



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.09.1996 Patentblatt 1996/38

(51) Int. Cl.⁶: E02D 3/08

(21) Anmeldenummer: 96103299.2

(22) Anmeldetag: 04.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE LI NL

(30) Priorität: 14.03.1995 DE 19509054
14.03.1995 DE 19509053

(71) Anmelder: COPLAN Ingenieurgesellschaft mbH
84307 Eggenfelden (DE)

(72) Erfinder:
• Reitmeier, Wolfgang
84307 Eggenfelden/Gern (DE)
• Bauer, Ulrike
84333 Malgersdorf (DE)

(74) Vertreter: Sasse, Volker, Dipl.-Ing.
Parreutstrasse 27
85049 Ingolstadt (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Stabilisierung von bindigen Böden mit ungenügender Tragfähigkeit**

(57) Ein Verfahren zur Stabilisierung von weichen Böden (5) verwendet Stabilisierungspfähle. Ihre Herstellung erfolgt durch Einpressen eines Stempels (14) in den Boden (5). Hierdurch werden säulenförmige Hohlräume (40) durch Verdrängen des Bodenmaterials hergestellt. Anschließend wird mittels Schneckenförderung durch Drehen und gleichzeitiges Ziehen des mit einer Förderschnecke (16) belegten Stempels (14) der Hohlraum (40) mit einem Schüttgut (23) gefüllt. Das Schüttgut (23) kann einen hydraulischen Stoff enthalten, der mit im Boden (5) vorhandenem Wasser chemisch reagiert und erhärtet.

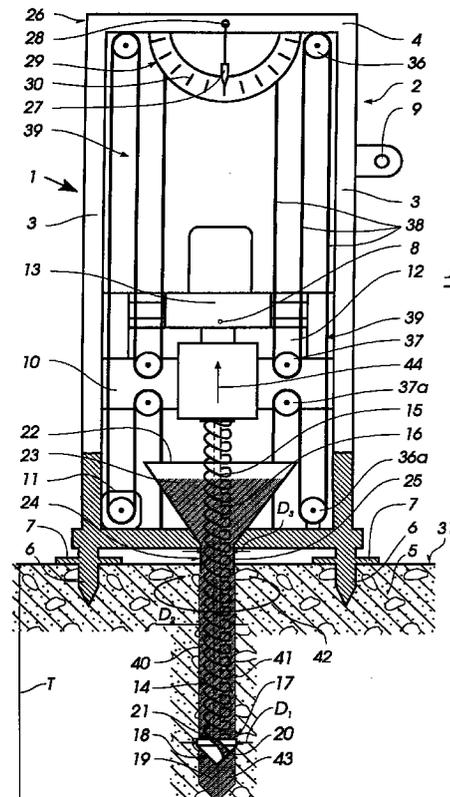


Fig. 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6.

Aus der DE-GM 75 17 180 ist eine derartige Vorrichtung bekannt. Sie besteht aus einer in einem Rohr geführten Förderschnecke, die einen Einfülltrichter durchdringt. Am unteren Ende weist die Förderschnecke einen Verdrängungskopf auf, mit dessen Hilfe der umliegende Boden verdichtet wird. Durch gleichzeitiges Drehen der Förderschnecke soll dabei Kalk in den entstehenden Hohlraum gepreßt werden. Diese bekannte Vorrichtung weist jedoch den Nachteil auf, daß der in den Hohlraum gepreßte Kalk beim Zurückziehen des Verdrängungskopfes wieder aus dem Hohlraum entfernt wird. Damit bildet sich keine, den Boden verfestigende Kalksäule. Außerdem sorgt die in das Führungsrohr eindringende Bodenfeuchtigkeit für eine chemische Reaktion des Brandkalkes, so daß sich dieser erhärtet und die Förderschnecke dadurch unbrauchbar wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem tiefe Stabilisierungspfähle mit hoher Dichte hergestellt werden können. Zusätzlich soll die Erstellung eines Stabilisierungspfahles wenig Zeit beanspruchen, und die Vorrichtung leicht zu reinigen sein.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Verfahrensschritten des Patentanspruchs 1 sowie mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 gelöst.

Die Anwendung einer Schneckenförderung zum Füllen der durch Einpressen eines Stempels erzeugten Hohlräume verhindert eine übermäßige Mitnahme von Luft mit dem Schüttgut. Die fertige Schüttgutsäule besitzt daher eine hohe Dichte, und sie ist im wesentlichen frei von Lufteinschlüssen. Die Förderschnecke erlaubt zudem ein sehr schnelles Einbringen des Schüttguts in den Hohlraum. Im Schüttgut enthaltene Stoffe, die in Verbindung mit Wasser einen Verfestigungsprozeß in Gang setzen, können aufgrund der hohen Füllgeschwindigkeit nur in geringem Umfang mit dem Wasser des umgebenden Bodenbereichs bereits während des Füllvorganges reagieren. Die chemische Reaktion des Schüttguts mit dem Boden setzt erst anschließend in vollem Umfang ein. Der Stempel mit der Förderschnecke bleibt daher sauber, so daß Arbeitsunterbrechungen zum Reinigen des Stempels in der Regel unterbleiben können. Durch Verwendung der Hohlraumwandung als Förderkanal kann die Förderschnecke in offener Bauweise hergestellt werden. Sie ist daher besonders leicht zu reinigen, falls dies erforderlich sein sollte. Unterbrechungen bei der Herstellung einer Serie von Stabilisierungspfählen wegen einer möglicherweise erforderlichen Reinigung der Förderschnecke sind daher stets kurz und im allgemeinen vernachlässigbar. Durch das Einpressen des Stempels in den Boden wird das Bodenmaterial verdrängt und

daher verdichtet. Diese Verdichtung kann bereits eine Erhöhung der Bodenfestigkeit und damit eine Stabilisierung bewirken. Infolge einer geringfügigen Durchmischung des Schüttguts mit dem Bodenmaterial ergibt sich eine besonders innige Verbindung zwischen dem Stabilisierungspfahl und dem umliegenden Boden. Der Verfestigungsprozeß des Schüttguts und des umgebenden Bodens wird durch Ionenwanderungen zwischen beiden verstärkt, wodurch ein Wachstum des Stabilisierungspfahles in den umgebenden Boden hervorgerufen wird. Der Stabilisierungspfahl bildet dadurch eine innige Verbindung mit dem umgebenden Boden und erhöht auch dessen Tragfähigkeit. Insbesondere in Fällen, in denen der Boden über die Tiefe sehr heterogene Eigenschaften besitzt, können mit diesem Verfahren problemlos auch tiefe Stabilisierungspfähle im Boden erzeugt werden. Dieses Stabilisierungsverfahren ermöglicht die Gründung von Bauwerken oder Parkplätzen auf Böden, die aufgrund ihrer Weichheit und Nachgiebigkeit im Urzustand ungründbar sind. Ebenso ist es denkbar, dieses Verfahren zur Stabilisierung von rutschgefährdeten Hängen einzusetzen, da bei angepaßter Schüttgutzusammensetzung auch die Scherfestigkeit des Bodens insgesamt verbessert wird.

Der Verfahrensschritt gemäß Anspruch 2 ist insbesondere bei Böden mit durchsetzenden Wasserschichten günstig, da das Schüttgut beim Einpressen des Stempels noch nicht mit dem Wasser chemisch reagieren kann. Das Schüttgut wird mit größtmöglicher Geschwindigkeit in den Hohlraum befördert.

Alternativ ist es gemäß Anspruch 3 vorteilhaft, das Schüttgut bereits beim Einpressen des Stempels in den Boden in den entstehenden Hohlraum einzubringen. Dies spart Zeit und verhindert ein Eindringen von Bodenmaterial in den Stempel bzw. der Gänge der Förderschnecke.

Vorzugsweise erfolgt die Schneckenförderung bei einer Drehzahl von über 100 U/min. Dies reicht im allgemeinen aus, um das Schüttgut zum stillstehenden Förderkanal zu drücken. Durch Reibung im Förderkanal wird das Schüttgut in Drehrichtung abgebremst und unter dem Einfluß der Steigung der Förderschnecke nach unten gefordert. Insbesondere bei sehr weichen und damit wasserreichen Böden hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, die Förderschnecke mit einer Drehzahl von über 250 U/min anzutreiben. In diesem Fall erfolgt eine sehr rasche Förderung des Schüttguts, so daß eine chemische Reaktion zwischen dem im Boden enthaltenen Wasser und dem hydraulischen Stoff während der Förderung weitgehend vermieden wird.

