



(11)

EP 3 051 027 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.11.2017 Patentblatt 2017/48

(51) Int Cl.:
E02D 7/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16152736.1**

(22) Anmeldetag: **26.01.2016**

(54) **VERFAHREN ZUM VIBRATIONSRAMMEN UND VIBRATIONSRAMMANORDNUNG**

METHOD FOR VIBRATION DRIVING AND VIBRATION DRIVING ASSEMBLY

PROCEDE DE MISE EN PLACE PAR VIBRATIONS ET SYSTEME DE PLACER PAR VIBRATIONS

(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

(30) Priorität: **29.01.2015 DE 102015201502**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.08.2016 Patentblatt 2016/31

(73) Patentinhaber: **innogy SE**
45128 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **BARTMINN, Daniel**
25335 Elmshorn (DE)
• **HERWIG, Volker**
20255 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly**
Patentanwälte PartG mbB
Postfach 100411
51404 Bergisch Gladbach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 191 755

EP 3 051 027 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vibrationsrammen von Rammgut in einen Baugrund, wobei mittels einer am Rammgut befestigten Vibrationseinrichtung hochfrequente Schwingungen über das Rammgut in den Baugrund vor einem Profilfuß des Rammgutes eingeleitet werden, so dass sich der Baugrund vor dem Profilfuß verflüssigt, wodurch das Rammgut aufgrund seines Eigengewichts und des Gewichts der Vibrationseinrichtung in den Baugrund eingetrieben wird.

[0002] Rammgut in Form von Pfählen, Spundprofilen oder andere Profilen kann durch Schlagrammen oder durch Vibrationsrammen in einen Baugrund eingetrieben werden. Im Gegensatz zum Vibrationsrammen werden beim Schlagrammen axial gerichtete Impulse über das Rammgut in den Baugrund eingeleitet. Das Einbringen von Rammgut mit der Schlagramme weist dadurch bedingt wesentliche Nachteile auf, insbesondere hinsichtlich der Umweltverträglichkeit. Durch das Schlagrammen werden beachtliche Erschütterungen in den Untergrund eingebracht, so dass das Schlagrammen mit einer starken Lärmentwicklung von bis zu 180 dB einhergeht. Gegenüber dem Schlagrammen weist die Vibrationstechnik Vorteile auf, die beispielsweise darin zu sehen sind, dass die Erregerfrequenz der Vibrationsrammen verändert und so den spezifischen geologischen und bauwerksdynamischen Erfordernissen angepasst werden kann, wodurch der Einbau von Fundamenten durch Vibrieren in vielen Fällen bedeutend umweltschonender ist.

[0003] Insbesondere bei der Herstellung von offshore Gründungen ist das Schlagrammen von Pfählen für sogenannte Monopiles, Jacketts oder andere Fundamenttypen nicht unumstritten, da durch die Geräusentwicklung beim Schlagrammen eine erhebliche Beeinträchtigung von Meeressäugetieren erfolgt.

[0004] Für eine optimale Gründung eines Fundaments ist es von besonderer Bedeutung, die Tragfähigkeit des Fundaments genau bemessen zu können. Dies bereitet bei einvibrierten Pfählen regelmäßig Schwierigkeiten. Unter bestimmten Voraussetzungen können einvibrierte Pfähle eine geringere seitliche Tragfähigkeit aufweisen als solche, die durch Schlagrammen eingetrieben wurden. Es ist deshalb bekannt, Pfähle oder andere Fundamentprofile über einen ersten Teilabschnitt einzuvibrieren und über einen letzten Teilabschnitt ihrer Einspannlänge zusätzlich durch Schlagrammen einzutreiben. Hierzu ist es erforderlich, auf der Baustelle sowohl eine Vibrationseinrichtung als auch eine Schlagramme bereitzustellen. Der damit einhergehende Rüstaufwand ist unverhältnismäßig hoch. Der mit dem Umsetzen der Geräte verbundene Aufwand macht insbesondere bei großen Pfählen, wie zum Beispiel für die Gründung von offshore Windturbinen, den Einsatz des Vibrationsrammens unwirtschaftlich.

Beim Einbringen von Rammgut in einen Baugrund mittels Vibrationsrammen kann der Vibrationsprozess durch Deaktivieren der Vibrationseinrichtung unterbrochen

werden. Zum Fortsetzen des Vibrationsprozesses muss die Vibrationseinrichtung reaktiviert werden. Aufgrund der teilweisen Einspannung des Rammgutes durch den Baugrund ändert sich jedoch das Vibrationsverhalten des Rammgutes, so dass ein weiteres Versenken des Rammgutes mittels Vibrationsrammen erschwert ist.

