

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2000 Patentblatt 2000/27

(51) Int. Cl.⁷: **E02D 3/054**, E02D 1/02

(21) Anmeldenummer: **99124258.7**

(22) Anmeldetag: **04.12.1999**

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

(72) Erfinder:
Köcher, Johannes, Dr.-Ing.
77704 Oberkirch (DE)

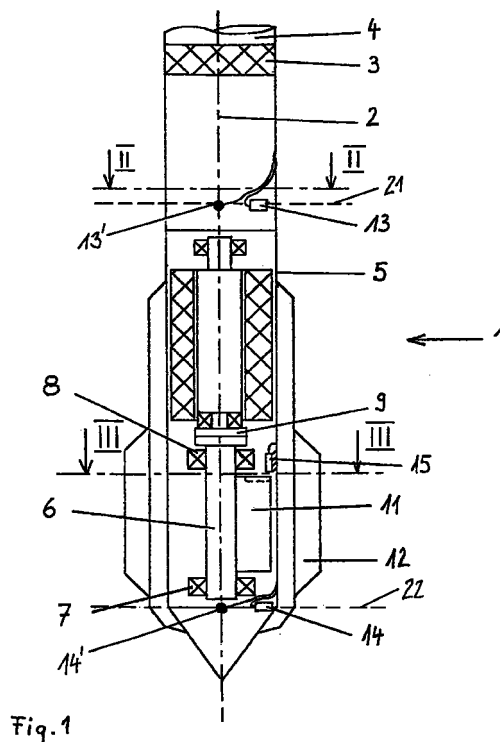
(74) Vertreter:
Neumann, Ernst Dieter, Dipl.-Ing. et al
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,
Brandstrasse 10
53721 Siegburg (DE)

(30) Priorität: 29.12.1998 DE 19859962

(71) Anmelder: **KELLER GRUNDBAU GmbH**
63067 Offenbach (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Verbesserung eines Baugrundes unter Ermittlung des Verdichtungsgrades**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Verbesserung eines Baugrundes unter Ermittlung des Verdichtungsgrades, bei dem ein Tiefenrüttler 1 vertikal in den Baugrund niedergebracht wird, der mittels einer im Tiefenrüttler 1 um eine Längsachse 2 drehend angetriebenen Unwuchtmasse 11 bezogen auf eine horizontale Ebene auf eine Rüttlerkreisbahn beschleunigt wird. Um während des Rüttelvorgangs Aussagen über den Verdichtungsgrad des Baugrundes machen zu können, ist vorgesehen, daß ein Vorlaufwinkel zwischen der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers 1 auf der Rüttlerkreisbahn und der Winkelposition der Unwuchtmasse 11 in einer horizontalen Ebene ermittelt wird, welcher als Kenngröße zur Bestimmung des Verdichtungsgrades dient, wobei in Abhängigkeit vom Vorlaufwinkel, die vom Tiefenrüttler 1 in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung gesteuert wird. Der Tiefenrüttler 1 weist hierzu eine in einem Gehäuse des Tiefenrüttlers rotierend antreibbare Unwuchtmasse 11 auf, sowie zumindest ein Paar von Beschleunigungsaufnehmern 14, welche in einer Meßebene mit rechtwinklig zueinander liegenden Meßachsen angeordnet sind, mit denen die Auslenkung des Tiefenrüttlers 1 auf der Rüttlerkreisbahn ermittelt werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung eines Baugrundes unter Ermittlung des Verdichtungsgrades, bei dem ein rohrförmiger Tiefenrüttler vertikal in den Baugrund niedergebracht wird, der mittels einer im Tiefenrüttler um eine Längsachse des Tiefenrüttlers drehend angetriebenen Unwuchtmasse bezogen auf eine horizontale Ebene auf eine Rüttlerkreisbahn beschleunigt wird.

[0002] Bei bekannten Verfahren dieser Art wird die Leistungsaufnahme des Rüttlermotors zum Antreiben der Unwucht ermittelt und darüber auf den Verdichtungsgrad des Bodens geschlossen. Zuvor müssen jedoch die Bodeneigenschaften vor der Verdichtung ermittelt werden, um somit anhand von Erfahrungswerten eine maximale Energieaufnahme des Rüttlermotors bestimmen zu können, bei der davon ausgegangen werden kann, daß eine ausreichende Verdichtung des Baugrunds erreicht ist. Die Leistungsaufnahme ist jedoch von der Art des Rüttlers abhängig, so daß spezifische Erfahrungswerte gebildet werden müssen. Beim Herstellen von Stopfsäulen unter Zugabe von Schotter, Kies, Zuschlägen, Suspension oder Fertigmörtel kann der Verdichtungsgrad über die Menge des Zugabematerials zur Verfüllung des durch das Rütteln entstehenden Trichters im Baugrund ermittelt werden. Beide genannten Verfahren sind jedoch sehr grob und können durch örtliche Abweichungen der zuvor ermittelten Bodeneigenschaften stark beeinflußt werden.