Die Anwendung der Verfahrensschritte gemäß Anspruch 4 erlaubt die Erstellung sehr dichter Stabilisierungspfähle. Insbesondere ist es jedoch auch möglich, die Stabilisierungswirkung unterschiedlichen Erfordernissen im Sinne einer Dimensionierung der Zusammensetzung des Schüttguts anzupassen.

Die im Anspruch 5 angegebenen Stoffe eignen sich im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders gut. Eine Zugabe von hydraulischen

Stoffen im Schüttgut bewirkt einen Wasserentzug des umliegenden Bodenbereichs und die Bildung eines harten Stabilisierungspfahles mit hoher Eigenfestigkeit und damit hoher Tragfähigkeit. Die Anwendung von Branntkalk bei der Erstellung von Stabilisierungspfählen wirkt nicht nur im Pfahl selbst, sondern auch in dessen näherer Umgebung. Die chemische Reaktion des Branntkalks mit dem im Boden vorhandenen Wasser verbraucht große Mengen Wasser und trocknet daher den Boden rund um den Stabilisierungspfahl aus. Dieser Trocknungsprozeß wird durch die stark exotherme chemische Reaktion des Branntkalks und die damit verbundene Wärmeentwicklung verstärkt. Der Boden erreicht dabei Temperaturen von lokal über 200°C. Die lokal im Boden vorhandenen zweiwertigen Calcium-Ionen gelangen durch Diffusion aufgrund der extrem hohen Ionenkonzentration in die nähere Umgebung des Stabilisierungspfahls. Gleichzeitig entsteht in der Nähe des Stabilisierungspfahls ein basisches Milieu, das eine elektrische Potentialdifferenz von etwa 300 Millivolt zwischen dem Stabilisierungspfahl und dem umliegenden Boden bewirkt. Als Folge dieser Potentialdifferenz entsteht ein elektrostatisches Feld, welches die Ionenwanderung der Calcium-Ionen beschleunigt. Im Boden natürlich vorhandene einwertige Natrium- und Kalium-Ionen werden durch die Calcium-Ionen substituiert. Die zweifach geladenen Calcium-Ionen verstärken daher die Bindung in den Tonmineralen und bewirken auf diese Weise eine Stabilisierung des Bodens. Die hohe Bodentemperatur und der hohe pH-Wert im Boden erhöhen auch die Löslichkeit und die Reaktionsfreudigkeit von Siliziumoxid-Anionen, die in großen Mengen im Boden vorkommen. Die Anwendung von Gips bzw. Zement als hydraulischer Stoff ermöglicht die Bildung besonders fester und damit extrem tragfähiger Stabilisierungspfähle. Dies ist insbesondere in Fällen vorteilhaft, in denen höhere Eigenfestigkeiten der Stabilisierungspfähle angestrebt werden. Die Anwendung von siliziumoxid-haltigen Materialien im Schüttgut stellt eine sehr preisgünstige und trotzdem wirkungsvolle Realisierung von Stabilisierungspfählen bei einfachen Bodenverhältnissen dar. Das Siliziumoxid, insbesondere in Pulverform wie Quarzstaub, wirkt dabei im wesentlichen durch seine hohe spezifische Oberfläche und der damit verbundenen größeren Löslichkeit, insbesondere in basischem Milieu. Es bewirkt durch einen langfristig ablaufenden Verfestigungsprozeß eine stetige Zunahme der Eigenfestigkeiten. Die Löslichkeit der Siliziumoxide ist unter Normalbedingungen sehr gering. Frisch ausgefälltes, amorphes Siliziumoxid hat eine Löslichkeit von 50 - 60 mg/l. Dieser Wert steigt mit zunehmender Temperatur und ist im Bereich von pH = 2 - 8 annähernd unabhängig vom pH-Wert. In sehr basischem Milieu, bei pH-Werten oberhalb von 8, bilden sich Silicatanionen und die Löslichkeit steigt stark an. Die Anwendung eines Gemisches aus Mikro-Siliziumoxid und Branntkalk als Schüttgut führt daher zu einer überraschend hohen Löslichkeit der Silicatanionen und

damit zu einer besonders hohen Verfestigung des Stabilisierungspfahls.

Um eine optimale Stabilisierung des Bodens zu erzielen, ist es günstig, die Stabilisierungspfähle in annähernd gleichen Abständen anzuordnen. Die Stabilisierungspfähle bewirken in diesem Fall ein räumlich wirkendes Tragsystem (Nadelkissen). Hierzu werden die Stabilisierungspfähle rasterförmig zur flächigen Verfestigung ausgebildet. Vorzugsweise werden mehrere Stabilisierungspfähle gleichzeitig erstellt, so daß sich der Zeitaufwand zur Erstellung entsprechend reduziert.

Die Vorrichtung gemäß Anspruch 6 hat sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders bewährt. Ein Gestell, an dem eine lineare Führung abgestützt ist, gibt der Vorrichtung die erforderliche Stabilität, um ein präzises Einpressen des Stempels in den Boden zu gewährleisten. Es ergibt sich daher eine sehr sichere Ausrichtung der Vorrichtung, so daß eine zusätzliche Bedienungsperson im unfallgefährdeten Bereich entfällt. Vorzugsweise ist das Gestell auf Arretierbolzen abgestützt. Dies ergibt eine besonders feste Arretierung der Vorrichtung auf dem Boden. Horizontale Schwenkbewegungen der Vorrichtung werden zuverlässig verhindert. Dies ist insbesondere bei Hanglagen bedeutend. Am Gestell kann eine Winkelmeßvorrichtung vorgesehen sein. Dies ermöglicht der Bedienungsperson, auf einfache Weise den Neigungswinkel des Gestells abzulesen. Insbesondere bei unebenem Gelände kann auf diese Weise trotzdem eine Parallelität der Stabilisierungspfähle untereinander sichergestellt werden. Beim Stabilisieren von Böden in Hanglagen kann die erforderliche Winkellage der Stabilisierungspfähle mit hinreichender Genauigkeit eingehalten werden. Der erforderliche Preßdruck des verschiebbaren Stempels wird mittels eines Stellantriebs aufgebracht. Ein am freien Ende des Stempels vorgesehener Verdrängungskopf erleichtert das Einpressen des Stempels in den Boden. Wichtig ist dabei, daß der Verdrängungskopf nach oben erweiternd ausgebildet ist, da er hierdurch einen geringen Einpreßwiderstand besitzt. Vorzugsweise ist der Verdrängungskopf unten spitz ausgebildet. Der Verdrängungskopf besitzt einen größeren Durchmesser als die am Stempel vorgesehene Förderschnecke. Dies hat den besonderen Vorteil, daß beim Einpressen des Stempels in den Boden der Verdrängungskopf durch Verdrängung einen Hohlraum mit etwas größerem Durchmesser erstellt als jener Durchmesser, den die Förderschnecke aufweist. Die Förderschnecke ist daher bei härteren Böden von der Hohlraumwandung leicht beabstandet und verursacht daher nur einen geringen Reibungswiderstand. Dies ist insbesondere beim Füllen des Hohlraums mit dem Schüttgut wichtig, um den Drehwiderstand der Förderschnecke klein zu halten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bietet den Vorteil, daß mit einem Stempel sowohl der Hohlraum erstellt als auch gefüllt werden kann, ohne den Stempel zuvor aus dem Hohlraum herausziehen zu müssen. Dies ermöglicht eine sehr zeitsparende Erstellung der Stabilisie-

rungspfähle. Zusätzlich werden die Hohlraumwände durch die Förderschnecke abgestützt, was bei sehr weichen Böden von erhöhter Bedeutung ist. Ein Nachfließen des umliegenden Bodenmaterials in den erzeugten Hohlraum wird daher durch die Förderschnecke zuverlässig verhindert. Durch die rotationssymmetrische Form des Verdrängungskopfes und damit des erzeugten Hohlraums ist dieser günstig an die Symmetrie der Förderschnecke angepaßt. Dies gewährleistet einen optimalen Transport des Schüttgutes in den Hohlraum. Der gegenüber der Förderschnecke vergrößerte Verdrängungskopf gewährleistet die Erzeugung eines in seinem Durchmesser etwas größer ausgebildeten Hohlraums als der Durchmesser der Förderschnecke. Da der Hohlraum für die Förderschnecke einen Förderkanal bildet, erlaubt dies ein relativ reibungsarmes Rotieren der Förderschnecke, was insbesondere bei härteren Böden wichtig ist. Bei weicheren Böden wird der Durchmesser des Verdrängungskopfes im allgemeinen noch größer dimensioniert, um ein Nachfließen des umliegenden Materials zu kompensieren. Vorzugsweise ist der Verdrängungskopf im wesentlichen kegelförmig ausgebildet, so daß er beim Eindringen in den Boden einen besonders geringen Widerstand besitzt. Der Öffnungswinkel des Kegels ist vorzugsweise kleiner als 120°. Vorzugsweise ist der untere Teil des Verdrängungskopfes von einer zentralen Spitze bis zu seinem maximalen Durchmesser kegelförmig ausgebildet.