[0005] Die DE 1191755 B betrifft eine Vorrichtung zum Eintreiben von Pfählen, Rohren, Spundbohlen oder dergleichen mit einem Schwingungserzeuger, an dem über eine elastische Verbindung entweder ein Bündel von Lastplatten oder aber auch ein Flüssigkeitstank befestigt ist.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vibrationsrammen von Pfählen in einen Baugrund bereitzustellen, welches ein diskontinuierliches Vibrationsrammen von Rammgut in Baugrund verbessert ermöglicht. Auch liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vibrationsrammen von Rammgut in einen Baugrund bereitzustellen, durch dessen Anwendung eine erhöhte seitliche Tragfähigkeit des Rammgutes erreicht werden kann.

[0007] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs eins gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den von Anspruch eins abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0008] Ferner liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vibrationsanordnung bereitzustellen, mittels der ein verbessertes diskontinuierliches Vibrationsrahmen von Rammgut in Baugrund verbessert ermöglicht ist. Diese Aufgabe wird durch eine Vibrationsanordnung mit den Merkmalen von Anspruch zwölf gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den von Anspruch zwölf abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0009] Im Genaueren wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe durch ein Verfahren zum Vibrationsrammen von Rammgut in einen Baugrund unter Einleitung von hochfrequenten Schwingungen, die mittels einer an dem Rammgut befestigten Vibrationseinrichtung erzeugt werden, über das Rammgut in den Baugrund vor dem Profilfuß des Rammgutes unter zumindest teilweiser Verflüssigung des Baugrundes vor dem Profilfuß gelöst, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass eine Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Einbringens des Rammgutes in den Baugrund variiert wird.

[0010] Durch Variation der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes wird das Schwingungsverhalten des Rammgutes verändert. Ferner kann durch Variation der Masse und somit der auf den Baugrund wirkenden Gewichtskraft des Rammgutes dessen Eindringgeschwindigkeit in den Baugrund variiert und den gegebenen Erfordernissen angepasst werden. Folglich ist es bei einem Reaktivieren des Vibrationsprozesses, nachdem die Vibrationseinrichtung zeitweise deaktiviert war, vereinfacht möglich, den Eindringprozess des Rammgutes in den Baugrund mittels Vibrationsrammens erneut aufzunehmen. Denn durch die Variation der Mas-

se der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes kann den sich veränderten Schwingungsbedingungen für das Rammgut Rechnung getragen werden. Ferner können die Mantelreibung des Rammgutes im Baugrund und der Spitzenwiderstand des Rammgutes leichter überwunden werden.

[0011] Da durch die Variation der Masse des Rammgutes und/oder der Vibrationseinrichtung auch die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund variiert werden kann, kann auch eine laterale Belastbarkeit des in den Baugrund eingebrachten Rammgutes erhöht werden.

[0012] Das Verfahren zum Vibrationsrammen von Rammgut in einen Baugrund umfasst folglich folgende Vibrationsschritte: Befestigen einer Vibrationseinrichtung an dem Rammgut, Positionieren des Rammgutes auf dem Baugrund, und Aktivieren der Vibrationseinrichtung, so dass hochfrequente Schwingungen über das Rammgut in den Baugrund von einem Profilfuß des Rammgutes unter zumindest teilweiser Verflüssigung des Baugrundes vor dem Profilfuß eingeleitet werden, wobei eine Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Einbringens des Rammgutes in den Baugrund variiert wird.

[0013] Die Vibrationseinrichtung kann auch als Vibrator oder als Vibrationsbär bezeichnet werden. Das Rammgut kann in Form von Spundwänden, Spundprofilen, in Form von Pfählen, insbesondere Gründungspfählen für beispielsweise Monopiles oder beispielsweise in Form von beliebig gestalteten Profilen vorliegen.

[0014] Unter hochfrequenten Schwingungen im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Schwingungen zu verstehen, die dazu geeignet sind, sich im Baugrund so auszubreiten, dass bei dem in den Baugrund eingebrachten Rammgut sowohl die Mantelreibung als auch der Spitzenwiderstand des Bodens überwunden werden, der Boden vor dem Profilfuß also quasi verflüssigt wird, wodurch das Rammgut vermöge seiner Gewichtskraft in den Baugrund eindringen kann.

[0015] Obwohl im Folgenden der Begriff "Vibrationsrammen" verwendet wird, erfolgt der Einbringvorgang ohne das beim Schlagrammen übliche einschlagende Eintreiben des Profils.