[0003] Aus der DE 41 30 339 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein Tiefenrüttler in Stufen nach oben gezogen und in Rüttelintervallen rüttelnd betrieben wird, wobei die Größe der Zeitdauer der Rüttelintervalle in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte der jeweiligen Bodenschichten gesteuert wird. Hierzu ist es jedoch notwendig, daß die Lagerungsdichte der jeweiligen Bodenschicht vor dem Rütteln mittels Entnahme von Proben oder mittels Sondierungen festgestellt wird.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit dem während des Rüttelvorgangs Aussagen über den Verdichtungsgrad eines Baugrundes gemacht werden können und der Rüttelvorgang in Abhängigkeit der so ermittelten Daten gesteuert wird.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Vorlaufwinkel zwischen der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers auf der Rüttlerkreisbahn und der Winkelposition der Unwuchtmasse im Tiefenrüttler in einer horizontalen Ebene ermittelt wird. Der Vorlaufwinkel dient als Kenngröße zur Bestimmung des Verdichtungsgrades, wobei ein abnehmender Vorlaufwinkel auf eine abnehmende Verdichtungsleistung des Tiefenrüttlers und einen zunehmenden Verdichtungsgrad des Baugrundes deutet. In Abhängigkeit vom Vorlaufwinkel als Kenngröße für den Verdichtungsgrad wird die vom Tiefenrüttler in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung gesteuert.

[0006] Der Tiefenrüttler bewegt sich bezogen auf eine horizontale Ebene auf einer Rüttlerkreisbahn. In der Regel taumelt der Tiefenrüttler um einen Nullpunkt, der auf einer Längsachse des Tiefenrüttlers liegt. In Abhängigkeit von der Lage der horizontalen Ebene weist die Rüttlerkreisbahn somit unterschiedlich große Durchmesser auf. Zur Bestimmung des Vorlaufwinkels ist jedoch nicht eine quantitative Ermittlung des Ausschlags des Tiefenrüttlers in der horizontalen Ebene erforderlich, sondern lediglich die Richtung der Auslenkung. Die Lage der gewählten Meßebeine ist daher zur Bestimmung des Vorlaufwinkels unerheblich. Sie darf jedoch nicht durch den Nullpunkt gehen. Da der Nullpunkt durch konstruktive Maßnahmen am Tiefenrüttler möglichst in den Bereich der Kupplung zwischen Tiefenrüttler und dem Rohrgestänge, an dem der Tiefenrüttler befestigt ist, gelegt wird, wird eine Meßebeine möglichst am unteren Ende des Tiefenrüttlers vorgesehen.

[0007] Ein lockerer, unverdichteter Boden reagiert weitgehend plastisch auf die Erregung des Tiefenrüttlers. Während des Verlaufs des Rüttelvorgangs wird der Boden dichter und reagiert weniger plastisch und stärker elastisch. Bei einem ideal verdichteten Boden wäre die Reaktion rein linear elastisch. Im unverdichteten Boden leistet der Tiefenrüttler somit zunächst Arbeit beim Wegdrücken des Bodens in radiale Richtung. Sobald der Boden weitgehend verdichtet ist, läßt er sich annähernd nur noch elastisch verformen. Der Anteil der Verdichtungsleistung an der gesamten Leistung wird somit geringer. Dies führt dazu, daß der Vorlaufwinkel zwischen der Winkelposition der Unwuchtmasse und der Auslenkung des Tiefenrüttlers kleiner wird. Bei einer idealen Kreisbahn des Tiefenrüttlers ohne Leistungsabgabe für eine Verdichtung ist der Vorlaufwinkel gleich Null. Dies bedeutet, daß der Mittelpunkt der Rüttlerkreisbahn, die Längsachse des Tiefenrüttlers im ausgelenkten Zustand und der Schwerpunkt der Unwuchtmasse auf eine horizontale Ebene projiziert auf einer Geraden liegen. Je größer die Verdichtungsleistung ist, desto größer ist der Vorlaufwinkel. Dies bedeutet, die Unwuchtmasse hat einen gewissen Vorlauf vor der Auslenkung des Tiefenrüttlers. Die Größe des Vorlaufwinkels liefert demnach einen Hinweis auf den Verdichtungsgrad des Bodens.

[0008] Der Vorlaufwinkel ist so definiert, daß der in einer horizontalen Ebene liegende Winkel, welcher von einer ersten Geraden, die durch den Mittelpunkt der Rüttlerkreisbahn und durch die Längsachse des Tiefenrüttlers im ausgelenkten Zustand verläuft, und von einer zweiten Geraden, die durch die Längsachse des Tiefenrüttlers im ausgelenkten Zustand und durch den Schwerpunkt der Unwuchtmasse verläuft, eingeschlossen ist, ermittelt wird.

[0009] Zur Ermittlung des Vorlaufwinkels ist vorgesehen, daß ein Impuls, der mittels eines Impulsgebers bei einer bestimmten Winkelposition der Unwuchtmasse erzeugt wird, eine Messung der Winkelposition

der Auslenkung des Tiefenrüttlers in zumindest einer Meßebe­ne auslöst.

[0010] Die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers in der Meßebe­ne kann mit einem Paar von Beschleunigungsaufnehmern ermittelt werden, wobei die Beschleunigungsaufnehmer auf einer Meßebe­ne angeordnet sind und die Beschleunigung in zwei vertikalen und senkrecht zueinander angeordneten Ebenen messen. Es kann zusätzlich ein zweites Paar von Beschleunigungsaufnehmern vorgesehen sein, wobei die Beschleunigungsaufnehmer auf einer weiteren Meßebe­ne angeordnet sind und die Beschleunigung in zwei vertikalen und senkrecht zueinander angeordneten Ebenen messen.

[0011] Vorzugsweise wird der Tiefenrüttler nach Erreichen einer Endtiefe stufenweise in Rüttelintervallen rüttelnd aus dem Baugrund gezogen, wobei die Rüttelintervalle bei Unterschreiten eines vorgegebenen minimalen Vorlaufwinkels beendet werden.