Alternativ ist die Anwendung der Merkmale des Anspruchs 7 vorteilhaft. Diese Ausbildung des Stempels erlaubt einen maximalen Durchsatz des Schüttgutes durch den Verdrängungskopf. Vorzugsweise wird die Förderschnecke beim Einpressen in nach unten fördernde Richtung gedreht. Vorzugsweise schließt der Verdrängungskopf in der Ausgangslage der Förderschnecke den Einfülltrichter nach unten ab. Dies erlaubt ein problemloses Transportieren der Vorrichtung an den nächsten Einsatzort, ohne daß dabei größere Mengen Schüttguts, das sich noch im Einfülltrichter befindet, verlorengehen.

Ein an die Steigung der Förderschnecke angepaßter Schlitz im Verdrängungskopf gemäß Anspruch 8 erlaubt beim Füllen des Hohlraums mit dem Schüttgut, dieses besonders rasch durch den Verdrängungskopf zu leiten. Das Schüttgut kann daher mit relativ großem Verdichtungsdruck in den Hohlraum eingefüllt werden.

Sollen in den Hohlraum Stoffe eingebracht werden, die untereinander reagieren, so kann unter Umständen die hohe Förderleistung der Förderschnecke nicht mehr ausreichen, die Stoffe vor dem Einsetzen der chemischen Reaktion bis zum Boden des Hohlraums zu fördern. In diesem Fall ist es gemäß Anspruch 9 günstig, wenigstens einen der Stoffe über eine zentrale Hohlwelle der Förderschnecke in den Hohlraum einzubringen. Dabei wird ein Stoff, beispielsweise Wasser, eine Säure oder eine andere flüssige, die Reaktion unterstützende Komponente, durch die zentrale Hohlwelle der Förderschnecke in den Hohlraum eingebracht. Die übrigen Stoffe werden von der Förderschnecke transpor-

tiert. Die Reaktion dieser Stoffe untereinander könnte ähnlich einer Kombination von Härter und Bindemittel eines Zwei-Komponenten-Klebers sein. Da die Mischung dieser Stoffe erst im Hohlraum erfolgt, ist eine chemische Reaktion im Bereich der Förderschnecke ausgeschlossen. Die Anwendung dieser Verfahrensschritte erlaubt daher die Verwendung eines extrem breiten Spektrums an Stoffen, aus denen die Stabilisierungspfähle aufgebaut werden können. Hierdurch läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren optimal an die vorgegebenen Verhältnisse, wie Bodeneigenschaften, gewünschte Belastung und maximal zulässige Setzung anpassen.

Eine Ausbildung des Stellantriebs als Hydraulikmotor ermöglicht auf besonders einfache Weise eine Energieversorgung des Stellantriebs aus der Bordhydraulik des bedienenden Baggers oder Laders. Vorzugsweise ist auch der Drehantrieb als Hydraulikmotor ausgebildet. Hydraulikmotoren sind sehr einfach und gleichzeitig robust aufgebaut, so daß sie dem rauen Feldeinsatz bestens gewachsen sind.

Die Anwendung eines Seil- oder Kettentriebs zur Kraftübertragung gemäß Anspruch 10 zwischen dem Stellantrieb und dem Schiebeschlitten ist vorteilhaft, da sich damit auf einfache Weise sehr große Kräfte übertragen lassen. Vorzugsweise ist ein Seil oder eine Kette beidseitig im Gestell festgelegt. Der Stellantrieb wirkt über eine Umlenkrolle oder eine Aufwickeltrommel auf das Seil oder die Kette ein. Dabei kann der Stellantrieb entweder im Rahmen oder im Schiebeschlitten festgelegt sein. Vorzugsweise wird das Seil oder die Kette mehrfach flaschenzugartig umgelenkt, so daß die Bewegung des Stellantriebs vom Seil- oder Kettentrieb untersetzt wird. Hierdurch erhöht sich die erreichbare Einpreßkraft, wobei das Seil oder die Kette nur noch mit einem Bruchteil der Einpreßkraft belastet wird.

Vorzugsweise stehen der Stellantrieb und der Drehantrieb mit einer Regeleinrichtung in Wirkverbindung, die die Drehgeschwindigkeit und das Verhältnis zwischen der Drehgeschwindigkeit und der Ziehgeschwindigkeit der Förderschnecke auf vorgebbare Sollwerte regelt. Dies ermöglicht eine präzise Einstellung der Füllhöhe im Hohlraum. Die Dichte des entstehenden Stabilisierungspfahles kann daher sehr genau an die Bedürfnisse, die durch die Bodenbeschaffenheit, die gewünschte Belastung sowie die maximal erlaubte Setzung vorgegeben sind, angepaßt werden. Durch den Einsatz von Regeleinrichtungen wird die bedienende Person von feinfühligem Drehzahlkorrekturen des Stell- bzw. Drehantriebs befreit. Insbesondere wird bei heterogenen Böden eine stets gleiche Qualität der Stabilisierungspfähle erzielt.

Die Merkmale des Anspruchs 11 erlauben ein sehr einfaches Transportieren der Vorrichtung zum Einsatzort, an dem der nächste Stabilisierungspfahl erstellt werden soll. Zusätzlich ist es dem Bagger oder Lader möglich, die Vorrichtung gegen den Boden zu drücken, um die Einpreßkräfte des Stempels aufzunehmen. Die

Vorrichtung kann daher insgesamt ein geringeres Gewicht aufweisen.

Durch Anwendung der Merkmale des Anspruchs 12 wird die Herstellungszeit der Stabilisierungspfähle entsprechend der Anzahl der vorgesehenen Förderschnecken reduziert. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn ein größeres Gelände stabilisiert werden soll, oder wenn viele Stabilisierungspfähle pro Fläche vorzusehen sind. Damit können mehrere Stabilisierungspfähle gleichzeitig erstellt werden. Zur Verringerung des konstruktiven Aufwandes der Vorrichtung ist vorzugsweise ein gemeinsamer Stellantrieb und ein gemeinsamer Drehantrieb vorgesehen.

Die Merkmale des Anspruchs 13 ersparen in vorteilhafter Weise, den Bagger oder Lader mit der Vorrichtung einsetzen zu müssen.

Anhand der Zeichnung werden die Verfahrensschritte sowie eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung beispielhaft erläutert.

Es zeigt:

- Figur 1 eine Ansicht der Vorrichtung, die im unteren Bereich geschnitten dargestellt ist,
- Figur 2 eine Ansicht des Verdrängungskopfes von unten,
- Figur 3 die Vorrichtung gemäß Figur 1 schematisiert und in der Ausgangsstellung,
- Figur 4 die Vorrichtung gemäß Figur 3 beim Erstellen eines Hohlraums durch Verdrängen,
- Figur 5 die Vorrichtung gemäß Figur 3 mit voll ausgefahrenem Stempel,
- Figur 6 die Vorrichtung gemäß Figur 3 beim Füllen des Hohlraums mit dem Schüttgut,
- Figur 7 einen mit Schüttgut gefüllten Hohlraum und
- Figur 8 einen fertig erstellten Stabilisierungspfahl.

