hydraulique, un second corps d'amélioration de sol (30) se formant lors du durcissement du liant.

8. Procédé selon une des revendications 1 à 7,
   caractérisé en ce que
   le matériau recyclé de la suspension injecté par l'outil de projection à buse (9) est utilisé au moins partiellement pour être incorporé dans la première zone de sol (26).

9. Procédé selon une des revendications 1 à 8,
   caractérisé en ce que
   la première zone de sol (26), après la fin de la pulvérisation par buse de la seconde zone de sol (27), est à nouveau mélangée au moyen de l'outil de mélange (8).

10. Procédé selon une des revendications 1 à 9,
    caractérisé en ce
    qu'un espace annulaire (15) formé entre la tige (7) de l'outil de projection à buse (9) et la tige (6) de l'outil de mélange (8) est rincé avec un liquide du moins pendant l'opération de pulvérisation par buse.

11. Dispositif de fabrication d'éléments de sol, comprenant
    un outil de mélange (8) pour le mélange de sol avec un liant et un outil de projection à buse (9) pour l'érosion et le mélange de sol avec une suspension,
    dans lequel l'outil de mélange (8) et l'outil de projection à buse (9) sont disposés coaxialement l'un par rapport à l'autre,
    caractérisé en ce que
    l'outil de mélange (8) et l'outil de projection à buse (9) sont mobiles axialement indépendamment l'un de l'autre.

12. Dispositif selon la revendication 11,
    caractérisé en ce que,
    pour entraîner l'outil de mélange (8), il est prévu un premier bouton rotatif (13) et, pour entraîner l'outil de projection à buse (9), un second bouton rotatif (14), le premier bouton rotatif (13) et le second bouton rotatif (14) pouvant être entraînés en rotation indépendamment l'un de l'autre.

13. Dispositif selon la revendication 11 ou 12,
    caractérisé en ce que

la tige de projection par buse (7) pour l'outil de projection à buse (9) est disposée dans la tige de mélange (6) de l'outil de mélange (8).

14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la tige de mélange (6) comprend au moins un tuyau dans lequel au moins une partie de la tige de projection par buse (7) est guidée avec possibilité de rotation et de décalage axial.

15. Dispositif selon une des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce qu'**un espace annulaire (15) formé entre la tige de mélange (8) et l'outil de projection à buse (9) ou la tige de projection par buse (7) est isolé grâces à des moyens d'étanchéité (16).