[0012] Auf die Verdichtungswirkung des Rüttlers kann daher unmittelbar reagiert werden. Bei einem frühzeitigen Erreichen des gewünschten Verdichtungsgrades wird der Rüttelvorgang somit abgebrochen, so daß eine hohe Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erzielt wird.

[0013] Alternativ kann der Tiefenrüttler nach Erreichen einer Endtiefe kontinuierlich und rüttelnd aus dem Baugrund gezogen und die Geschwindigkeit, mit der der Tiefenrüttlers aus dem Baugrund gezogen wird, umgekehrt proportional zum Verlauf der Größe des Vorlaufwinkels geregelt werden.

[0014] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Tiefenrüttler zu schaffen, mit dem während des Rüttelvorgangs Daten über den Verdichtungsgrad eines Baugrundes ermittelt werden können und mit dem der Rüttelvorgang in Abhängigkeit der so ermittelten Daten geregelt werden kann.

[0015] Die Aufgabe wird durch einen Tiefenrüttler gelöst mit einem im wesentlichen rohrförmigen vertikal angeordneten Gehäuse, mit einer im Gehäuse angeordneten um eine Längsachse des Gehäuses rotierend antreibbaren Unwuchtmasse, mit Mitteln zum Ermitteln der Winkelposition der Unwuchtmasse im Tiefenrüttler und mit zumindest einem Paar von Beschleunigungsaufnehmern, welche in einer Meßebe­ne mit rechtwinklig zueinander liegenden Meßachsen angeordnet sind und mit denen anhand der gemessenen Beschleunigungen die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers auf der Rüttlerkreisbahn ermittelt werden kann. Bevorzugt wird ein weiteres Paar von Beschleunigungsaufnehmern vorgesehen, welche in einer weiteren Meßebe­ne mit rechtwinklig zueinander liegenden Meßachsen angeordnet sind und mit denen anhand der gemessenen Beschleunigungen die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers auf der Rüttlerkreisbahn ermittelt werden kann.

[0016] Eine günstige Weiterbildung umfaßt einen Impulsgeber, der bei einer bestimmten Winkelposition

der Unwuchtmasse eine Messung durch die Beschleunigungsaufnehmer auslöst.

[0017] Vorzugsweise ist eine Auswerte- und Regelungsvorrichtung vorgesehen, mit der in Abhängigkeit von einem Vorlaufwinkel zwischen der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers auf der Rüttlerkreisbahn und der Winkelposition der Unwuchtmasse die vom Tiefenrüttler in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung regelbar ist.

[0018] Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.

[0019] Hierin zeigt

- | | | |
|----|---------|---|
| 15 | Figur 1 | eine schematische Darstellung eines Tiefenrüttlers im Längsschnitt, |
| | Figur 2 | eine schematische Darstellung des Tiefenrüttlers gem. Figur 1 im Querschnitt durch die Schnittlinie II-II, |
| 20 | Figur 3 | eine schematische Darstellung des Tiefenrüttlers gem. Figur 1 im Querschnitt durch die Schnittlinie III-III, |
| 25 | Figur 4 | den Verlauf des Vorlaufwinkels φ über der Zeit bei stufenweisem Ziehen des Tiefenrüttlers und |
| 30 | Figur 5 | den Verlauf des Vorlaufwinkels φ und der Ziehgeschwindigkeit über der Tiefe bei kontinuierlichem Ziehen des Tiefenrüttlers. |

[0020] Figur 1 zeigt einen im wesentlichen zylindrischen Tiefenrüttler 1 mit einer Längsachse 2. An einem oberen Ende ist der Tiefenrüttler 1 mit einem elastischen Kupplungselement 3 coaxial zu einem Rohrgestänge 4 angeordnet und mit diesem verbunden. Das Rohrgestänge 4 läßt sich mit dem Tiefenrüttler 1 in einen Baugrund vertikal einbringen.

[0021] Der Tiefenrüttler 1 umfaßt ein zylindrisches Gehäuse 5, in dem eine Welle 6 coaxial zur Längsachse 2 über Wälzlager 7, 8 gelagert ist. Die Welle 6 ist mit einem Wellenzapfen 9 eines Elektromotors 10 zum Antreiben der Welle 6 verbunden. Auf der Welle 6 ist eine Unwuchtmasse 11 fest mit dieser verbunden. Außen sind an dem Gehäuse 5 umfangsverteilte Schwerter 12 angeordnet, die eine Rotation des Gehäuses 5 im Baugrund verhindern.

[0022] Um den Tiefenrüttler 1 in dem Boden einzubringen oder um den Baugrund mit dem im Boden eingebrachten Tiefenrüttler 1 zu verdichten, wird die Welle 6 mit der Unwuchtmasse 11 von dem Elektromotor 12 drehend angetrieben. Der Tiefenrüttler 1 führt dabei eine Taumelbewegung um einen Nullpunkt aus, wobei der Nullpunkt auf der Längsachse 2 des Tiefenrüttlers 1 liegt. Der Tiefenrüttler 1 ist so ausgelegt, daß der Nullpunkt möglichst im Bereich des elastischen Kupplungs-

elements 3 liegt. Somit wird verhindert, daß die Bewegung des Tiefenrüttlers 1 auf das Rohrgestänge 4 übertragen wird. In einer beliebigen horizontalen Meße-bene führt der Tiefenrüttler 1 eine kreisförmige Bahnbe-wegung aus, wobei sich die Längsachse auf einer Rüttlerkreisbahn bewegt. Durch diese Bewegung des Tiefenrüttlers 1 wird der Baugrund im Bohrloch verdich-tet.

