

(19)



(11)

EP 3 219 855 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.09.2017 Patentblatt 2017/38

(51) Int Cl.:
E02D 3/074^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17000454.3**

(22) Anmeldetag: **17.03.2017**

(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

(71) Anmelder: **BOMAG GmbH**
56154 Boppard (DE)

(72) Erfinder: **Laugwitz, Niels**
56112 Lahnstein (DE)

(74) Vertreter: **Heidler, Philipp**
Lang & Tomerius
Patentanwaltspartnerschaft mbB
Rosa-Bavarese-Strasse 5
80639 München (DE)

(30) Priorität: **18.03.2016 DE 102016003387**

(54) **VERFAHREN ZUR BODENVERDICHTUNG MIT EINEM ANBAUVERDICHTER,
ANBAUVERDICHTER SOWIE BAGGER MIT EINEM ANBAUVERDICHTER**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Anbauverdichters einen Anbauverdichter sowie einen Bagger mit einem Anbauverdichter. Die Erfindung sieht zum effizienten Betrieb eines Anbauverdichters die

Anzeige des Endes eines in Abhängigkeit von einem gemessenen Anpressdruck oder einem mit dem Anpressdruck korrelierenden Parameters bestimmten Zeitraums (erforderliche Verdichtungsdauer) vor.

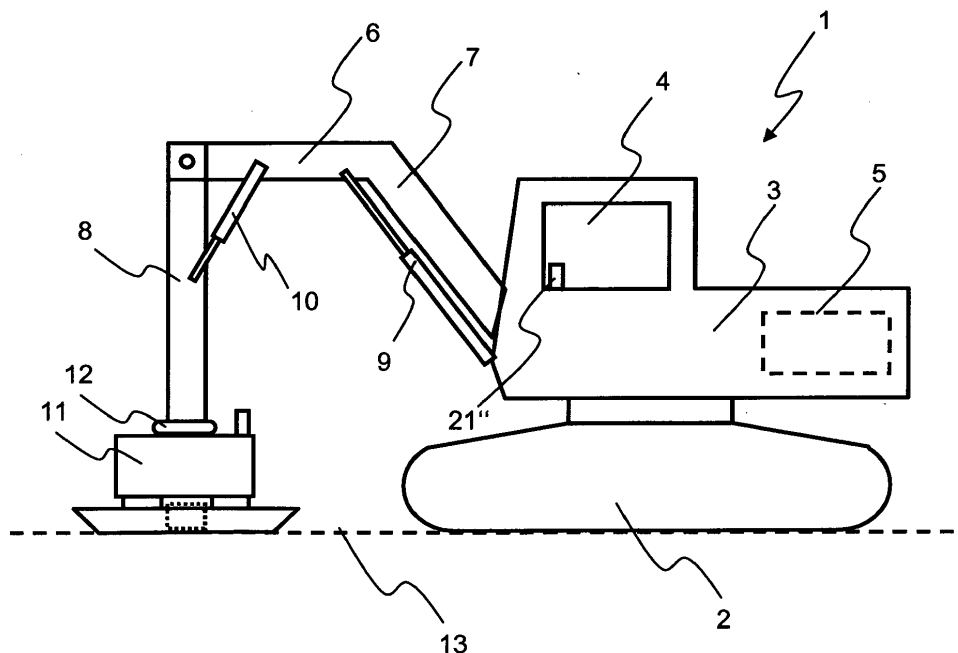


Fig. 1

EP 3 219 855 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bodenverdichtung mit einem Anbauverdichter, einen Anbauverdichter sowie einen Bagger mit einem Anbauverdichter.

[0002] Ein so genannter Anbauverdichter ist ein Baggerzusatzgerät bzw. ein Baggeranbaugerät, welches insbesondere im Graben- und Rohrleitungsbau Verwendung findet. Solche Anbauverdichter sind beispielsweise in der DE 10 2013 200 274 A1, der DE 20 2004 015 141 U1 und der DE 10 2008 006 889 A1 beschrieben. Allgemein umfassen gattungsgemäße Anbauverdichter eine Bodenplatte, die über einen Schwingungserreger, üblicherweise einen Unwuchterzeuger, in Schwingungen versetzt werden kann, einen Antrieb für den Schwingungserreger sowie einen über Dämpfungselemente mit der Bodenplatte verbundenen Oberbau, der eine Kupplungseinrichtung zur Anbindung eines Baggararms aufweist. Im Arbeitsbetrieb steuert der Bediener des Baggers den Anbauverdichter über den Baggararm an die zu verdichtende Stelle des Bodenuntergrundes. Der Anbauverdichter wird anschließend mit seiner Bodenplatte auf dem Bodenuntergrund gedrückt und der Schwingungserreger in Betrieb genommen. Dadurch werden die erzeugten Schwingungsbewegungen auf den Bodenuntergrund übertragen, wodurch sich der Bodenuntergrund verdichtet.