Eine Vorrichtung 1 gemäß Figur 1 besteht aus einem Gestell 2, in dem eine lineare Führung 3 abgestützt ist. Im unteren Bereich ist die Vorrichtung 1 geschnitten dargestellt. Das Gestell 2 ist als Rahmen 4 ausgebildet und verleiht der Vorrichtung 1 die zur Kraftübertragung erforderliche Stabilität. Das Gestell 2 ist auf einem natürlichen, weichen Boden 5 mittels Arretierbolzen 6 festgelegt. Die Arretierbolzen 6 weisen Auflagen 7 auf, so daß das Gestell 2 sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung fixiert ist. Vorzugsweise sind drei oder vier Arretierbolzen 6 vorgesehen. Oberhalb des Schwerpunktes 8 der Vorrichtung 1 sind Anschlußblaschen 9 zur Verbindung mit einem Ausleger eines Baggers bzw. eines Laders vorgesehen. Diese Anschlußblaschen 9 erlauben ein einfaches Versetzen der Vorrichtung 1 an jene Stelle, an der der nächste Stabilisierungspfahl zu erstellen ist, wobei die Vorrichtung 1 beim Transport in stabiler Lage verbleibt.

In der Führung 3 gleitet ein Schiebeschlitten 10, an dem ein Stellantrieb 11 vorgesehen ist, der den Schiebeschlitten 10 sowohl nach oben als auch nach unten unter Beaufschlagung mit einer Zug- bzw. Druckkraft verschieben kann. Der Stellantrieb 11 ist vorzugsweise

als Hydraulikmotor ausgebildet. Er kann in diesem Fall vorteilhaft von der Hydraulik des Baggers oder Laders versorgt werden. Zur Vergrößerung der Kraftübertragung kann der Stellantrieb 11 ein Getriebe aufweisen.

Zur Kraftübertragung zwischen dem Stellantrieb 11 und dem Schiebeschlitten 10 sind vier Kettentriebe 39 vorgesehen. Je zwei Kettentriebe 39 befinden sich in Figur 1 unmittelbar hintereinander. Die Kettentriebe 39 werden von jeweils einer Kette 38 und umlenkenden Zahnrädern 36, 36a, 37, 37a gebildet. Die freien Enden der Kette 38 sind oben und unten im Gestell 2 festgelegt. Ein Zahnrad 36a jedes Kettentriebs 39 wird vom Stellantrieb 11 getrieben. Die Zahnräder 36a der vier Kettentriebe 39 sind dabei kraftschlüssig miteinander verbunden, so daß für alle Kettentriebe 39 ein einziger Stellantrieb 11 ausreicht. Die Zahnräder 36, 36a sind drehbar im Gestell 2 gelagert. Sie wirken auf die Kette 38 wie feste Rollen. Die Zahnräder 37, 37a sind im Schiebeschlitten 10 drehbar gelagert. Sie bilden für die Kette 38 lose Rollen, so daß sich für den Kettentrieb 39 ein flaschenzugartiger Aufbau ergibt. Der Kettentrieb 39 wirkt daher für den Stellantrieb 11 wie ein untersetzendes Getriebe, so daß sich die erreichbare Verschiebekraft für den Schiebeschlitten 10 entsprechend erhöht. Zusätzlich wird die Kette 38 nur noch mit einem Bruchteil der Schiebeschlittenlast beaufschlagt. Die Kette 38 kann daher entsprechend schwächer ausgebildet sein. Alternativ könnte die Kette 38 auch ganz oder teilweise als Seil ausgebildet sein. Vorzugsweise ist dann jener Bereich, der vom antreibenden Zahnrad 36a erfaßt wird, als Kette und der Rest als Seil ausgebildet.

Über eine Halterung 12 ist der Schiebeschlitten 10 mit einem Drehantrieb 13 verbunden. Auch der Drehantrieb 13 ist vorzugsweise ein Hydraulikmotor. Er ist mit einem Stempel 14 verbunden, der im Schiebeschlitten 10 derart gelagert ist, daß Druck- bzw. Ziehkräfte vom Schiebeschlitten 10 direkt aufgenommen und vom Drehantrieb 13 ferngehalten werden. Der Stempel 14 weist eine zentrale Hohlwelle 15 auf, die mit einer Förderschnecke 16 belegt ist. Am freien Ende 17 des Stempels 14 ist dieser mit einem Verdrängungskopf 18 ausgerüstet.

Der Verdrängungskopf 18 weist eine zentrale Spitze 19 auf, von der an sich der Verdrängungskopf 18 in Richtung zur Förderschnecke 16 hin kegelig erweitert. Im oberen Bereich des Verdrängungskopfs 18 ist dieser zylindrisch ausgebildet mit einem Durchmesser D_1 von vorzugsweise über 100 mm. Der Verdrängungskopf 18 weist einen Durchmesser D_1 auf, der ein wenig größer als der Durchmesser D_2 der Förderschnecke 16 ist. Der Verdrängungskopf 18 weist einen oder zwei Schlitze 20 auf, die den Verdrängungskopf 18 vollständig durchsetzen. Die Schlitze 20 verbinden den Raum um die Förderschnecke 16 mit dem Raum unterhalb des Verdrängungskopfes 18. Die Schlitze 20 durchsetzen den Verdrängungskopf 18 im Winkel der Steigung der Förderschnecke 16. Das freie Ende 21 der Hohlwelle 15 ist zu den Schlitzen 20 des Verdrängungskopfes 18 geöffnet.

Die Form der Schlitzte 20 ist insbesondere aus Figur 2 entnehmbar, die eine Ansicht des Verdrängungskopfes 18 von unten zeigt. Die Schlitzte 20 sind nach innen spitz und nach außen erweiternd ausgebildet. Zwecks einer optimalen Anpassung der Schlitzte 20 an die Förderschnecke 16 sind die Schlitzte 20 gekrümmt ausgeführt. Dies erlaubt einen optimalen Durchsatz des Schüttguts 23 durch die Schlitzte 20.

Im Gestell 2 ist ein Einfülltrichter 22 vorgesehen, der mit einem Schüttgut 23 gefüllt werden kann. Das Schüttgut 23 besteht aus einem oder mehreren hydraulischen Stoffen, denen ggf. auch andere Stoffe zugesetzt werden können. Der Einfülltrichter 22 weist an seinem unteren Ende 24 einen Rohransatz 25 auf, der von der Förderschnecke 16 durchdrungen wird. Der Rohransatz 25 besitzt einen Innendurchmesser D_3 , der wenig größer als der Durchmesser D_2 der Förderschnecke 16, aber kleiner als der Durchmesser D_1 des Verdrängungskopfes 18 ist. Dies erlaubt ein einfaches und reibungsarmes Verschieben bzw. Drehen der Förderschnecke 16 im Rohransatz 25, wobei der Verdrängungskopf 18 den Einfülltrichter 22 in der in Figur 1 dargestellten Ausgangslage unterseitig abschließt. In dieser Lage des Stempels 14 kann daher die Vorrichtung 1 durch einen Bagger oder Lader sehr einfach transportiert und am nächsten gewünschten Standort abgestellt werden, ohne daß dabei das Schüttgut 23 durch den Rohransatz 25 des Trichters 22 entweicht.

Am oberen Ende 26 des Gestells 2 ist ein Lot 27 vorgesehen, welches um einen Punkt 28 drehbar gelagert ist. Die Neigung des Lotes 27 relativ zum Gestell 2 läßt sich mit Hilfe einer im Gestell 2 fixierten Winkelmeßvorrichtung 29 an einer Skala 30 ablesen.

Um eine gleichzeitige Erstellung mehrerer Stabilisierungspfähle zu ermöglichen, kann die Vorrichtung 1 mehrere Stempel 14 aufweisen. Diese können vorteilhaft am gleichen Schlitten vorgesehen sein, so daß nur ein Stellantrieb 11 vorhanden sein muß.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der Figuren 3 bis 8 näher erläutert. Die Vorrichtung 1 wird an den Anschlußblaschen 9 von einem Bagger oder Lader erfaßt und an jenen Ort transportiert, an dem ein Stabilisierungspfahl erstellt werden soll. Anschließend wird die Vorrichtung 1 auf den Boden 5 abgesenkt, so daß die Arretierbolzen 6 gemäß Figur 3 in den Boden 5 eindringen, und die Auflagen 7 auf der Oberfläche 31 des Bodens 5 aufsitzen. Das Gestell 2 wird dabei vom Bagger oder Lader derart ausgerichtet, daß der Stempel 14 in die gewünschte Richtung des Stabilisierungspfahles zeigt. Hierzu kann der Baggerführer die Neigung des Gestells 2 zur Vertikalen bequem an der relativen Lage des Lotes 27 zur Skala 30 ablesen. Üblicherweise werden die Stabilisierungspfähle vertikal erstellt. In Sonderfällen, vorzugsweise bei der Stabilisierung von Hängen, sind jedoch auch von der vertikalen Richtung abweichende Stabilisierungspfähle erforderlich.