[0016] Unter einer hochfrequenten Schwingung im Sinne der vorliegenden Erfindung ist beispielsweise eine Schwingung innerhalb eines Frequenzbandes von etwa 5 Hz bis 150 Hz, vorzugsweise von 10 Hz bis 50 Hz zu verstehen.

[0017] Unter einem Profilfuß im Sinne der Erfindung ist das in den Baugrund einzubringende führende Ende des Rammgutes zu verstehen.

[0018] Als Baugrund im Sinne der vorliegenden Erfindung kann ein im Wesentlichen sedimentöser Untergrund sowohl onshore als auch offshore vorgesehen sein.

Das Verfahren unterscheidet grundsätzlich nicht zwischen einer Offshore-Gründung und einer Onshore-Gründung.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Eindringens in den Baugrund erhöht.

[0020] Das zusätzliche Gewicht kann beispielsweise ein Stahlgewicht, ein Betongewicht oder ein Ballasttank sein, wobei das Zusatzgewicht entweder an der Vibrationseinrichtung und/oder dem Rammgut befestigt wird.

[0021] Als Eindringprozess des Rammgutes in den Baugrund ist dabei der Prozess zu verstehen, bei dem das Rammgut auf die vorgesehene Endteufe in den Baugrund eingebracht wird. Dieser Eindringprozess kann selbstverständlich unterbrochen werden. In diesen Unterbrechungen, in denen die Vibrationseinrichtung deaktiviert ist, kann dann die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes erhöht werden, indem entweder an der Vibrationseinrichtung und/oder an dem Rammgut zumindest ein Zusatzgewicht angebracht wird.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung wird die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Einbringens des Rammgutes vermindert.

[0023] Beispielsweise kann die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes zuerst erhöht werden, woraufhin anschließend die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes vermindert wird. Dies lässt sich beispielsweise dadurch realisieren, dass an der Vibrationseinrichtung und/oder an dem Rammgut ein Ballastbehälter angebracht wird, der mit flüssigem oder rieselfähigem Ballast beispielsweise in Form vom Sand oder Wasser befüllt wird. Während aktivierter Vibrationseinrichtung kann der Ballast aus dem Ballastbehälter abgelassen werden, wodurch auch während einer aktivierten Vibrationseinrichtung die Masse des Rammgutes und/oder der Vibrationseinrichtung vermindert wird.

[0024] Durch eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes wird insbesondere die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund verändert, insbesondere verringert. Aufgrund einer verringerten Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund wird die laterale Belastbarkeit des Rammgutes erhöht.

[0025] Bevorzugterweise wird die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes derart vermindert, dass eine Verminderung der Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes erreicht wird. Wie bereits oben erwähnt, führt eine verringerte Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund zu einer erhöhten lateralen Belastbarkeit des Rammgutes in den Baugrund.

[0026] Die Variation der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes erfolgt vorzugsweise nach einem Deaktivieren der Vibrationseinrichtung und vor einem Reaktivieren der Vibrationseinrichtung. Wie bereits oben erwähnt, erfolgt in einer Vibrationspause insbesondere eine Erhöhung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes, beispielsweise durch Anbringung eines Zusatzgewichtes an dem

Rammgut und/oder an der Vibrationseinrichtung. In dem Fall, dass ein Ballastbehälter an der Vibrationseinrichtung und/oder an dem Rammgut befestigt ist, kann die Masse auch durch Befüllen des Ballasttanks mit Ballast erfolgen.

[0027] Wie bereits oben erwähnt, erfolgt vorzugsweise eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes bei aktivierter Vibrationseinrichtung.

[0028] Insbesondere lässt sich die Resonanzfrequenz durch eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes beeinflussen, sodass durch eine Verminderung der entsprechenden Masse die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund gezielt variiert, insbesondere vermindert werden kann.

[0029] Wie bereits eingangs erwähnt, erfolgt vorzugsweise eine Erhöhung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes durch ein Anbringen eines Zusatzgewichtes an der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes. Das Zusatzgewicht kann als Stahlgewicht, als Betongewicht oder auch als Ballasttank ausgebildet sein, wobei in dem Ballasttank rieselfähigen oder flüssiges Material, insbesondere Sand oder Wasser eingefüllt werden kann.

[0030] In dem Fall, dass ein Ballasttank an der Vibrationseinrichtung und/oder am Rammgut befestigt ist, erfolgt vorzugsweise eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes durch Ablassen von Ballast aus dem Ballasttank bei aktivierter Vibrationseinrichtung. Somit lässt sich die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund dynamisch verändern.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Zusatzgewicht elastisch mit der Vibrationseinrichtung verbunden.