[0003] Wesentlich für einen effizienten Betrieb des Anbauverdichters ist die Dauer, mit der der Anbauverdichter im Schwingungsbetrieb auf die jeweilige Bodenstelle gedrückt wird. Einerseits muss dieser Vorgang so lange aufrechterhalten werden, bis eine gewünschte Bodenverdichtung erreicht wird. Je länger der Anbauverdichter auf den Bodenuntergrund einwirkt, desto weniger schreitet die Bodenverdichtung allerdings andererseits fort. Dies bedeutet, dass der Verdichtungsprozess mit zunehmender Zeit uneffektiver wird. Diese Situation tritt insbesondere dann auf, wenn der Bagger den Anbauverdichter während des Verdichtungsprozesses nicht nachdrückt. Der fortschreitend sich verdichtende Boden weicht dann nach unten aus, was den Verdichtungsprozess und insbesondere lange Verdichtungsintervalle noch uneffizienter gestaltet.

[0004] Im Stand der Technik ist es beispielsweise aus der DE 20 2004 015 141 U1 bekannt, den Verdichtungsgrad des Bodenuntergrundes über eine Beschleunigungsmessung der Bodenplatte über den Verdichtungsprozess hinweg zu überwachen. Dieser Vorgang ist allerdings verhältnismäßig aufwendig und zudem in der Umsetzung kostenintensiv. Die DE 10 2013 200 274 A1 schlägt ferner eine "Verdichtungsenderkennung" vor. Konkret soll hier angezeigt werden, wenn im Betrieb des Anbauverdichters keine oder zumindest keine wesentliche weitere Verdichtung des Bodens mehr erfolgt. Hierzu wird die fortschreitende Bodenverdichtung über einen Sensor während des Arbeitsprozesses verfolgt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es nun, eine einfache

Möglichkeit anzugeben, die Bodenverdichtung mithilfe eines Anbauverdichters effizienter zu gestalten, ohne insbesondere dabei über den Verdichtungsprozess hinweg den Verlauf der Bodenverdichtung sensorisch überwachen zu müssen.

[0006] Die Lösung der Aufgabe gelingt mit einem Verfahren zur Bodenverdichtung mithilfe eines Anbauverdichters, einem Anbauverdichter sowie einem Bagger mit einem Anbauverdichter gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Der Grundgedanke der Erfindung liegt in der Erkenntnis, dass zum Erreichen befriedigender Bodenverdichtungsergebnisse die kontinuierliche Erfassung und Überwachung der aktuell vorliegenden Bodenverdichtung nicht erforderlich ist. Ausreichende Bodenverdichtungsergebnisse können vielmehr bereits nach bestimmten Zeitintervallen, in denen der Anbauverdichter den Bodenuntergrund verdichtet, erhalten werden. Wesentliche Einflussgröße für den Verdichtungsprozess ist insbesondere die Anpresskraft, mit der der Anbauverdichter während des Verdichtungsprozesses durch den Bagger auf den Bodenuntergrund gedrückt wird. Relevant ist hier bei den nachstehenden Ausführungen insbesondere der in Vertikalrichtung verlaufende Kraftanteil der Anpresskraft. Das Anpressen erfolgt bei einem mit einem Baggararm verbundenen Anbauverdichter üblicherweise über den Baggararm des Baggers. Je stärker der Anbauverdichter zu Beginn des Verdichtungsprozesses über den Baggararm auf den Bodenuntergrund angedrückt wird, desto kürzer ist das zum Erreichen einer ausreichenden Bodenverdichtung erforderliche Arbeitsintervall. Eine über dieses Arbeitsintervall hinausgehende Bodenverdichtung ist ineffizient, da die dann zu erreichende Zunahme der Bodenverdichtung minimal ist und in keinem Verhältnis zum, insbesondere zeitlichen, Arbeitsaufwand steht. Wie dieses Arbeitsintervall in Abhängigkeit von der Anpresskraft jeweils bemessen ist, kann insbesondere empirisch durch Labor- und/oder Feldversuche ermittelt werden. Erfindungsgemäß ist es somit vorgesehen, dass im laufenden Verdichtungsprozess die vorliegende Bodenverdichtung nicht ermittelt wird. Die Zeitdauer, mit der der Anbauverdichter pro Verdichtungsintervall auf den Bodenuntergrund aufgedrückt wird, erfolgt vielmehr vereinfacht ausschließlich in Abhängigkeit von der Anpresskraft. Nach Ablauf dieses festgelegten Verdichtungsintervalls wird beim vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren somit davon ausgegangen, dass eine ausreichende Bodenverdichtung erfolgt ist bzw. eine Fortsetzung des aktuellen Verdichtungsintervalls nicht mehr effizient ist. Dadurch kann der Betrieb des Anbauverdichters bei vergleichsweise einfachem Aufbau erheblich effizienter durchgeführt werden, da der Bediener des Anbauverdichters eine einfache und klare Richtschnur an die Hand erhält, wie lange er den jeweiligen Verdichtungsschritt effektiv durchführen muss.