Nachdem das Gestell 2 im Boden 5 verankert ist, wird der Schiebeschlitten 10 unter der Wirkung des

Stellantriebs 11 in Richtung des Pfeiles 35 nach unten verschoben. Dabei dringt der Stempel 14 mit seinem Verdrängungskopf 18 in den Boden 5 ein. Die dabei entstehende Gegerkraft wird vom Bagger oder Lader über die Anschlußflasche 9 aufgenommen. Der Verdrängungskopf 18 verdrängt das umliegende Bodenmaterial und verdichtet es in seiner Umgebung. Dabei entsteht ein aus Figur 4 entnehmbarer Hohlraum 40. Er besitzt in etwa Säulenform, wobei der Durchmesser des Hohlraums 40 vom Durchmesser D_1 des Verdrängungskopfes 18 bestimmt ist. Die oberhalb des Verdrängungskopfes 18 vorgesehene Förderschnecke 16 stützt die Hohlraumwandung 41 beim Vordringen des Stempels 14 ab. Sie steht während des Einpressens des Verdrängungskopfes 18 still oder wird in nach unten fördernder Richtung angetrieben.

Hat der Stempel 14, wie in Figur 5 dargestellt, eine gewünschte Tiefe T erreicht, so wird die Förderschnecke 16 in Richtung des Pfeiles 42 in Drehung versetzt. Gleichzeitig wird dem Einfülltrichter 22 Schüttgut 23 zugeführt, und von der Förderschnecke 16 in Richtung des Verdrängungskopfes 18 befördert. Das Schüttgut 23 wird dabei durch die Schlitzte 20 im Verdrängungskopf 18 hindurchgeführt. Auf diese Weise wird der Raum 43 unterhalb des Verdrängungskopfes 18 mit Schüttgut 23 gefüllt. Alternativ kann eine Komponente des Schüttguts 23 durch das Innere der Hohlwelle 15 in den Raum 43 gefördert werden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn diese Komponente sehr rasch mit dem umliegenden Boden 5 reagiert. Über die Hohlwelle 15 könnte auch eine Komponente des Schüttguts 23 in den Raum 43 befördert werden, die mit einer anderen Komponente des Schüttguts 23 chemisch reagiert. Die Mischung dieser Komponenten erfolgt in diesem Fall erst im Schlitz 20 des Verdrängungskopfes 18. Der Stempel 14 wird, wie in Figur 6 dargestellt, in Richtung des Pfeiles 44 aus dem Hohlraum 40 herausgezogen. Dazu wird der Schlitten 10 durch den Stellantrieb 11 in umgekehrter Richtung getrieben. Die Ziehgeschwindigkeit des Stempels 14 und die Drehgeschwindigkeit der Förderschnecke 16 sind dabei so aufeinander abgestimmt, daß das Schüttgut 23 unter vorbestimmtem Verdichtungsdruck in den Hohlraum 40 gefüllt wird.

Ist der Stempel 14 bis zur Ausgangsstellung zurückgezogen, so verbleibt im Boden 5 eine in Figur 7 dargestellte Pulversäule 45, die durch die Wandung 41 zum Boden 5 hin begrenzt ist. Die Pulversäule 45 wird vom eingefüllten Schüttgut 23 gebildet. Im Bereich der Wandung 41 entzieht der in der Pulversäule 45 vorhandene hydraulische Stoff dem umgebenden Boden 5 Wasser 46, das in Richtung der Pfeile 47 auf die Pulversäule 45 diffundiert. Auf diese Weise wird der Boden 5 rund um die Pulversäule 45 ausgetrocknet. Gleichzeitig reagiert das Wasser 46 mit dem hydraulischen Stoff in der Pulversäule 45 chemisch, was zu einer Erhärtung der Pulversäule 45 führt. Insbesondere, wenn in der Pulversäule 45 Branntkalk als hydraulischer Stoff eingesetzt wird, sorgt die freiwerdende Reaktionswärme der

exothermen Reaktion des Branntkalks mit dem eindiffundierenden Wasser 46 zu einer beträchtlichen Erwärmung des umliegenden Bodens 5 und in weiterer Folge zu einer verstärkten Austrocknung. Als Folge dieser Austrocknung erhöht sich die Festigkeit des Bodens 5. Zusätzlich diffundieren in der Pulversäule 45 vorhandene Ionen entgegen den Pfeilen 47 von der Pulversäule 45 in den umliegenden Boden 5 ein. Diese Ionen verstärken die Stabilisierung des Bodens 5. Als Folge der Ionenwanderung ergibt sich eine Durchmischung der Pulversäule 45 mit dem umliegenden Boden 5, so daß sich die anfangs definierte Wandung 41 der Pulversäule 45 zunehmend auflöst.

Nach dem Abschluß dieser Reaktionen, die mehrere Wochen bis Monate in Anspruch nehmen, ergibt sich der aus Figur 8 entnehmbare Stabilisierungspfahl 50. Er besitzt keine definierte Grenzfläche zum umliegenden Boden 5. Im Grenzbereich 51 zwischen dem Stabilisierungspfahl 50 und dem Boden 5 stellt sich eine zum Zentrum 52 des Stabilisierungspfahls 50 hin allmählich zunehmende Konzentration jener Ionen ein, die mit dem Schüttgut 23 eingebracht wurden. Als Folge der Ionenwanderungen und der unregelmäßigen Bodeneigenschaften ergibt sich ein über die Tiefe des Stabilisierungspfahls 50 gesehen unregelmäßiges Konzentrationsprofil der Ionen. Der Stabilisierungspfahl 50 steht daher mit dem umliegenden Boden 5 in sehr inniger Verbindung, so daß er den Boden 5 auch in der Umgebung rund um den Stabilisierungspfahl 50 verfestigt.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Gestell
3	Führung
4	Rahmen
5	Boden
6	Arretierbolzen
7	Auflage
8	Schwerpunkt
9	Anschlußlasche
10	Schiebeschlitzen
11	Stellantrieb
12	Halterung
13	Drehantrieb
14	Stempel
15	Hohlwelle
16	Förderschnecke
17	freies Ende
18	Verdrängungskopf
19	Spitze
20	Durchdringung
21	freies Ende
22	Einfülltrichter
23	Schüttgut
24	unteres Ende
25	Rohransatz
26	oberes Ende

27	Lot
28	Punkt
29	Winkelmeßvorrichtung
30	Skala
31	Oberfläche
35	Pfeil
36,36a	Zahnrad
37, 37a	Zahnrad
38	Kette
39	Seil- oder Kettentrieb
40	Hohlraum
41	Wandung
42	Pfeil
43	Raum
44	Pfeil
45	Pulversäule
46	Wasser
47	Pfeil
50	Stabilisierungspfahl
51	Grenzbereich
52	Zentrum
D ₁	Durchmesser des Verdrängungskopfs
D ₂	Durchmesser der Förderschnecke
D ₃	Innendurchmesser des Rohransatzes
T	Tiefe

Patentansprüche

- Verfahren zur Stabilisierung von bindigen Böden mit Stabilisierungspfählen, bei dem durch Einpressen eines Stempels in den Boden säulenförmige Hohlräume hergestellt und mit einem Schüttgut mittels Schneckenförderung durch Drehen und gleichzeitiges axiales Bewegen des mit einer Förderschnecke belegten Stempels gefüllt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Schneckenförderung des Schüttguts die Wandung des Hohlraums als Förderkanal verwendet wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Füllen der Hohlräume mittels Schneckenförderung nach dem Einpressen des Stempels in den Boden erfolgt.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Füllen der Hohlräume mittels Schneckenförderung bereits während des Einpressens des Stempels in den Boden beginnt.
- Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Schneckenförderung des Schüttguts die Drehzahl und axiale Geschwindigkeit der Förderschnecke derart aufeinander abgestimmt werden, daß das Schüttgut unter Verdichtungsdruck in die Hohlräume gepreßt wird.
- Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohl-

räume im wesentlichen mit Branntkalk und/oder Gips und/oder Zement und/oder mindestens einem hydraulischen Stoff und/oder siliziumoxidhaltigen Mineralien, vorzugsweise in Pulverform, gefüllt werden.