[0023] Sowohl im Bereich des oberen Endes als auch im Bereich des unteren Endes des Tiefenrüttlers 1 sind im Gehäuse 5 jeweils ein Paar von Beschleuni-gungsaufnehmern 13, 13', 14, 14' angeordnet. Jedes Paar von Beschleunigungsaufnehmern 13, 13', 14, 14' ist in einer Meße-bene 21, 22 angeordnet, wobei die Meßachsen der Beschleunigungsaufnehmer 13, 13', 14, 14' eines Paares rechtwinklig zueinander angeord-net sind. Mittels der Beschleunigungsaufnehmer 13, 13', 14, 14' wird die Richtung der Auslenkung des Tie-fenrüttlers 1 ermittelt. Prinzipiell ist zu Ermittlung der Richtung der Auslenkung ein Paar Beschleunigungs-aufnehmer 14, 14' ausreichend. Da jedoch zwei Paare von Beschleunigungsaufnehmern 13, 13', 14, 14' vorge-sehen sind, läßt sich zudem die Schwingungsform, d.h. neben der Lage der Auslenkung auch der Betrag der Auslenkung sowie der Winkel der Längsachse 2 des Tiefenrüttlers 1 gegenüber einer Bohrlochachse ermit-teln. Eine Messung der Auslenkung des Tiefenrüttlers 1 wird durch einen Impulsgeber 15 initiiert. Bei dem Impulsgeber 15 kann es sich beispielsweise um einen Näherungsschalter handeln, der einen Impuls auslöst, sobald ein Nocken oder eine Nut, der/die mit der Unwuchtmasse 11 umläuft, den Näherungsschalter passiert.

[0024] Figur 2 zeigt den Tiefenrüttler gemäß Figur 1 in einem Querschnitt entlang der Schnittlinie II-II. Innerhalb des Gehäuses 5 ist der Elektromotor 10 koaxial zur Längsachse 2 angeordnet. An der Innenfläche des Gehäuses 5 sind zwei Beschleunigungsaufnehmer 13, 13' in einer ersten Meße-bene befestigt. Die Meßachsen X, Y der Beschleunigungsaufnehmer 13, 13' liegen in der Schnittebene und sind rechtwinklig zueinander angeordnet. Mittels der Beschleunigungsaufnehmer 13, 13' läßt sich somit die Bewegung des Tiefenrüttlers 1 in der ersten Meße-bene, die durch die Meßachsen X, Y aufgespannt wird, ermitteln.

[0025] Figur 3 zeigt eine schematische Darstel-lung des Tiefenrüttlers gemäß Figur 1 in einem Quer-schnitt entlang der Schnittlinie III-III. Übereinstimmende Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen wie in Figur 1 versehen. Auf die zugehörige Beschreibung wird Bezug genommen.

[0026] Figur 3 zeigt die Schwingung des Tiefenrütt-lers 1 in einer horizontalen Ebene, welche mit der Schnittebene zusammenfällt. Die Längsachse 2 des Tiefenrüttlers 1 bewegt sich in der horizontalen Ebene auf einer Rüttlerkreisbahn 17. In der Darstellung ist die Unwuchtmasse 11 mit der Welle 6 entgegen dem Uhr-zeigersinn rotierend angetrieben, so daß sich der Tiefen-

rüttler 1 ebenfalls entgegen dem Uhrzeigersinn auf der Rüttlerkreisbahn 17 bewegt.

[0027] Die Rüttlerkreisbahn 17 zeigt die Bahn, auf der die Längsachse 2 des Tiefenrüttlers 1 in der hori-zontalen Ebene bewegt wird. Wenn der Tiefenrüttler 1 eine Verdichtungsleistung zum Verdichten des Bodens aufbringt, ergibt sich ein Vorlaufwinkel ϕ zwischen der Richtung der Auslenkung des Tiefenrüttlers 1 auf der Rüttlerkreisbahn 17 und der Richtung der Lage der Unwuchtmasse 11 im Tiefenrüttler 1. Der Vorlaufwinkel ϕ läßt sich zwischen einer ersten Geraden 18, die durch den Mittelpunkt 19 der Rüttlerkreisbahn 17 des Tiefen-rüttlers 1 und die Längsachse 2 des Tiefenrüttlers 1 im schwingenden Zustand verläuft, und einer zweiten Geraden 20, die durch die Längsachse 2 des Tiefenrütt-lers 1 im schwingenden Zustand und den Schwerpunkt 16 der Unwuchtmasse 11 verläuft, ermitteln. Bei einer freien Schwingung des Tiefenrüttlers 1 liegen die erste Gerade 18 und die zweite Gerade 20 aufeinander, so daß der Vorlaufwinkel ϕ den Wert Null annimmt. Wird vom Tiefenrüttler 1 eine Verdichtungsarbeit geleistet, läuft die Unwuchtmasse 11 vor und die erste Gerade 18 und die zweite Gerade 20 schließen einen Vorlaufwinkel ϕ ein. Der Vorlaufwinkel ϕ ist somit eine Kenngröße für den Verdichtungsgrad, wobei in Abhängigkeit vom Vor-laufwinkel ϕ die vom Tiefenrüttler 1 in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung gesteuert wird.