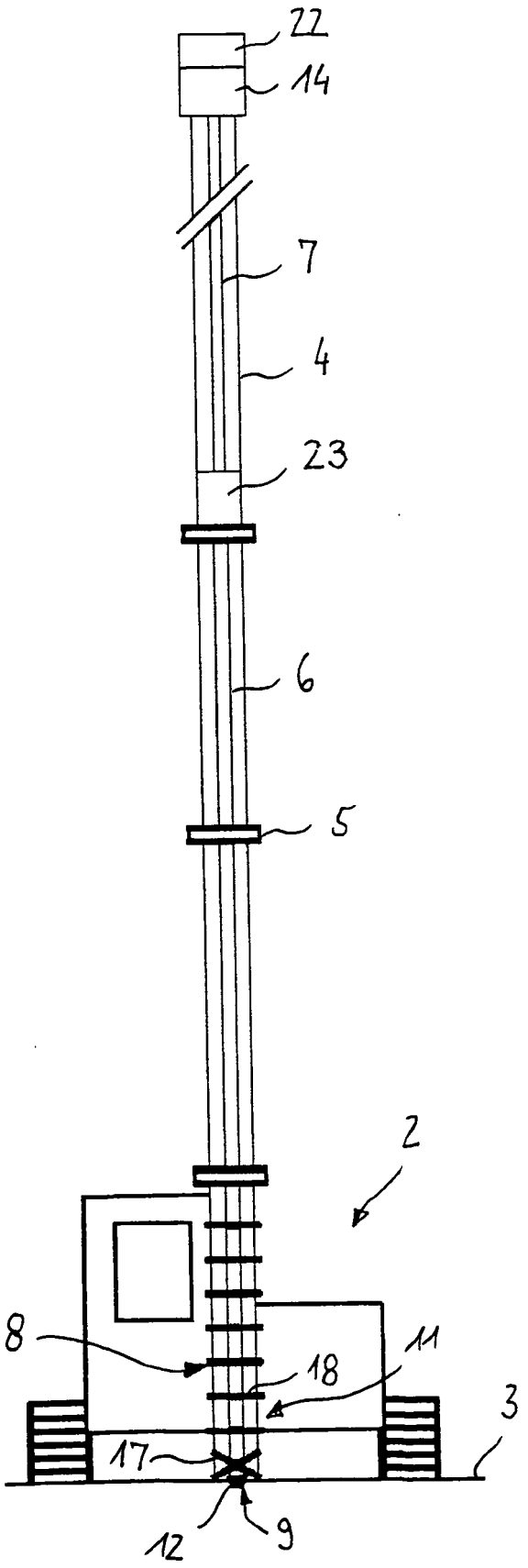


Fig. 1

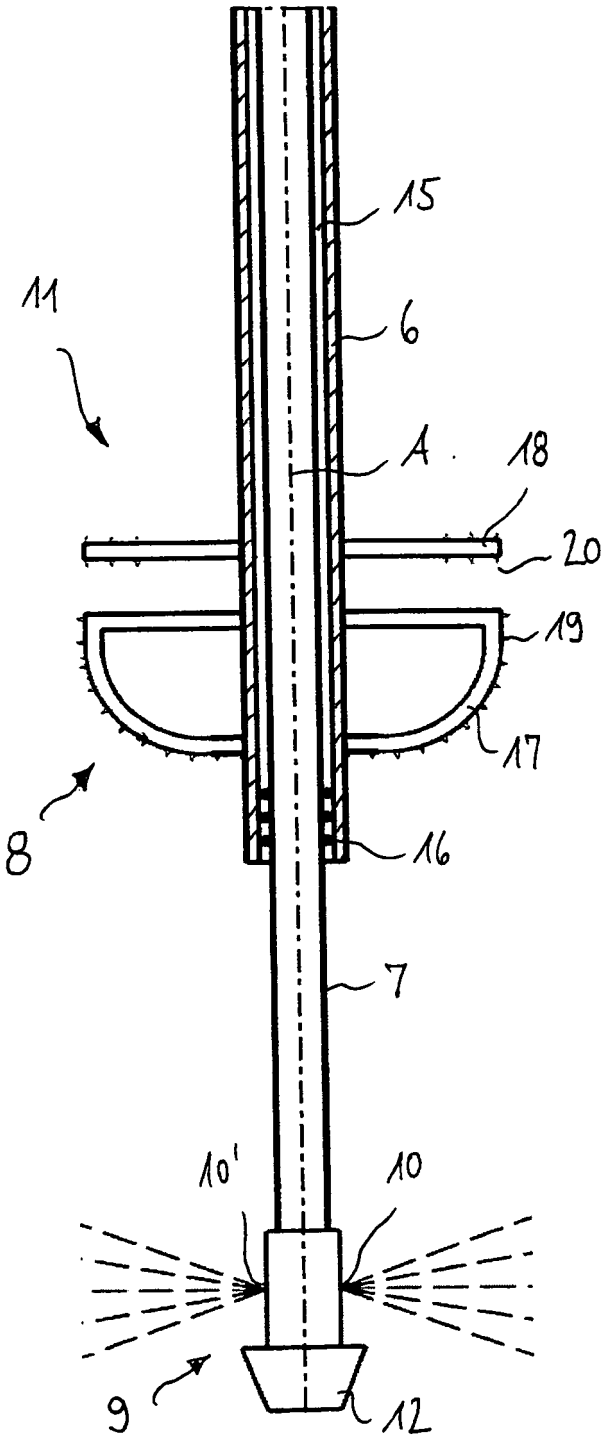


Fig. 2

