



(11) **EP 2 884 005 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.06.2015 Patentblatt 2015/25**

(51) Int Cl.:  
**E02D 3/046<sup>(2006.01)</sup> E01C 19/38<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14003744.1**

(22) Anmeldetag: **06.11.2014**

(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**

(71) Anmelder: **Wacker Neuson Produktion GmbH & Co. KG**  
**80809 München (DE)**

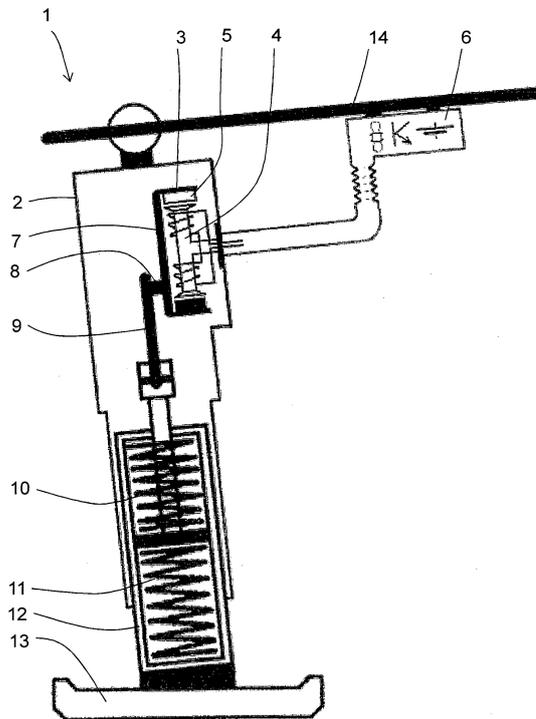
(72) Erfinder: **Steffen, Michael**  
**80796 München (DE)**

(30) Priorität: **12.12.2013 DE 102013020857**

(74) Vertreter: **Müller Hoffmann & Partner**  
**Patentanwälte mbB**  
**St.-Martin-Strasse 58**  
**81541 München (DE)**

(54) **BODENVERDICHTER MIT DIREKTANTRIEB**

(57) Eine Bodenverdichtungsvorrichtung (1) weist eine Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) und eine mit der Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) durch eine Federeinrichtung (10, 11) gekoppelte Untermasse (12, 13) mit einem Bodenkontaktelement (13) auf. Weiterhin ist ein Antrieb zum Erzeugen einer Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements (13) vorgesehen. Der Antrieb weist einen Elektromotor (3, 4, 5) auf, wobei eine Antriebsfrequenz einer von dem Elektromotor (3, 4, 5) erzeugten Antriebsbewegung gleich einer Frequenz der Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements (13) ist.



Figur

EP 2 884 005 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Bodenverdichtungs-  
vorrichtung und ein Verfahren zum Betreiben einer Bo-  
denverdichtungs-vorrichtung. Die Erfindung ist für Ar-  
beitsgeräte zur Bodenverdichtung einsetzbar, wie bei-  
spielsweise Stampfer oder Vibrationsplatten.

**[0002]** Bodenverdichtungsmaschinen werden typi-  
scherweise von Verbrennungs- und/ oder Elektromoto-  
ren angetrieben. Während Verbrennungsmotoren einen  
weitgehend unabhängigen Betrieb der Bodenverdich-  
tungs-vorrichtung durch Bevorratung des Energieträgers  
(Kraftstoff) in einem Tank an der Maschine ermöglichen,  
kann durch den Einsatz von Elektromotoren eine Belas-  
tung der Umwelt und eines die Bodenverdichtungsmas-  
chine bedienenden Bedieners vermieden werden. Die  
Versorgung des Elektromotors erfolgt im Allgemeinen  
über einen externen Anschluss zum öffentlichen Strom-  
versorgungsnetz oder, beispielsweise bei kleineren Bo-  
denverdichtungsmaschinen, durch einen elektrischen  
Akkumulator.

**[0003]** Bei der Verwendung von Elektromotoren liegt  
die zur Erzeugung der Motorleistung notwendige Rota-  
tionsfrequenz der Elektromotoren wesentlich höher als  
die Arbeitsfrequenz des Verdichters, d.h. also die  
Stampf- oder Vibrationsfrequenz. Folglich werden Re-  
duktionsgetriebe zwischen dem Antriebsmotor und dem  
Stampf- bzw. Vibrationssystem vorgesehen, die die Ro-  
tationsfrequenz der vom Elektromotor erzeugten An-  
triebsbewegung herabsetzen und das Antriebsmoment  
erhöhen.

**[0004]** Derartige Reduktionsgetriebe beinhalten kom-  
plexe Baugruppen, welche einen geeigneten Bauraum  
benötigen, ein hohes Gewicht haben und zu hohen Kos-  
ten bei der Herstellung führen. Im Arbeitsbetrieb sind sie  
starken Belastungen ausgesetzt, weisen einen hohen  
Verschleiß auf und führen so zu einer eingeschränkten  
Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

**[0005]** Schnelldrehende Elektromotoren wirken fol-  
glich beim Antrieb von Bodenverdichtern über Unterset-  
zungsgetriebe und Federpakete auf das Bodenkontakt-  
element. Somit kann konstruktionsbedingt nicht aus dem  
Drehwinkel des Antriebsmotors auf die Position des  
Stampffußes und dessen Lastfall zurückgeschlossen  
werden. Vielmehr hängen die Stampffrequenz, eine An-  
stoßgeschwindigkeit sowie der zeitliche Ablauf des  
Stoßvorganges von den Systemgrößen der Bodenver-  
dichtungs-vorrichtung sowie von einer Beschaffenheit  
(Steifigkeit) des zu verdichtenden Bodens ab.