[0028] Figur 4 zeigt den Verlauf des Vorlaufwinkels ϕ über der Zeit t für den Fall, daß der Tiefenrüttler nach Erreichen einer Endtiefe stufenweise in Rüttelintervallen rüttelnd aus dem Baugrund gezogen wird. Im Zeit-punkt A befindet sich der Tiefenrüttler in der Endtiefe und der Vorlaufwinkel ϕ weist einen Maximalwert auf. Während eines ersten Rüttelintervalls vom Zeitpunkt A bis zum Zeitpunkt B nimmt der Vorlaufwinkel ϕ aufgrund einer zunehmenden Verdichtung des Baugrundes stetig ab. Im Zeitpunkt B ist ein vorbestimmter Grenzwert $\phi_{\min}$ erreicht. Der Tiefenrüttler wird daraufhin im Zeitraum vom Zeitpunkt B bis zum Zeitpunkt C ein Stück aus dem Baugrund gezogen. Zum Zeitpunkt C erreicht der Tie-fenrüttler eine Tiefe, in der der Baugrund noch nicht ver-dichtet ist und der Vorlaufwinkel ϕ wiederum einen Maximalwert annimmt. Während des folgenden Rüttel-intervalls vom Zeitpunkt C bis zum Zeitpunkt D nimmt der Vorlaufwinkel ϕ analog zum ersten Rüttelintervall stetig ab, bis der Grenzwert $\phi_{\min}$ zum Zeitpunkt D wie-der erreicht ist und vom Zeitpunkt D bis zum Zeitpunkt E wird der Tiefenrüttler um ein weiteres Stück aus dem Baugrund gezogen. Weitere Rüttelintervalle schließen sich an, bis der Baugrund über den gewünschten Tie-fenbereich verdichtet ist.

[0029] Das Diagramm in Figur 5 zeigt den Verlauf des Vorlaufwinkels ϕ und den Verlauf der Ziehge-schwindigkeit V über der Tiefe T für den Fall, daß der Tiefenrüttler kontinuierlich rüttelnd aus dem Baugrund gezogen wird. Die Tiefe T nimmt auf der horizontalen Achse von links nach rechts ab. Die Endtiefe F des Tie-fenrüttlers ist somit links im Diagramm dargestellt.

Zunächst wird der Tiefenrüttler rüttelnd betrieben, ohne daß der Tiefenrüttler aus dem Baugrund gezogen wird. Hierbei nimmt der Vorlaufwinkel φ mit steigendem Verdichtungsgrad kontinuierlich ab, bis ein minimaler Vorlaufwinkel $\varphi_{\min}$ erreicht ist. Daraufhin wird der Tiefenrüttler kontinuierlich mit einer zunächst konstanten Ziehgeschwindigkeit aus dem Baugrund gezogen. Es ist erkennbar, daß sich der Vorlaufwinkel φ während des Ziehens verändert. Im gezeigten Beispiel nimmt der Vorlaufwinkel φ zunächst kontinuierlich zu, bis ein Maximalwert $\varphi_{\max}$ erreicht ist. Dies bedeutet, daß der Verdichtungsgrad im Baugrund einen minimalen Grenzwert erreicht hat, so daß in der Tiefe G die Ziehgeschwindigkeit verringert wird, um eine erhöhte Verdichtung zu erreichen. Während des weiteren Verlaufs nimmt im gezeigten Beispiel der Vorlaufwinkel φ wieder kontinuierlich ab, bis ein Minimalwert $\varphi_{\min}$ erreicht wird und in der Tiefe H die Ziehgeschwindigkeit V wieder erhöht wird. Der Vorlaufwinkel φ wird durch erneute Reduzierung der Ziehgeschwindigkeit V in der Tiefe F und erneute Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit V in der Tiefe K u.s.w. somit zwischen den beiden Grenzwerten $\varphi_{\max}$ und $\varphi_{\min}$ gehalten, so daß der Verdichtungsgrad einen maximalen Verdichtungsgrad nicht übersteigt und einen minimalen Verdichtungsgrad nicht unterschreitet. Gesteuert wird dies über die Ziehgeschwindigkeit. Bei einer hohen Ziehgeschwindigkeit wird geringe Verdichtungsleistung in eine Bodenschicht eingebracht, wohingegen bei einer geringeren Ziehgeschwindigkeit eine höhere Verdichtungsleistung in eine Bodenschicht eingebracht wird.

Bezugszeichenliste

[0030]

- 1 Tiefenrüttler
- 2 Längsachse
- 3 elastisches Kupplungselement
- 4 Rohrgestänge
- 5 Gehäuse
- 6 Welle
- 7 Wälzlager
- 8 Wälzlager
- 9 Wellenzapfen
- 10 Elektromotor
- 11 Unwuchtmasse

- 12 Schwert
- 13 Beschleunigungsaufnehmer
- 14 Beschleunigungsaufnehmer
- 15 Impulsgeber
- 16 Exzentrerschwerpunkt
- 17 Rüttlerkreisbahn
- 18 erste Gerade
- 19 Kreismittelpunkt
- 20 zweite Gerade
- A, B, C, D, E, F, G, H, I, K Zeitpunkt
- T Tiefe
- V Ziehgeschwindigkeit
- 25 X, Y Meßachse
- t Zeit
- $\varphi, \varphi_{\min}, \varphi_{\max}$ Vorlaufwinkel
- 30

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung eines Baugrundes unter Ermittlung des Verdichtungsgrades, bei dem ein rohrförmiger Tiefenrüttler (1) vertikal in den Baugrund niedergebracht wird, der mittels einer im Tiefenrüttler (1) um eine Längsachse (2) des Tiefenrüttlers (1) drehend angetriebenen Unwuchtmasse (11) bezogen auf eine horizontale Ebene auf eine Rüttlerkreisbahn (17) beschleunigt wird, dadurch gekennzeichnet,
 - daß ein Vorlaufwinkel (φ) zwischen der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) auf der Rüttlerkreisbahn (17) und der Winkelposition der Unwuchtmasse (11) im Tiefenrüttler (1) in einer horizontalen Ebene ermittelt wird, der als Kenngröße zur Bestimmung des Verdichtungsgrades dient, wobei in Abhängigkeit vom Vorlaufwinkel (φ) die vom Tiefenrüttler (1) in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - daß ein Impuls, der mittels eines Impulsgebers

(15) bei einer bestimmten Winkelposition der Unwuchtmasse (11) im Tiefenrüttler (1) erzeugt wird, eine Messung der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) auf der Rüttlerkreisbahn (17) auslöst.