6. Vorrichtung zur Herstellung von Stabilisierungspfählen (50) in weichen Böden (5), bestehend aus mindestens einem Einfülltrichter (22) für ein Schüttgut (23) und mindestens einer diesen durchdringenden mit einer Förderschnecke (16) belegten Stempel (14), welcher mittels eines Drehantriebs (13) in Drehung versetzbar und mittels eines Stellantriebs (11) entlang einer an einem Gestell (2) der Vorrichtung (1) vorgesehenen linearen Führung (3) in den Boden eindrückbar ist, und am freien Ende (17) des Stempels (14) einen sich nach oben erweiternden Verdrängungskopf (18) trägt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verdrängungskopf (18) mindestens eine Durchdringung (20) aufweist, die den Raum an der Förderschnecke (16) mit dem Raum (43) unterhalb des Verdrängungskopfes (18) verbindet, der Verdrängungskopf (18) im wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet ist und an seiner breitesten Stelle einen größeren Durchmesser (D_1) als die Förderschnecke (16) aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verdrängungskopf (18) von einem verstärkten Ende der Förderschnecke (16) gebildet ist, der zumindest im Bereich des freien Endes (17) mit mindestens zwei Wendeln ausgestattet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchdringung (20) des Verdrängungskopfes (18) im wesentlichen im Winkel der Steigung der Förderschnecke (16) gerichtet ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Förderschnecke (16) eine über ihre gesamte Länge verlaufende Hohlwelle (15) aufweist, die zur Durchdringung (20) des Verdrängungskopfes (18) mindestens eine Öffnung bildet.
10. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stellantrieb (11) mit dem Schiebeschlitten (10) über mindestens einen Seil- und/oder Kettentrieb (39) in Wirkverbindung steht.
11. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Gestell (2) eine Halterung (9) zur Verbindung mit einem Bagger oder Lader vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gestell (2) mindestens zwei Förderschnecken (16) mit je einem Einfülltrichter (22) aufweist, die vor-

zugsweise von einem gemeinsamen Dreh- und Stellantrieb (13, 11) angetrieben sind.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 6, 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Gestell (2) Räder oder Ketten mit einem Antriebsmotor vorgesehen sind, und die Vorrichtung (1) als selbstfahrendes Gerät ausgebildet ist.