[0008] Konkret umfasst das erfindungsgemäße Ver-

fahren zur Bodenverdichtung mithilfe eines Anbauverdichters somit die Schritte A) Anpressen des Anbauverdichters auf den zu verdichtenden Bodenuntergrund über eine Lagereinrichtung, B) Messen der auf den Anbauverdichter durch die Lagereinrichtung ausgeübten Anpresskraft oder einer mit der Anpresskraft korrelierenden Messgröße, C) Ermitteln einer erforderlichen Verdichtungsdauer in Abhängigkeit von der gemessenen Anpresskraft oder der mit der Anpresskraft korrelierenden Messgröße und D) Betätigen einer Signaleinrichtung wenigstens beim Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer. Im Arbeitsbetrieb wird der Anbauverdichter üblicherweise mithilfe des Baggerarms, der über die Lagereinrichtung mit dem Anbauverdichter verbunden ist, im Wesentlichen in Vertikalrichtung von oben kommend auf den Bodenuntergrund aufgedrückt. Dies kann beispielsweise über bekannte hydraulische Stelleinrichtungen zur Bewegung des Baggerarms erfolgen. Erfindungsgemäß ist es nun vorgesehen, dass die über die Lagereinrichtung auf den Anbauverdichter ausgeübte Anpresskraft ermittelt wird. Dies kann über eine direkte Kraftmessung oder durch Bestimmung einer mit der Anpresskraft korrelierenden Messgröße, wie beispielsweise dem Hydraulikdruck, der Aufstandskraft des Anbauverdichters auf dem Bodenuntergrund, über einen Sensor generierte Spannung -und/oder Verformungssignale etc. erfolgen. Wesentlich ist, dass eine dahingehende Feststellung möglich ist, ob der Anbauverdichter mit einer verhältnismäßig großen oder einer verhältnismäßig geringen Anpresskraft auf den Bodenuntergrund aufgedrückt wird. Relevant ist dabei vorliegend insbesondere die in Vertikalrichtung verlaufende Anpresskraft bzw. der Vertikalanteil der Anpresskraft auf den Anbauverdichter. Je größer die Anpresskraft ist, desto geringer bzw. kürzer ist die erforderliche Verdichtungsdauer, die zum Erreichen einer gewünschten Bodenverdichtung erforderlich ist. Die "erforderliche Verdichtungsdauer" gibt dabei vorliegend ein Zeitfenster an, innerhalb dessen aufgrund beispielsweise empirischer Untersuchungen noch eine effiziente Verdichtung des Bodens erfolgt. Die "erforderliche Verdichtungsdauer" führt dabei in der Regel nicht zu der theoretisch maximalen Bodenverdichtung. Die "erforderliche Verdichtungsdauer" ist vielmehr vorzugsweise derart bemessen, dass innerhalb dieses Zeitintervalls Bodenverdichtungsvorgänge in nennenswertem und praktisch relevantem Umfang auftreten. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass innerhalb des Zeitfensters der "erforderlichen Verdichtungsdauer" befriedigende Verdichtungsergebnisse erhalten werden und gleichzeitig eine unwirtschaftliche überlange Bodenverdichtung vermieden wird. Wie groß die für den jeweiligen Anwendungsfall "erforderliche Verdichtungsdauer" konkret bemessen wird, kann im Einzelfall variieren und beispielsweise vom Nutzer durch Vorgabe eines gewünschten Mindestbodenverdichtungsgrades vorgegeben werden. Hierzu kann im praktischen Einsatz beispielsweise die sogenannte Proctordichte nach DIN 18127 herangezogen werden. Ist somit die ausgeübte Anpresskraft oder