**[0006]** Bei der Konzipierung und Auslegung werden  
Stampfer an die Bedingungen unverdichteter Standard-  
böden derart angepasst, dass es zu einer bestmöglichen  
Verdichtungswirkung der Maschine genau dann kommt,  
wenn auch die Eigenschaften der Böden mit den bei der  
Dimensionierung des Stampfsystems berücksichtigten  
Böden übereinstimmen. Bei der Verdichtung anders ge-  
arteter Böden kann die Stampfwirkung daher geringer  
sein.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine  
Bodenverdichtungs-vorrichtung anzugeben, die einen  
zuverlässigen Betrieb bei gleichzeitig hohem Wirkungs-  
grad des Gesamtsystems und geringen Herstellkosten  
ermöglicht. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zu-  
grunde, ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Boden-  
verdichtungs-vorrichtung anzugeben.

**[0008]** Diese Aufgaben werden durch eine Bodenver-  
dichtungs-vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 und  
durch ein Verfahren zum Betreiben einer Bodenverdic-  
tungs-vorrichtung gemäß dem nebengeordneten Paten-  
tanspruch gelöst. Weiterentwicklungen sind den abhän-  
gigen Ansprüchen zu entnehmen.

**[0009]** Eine Bodenverdichtungs-vorrichtung weist eine  
Obermasse und eine mit der Obermasse durch eine Fe-  
dereinrichtung gekoppelte Untermasse mit einem Bo-  
denkontaktelement auf. Weiterhin ist ein Antrieb zum Er-  
zeugen einer Arbeitsbewegung des Bodenkontaktele-  
ments vorgesehen. Der Antrieb weist einen Elektromotor  
auf, und eine Antriebsfrequenz einer von dem Elektro-  
motor erzeugten Antriebsbewegung ist gleich einer Fre-  
quenz der Arbeitsbewegung des Bodenkontaktele-  
ments.

**[0010]** Die Gleichheit der Antriebsfrequenz des Elek-  
tromotors und der Frequenz der Arbeitsbewegung wer-  
den in der Bodenverdichtungs-vorrichtung durch ein  
Gleichlaufen des Elektromotors mit der Frequenz der Ar-  
beitsbewegung erreicht. Die Antriebsbewegung wird  
folglich ohne Änderung der Frequenz auf das Bodenkon-  
taktelement übertragen. Dies bedeutet insbesondere,  
dass die Drehfrequenz des Elektromotors, beispielswei-  
se die Drehfrequenz eines Antriebselements bzw. einer  
Antriebswelle des Elektromotors, einer Frequenz der Ar-  
beitsbewegung des Bodenkontaktelements, z.B. einer  
Bodenkontaktplatte, entspricht. Demzufolge entspricht  
eine Drehung des Antriebselements des Elektromotors  
genau einem Arbeits- bzw. Stampfzyklus bzw. der  
Stampffrequenz der Bodenkontaktplatte.

**[0011]** Das Gleichlaufen des Elektromotors mit der Ar-  
beitsfrequenz ermöglicht es, die Arbeitsbewegung durch  
den Elektromotor direkt erzeugen zu lassen. Insbeson-  
dere kann die Antriebsbewegung des Antriebselements  
direkt und ohne Umsetzen ihrer Frequenz auf das Bo-  
denkontaktelement übertragen werden. Demzufolge ist  
es nicht notwendig, beispielsweise Getriebevorrichtun-  
gen oder weitere Übertragungsglieder zum Umsetzen,  
beispielsweise Reduzieren, der Antriebsfrequenz vorzu-  
sehen. Dies wird im Folgenden als Direktantrieb bezeich-  
net.

**[0012]** Das Gleichlaufen des Elektromotors mit der Ar-  
beitsfrequenz ermöglicht somit eine direkte Verbindung  
des Elektromotors mit dem Stampfsystem an der Unter-  
masse, bzw. mit einem Pleuel des Stampfsystems. Dies  
führt zu einer phasendefinierten Verbindung zwischen  
Elektromotor und Stampfsystem. Insbesondere sind  
durch die fehlende Kupplung die Position des Stampf-  
systems (Stampfpleuels) und der Drehwinkel der An-  
triebswelle des Elektromotors bzw. der Rotorwelle zu-

einander immer exakt definiert, so dass mit der Kenntnis des einen immer auf den anderen geschlossen werden kann und umgekehrt.

**[0013]** Durch den Direktantrieb des Bodenkontaktelements durch den Elektromotor wird eine besonders einfache Konstruktion der Bodenverdichtungsvorrichtung möglich, da auf die Getriebevorrichtungen oder die weitere Übertragungsglieder zum Umsetzen der Frequenz verzichtet werden kann.

**[0014]** Der Direktantrieb ermöglicht es, eine Bodenverdichtungsvorrichtung anzugeben, die wesentlich kleiner und leichter ist als beispielsweise ein konventioneller Stampfer bzw. eine konventionelle Vibrationsplatte mit Getriebevorrichtung. Insbesondere kann ein geringeres Gewicht der Obermasse erreicht werden, wodurch sich ein niedriger Schwerpunkt und damit bessere Führungseigenschaften ergeben. Durch die geringere mechanische Komplexität des Gesamtsystems werden geringere Herstellkosten erreicht.

