

(19)



(11)

EP 3 051 027 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.08.2016 Patentblatt 2016/31

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

(21) Anmeldenummer: **16152736.1**

(22) Anmeldetag: **26.01.2016**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

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

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly**
Patentanwälte PartG mbB
Sattlerweg 14
51429 Bergisch Gladbach (DE)

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

(71) Anmelder: **RWE Innogy GmbH**
45127 Essen (DE)

(54) VERFAHREN ZUM VIBRATIONSRAMMEN UND VIBRATIONSRAMMANORDNUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein 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 das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass eine Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) während des Einbringens des Rammgutes (1) in den Baugrund (2) variiert wird.

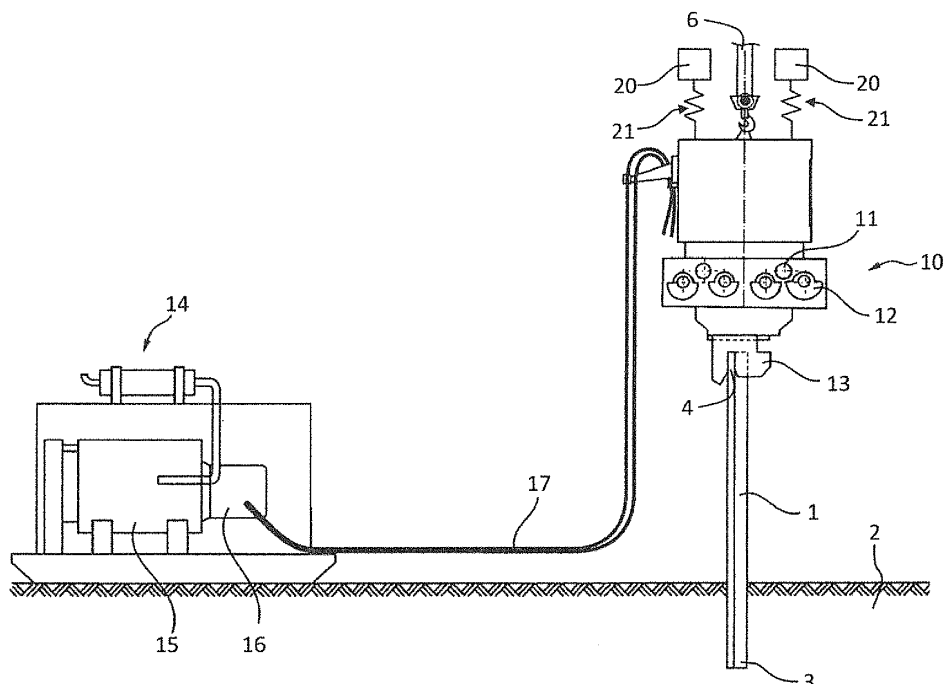


Fig. 1

EP 3 051 027 A1

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 Geräuscentwicklung beim Schlagrammen eine erhebliche Beeinträchtigung von Meeressäugtieren 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.

[0005] 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.

[0006] Beim Einbringen von Rammgut in einen Baugrund mittels Vibrationsrammen kann der Vibrationspro-

zess 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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] 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 Masse 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] Obwohl im Folgenden der Begriff "Vibrationsrammen" verwendet wird, erfolgt der Einbringvorgang ohne das beim Schlagrammen übliche einschlagende Eintreiben des Profils.

[0017] 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.

[0018] Unter einem Profilfuß im Sinne der Erfindung ist das in den Baugrund einzubringende führende Ende des Rammgutes zu verstehen.

[0019] 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.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Eindringens in den Baugrund erhöht.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung wird die Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes während des Einbringens des Rammgutes vermindert.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] Wie bereits oben erwähnt, erfolgt vorzugsweise eine Verminderung der Masse der Vibrationseinrichtung und/oder des Rammgutes bei aktivierter Vibrationseinrichtung.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] Gemäß einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Zusatzgewicht elastisch mit der Vibrationseinrichtung verbunden.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen Verfahrensschritt zum Deponieren von Wasser in den Bereich des Profifußes des Rammgutes. Hierzu kann eine Injektionsleitung vorgesehen sein, die zusammen mit dem Profifuß des Rammgutes in den Baugrund vorangetrieben wird. Mittels eines entspre-

chenden Verfahrens lässt sich die Eindringgeschwindigkeit des Rammgutes in den Baugrund erhöhen.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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 Vibrationsvorgangs ist nicht unter einer Variation der Vibrationsfrequenz im Sinne der vorliegenden Erfindung zu verstehen.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] Die Beeinflussung der Gewichtskraftwirkung des Rammgutes und der Vibrationseinrichtung kann folglich zusätzlich über eine Lastvariation an einem Kran oder einem anderen Hebezeug erfolgen.

[0043] Unter der wirksamen Gewichtskraft des Ramm-

gutes 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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 Pro-

fil 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.