[0032] Durch die elastische Befestigung erfolgt bei aktivierter Vibrationseinrichtung eine Schwingungsanregung des Zusatzgewichtes bzw. der Zusatzgewichte, sodass die Vibrationseinrichtung selber zusätzlich zu ihrer Anregungsfunktion als eine Art Hochfrequenzhammer fungiert. Bei der elastischen Koppelung der Vibrationseinrichtung und des Zusatzgewichtes kann das Zusatzgewicht zeitlich variabel ausgestattet sein, d.h. die Masse der Zusatzgewichtes ist zeitlich variabel, wodurch eine dynamische Verstärkung und eine dynamische Anpassung der Frequenz, im Genaueren der Anregungsfrequenz erreicht wird.

[0033] Aufgrund der elastischen Kopplung des Zusatzgewichtes mit der Vibrationseinrichtung kann das Zusatzgewicht bezüglich der Vibrationseinrichtung mit einer Schwebefrequenz oszillieren, die sich aus der Anregungsfrequenz der Vibrationseinrichtung, der Masse des Zusatzgewichtes und einer Federkonstanten ergibt, wobei sich die Federkonstante aus der elastischen Verbindung des Zusatzgewichtes an der Vibrationseinrichtung ergibt.

[0034] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen Verfahrensschritt zum Deponieren von

Wasser in den Bereich des Profilfußes des Rammgutes. Hierzu kann eine Injektionsleitung vorgesehen sein, die zusammen mit dem Profilfuß des Rammgutes in den Baugrund vorangetrieben wird. Mittels eines entsprechenden Verfahrens lässt sich die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund erhöhen.

[0035] Vorzugsweise wird eine Vibrationsfrequenz der Vibrationseinrichtung während des Vibrationsvorganges innerhalb eines gegebenen Verflüssigungsfrequenzbandes des Baugrundes variiert. Dabei wird vorzugsweise die Variation der Vibrationsfrequenz so vorgenommen, dass eine gezielte Änderung der Eindringgeschwindigkeit des Profils durch die Frequenzänderung bewirkt wird.

[0036] Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass entweder gezielt die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in dem Baugrund und/oder die Frequenz so variiert werden, dass während des Einbringens des Rammgutes oder bei Erreichen der vorgegebenen Endteufe des Rammgutes eine Bodenverfestigung beziehungsweise Bodenverdichtung erzielt wird, um die seitliche Tragfähigkeit des eingebrachten Rammgutes zu erhöhen.

[0037] Wie eingangs bereits erwähnt, unterscheidet sich das Verfahren grundsätzlich von dem sogenannten Schlagrammen dadurch, dass die Vibrationseinrichtung kraftschlüssig mit einem Kopf des Rammgutes verbunden ist und keine Schlagimpulse über das Rammgut in den Baugrund eingebracht werden.

[0038] Die gezielte Änderung der Vibrationsfrequenz erfolgt erfindungsgemäß zusätzlich zu der notwendigen Frequenzänderung, die bei jedem Vibrationsvorgang unerlässlich ist, um die Vibrationseinrichtung anzufahren und auch wieder abzustellen. Eine solche notwendige Frequenzänderung zum Starten und Beenden des Vibrationsvorganges ist nicht unter einer Variation der Vibrationsfrequenz im Sinne der vorliegenden Erfindung zu verstehen.

[0039] Wie eingangs bereits erwähnt, liegt der Erfindung mitunter die Erkenntnis zugrunde, dass für die spätere Tragfähigkeit des einvibrierten Rammgutes die Wahl des Eindringfortschritts beim Einbringen als auch die Vibrationsfrequenz bei gegebenem Eindringfortschritt entscheidend ist. Die Wahl einer zu hohen Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes geht unter Umständen einher mit einer verringerten Endtragfähigkeit des Rammgutes. Schließlich liegt der Erfindung auch die Erkenntnis zugrunde, dass ein Vibrieren ohne nennenswerten Eindringfortschritt ebenfalls signifikant zu einer Erhöhung der Tragfähigkeit des Rammgutes beiträgt.

[0040] Grundsätzlich lässt sich die Eindringgeschwindigkeit über die Frequenz des Vibrators als auch über die wirksame Gewichtskraft des Rammgutes und der Vibrationseinrichtung einstellen. Die wirksame Gewichtskraft des Rammgutes als auch der Vibrationseinrichtung lässt sich zusätzlich über die Last an einem Kran oder einem anderen Hebezeug beeinflussen.