**[0015]** Im Arbeitsbetrieb ermöglicht der Direktantrieb und insbesondere die direkte Verbindung des Elektromotors mit dem Stampfsystem eine effektive, genaue und geräuscharme Übertragung der Antriebsbewegung auf das Bodenkontaktelelement. Hierdurch wird ein geräusch- und wartungsarmer Betrieb mit hohem Wirkungsgrad des Gesamtsystems möglich, in dem wenig Verschleiß auftritt.

**[0016]** In einer Ausführungsform weist der Elektromotor einen Gleichstrommotor, Drehstrommotor oder Wechselstrommotor mit hoher Polpaarzahl auf. Beispielsweise kann der Gleich-, Dreh- oder Wechselstrommotor wenigstens zwei, drei, vier, fünf, acht oder zehn Polpaare bestehend aus jeweils einem Nord- und einem Südpol aufweisen. Beispielsweise kann der Gleich-, Dreh- oder Wechselstrommotor mindestens 8 Pole oder eine Polpaarzahl von wenigstens 8 Polpaaren aufweisen.

**[0017]** Insbesondere kann durch eine große Anzahl von Polpaaren ein Elektromotor mit einer niedrigen, beispielsweise der Arbeitsfrequenz der Bodenverdichtungsvorrichtung angepassten Drehzahl erreicht werden. Gleichzeitig erhöht sich das Drehmoment des Elektromotors, und zwar im Wesentlichen proportional zur Polpaaranzahl. Demzufolge wird gleichzeitig ein hohes Antriebsmoment erreicht, das zum Antreiben des Bodenkontaktelements in die Arbeitsbewegung geeignet ist. Folglich ist ein Dreh- oder Wechselstrommotor mit hoher Polpaarzahl geeignet, um einen Direktantrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung zu ermöglichen.

**[0018]** In einer weiteren Ausführungsform weist der Elektromotor einen Torquemotor auf.

**[0019]** Ein Torquemotor ist ein drehmomentstarker Magnetmotor oder geschalteter Reluktanzmotor bzw. ein langsam laufender Elektromotor wie z.B. ein Elektro-Asynchronmotor mit hoher Polpaaranzahl. Entsprechend den obigen Überlegungen weisen Torquemotoren hohe Drehmomente bei kleinen Drehzahlen auf. Dies kann in der oben beschriebenen Weise für den Direkt-

antrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung genutzt werden.

**[0020]** Torquemotoren können als bürstenlose Gleichstrommotoren ausgeführt sein und können als Außenläufer mit innenliegendem Stator und außenliegendem Rotor sowie als Innenläufer mit innenliegendem Rotor und außenliegendem Stator gestaltet sein. Ihr großes Antriebsmoment kann hohe Beschleunigungen bewirken und führt zu einer hohen Dynamik des Arbeitsverhaltens der Bodenverdichtungsvorrichtung. Das bereits beim Start vorliegende hohe Anlaufmoment ermöglicht es, die Bodenverdichtungsvorrichtung allein durch den Torquemotor zu starten. Die hohe Antriebssteifigkeit der Torquemotoren lässt im Wesentlichen kein Spiel zu, weswegen Torquemotoren gute Regeleigenschaften aufweisen, die es ermöglichen, die Arbeitsanforderungen an die Bodenverdichtungsvorrichtung genau umzusetzen.

**[0021]** Dem Torquemotor kann ein elektronischer Frequenzumformer vorgelagert sein, der einen Speisestrom mit einer geeigneten Frequenz zum Betreiben des Torquemotors bereitstellt.

**[0022]** Trotz der vergleichsweise hohen Anschaffungskosten für Torquemotoren kann das Gesamtsystem der Bodenverdichtungsvorrichtung preisgünstig gestaltet werden, da zusätzliche Kosten beispielsweise für Getriebe und weitere Übertragungsglieder entfallen können.

**[0023]** In einer weiteren Ausführungsform weist der Elektromotor einen Asynchronmotor mit hoher Polpaarzahl und/oder einen Kurzschlussläufer-Antriebsmotor mit hoher Polpaarzahl auf. Beispielsweise können der Asynchronmotor bzw. der Kurzschlussläufer-Antriebsmotor 2, 3, 4, 5, 8, 10 oder mehr Polpaare aufweisen. Insbesondere kann der Asynchronmotor bzw. der Kurzschlussläufer-Antriebsmotor mindestens 8 Pole oder eine Polpaarzahl von wenigstens 8 Polpaaren aufweisen.

**[0024]** Die Verwendung von Asynchronmotoren bzw. Kurzschlussläufer-Antriebsmotoren ermöglicht eine kostengünstige Gestaltung der Bodenverdichtungsvorrichtung. Das Vorsehen einer hohen Polpaarzahl ermöglicht es, einen drehmomentstarken Antrieb mit einer niedrigen Drehzahl anzugeben, der einen Direktantrieb des Bodenkontaktelements der Bodenverdichtungsvorrichtung ermöglicht. Der Asynchronmotor bzw. Kurzschlussläufer-Antriebsmotor kann beispielsweise derart gestaltet sein, dass bei einem Betrieb mit der Netzfrequenz beispielsweise des öffentlichen Stromnetzes ein Direktantrieb des Bodenkontaktelements mit einer geeigneten Stampffrequenz möglich ist. Alternativ kann auch ein Frequenzumformer zum Umwandeln der Netzfrequenz vorgesehen sein, um einen Betrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung mit einer geeigneten Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements zu ermöglichen, beispielsweise bei Speisung des Elektromotors aus dem öffentlichen Stromnetz oder aus einem Akkumulator mit Gleichstrom-Wechselstromwandlung.