die mit der Anpresskraft korrelierende Messgröße bestimmt, wird unter Rückgriff auf bekannte und beispielsweise in einer Speichereinheit hinterlegte Referenzen die für die jeweilige ausgeübte Anpresskraft oder die mit der Anpresskraft korrelierende Messgröße erforderliche Verdichtungsdauer ermittelt. Wesentlich für das erfindungsgemäße Verfahren ist schließlich auch das Betätigen einer Signaleinrichtung wenigstens beim Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer. Dadurch wird dem Bediener signalisiert, wenn er sinnvollerweise den aktuellen Verdichtungs Vorgang abbrechen und beispielsweise an anderer Stelle oder durch ein erneutes Ansetzen des Bodenverdichters einen neuen Verdichtungs Vorgang starten sollte. Der Bediener des Anbauverdichters bekommt auf diese Weise eine einfache und effiziente Möglichkeit an die Hand, den Betrieb des Anbauverdichters soweit zu optimieren, dass die einzelnen Verdichtungsintervalle ausreichend lang aber eben auch nicht zu lang sind. Dazu ist es primär wichtig, dass ihm der Ablauf der sinnvollen Verdichtungsdauer in irgendeiner Form signalisiert wird. Dies wird nachstehend noch näher beschrieben werden.

[0009] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es bevorzugt, wenn wesentliche Schritte durch eine gemeinsame Steuereinheit koordiniert werden. Konkret ist es hierzu vorgesehen, dass ein Weiterleiten der im vorstehend genannten Schritt B) gemessenen Anpresskraft oder der mit der Anpresskraft korrelierenden Messgröße an diese Steuereinheit erfolgt. Die Steuereinheit erhält somit zunächst die für die Auswahl der erforderlichen Verdichtungsdauer entscheidende Informationen. Weiter ist es bevorzugt, wenn zudem die Schritte C) und/oder D) ebenfalls durch die Steuereinheit gesteuert werden. Die Steuereinheit stellt somit vorzugsweise die zentrale Schnittstelle einerseits zur Verarbeitung der für die Auswahl der erforderlichen Verdichtungsdauer relevanten Informationen "Anpresskraft" oder "mit der Anpresskraft korrelierende Messgröße" und andererseits für die Ermittlung und Festlegung der "erforderlichen Verdichtungsdauer" sowie der Betätigung der Signaleinrichtung dar. Idealerweise ist die Steuereinheit dabei am Anbauverdichter angeordnet, um eine möglichst zentrale und vom jeweiligen Bagger unabhängige Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu ermöglichen.

[0010] Die konkrete Ermittlung beziehungsweise Festlegung der erforderlichen Verdichtungsdauer kann ebenfalls auf unterschiedliche Arten und Weisen erfolgen. So kann beispielsweise im einfachsten Fall die ermittelte Anpresskraft oder die mit der Anpresskraft korrelierende Größe mit einem festgelegten Faktor multipliziert werden. Im Hinblick auf das Verdichtungsergebnis bessere Ergebnisse lassen sich allerdings dadurch erreichen, wenn im Schritt C) ein Abgleichen der gemessenen Anpresskraft oder der mit der Anpresskraft korrelierenden Größe mit einer in einer Speichereinheit hinterlegten Wertetabelle, einem Kennfeld oder einer Vielzahl an Referenzkurven erfolgt. Die Wertetabelle ist dabei beispielsweise