5

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) in der horizontalen Ebene mit zumindest einem Paar von Beschleunigungsaufnehmern (14, 14') ermittelt wird, wobei die Beschleunigungsaufnehmer (14, 14') in einer Meßebe (22) angeordnet sind und die Beschleunigung in zwei vertikalen und senkrecht zueinander angeordneten Ebenen messen.

10

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

20

daß die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) in der horizontalen Ebene mit einem weiteren Paar von Beschleunigungsaufnehmern (13, 13') ermittelt wird, wobei die Beschleunigungsaufnehmer (13, 13') in einer weiteren Meßebe (21) angeordnet sind und die Beschleunigung in zwei vertikalen und senkrecht zueinander angeordneten Ebenen messen.

25

30

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

daß der Tiefenrüttler (1) nach Erreichen einer Endtiefe stufenweise in Rüttelintervallen rüttelnd aus dem Baugrund gezogen wird und daß die Rüttelintervalle bei Unterschreiten eines vorgegebenen minimalen Vorlaufwinkels ($\varphi_{\min}$) beendet werden.

35

40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

45

daß der Tiefenrüttler (1) nach Erreichen einer Endtiefe kontinuierlich und rüttelnd aus dem Baugrund gezogen wird und daß die Geschwindigkeit (V), mit der der Tiefenrüttler (1) aus dem Baugrund gezogen wird, umgekehrt proportional zum Verlauf des Vorlaufwinkels (φ) geregelt wird.

50

7. Tiefenrüttler zum Verbessern eines Baugrundes unter Ermittlung des Verdichtungsgrades

55

mit einem im wesentlichen rohrförmigen vertikal angeordneten Gehäuse (5),

mit einer im Gehäuse (5) angeordneten um eine Längsachse (2) des Gehäuses (5) rotierend antreibbaren Unwuchtmasse (11),

mit Mitteln zum Ermitteln der Winkelposition der Unwuchtmasse (11) im Tiefenrüttler und mit zumindest einem Paar von Beschleunigungsaufnehmern (14, 14'), welche in einer Meßebe (22) mit rechtwinklig zueinander liegenden Meßachsen angeordnet sind, mit denen anhand der gemessenen Beschleunigungen die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) auf der Rüttlerkreisbahn (17) ermittelt werden kann.

8. Tiefenrüttler nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch

ein weiteres Paar von Beschleunigungsaufnehmern (13, 13'), welche in einer weiteren Meßebe (21) mit rechtwinklig zueinander liegenden Meßachsen angeordnet sind, mit denen anhand der gemessenen Beschleunigungen die Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) auf der Rüttlerkreisbahn (17) ermittelt werden kann.

9. Tiefenrüttler nach einem der Ansprüche 7 oder 8, gekennzeichnet durch

einen Impulsgeber (15), der bei einer bestimmten Winkelposition der Unwuchtmasse (11) eine Messung durch die Beschleunigungsaufnehmer (13, 13', 14, 14') auslöst.

10. Tiefenrüttler nach einem der Ansprüche 7 bis 9, gekennzeichnet durch

eine Auswert- und Regeleinheit, mit der in Abhängigkeit von einem Vorlaufwinkel (φ) zwischen der Winkelposition der Auslenkung des Tiefenrüttlers (1) auf der Rüttlerkreisbahn (17) und der Winkelposition der Unwuchtmasse (11) im Tiefenrüttler in einer horizontalen Ebene die vom Tiefenrüttler (1) in den Baugrund eingebrachte Verdichtungsleistung regelbar ist.