[0041] Die Beeinflussung der Gewichtskraftwirkung

des Rammgutes und der Vibrationseinrichtung kann folglich zusätzlich über eine Lastvariation an einem Kran oder einem anderen Hebezeug erfolgen.

[0042] Unter der wirksamen Gewichtskraft des Rammgutes im Sinne der Erfindung ist der Anteil der Gewichtskraft zu verstehen, der über den Profilfuß und die Mantelreibung des Rammgutes in den Baugrund eingetragen wird.

[0043] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird ferner durch eine Vibrationsanordnung gelöst, die eine an einem Rammgut befestigbare bzw. befestigte Vibrationseinrichtung umfasst, wobei die Vibrationsanordnung ferner zumindest ein Zusatzgewicht umfasst, das an der Vibrationseinrichtung und/oder am Rammgut befestigbar ist.

[0044] Die Verbindung des Zusatzgewichtes mit der Vibrationseinrichtung und/oder dem Rammgut ist vorzugsweise elastisch ausgebildet. Eine entsprechende elastische Verbindung kann insbesondere über entsprechend stabil ausgebildete Federn erfolgen.

[0045] Das Vibrationsrammen wird nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügte Figur erläutert. Es zeigt:

Figur 1: eine schematische Ansicht eines in einen Baugrund einzutreibenden Rammgutes mit aufgesetzter Vibrationseinrichtung, die an einem Kran aufgehängt ist.

[0046] Aus Figur 1 ist der Aufbau einer erfindungsgemäßen Vibrationsrammanordnung ersichtlich. Die Vibrationsrammanordnung weist ein Hydraulikaggregat 14 und eine Vibrationseinrichtung 10 auf, die mittels Hydraulikschläuchen 17 mit einer Hydraulikpumpe 16 des Hydraulikaggregats 14 verbunden ist. Das Hydraulikaggregat 14 umfasst ferner einen Verbrennungsmotor 15, der zum Antreiben der Hydraulikpumpe 16 ausgebildet ist. In der Vibrationseinrichtung 10 ist zumindest ein Hydraulikmotor 11 angeordnet, der zum Antreiben von Unwuchten 12 ausgebildet ist. Durch die gegenläufig rotierenden Unwuchten 12 werden axiale Schwingungen in ein als Profil 1 ausgebildetes Rammgut 1 eingeleitet, wobei das Rammgut 1 mittels einer Spanneinrichtung 13 mit der Vibrationseinrichtung 10 verbunden ist. Aus Figur 1 ist ferner ersichtlich, dass die Vibrationseinrichtung 10 samt dem an dieser befestigten Rammgut 1 an einem Kran 6 befestigt ist, so dass ein auf einen Profilfuß 3 des Rammgutes 1 wirkende Gewichtskraft durch eine entsprechende Abstützung über den Kran 6 beeinflusst werden kann.

[0047] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Vibrationseinrichtung 10 hydraulisch angetrieben. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf ein hydraulisches Antreiben der Vibrationseinrichtung 10 beschränkt, denn die Unwuchten 12 der Vibrationsanordnung 10 können auch elektrisch angetrieben werden. Hinsichtlich des Antriebs der Unwuchten 12 besteht insofern keinerlei Begrenzung.

[0048] Wie bereits eingangs erwähnt, ist Vibrationseinrichtung 10 ist auf einen Pfahlkopf 4 des Rammgutes 1

mittels der Spanneinrichtung 13 geklemmt, also kraftschlüssig an diesen befestigt und umfasst einen Antrieb in Form des Hydraulikmotors 11 sowie ein Feder-Masse-System in Form der Unwuchten 12, über welche das Profil 1 beziehungsweise der Profilkopf 4 in eine vertikal oszillierende Bewegung versetzt wird, so dass sich in dem Profil 1 eine stehende Welle ausbreitet. Ein Teil dieser so in das Profil 1 eingeleiteten Vibrationsenergie wird durch die Mantelreibung des in den Baugrund 2 eindringenden Profils 1 verbraucht. Ein Teil der Vibrationsenergie, die an dem Profilfuß 3 ankommende Vibrationsenergie wird zur Überwindung des Spitzenwiderstandes des Profils 1 beim Eindringen in den Baugrund 2 benötigt, was letztendlich das Eindringen des Profils 1 in den Baugrund 2 bewirkt.