**[0025]** In einer weiteren Ausführungsform kann der Elektromotor einen sensorkommutierten bürstenlosen

Magnetmotor mit einer elektronischen Steuervorrichtung aufweisen bzw. als solcher ausgebildet sein.

**[0026]** Ein sensorkommutierter, bürstenloser Magnetmotor mit elektronischer Ansteuerung besitzt Sensoren zur Bestimmung der Lage eines Rotors des Elektromotors relativ zum Statorfeld. Dadurch können die Statorspulen abhängig von der aktuellen Rotorstellung und gemäß einer Bewegungsanforderung bestromt werden.

**[0027]** Als Sensoren können beispielsweise Hall-Sensoren zur Erfassung des magnetischen Flusses des Rotors oder optische Sensoren im Bereich des Stators verwendet werden. Beispielsweise können die Signale der Sensoren über einen Inkremetalgeber, beispielsweise mit Nullsetzen bei vorgegebener Rotorstellung, ausgegeben werden.

**[0028]** Aus den Sensorsignalen kann die Steuervorrichtung die Lage des Rotors und damit bei einem direkt wirkenden Antrieb auch die Stellung des Bodenkontaktelements, d.h. des Stampffußes, relativ zum Bodenverdichter und damit auch relativ zum Boden bestimmen. Auf Basis dieser Stellungsinformation kann die elektronische Steuervorrichtung über geeignete Leistungstreiber die Wicklungen geeignet ansteuern bzw. bestromen, die im Rotor ein Drehmoment erzeugen. Diese Ansteuerung kann abhängig von einer Bewegungsanforderung des Stampfers und/oder abhängig von Lage des Rotors bzw. Stellung des Stampffußes vorgenommen werden. Dies wird im Folgenden als sensorgesteuerte Kommutierung bezeichnet.

**[0029]** Durch die sensorgesteuerte Kommutierung kann eine bedarfsgerechte Steuerung der Arbeitsfrequenz der Bodenverdichtungsvorrichtung erreicht werden und eine Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements direkt beeinflusst werden. Die sensorgesteuerte Kommutierung funktioniert auch bei sehr geringen Drehzahlen bzw. im Stand. Gewöhnlich werden dabei, insbesondere bei drei oder mehr Phasen, nicht alle Phasen zugleich bestromt, so dass zu jedem Zeitpunkt zumindest eine Phase stromlos sein kann.

**[0030]** In einer weiteren Ausführungsform kann eine Antriebsbewegung des Elektromotors über einen Kurbeltrieb auf die Bodenkontaktplatte übertragbar sein. Insbesondere kann ein Pleuel des Kurbeltriebs exzentrisch an einer Rotorvorrichtung des Elektromotors angekoppelt sein. Das Ankoppeln kann beispielsweise mittels eines Kurbelzapfens erreicht werden, welcher exzentrisch an der Rotorvorrichtung des Elektromotors angeordnet ist.

**[0031]** Insbesondere kann der Elektromotor eine drehfest angeordnete Statorvorrichtung und eine relativ zur Statorvorrichtung drehbare Rotorvorrichtung aufweisen, wobei die Rotorvorrichtung bezüglich der Statorvorrichtung durch Einwirkung des eingespeisten Dreh- oder Wechselstroms dreh- bzw. rotorierbar ist. Das Pleuel des Kurbeltriebs kann an der Rotorvorrichtung angekoppelt sein, beispielsweise mittels des exzentrisch an der Rotorvorrichtung angeordneten Kurbelzapfens. Dieser kann eine robuste Verbindung zwischen der Rotorvor-

richtung und dem Pleuel bilden.

**[0032]** Durch die direkte Verbindung des Pleuels mit der Rotorvorrichtung wird eine direkte Übertragung des Antriebsmoments des Elektromotors auf das Pleuel und über das Pleuel auf das Bodenkontaktelement erreicht, ohne dass Getriebevorrichtungen oder weitere Übertragungsglieder benötigt werden. Hierdurch kann die Antriebsbewegung effektiv und störungsfrei auf das Bodenkontaktelement übertragen werden. Weiterhin kann das Pleuel in einem Betrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung geeignet durch den Rotor geführt werden. Hierdurch können Störeinflüsse aus dem Arbeitsbetrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung, beispielsweise Reflexionen des Bodenkontaktelements von bearbeitendem Erdreich, aufgefangen und eingedämmt werden.

**[0033]** In einer weiteren Ausführungsform können der Elektromotor und der Kurbeltrieb baulich integriert sein.

**[0034]** Beispielsweise kann die Rotorvorrichtung des Elektromotors einen Exzenter, zum Beispiel eine Exzenter Scheibe, aufweisen, an der das Pleuel beispielsweise mittels des Kurbelzapfens befestigt ist. Dies ermöglicht eine besonders kompakte und robuste, kostengünstige und verschleißarme Konstruktion der Bodenverdichtungsvorrichtung.

**[0035]** In einer weiteren Variante kann ein elektrischer Energiespeicher und/oder eine Anschlusseinrichtung zum Anschließen an eine Stromquelle vorgesehen sein. Der Elektromotor kann aus dem elektrischen Energiespeicher und/oder aus der Stromquelle mit elektrischer Energie versorgbar sein.