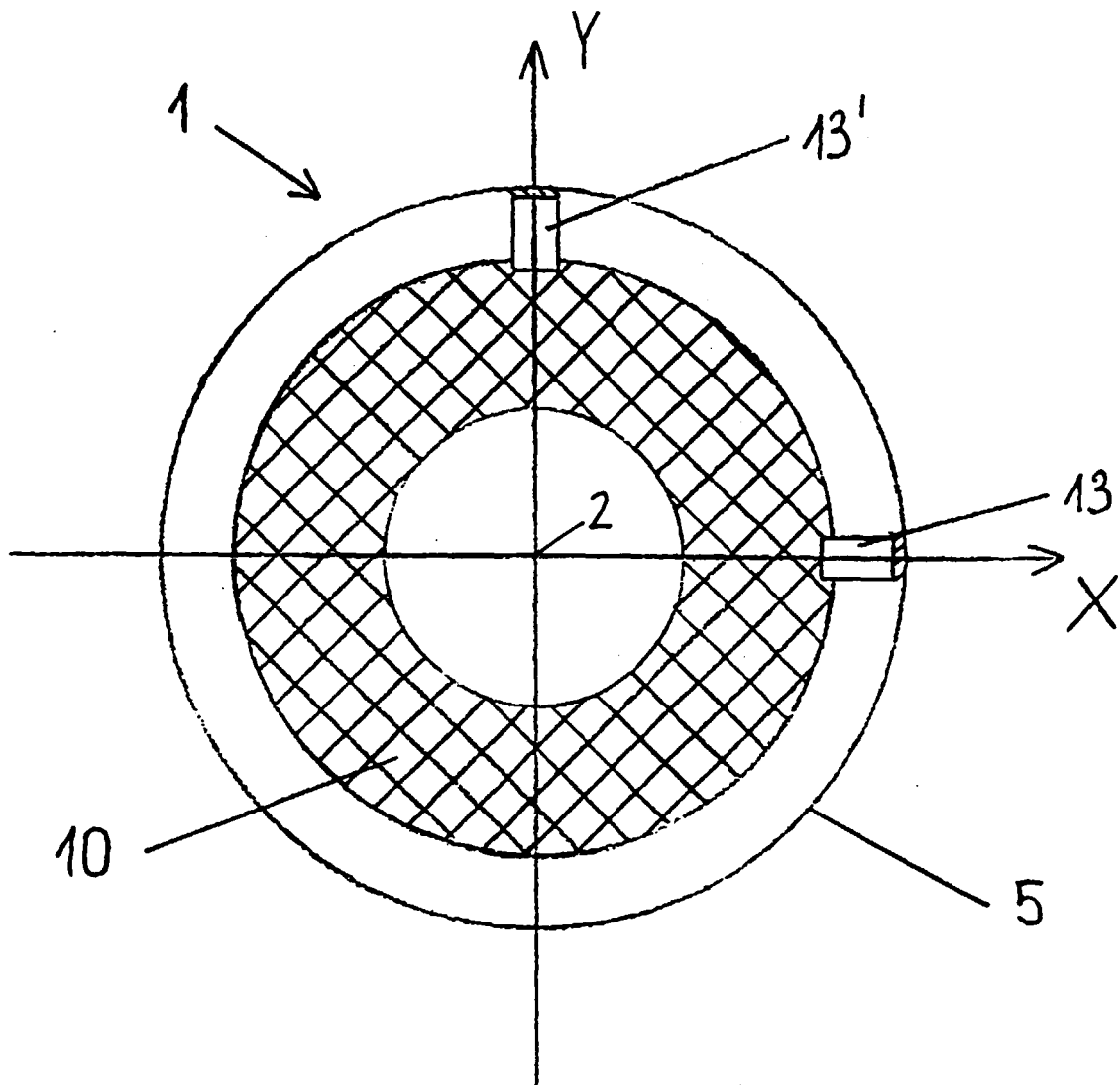
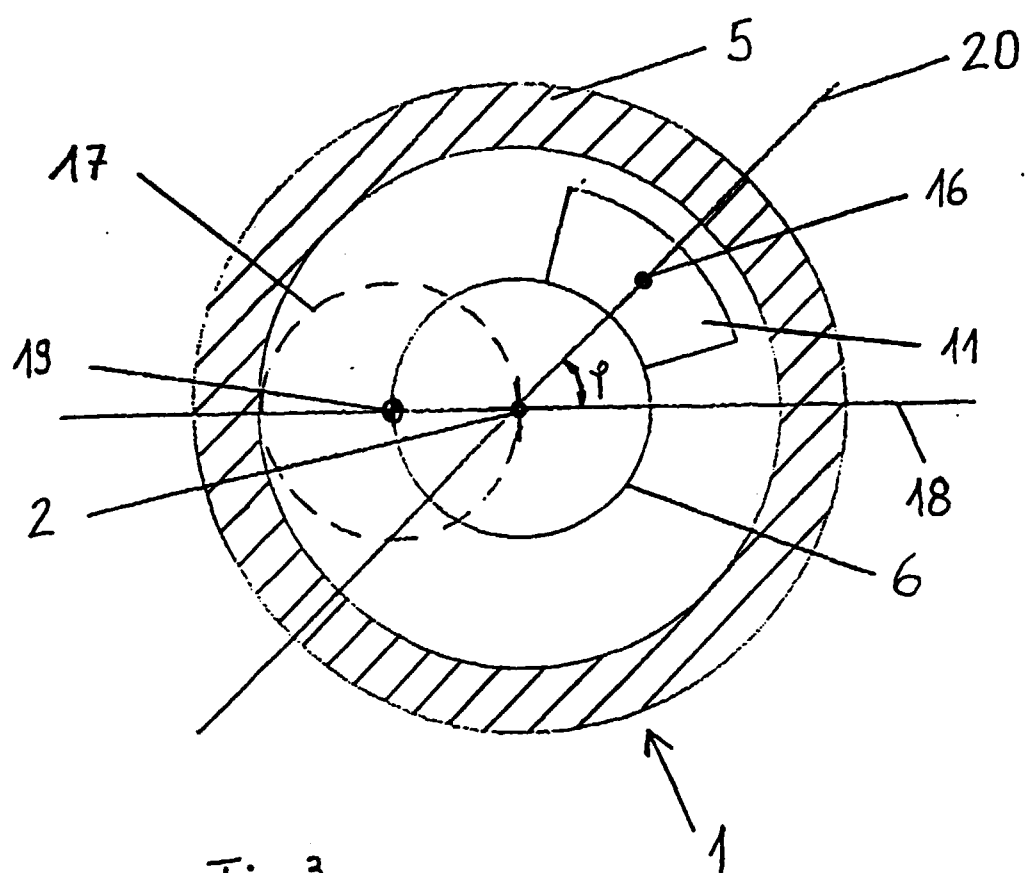