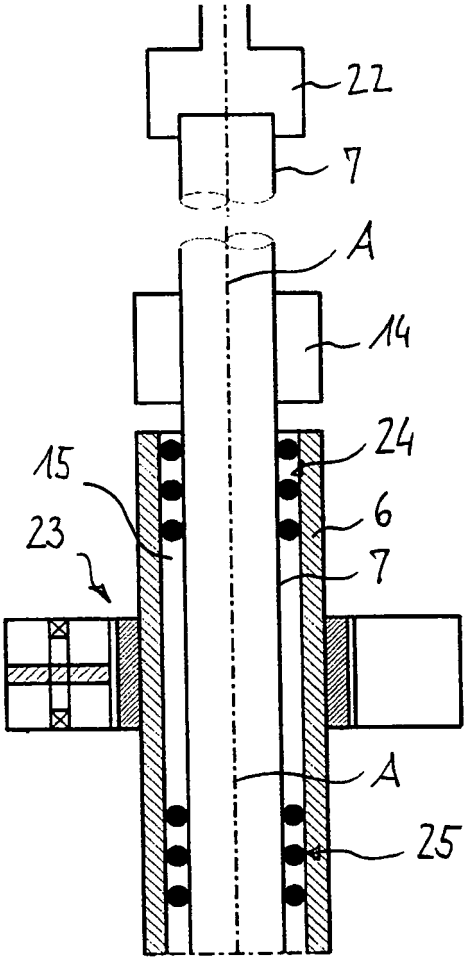


Fig. 3

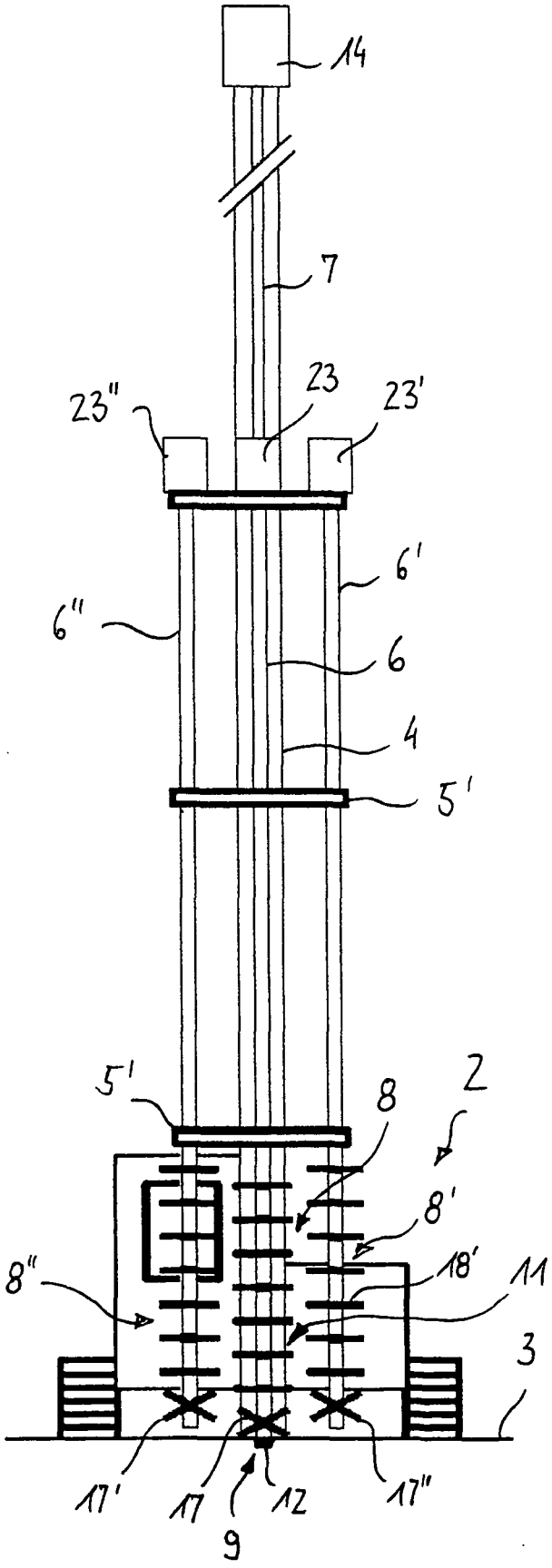


Fig. 4