**[0036]** Die Stromquelle kann beispielsweise durch ein öffentliches Energieversorgungsnetz und/oder einen Generator bereitgestellt sein. Die Nutzung einer beispielsweise extern außerhalb der Bodenverdichtungsvorrichtung angeordneten Stromquelle ermöglicht es, die Bodenverdichtungsvorrichtung nach Verbindung mit der Stromquelle abgas- und geräuscharm und somit schonend für den Bediener und die Umwelt zu betreiben. Die Verwendung eines internen, also an der Bodenvorrichtung angeordneten elektrischen Energiespeichers, der durch Verbindung mit einer externen elektrischen Stromquelle ladbar sein kann, ermöglicht darüber hinaus den kabellosen Betrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung unabhängig von einem Zugang zur Stromquelle.

**[0037]** In einer Variante dieser Ausführungsform kann ein Frequenzumformer zum Erzeugen eines Dreh- oder Wechselstroms für den Elektromotor mit einer vorbestimmten oder durch den Bediener wählbaren Frequenz vorgesehen sein.

**[0038]** Beispielsweise kann der Frequenzumformer mit dem Elektromotor baulich integriert sein, was einen einfachen Aufbau der Bodenverdichtungsvorrichtung mit geringem Bauraum ermöglicht. Ebenso ist es möglich, den Frequenzumformer getrennt vom Elektromotor vorzusehen, oder einen externen Frequenzumformer zum Bereitstellen eines Speisestroms mit der vom Elektromotor benötigten Frequenz vorzusehen. Die Frequenz des Speisestroms kann beispielsweise steuerbar in Bezug

auf Arbeitsanforderungen an die Bodenverdichtungsvorrichtung sein.

**[0039]** In einer weiteren Ausführungsform kann der Antrieb einen weiteren Motor aufweisen, und der weitere Motor alternativ oder zusätzlich zum Elektromotor betreibbar sein. Der weitere Motor kann ein weiterer Elektromotor oder ein Verbrennungsmotor sein.

**[0040]** Die Verwendung des weiteren Motors ermöglicht es, die Bodenverdichtungsvorrichtung bedarfsgerecht anzutreiben. Beispielsweise können der Elektromotor und der weitere Motor alternativ oder gleichzeitig die Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements antreiben, beispielsweise durch alternatives oder gleichzeitiges Einwirken auf das Pleuel. Hierfür kann beispielsweise eine gekröpfte Welle mit mehreren Kurbelzapfen zum Antrieb durch mehrere Motoren vorgesehen sein.

**[0041]** Das Vorsehen eines Verbrennungsmotors zusätzlich zum Elektromotor ermöglicht einen Hybridantrieb der Bodenverdichtungsvorrichtung beispielsweise in Abhängigkeit davon, ob ein elektrischer Energiespeicher geladen, eine externe Stromquelle verfügbar und/oder ob ein Tankbehälter des Verbrennungsmotors betankt ist. Hierdurch wird eine größtmögliche Unabhängigkeit von der Verfügbarkeit der Energiequellen und damit eine hohe Verfügbarkeit der Bodenverdichtungsvorrichtung in unterschiedlichen Anwendungsszenarien erreicht.

**[0042]** In einem Verfahren zum Betreiben einer Bodenverdichtungsvorrichtung weist die Bodenverdichtungsvorrichtung eine Obermasse, eine mit der Obermasse durch eine Federeinrichtung gekoppelte Untermasse mit einem Bodenkontaktelement und einem Antrieb zum Erzeugen einer Antriebsbewegung des Bodenkontaktelements auf. Der Antrieb weist einen Elektromotor auf, und eine Antriebsfrequenz einer von dem Elektromotor erzeugten Antriebsbewegung ist gleich einer Frequenz der Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements. Beispielsweise kann die Bodenverdichtungsvorrichtung jeder der oben diskutierten Ausführungsformen und Varianten entsprechen. Das Verfahren weist ein Einspeisen eines Dreh- oder Wechselstroms in den Elektromotor und ein Übertragen der Antriebsbewegung des Elektromotors in eine Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements mit gleicher Frequenz auf.

**[0043]** Das Verfahren ermöglicht somit den Betrieb einer Bodenverdichtungsvorrichtung mit einem Direktantrieb, bei dem eine Drehfrequenz eines Antriebselements des Elektromotors einer Frequenz der Arbeitsbewegung der Bodenkontaktplatte entspricht.

**[0044]** In einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben der Bodenverdichtungsvorrichtung kann nach einem Kraftstoß der Bodenkontaktplatte (z.B. auf einen zu verdichtenden Boden) ein Ansteuern des Elektromotors zum Erzeugen von wenigstens einer weiteren Antriebsbewegung einer Antriebswelle des Elektromotors vorgesehen sein. Die weitere Antriebsbewegung kann dazu ausgelegt sein, wenigstens einen weiteren Kraftstoß der Bodenkontaktplatte (z.B. auf den zu verdichten-

den Boden) zu erzeugen, wobei die weitere Antriebsbewegung eine höhere Antriebsfrequenz aufweist als eine Antriebsfrequenz der Antriebswelle im Moment des Kraftstoßes.

**[0045]** Die höhere Antriebsfrequenz der weiteren Antriebsbewegung kann deutlich und wesentlich höher sein als die Antriebsfrequenz im Moment des Kraftstoßes. Beispielsweise kann die höhere Antriebsfrequenz um wenigstens 30% höher sein als die Antriebsfrequenz im Moment des Kraftstoßes.