[0049] Die über die Vibrationseinrichtung 10 eingeleiteten Schwingungen pflanzen sich durch das Profil 1 vom Profilkopf 4 über die Länge des Profils 1 zum Profilfuß 3 und in den Baugrund 2 fort, so dass sich der Baugrund 2 unterhalb beziehungsweise vor dem Profilfuß 3 verflüssigt und die Mantelreibung der Einspannlänge des in den Baugrund 2 eingetragenen Profils 1 überwunden wird, so dass das Profil 1 vermöge seiner Gewichtskraft in den Baugrund 2 eindringt, wenn die Last an den Kran 6 entsprechend eingestellt wird.

[0050] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass eine Masse der Vibrationseinrichtung 10 und/oder des Rammgutes 1 während des Einbringens bzw. Eindringens des Rammgutes in den Baugrund variiert wird. Zu diesem Zweck weist die Vibrationsanordnung bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwei Zusatzgewichte 20 auf, die an der Vibrationseinrichtung 10 elastisch befestigt sind. Die Verbindung zwischen den Zusatzgewichten 20 und der Vibrationseinrichtung erfolgt also über eine Federverbindung 21.

[0051] Jedoch ist es auch möglich, wenn auch in der Figur nicht dargestellt, dass das Zusatzgewicht 20 bzw. die Zusatzgewichte 20 mit der Vibrationseinrichtung 10 starr verbunden ist/sind.

[0052] Aufgrund der elastischen Befestigung der Zusatzgewichte 20 mit der Vibrationseinrichtung 10 erfolgte bei aktivierter Vibrationseinrichtung 10 eine Schwingungsanregung der Zusatzgewichte 20, sodass die Vibrationseinrichtung 10 selber zusätzlich zu ihrer Anregungsfunktion als eine Art Hochfrequenzhammer fungiert. Denn die Zusatzgewichte 20 schwingen mit einer Schwebefrequenz bezüglich der Vibrationseinrichtung 10, wobei sich die Schwebefrequenz durch die Anregungsfrequenz, die durch die Umlaufgeschwindigkeit der Unwuchten 12 bestimmt ist, durch die Masse der Zusatzgewichte 20 und durch die Federverbindungen 21 bedingte Federkraft zwischen den Zusatzgewichte 20 und der Vibrationseinrichtung 10, ergibt.

[0053] Erfindungsgemäß ist ferner vorgesehen, die Schwingungsfrequenz der Vibrationseinrichtung 10 als Erregerfrequenz über die Einbringungslänge bis zur Endteufe des Profils 2 und ggf. darüber hinaus in einer Nachverdichtungsphase zu variieren.

[0054] Die Vibrationsfrequenz der Vibrationseinrichtung 10 kann in einem Frequenzbereich zwischen 5 Hz bis 150 Hz, vorzugsweise zwischen 10 Hz bis 50 Hz während des Vibrationsvorgangs innerhalb eines gegebenen Verflüssigungsfrequenzbandes des Baugrundes 2 variiert werden, so dass beispielsweise eine gezielte Änderung der Eindringgeschwindigkeit des Profils 1 durch die Frequenzänderung innerhalb dieses Frequenzbandes im Bereich zwischen 5 Hz und 150 Hz erzielt werden kann.

[0055] Eine Änderung der Eindringgeschwindigkeit des Profils 1 kann alternativ dadurch erreicht werden, dass die Frequenz innerhalb des Frequenzbandes zwischen 5 und 150 Hz, vorzugsweise zwischen 10 Hz und 50 Hz so gewählt wird, dass eine möglichst niedrige Eindringgeschwindigkeit des Profils 1 erreicht wird, so dass das Profil 1 gerade eben noch vermöge seiner Gewichtskraft und der Gewichtskraft der aufgesetzten Vibrationseinrichtung 10 in den Baugrund 2 eindringt.

Bezugszeichenliste

[0056]

1	Rammgut / Profil
2	Baugrund
3	Profilfuß
4	Profilkopf
5	Vibrationsramme
6	Kran
10	Vibrationseinrichtung / Vibrationsramme / Vibrationsbär / Vibrator
11	Hydraulikmotor (der Vibrationseinrichtung)
12	Unwucht (der Vibrationseinrichtung)
13	Spanneinrichtung (der Vibrationseinrichtung)
14	Hydraulikaggregat
15	Verbrennungsmotor
16	Hydraulikpumpe
17	Hydraulikschläuche
20	Zusatzgewicht
21	Federverbindung / elastische Verbindung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vibrationsrammen von Rammgut (1) in einen Baugrund (2) unter Einleitung von hochfrequenten Schwingungen, die mittels einer an dem Rammgut (1) befestigten Vibrationseinrichtung (10) erzeugt werden, über das Rammgut (1) in den Baugrund (2) vor einem Profilfuß (3) des Rammgutes (1) unter zumindest teilweiser Verflüssigung des Baugrundes (2) vor dem Profilfuß (3), wobei eine Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) während des Einbringens des Rammgutes (1) in den Baugrund (2) variiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vibrationsfrequenz der Vibrationseinrichtung (10) während des Vibrationsvor-