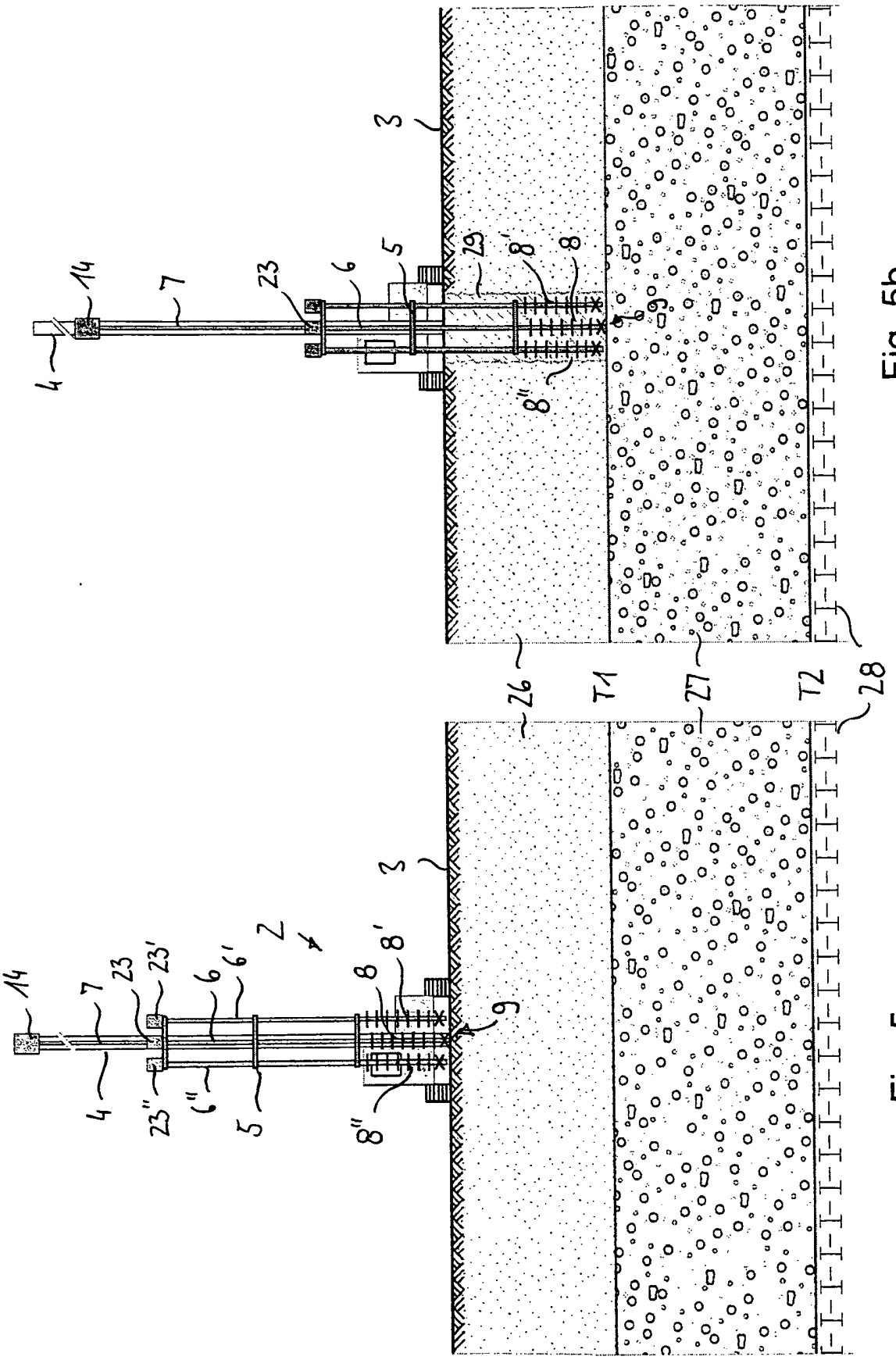


Fig. 5a

Fig. 5b

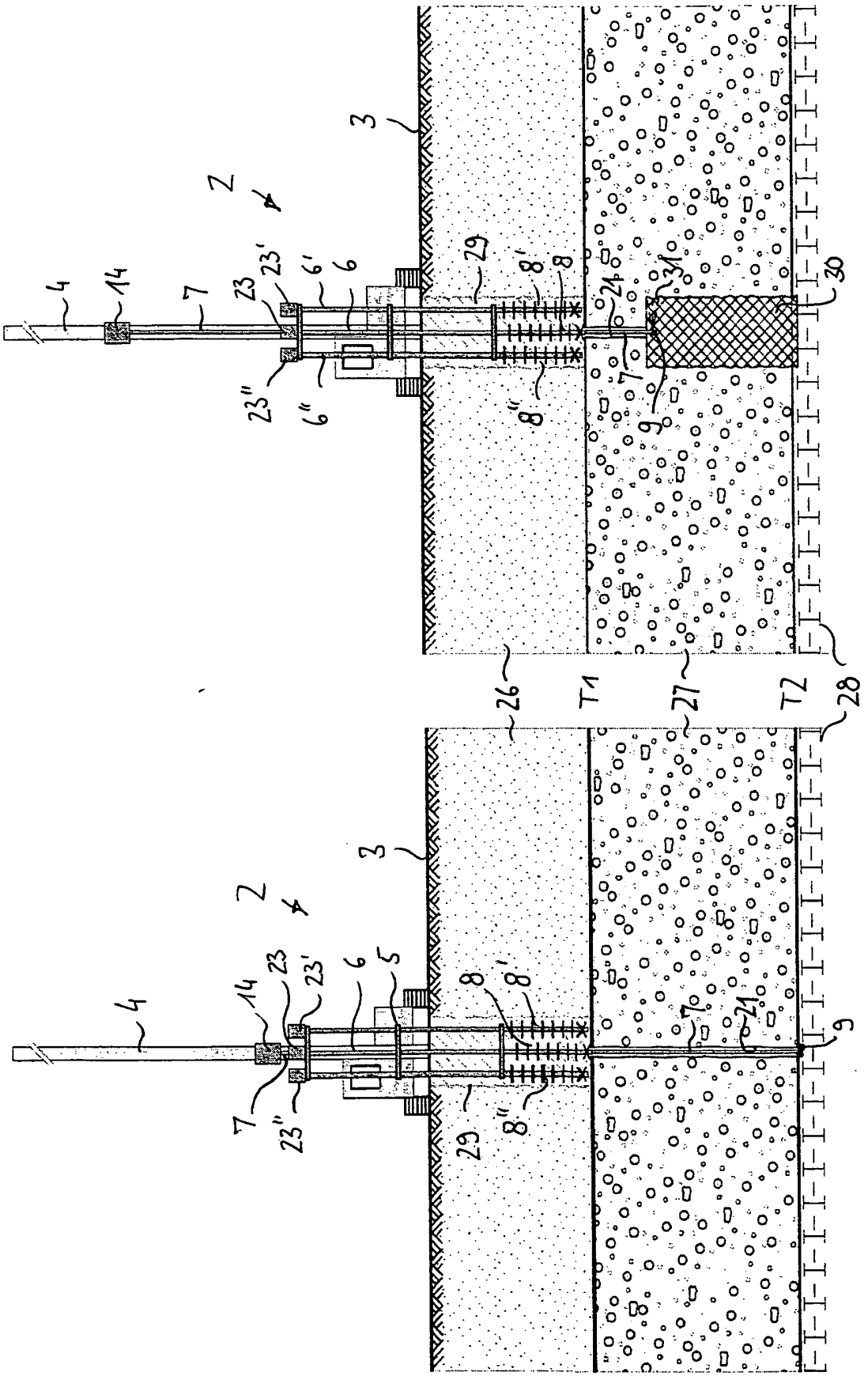

4
14
7
23
23'
6'
6
2
3
29
8'
8
24
31
30
23"
6"
8"
9
26
T1
27
T2
28

Fig. 5d

4
14
23
23'
6
5
2
3
8
8'
7
21
9
7
23"
29
8"