**[0046]** Diese Ausführungsform ermöglicht das Setzen eines Mehrfach-Stoßes der Bodenverdichtungsvorrichtung sowie ein Nachschlagen. Dabei können unmittelbar nach dem Kraftstoß, den der Stampffuß auf den Boden ausübt, weitere Kraftstöße erzeugt werden. Dies wird durch geeignete Moderation des Antriebs nach dem Aufsetzen des Stampffußes auf dem Boden, und zwar insbesondere durch eine geeignete elektromagnetische Anregung des Antriebsmotors erreicht. Da die Antriebsbewegung des Antriebsmotors mit gleicher Frequenz bzw. starr auf den Stampffuß übertragen wird, ist eine exakte Steuerung des Mehrfach-Stoßes bzw. Nachschlagens möglich. Beispielsweise kann der Antriebsmotor derart angesteuert werden, dass eine Folge rasch aufeinander folgender Drehimpulse der Antriebswelle/Rotorwelle mit sehr hoher Antriebsfrequenz erzeugt und auf den Stampffuß übertragen wird.

**[0047]** In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben der Bodenverdichtungsvorrichtung kann die weitere Antriebsbewegung wenigstens eine Teilbewegung mit einer Drehrichtung der Antriebswelle entgegengesetzt zu einer Drehrichtung der Antriebswelle im Moment des Kraftstoßes aufweisen.

**[0048]** Dies ermöglicht es, bei der genannten Folge rasch aufeinander folgender Drehimpulse mit hoher Antriebsfrequenz auch Drehbewegungen der Antriebswelle/Rotorwelle mit gegenläufiger Drehrichtung auszuführen. Dies ermöglicht ein sehr schnelles Nachschlagen, da der Drehzyklus vor dem Nachschlagen nicht abgeschlossen werden muss, sondern kurzfristig, auch mehrfach, umgekehrt werden kann. Dies ermöglicht es, beispielsweise gemäß einer Bedieneranforderung eine sehr schnelle Folge kurzer Stampfbewegungen zu erzeugen.

**[0049]** Dadurch wird der zu verdichtende Boden durch den Stampffuß/ das Bodenkontaktelement mehrfach und mit schnell aufeinanderfolgenden Stoßimpulsen zusammengedrückt, was zu einer zusätzlichen Verdichtung des Erdbodens führt. Besonders die Tatsache, dass dabei durch den bereits erfolgten Kontakt des Stampffußes zum Erdboden keine bzw. nur noch eine minimale Reflexion des Kraftimpulses auftritt, kann eine sehr effektive Verdichtung des Erdbodens erreicht werden.

**[0050]** Diese und weitere Merkmale der Erfindung werden nachfolgend anhand von Beispielen unter Zuhilfenahme der begleitenden Figur näher erläutert. Die

**Figur** zeigt eine Bodenverdichtungsvorrichtung, wobei eine Arbeitsbewegung einer Bodenkontakt-

platte der Bodenverdichtungs­vorrichtung durch einen mit einer Frequenz der Arbeitsbewegung gleichlaufenden Elektromotor erzeugt wird.

**[0051]** Die Figur zeigt schematisch in einer seitlichen Schnittansicht einen als Bodenverdichtungs­vorrichtung dienenden Stampfer 1, bei welchem in einem Gehäuse 2 ein Elektromotor 3 vorgesehen ist. Der Elektromotor 3 weist einen Stator 4 und einen relativ zum Stator 4 drehbaren Rotor 5 auf und wird aus einem am Stampfer 1 angeordneten elektrischen Energiespeicher 6 gespeist.

**[0052]** Mit dem Rotor 5 baulich integriert ist eine Exzentrerscheibe 7, an der exzentrisch ein Kurbelzapfen 8 angeordnet ist. Mit dem Kurbelzapfen 8 verbunden ist ein Pleuel 9 zum Umsetzen der rotatorischen Antriebsbewegung des Rotors 5 in eine translatorische und oszillatorische Auf- und Abbewegung, und zum Übertragen der Auf- und Abbewegung auf einen mit dem Pleuel 9 über Federpakete 10 und 11 gekoppelten Stampffuß 12, an dem als Bodenkontaktelement eine Bodenkontakt­platte 13 angeordnet ist.

**[0053]** In einem Arbeitsbetrieb des Stampfers 1 wird eine vorab in dem an einem Führungsbügel 14 des Stampfers 1 angeordneten elektrischen Energiespeicher 6 gespeicherte elektrische Energie zur Erzeugung eines Wechsel- oder Drehstroms beispielsweise mit Hilfe eines Frequenzumformers genutzt. Der Wechsel- oder Drehstrom wird als Speisestrom dem Stator 4 des Elektromotors 3 zugeführt. Hierdurch werden wechselnde Magnetfelder im Bereich des Rotors 5 erzeugt und der Rotor 5 in bekannter Weise in eine Drehbewegung versetzt, die Antriebsbewegung des Elektromotors 3.