ganges innerhalb eines gegebenen Verflüssigungsfrequenzbandes des Baugrundes (2) variiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) während des Einbringens erhöht wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) während des Einbringens des Rammgutes (1) vermindert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) derart vermindert wird, dass eine Verminderung der Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes (1) erreicht wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Variation der Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) nach einem Deaktivieren der Vibrationseinrichtung (10) und vor einem Reaktivieren der Vibrationseinrichtung (10) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) bei aktivierter Vibrationseinrichtung (10) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Erhöhung der Masse durch ein Anbringen eines Zusatzgewichtes (20) an der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wenn dieser von Anspruch 3 abhängig ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ballasttank an der Vibrationseinrichtung (10) und/oder dem Rammgut (1) befestigt wird, wobei eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung (10) durch Ablassen von Ballast aus dem Ballasttank bei aktivierter Vibrationseinrichtung (10) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zusatzgewicht an der Vibrationseinrichtung (10) elastisch befestigt ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fluid, insbesondere Wasser in den Bereich des Profilfußes (3) deponiert wird.

Claims

1. Method for the vibration ramming of a driveable element (1) into a foundation (2) with the introduction of high-frequency vibrations which are generated by means of a vibration device (10) fastened to the driveable element (1), by means of which method the driveable element (1) into the foundation (2) ahead of a profile foot (3) of the driveable element (1) with at least partial liquefaction of the foundation (2) ahead of the profile foot (3), wherein a mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) is varied during the insertion of the driveable element (1) into the foundation (2), **characterized in that** a vibration frequency of the vibration device (10) during the vibration operation is varied within a given liquefaction frequency band of the foundation (2).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) is increased during insertion.
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) is reduced during the insertion of the driveable element (1).
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) is reduced in such a way that a reduction in the penetration speed of the driveable element (1) is achieved.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the variation of the mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) takes place after deactivating the vibration device (10) and before reactivating the vibration device (10).
6. Method according to either of Claims 4 and 5, **characterized in that** a reduction in the mass of the vibration device (10) and/or of the driveable element (1) takes place with the vibration device (10) activated.
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an increase in the mass takes place by mounting an additional weight (20) on the vibration device (10) and/or the driveable element (1).
8. Method according to one of the preceding claims, if said claim is dependent on Claim 3, **characterized in that** a ballast tank is fastened to the vibration device (10) and/or the driveable element (1), wherein

a reduction in the mass of the vibration device (10) is obtained by discharging ballast from the ballast tank with the vibration device (10) activated.

9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an additional weight is fastened elastically to the vibration device (10).
10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a fluid, in particular water, is deposited into the region of the profile foot (3).

Revendications

1. Procédé de mise en place par vibrations de produit à mettre en place (1) dans un terrain de construction (2) avec introduction de vibrations à haute fréquence, qui sont produites au moyen d'un dispositif de vibration (10) fixé au produit à mettre en place (1), via ce procédé le produit à mettre en place (1) dans le terrain de construction (2) devant un pied profilé (3) du produit à mettre en place (1) avec fluidisation au moins partielle du terrain de construction (2) devant le pied profilé (3), dans lequel on fait varier une masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) pendant l'enfoncement du produit à mettre en place (1) dans le terrain de construction (2), **caractérisé en ce que** l'on fait varier une fréquence de vibration du dispositif de vibration (10) pendant l'opération de vibration à l'intérieur d'une bande donnée de fréquences de fluidisation du terrain à construire (2).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on augmente la masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) pendant l'enfoncement.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on diminue la masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) pendant l'enfoncement du produit à mettre en place (1).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on diminue la masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) de telle manière que l'on obtienne une diminution de la vitesse d'enfoncement du produit à mettre en place (1).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on opère la variation de la masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) après une désactivation du dispositif de vibration (10) et avant une réactivation du dispositif de vibration (10).