Fig. 5c

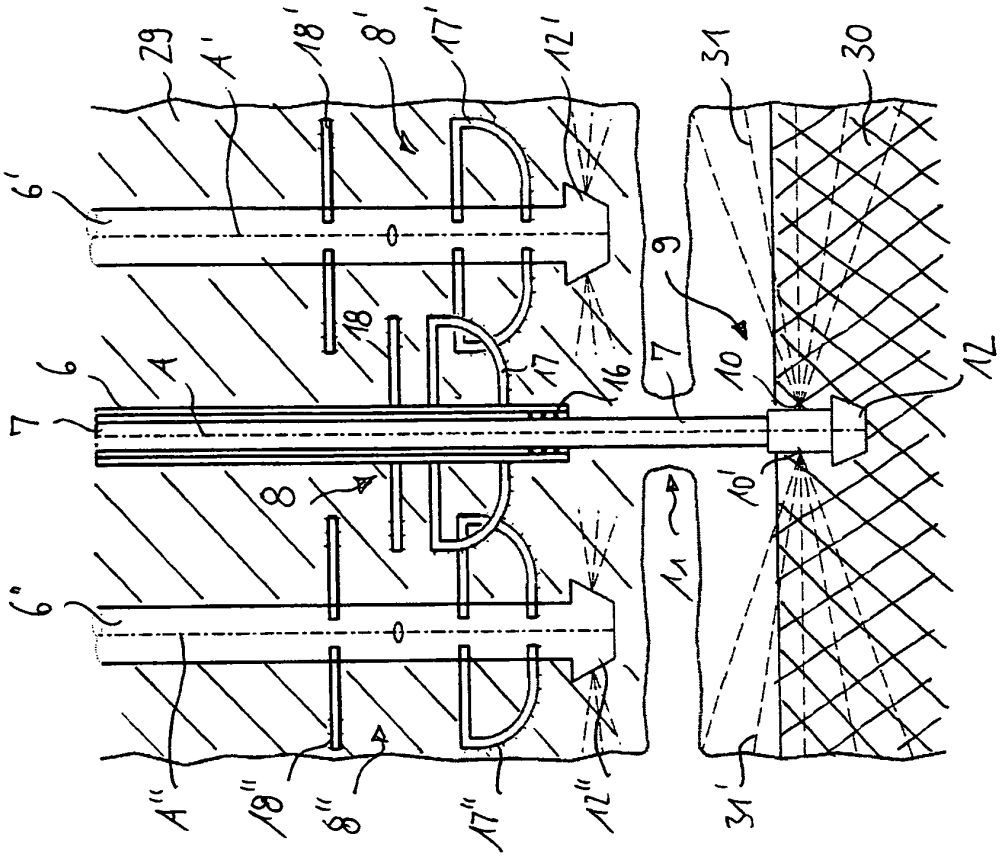

29
A'
18'
8'
17'
12'
31
30
6'
9
18
7
6
A
17
16
10
12
8
10'
11
6"
A"
18"
8"
17"
12"
31'

Fig. 6

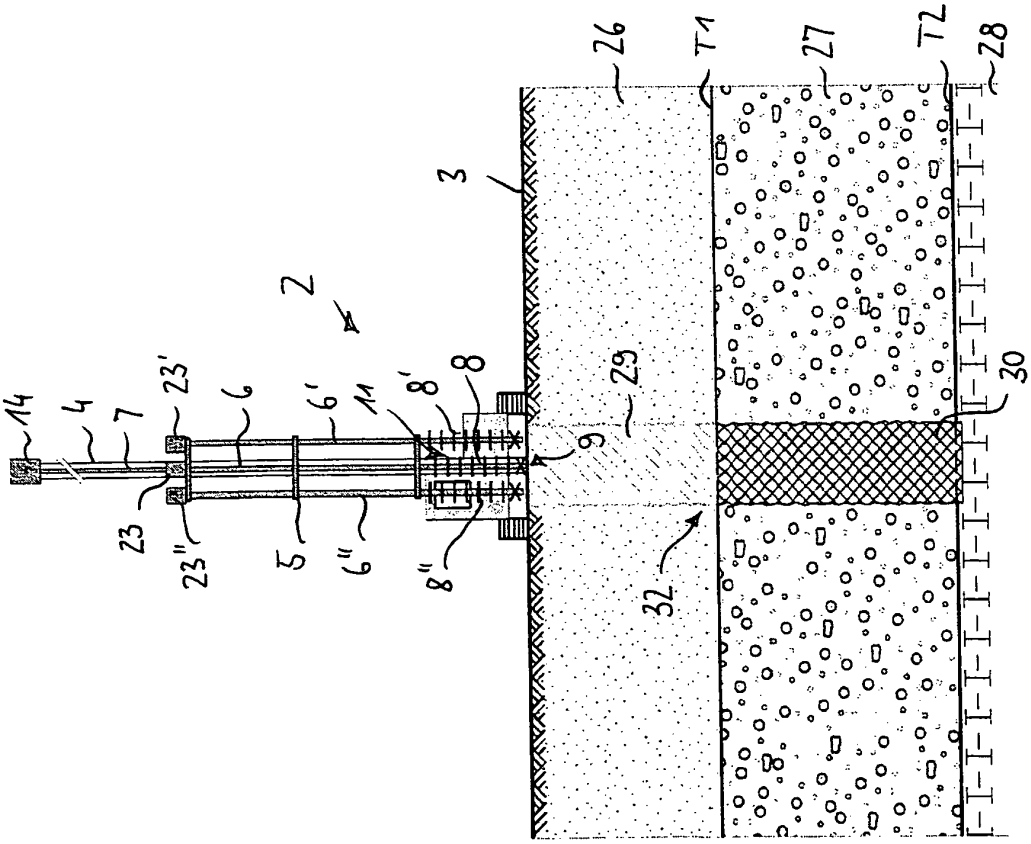

26
T1
27
T2
28
3
2
29
30
14
4
7
23'
6
6'
11
8'
8
9
23
23"
5
6"
8"
32

Fig. 5e

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10327470 B3 **[0003]**
- JP 59015118 A **[0004]**
- JP 08013471 A **[0005]**
- DE 10333613 A1 **[0006]**
- JP 10212724 A **[0007]**
- JP 59010610 A **[0008]**
- EP 1045073 A1 **[0009]**
- EP 0436954 B1 **[0010]**
- DE 19960023 A1 **[0013]**
- DE 19849786 A1 **[0014]**