[0050] 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 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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

[0057]

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), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Masse der Vibrationseinrichtung (10) und/oder des Rammgutes (1) während des Einbringens des Rammgutes (1) in den Baugrund (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.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vibrationsfrequenz der Vibrationseinrichtung (10) während des Vibrationsvorganges innerhalb eines gegebenen Verflüssigungsfrequenzbandes des Baugrundes (2) variiert wird.
12. Vibrationsrammanordnung, umfassend eine an eine

Rammgut (1) befestigbare Vibrationseinrichtung (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vibrationsanordnung ferner zumindest ein Zusatzgewicht (20) umfasst, das an der Vibrationseinrichtung (10) und/oder an dem Rammgut befestigbar ist.

5

13. Vibrationsanordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zusatzgewicht (20) mit der Vibrationseinrichtung (10) und/oder dem Rammgut elastisch verbunden ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

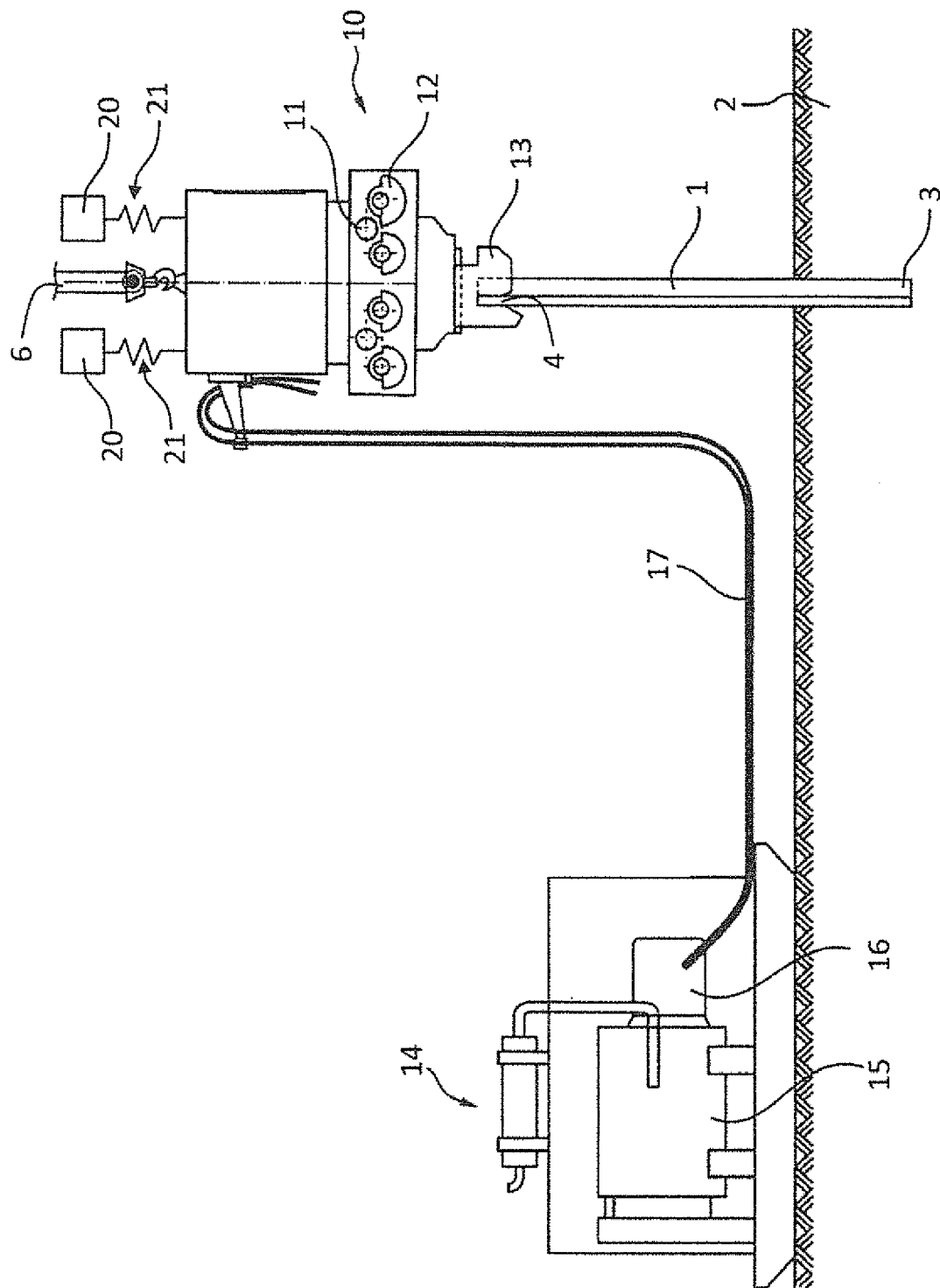


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 15 2736

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 11 91 755 B (MUELLER LUDWIG; CARL SCHENK MASCHINENFABRIK G) 22. April 1965 (1965-04-22) * Spalte 1, Zeile 22 - Spalte 2, Zeile 47; Abbildungen 1-5 * -----	1-13	INV. E02D7/18
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Juni 2016	Prüfer Koulo, G
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 (P04C03)

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

EP 16 15 2736

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

09-06-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 1191755	B	22-04-1965	KEINE
15	-----			
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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