Fig. 2



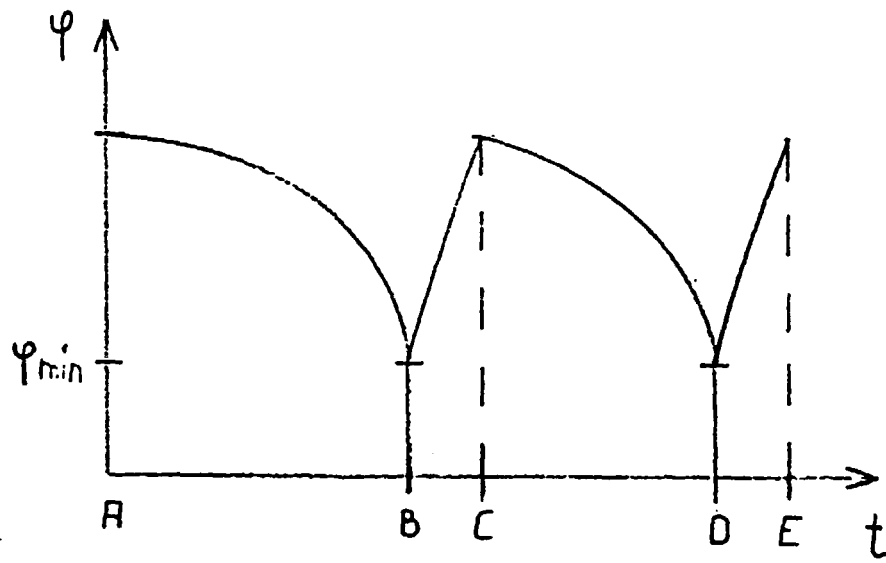


Fig. 4

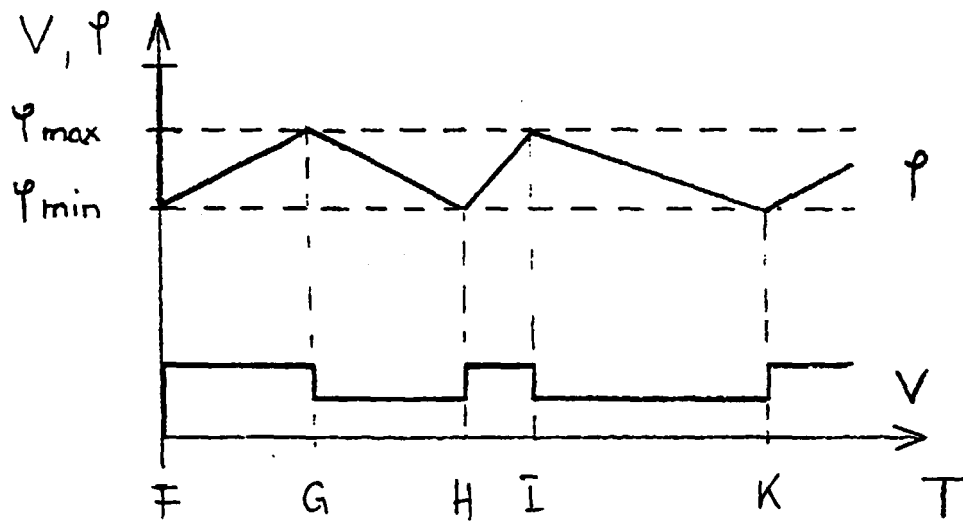


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 12 4258

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 196 28 769 A (BUL SACHSEN GMBH) 12. Dezember 1996 (1996-12-12) * Spalte 5, Zeile 45 - Zeile 68 * * Anspruch 7 * * Abbildungen 2,3 *	1,7-10	E02D3/054 E02D1/02
A	US 4 330 738 A (PARAMYTHIOTI MICHEL ET AL) 18. Mai 1982 (1982-05-18) * Spalte 1, Zeile 65 - Spalte 2, Zeile 15 * * Spalte 9, Zeile 31 - Zeile 34 * * Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 37 *	1-3	
A	DE 33 36 364 A (BAUMASCHINEN GATERSLEBEN VEB) 18. April 1985 (1985-04-18) * Seite 7, Zeile 19 - Seite 8, Zeile 23 * * Abbildung 2 *		
A	DE 16 34 616 A (STOTHERT AND PITT LTD.) 16. Juli 1970 (1970-07-16) * Seite 6, Zeile 10 - Seite 9, Zeile 9 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 12. April 2000	
		Prüfer Urbahn, S	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04003)

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

EP 99 12 4258

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19628769 A	12-12-1996	KEINE	
US 4330738 A	18-05-1982	FR 2390546 A	08-12-1978
		DE 2820026 A	16-11-1978
		GB 1602252 A	11-11-1981
		JP 53139305 A	05-12-1978
		SE 443173 C	29-05-1986
		SE 7805069 A	10-11-1978
DE 3336364 A	18-04-1985	KEINE	
DE 1634616 A	16-07-1970	BE 673215 A	02-06-1966
		BE 746169 A	18-08-1970
		CH 437853 A	
		DE 2007448 A	17-09-1970
		FR 2037097 A	31-12-1970
		FR 1456298 A	11-01-1967
		GB 1072160 A	
		GB 1224123 A	03-03-1971
		NL 6515605 A	03-06-1966
		NL 6914543 A	29-12-1969
		NL 7001703 A	20-08-1970
		US 3599543 A	17-08-1971

EPD FORM P0461

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