**[0054]** Eine Drehfrequenz des Rotors 5 bzw. Antriebsfrequenz der Antriebsbewegung wird dabei direkt durch eine Frequenz des dem Stator 4 zugeführten Wechsel- oder Drehstroms bedingt. Die Antriebs- bzw. Drehbewegung des Rotors 5, welcher baulich mit dem durch die Exzentrerscheibe 7, den Kurbelzapfen 8 und das Pleuel 9 gebildeten Kurbeltrieb integriert ist, wird gleichlaufend, also mit gleicher Frequenz in eine Arbeitsbewegung des Stampffußes 12 und der daran angeordneten Bodenkontakt­platte 13 umgesetzt. Hierdurch wird ein Direktantrieb der Bodenkontakt­platte 13 durch den Elektromotor 3 mit gleichlaufender Frequenz erreicht.

**[0055]** Der Direktantrieb ermöglicht es, den Stampfer 1 ohne weitere Getriebevorrichtungen bzw. ohne weitere frequenzumsetzende Übertragungsglieder zu gestalten. Hierdurch wird eine geringere Komplexität des Gesamtsystems erreicht, welche zu geringen Herstellkosten, geringen Wartungsaufwänden, einem hohen Gesamtwirkungsgrad und einer hohen Zuverlässigkeit des Stampfers 1 führt. Die Konstruktion ist geräusch- und verschleißarm und weist weiterhin einen im Vergleich zu herkömmlich angetriebenen Stampfern niedrigen Schwerpunkt und damit ein verbessertes Führungsverhalten auf.

**[0056]** Der Elektromotor 3 kann beispielsweise einen Dreh- oder Wechselstrommotor mit hoher Polpaarzahl,

einen Torquemotor, einen Asynchronmotor mit hoher Polpaarzahl und/oder einen Kurzschlussläufer-Antriebsmotors mit hoher Polpaarzahl aufweisen.

## Patentansprüche

### 1. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) mit

- einer Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) und einer mit der Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) durch eine Federeinrichtung (10, 11) gekoppelten Unter­masse (12, 13) mit einem Boden­kontaktelement (13), und

- einem Antrieb (3, 4, 5) zum Erzeugen einer Arbeitsbewegung des Boden­kontaktelements (13), wobei

- der Antrieb einen Elektromotor (3, 4, 5) aufweist, und

- wobei eine Antriebsfrequenz einer von dem Elektromotor (3, 4, 5) erzeugten Antriebsbewegung gleich einer Frequenz der Arbeitsbewegung des Boden­kontaktelements (13) ist.

### 2. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- der Elektromotor (3, 4, 5) einen Gleichstrommotor, Drehstrommotor oder Wechselstrommotor mit hoher Polpaarzahl aufweist.

### 3. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- der Elektromotor (3, 4, 5) einen Torquemotor aufweist.

### 4. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- der Elektromotor (3, 4, 5) einen Asynchronmotor mit hoher Polpaarzahl und/oder einen Kurzschlussläufer-Antriebsmotor mit hoher Polpaarzahl aufweist.

### 5. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- der Elektromotor (3, 4, 5) einen sensorkommutierten bürstenlosen Magnetmotor mit einer elektronischen Steuervorrichtung aufweist.

### 6. Bodenverdichtungs­vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- die Antriebsbewegung des Elektromotors (3, 4, 5) über einen Kurbeltrieb (7, 8, 9) auf das Boden­kontaktelement (13) übertragbar ist, und