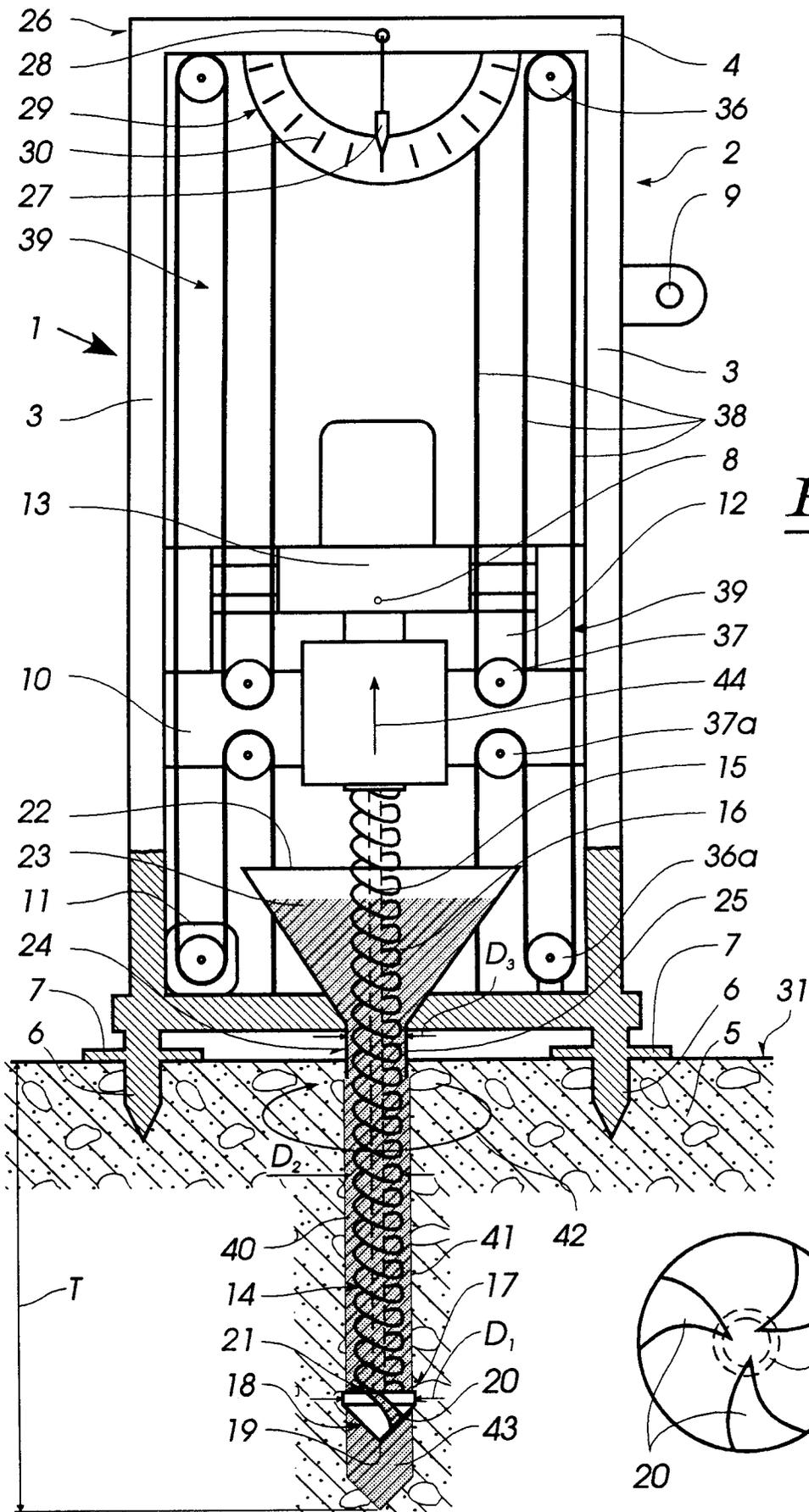


Fig. 1

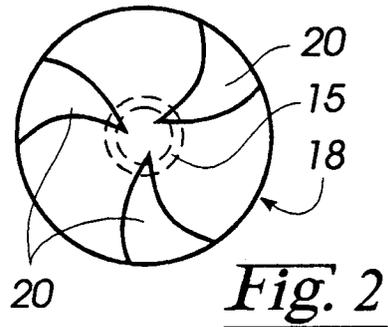


Fig. 2

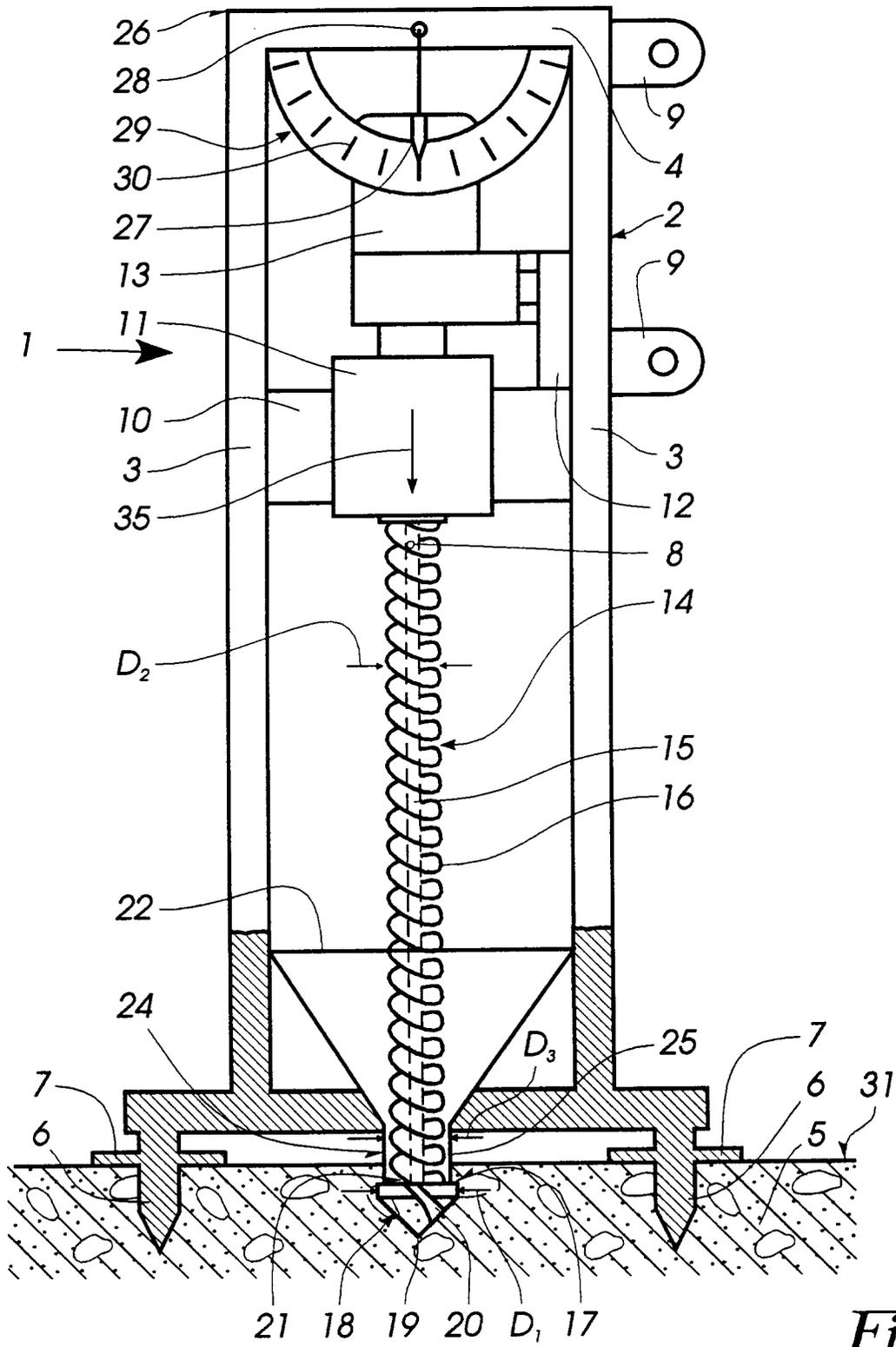


Fig. 3

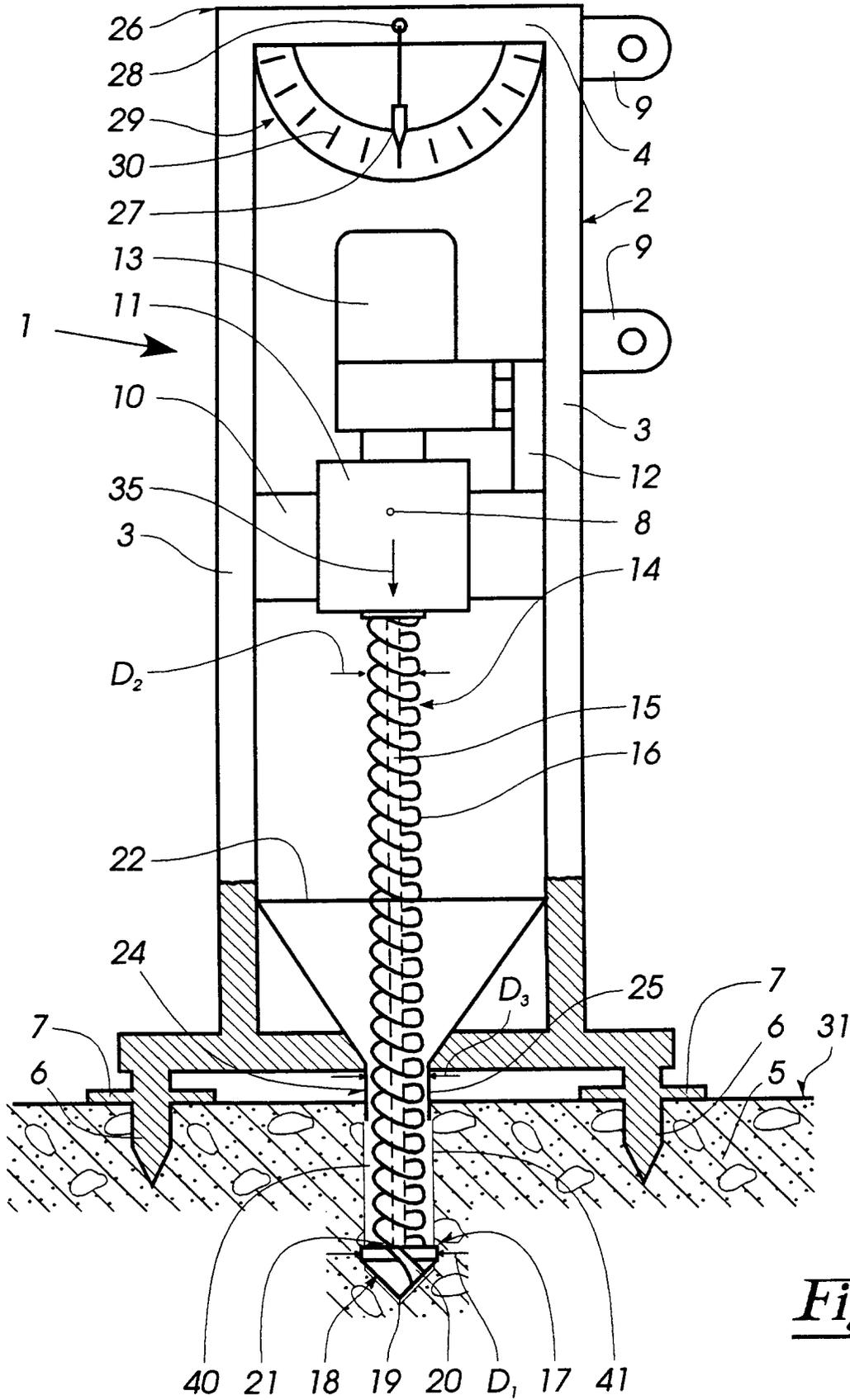


Fig. 4