6. Procédé selon une des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** l'on opère une diminution de la masse du dispositif de vibration (10) et/ou du produit à mettre en place (1) alors que le dispositif de vibration (10) est activé. 5
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on opère une augmentation de la masse par un ajout d'un poids supplémentaire (20) sur le dispositif de vibration (10) et/ou le produit à mettre en place (1). 10
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans la mesure où celle-ci dépend de la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on fixe un réservoir de lestage au dispositif de vibration (10) et/ou au produit à mettre en place (1), dans lequel on opère une diminution de la masse du dispositif de vibration (10) par extraction de lest hors du réservoir de lestage alors que le dispositif de vibration (10) est activé. 15
20
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** poids supplémentaire est fixé élastiquement au dispositif de vibration (10). 25
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on dépose un fluide, en particulier de l'eau, dans la région du pied profilé (3). 30

35

40

45

50

55

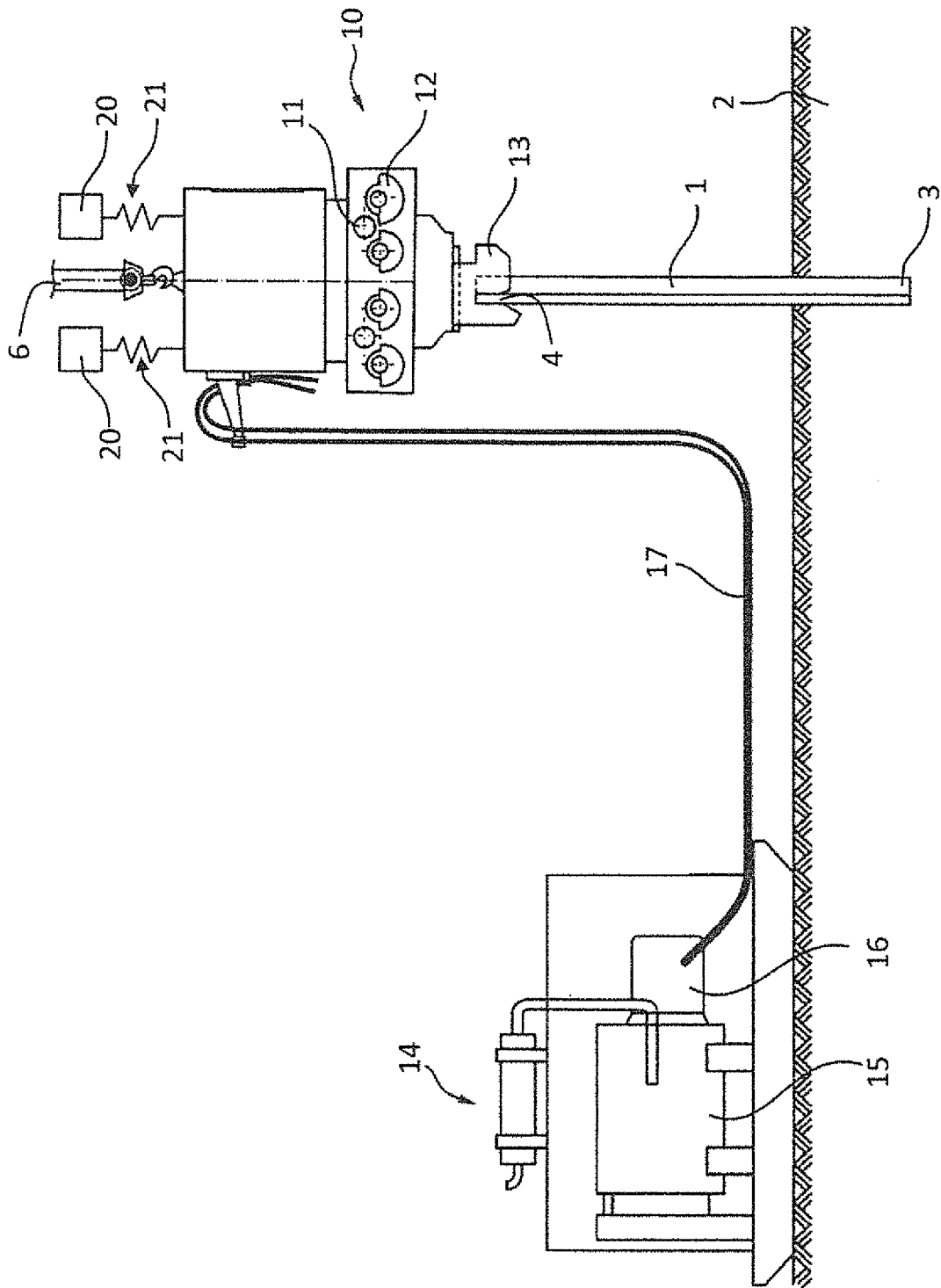


Fig. 1

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 1191755 B [0005]