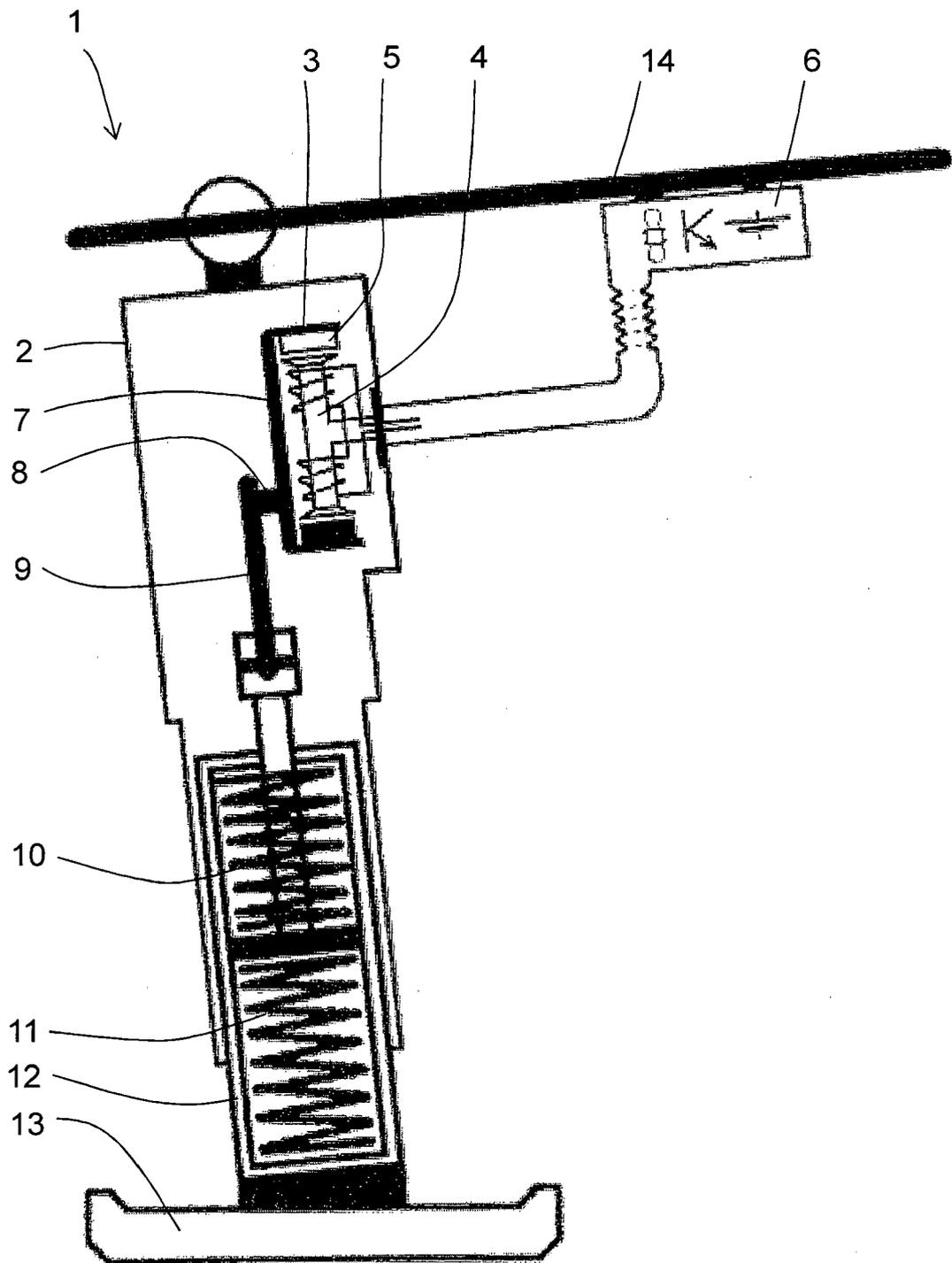
- ein Pleuel (9) des Kurbeltriebs exzentrisch an einer Rotorvorrichtung (5) des Elektromotors (3, 4, 5) angekoppelt ist.
7. Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- der Elektromotor (3, 4, 5) und der Kurbeltrieb (7, 8, 9) baulich integriert sind.
8. Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- ein elektrischer Energiespeicher und/oder eine Anschlusseinrichtung zum Anschließen an eine Stromquelle vorgesehen ist, und
- der Elektromotor (3, 4, 5) aus dem elektrischen Energiespeicher (6) und/oder aus der Stromquelle mit elektrischer Energie versorgbar ist.
9. Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit
- einem Frequenzumformer zum Erzeugen eines Dreh- oder Wechselstroms für den Elektromotor (3, 4, 5) mit einer vorbestimmten Frequenz.
10. Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- der Antrieb einen weiteren Motor aufweist, und der weitere Motor alternativ oder zusätzlich zum Elektromotor (3, 4, 5) betreibbar sind, und wobei
- der weitere Motor ein weiterer Elektromotor oder ein Verbrennungsmotor ist.
11. Verfahren zum Betreiben einer Bodenverdichtungs Vorrichtung (1), wobei die Bodenverdichtungs Vorrichtung eine Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), eine mit der Obermasse (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) durch eine Federeinrichtung gekoppelte Untermasse (12, 13) mit einem Bodenkontaktelement (13) und einen Antrieb (3, 4, 5) zum Erzeugen einer Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements (13) aufweist, wobei der Antrieb einen Elektromotor (3, 4, 5) aufweist, und wobei eine Antriebsfrequenz einer von dem Elektromotor (3, 4, 5) erzeugten Arbeitsbewegung gleich einer Frequenz der Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements (13) ist, mit
- Einspeisen eines Dreh- oder Wechselstroms in den Elektromotor (3, 4, 5);
- Übertragen der Arbeitsbewegung des Elektromotors (3, 4, 5) in eine Arbeitsbewegung des Bodenkontaktelements (13) mit gleicher Frequenz.

12. Verfahren zum Betreiben einer Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, mit

- nach einem Kraftstoß der Bodenkontaktplatte, Ansteuern des Elektromotors zum Erzeugen von wenigstens einer weiteren Arbeitsbewegung einer Antriebswelle des Elektromotors, wobei die weitere Arbeitsbewegung dazu ausgelegt ist, wenigstens einen weiteren Kraftstoß der Bodenkontaktplatte zu erzeugen, und wobei die weitere Arbeitsbewegung eine höhere Antriebsfrequenz aufweist als die Antriebsfrequenz der Antriebswelle im Moment des Kraftstoßes.

13. Verfahren zum Betreiben einer Bodenverdichtungs Vorrichtung (1) nach Anspruch 11 oder 12, wobei

- die weitere Arbeitsbewegung wenigstens eine Teilbewegung mit einer Drehrichtung der Antriebswelle entgegengesetzt zu einer Drehrichtung der Antriebswelle im Moment des Kraftstoßes aufweist.



Figur



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 00 3744

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2012/084074 A1 (WACKER NEUSON PROD GMBH & CO [DE]; STEFFEN MICHAEL [DE]) 28. Juni 2012 (2012-06-28)	1-10	INV. E02D3/046 E01C19/38
A	* Seite 5, Zeilen 1-10 * * Seite 10, Zeilen 13-35 * * Seite 12, Zeilen 4-16; Abbildungen 1,2 * -----	11-13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D E01C
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. April 2015	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	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

50

55

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

EP 14 00 3744

5

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.

24-04-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012084074 A1	28-06-2012	CN 103403260 A	20-11-2013
		DE 102010055632 A1	28-06-2012
		EP 2655746 A1	30-10-2013
		EP 2857587 A1	08-04-2015
		US 2013279980 A1	24-10-2013
		WO 2012084074 A1	28-06-2012
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPC FORM P0461

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