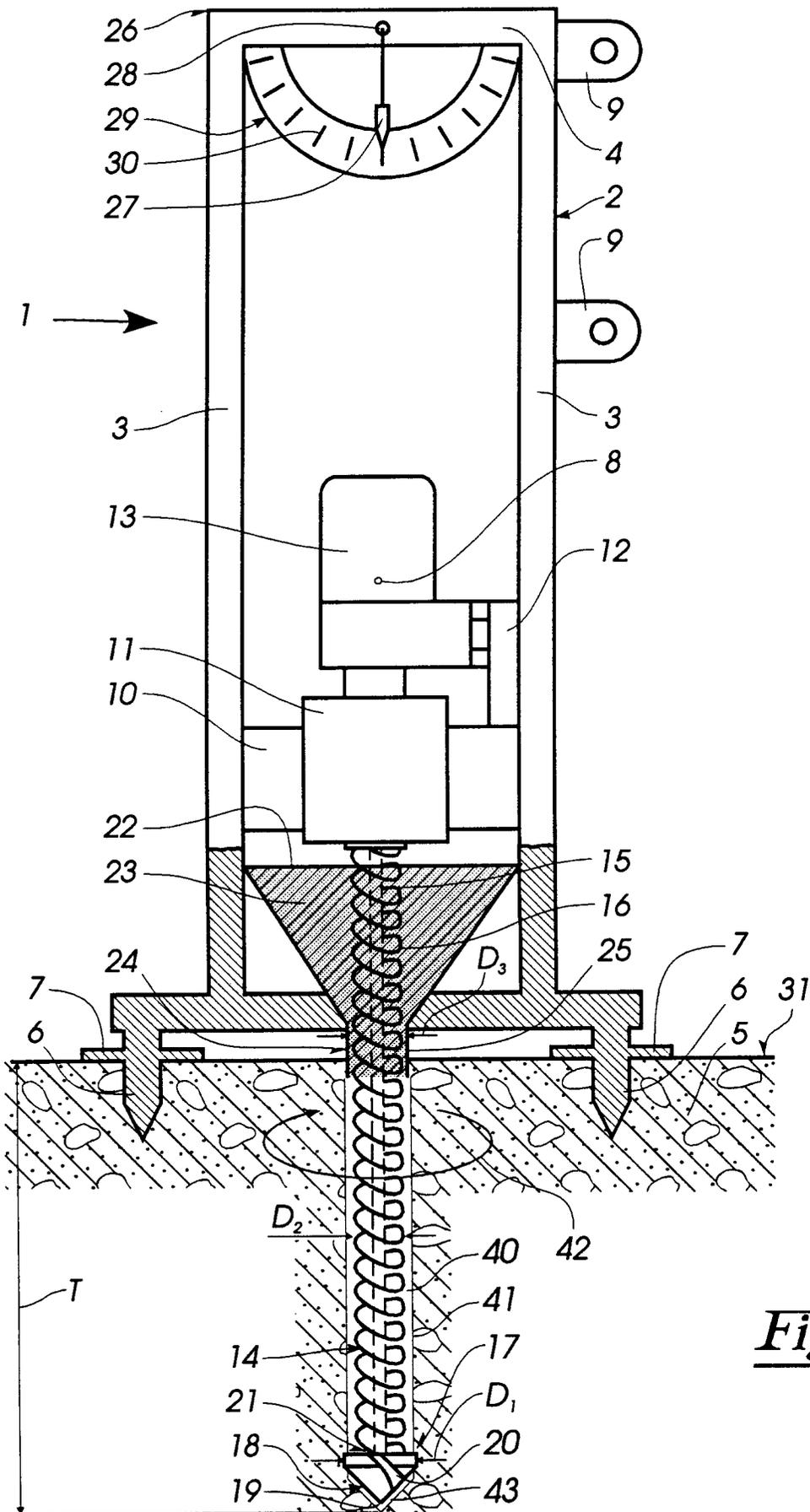


Fig. 5

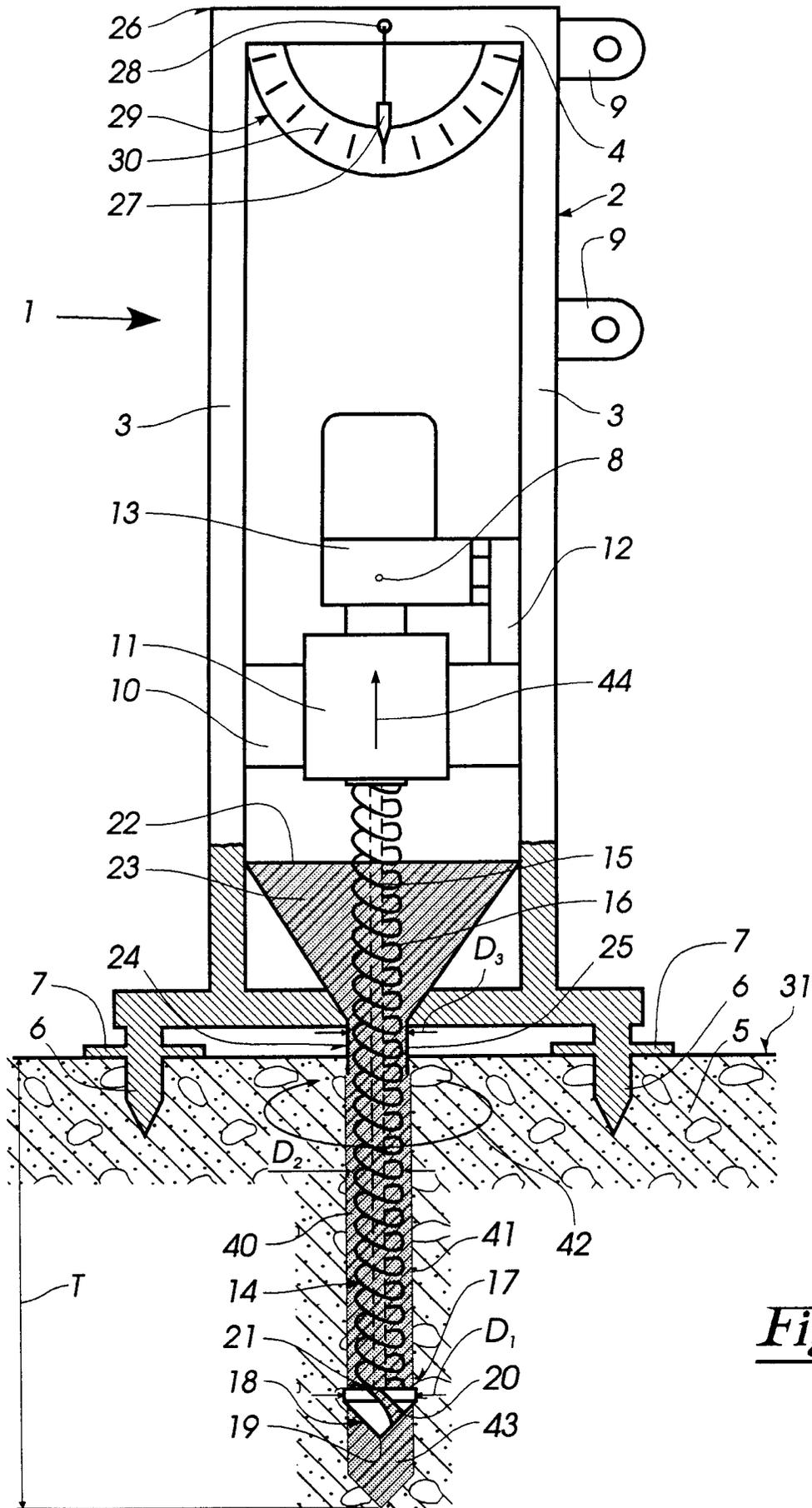


Fig. 6

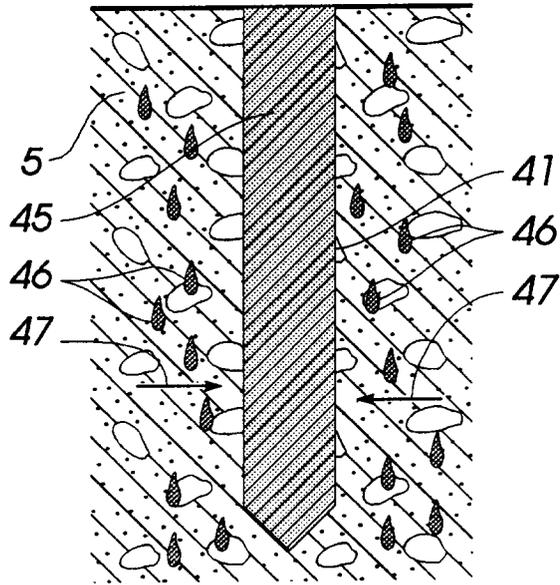


Fig. 7

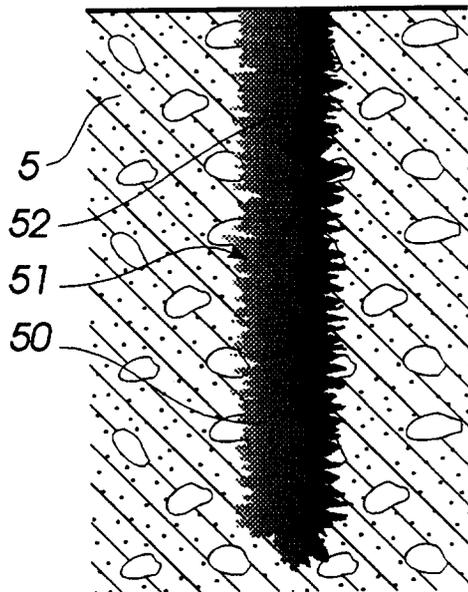


Fig. 8