unterteilt in die Größen "Anpresskraft" und "erforderliche Verdichtungsdauer", sodass bei bekannter Anpresskraft lediglich die entsprechende erforderliche Verdichtungsdauer zugewiesen werden muss. Ein mögliches Kennfeld gibt beispielsweise den Verlauf der erhaltenen Bodenverdichtung, beispielsweise der Proctordichte, in Abhängigkeit von der Anpresskraft gegenüber der Verdichtungsdauer wieder. Die Verwendung eines Kennfeldes bietet insofern den Vorteil, als dass hier leicht Variationen im Hinblick auf die gewünschte Bodenverdichtung möglich sind. Alternativ zu einem Kennfeld kann auch auf eine Vielzahl an Referenzkurven zurückgegriffen werden, die jeweils den Verlauf der Bodenverdichtung, insbesondere der Proctordichte, ausgehend von einer Anpresskraft in Abhängigkeit von der Verdichtungsdauer angeben. Die in der Speichereinheit hinterlegte Wertetabelle bzw. das Kennfeld oder die Vielzahl an Referenzkurven kann entweder bedienerseitig vorgegeben werden oder wird vorzugsweise ab Werk in der Speichereinheit hinterlegt. Die hierzu erforderlichen Daten beruhen insbesondere auf empirischen Labor- und/oder Feldversuchen.

[0011] Die erforderliche Verdichtungsdauer stellt eine im Hinblick auf das gewünschte Verdichtungsergebnis individuelle Größe dar. Wesentlich ist dabei zunächst, dass bei konstanter Energieeinbringung in den Boden, die Verdichtung des Bodens logarithmisch mit der Anzahl der Lastwechsel zunimmt. Wird dabei beispielsweise davon ausgegangen, dass eine theoretisch maximale Bodenverdichtung mit 100 % gleichgesetzt wird, entspricht die "erforderliche Verdichtungsdauer" bevorzugt derjenigen Zeitspanne, in der mit der gemessenen Anpresskraft oder mit der zur Anpresskraft korrelierende Größe wenigstens 70 %, insbesondere wenigstens 80 % und ganz besonders wenigstens 85 % der maximal möglichen Bodenverdichtung erreicht wird. Da eine theoretisch maximale Bodenverdichtung naturgemäß aber nicht erreicht werden kann, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, bei der Festlegung der jeweils erforderlichen Verdichtungsdauer auf analoge Parameter zurückzugreifen. Eine bevorzugte Möglichkeit ist beispielsweise eine Angabe der Bodenverdichtung mittels eines Verdichtungsgrads Dpr [%] (bzw. nachstehend auch als Verdichtungsgrad Q bezeichnet). Dieser prozentuale Verdichtungsgrad beschreibt die Raumdichte im Vergleich zum standardisierten Proctorversuch gemäß DIN 18127, auf den hiermit Bezug genommen wird. Der Versuch dient der Abschätzung der auf Baustellen erreichbaren Dichte und dem Überprüfen ausgeführter Verdichtungsarbeiten. Mit dem Proctorversuch wird ermittelt, bei welchem Wassergehalt der Boden bei konstanter Verdichtungsenergie optimal verdichtet werden kann. Die entsprechenden Kennwerte sind die Proctordichte und der optimale Wassergehalt. Der Verdichtungsgrad ist der Quotient aus Trockendichte des Bodens und der im Labor bestimmten Proctordichte. Wesentlich ist, dass beim Proctorversuch ein Referenzboden in ein Gefäß eingefüllt und mit definierter Arbeit durch ein Fallgewicht über eine bestimmte

Anzahl von Verdichtungsschlägen verdichtet wird. Die dabei erzielten Trockendichten werden in Abhängigkeit vom Wassergehalt als sog. Proctorkurve aufgetragen und daraus die maximale Dichte und der optimale Wassergehalt ermittelt. Die erfindungsgemäß erforderliche Verdichtungsdauer wird daher vorliegend bevorzugt auch derart festgelegt, dass sie dem Zeitintervall entspricht, in dem ein Verdichtungsgrad (in Prozent der Proctordichte) von 95 %, insbesondere 98 % und ganz besonders 100 % erreicht wird.

[0012] Der Verdichtungsvorgang gelingt am Schnellsten, wenn ein möglichst hoher Anpressdruck ausgeübt wird. Diese hohe Anpresskraft lässt sich aber nicht immer realisieren, da die Dämpfungselemente zwischen Grundplatte und Oberbau des Anbauverdichters nur auf eine bestimmte Maximallast ausgelegt sind. Der Versuch, die Anpresskraft über diese Maximallast hinaus weiter zu steigern, führt dazu, dass Schutzelemente wie Überlastanschläge zum Eingriff kommen und die schwingungsdämpfende Wirkung der Dämpfungselemente stark vermindert wird. Bei großem Abstand des Verdichters vom Bagger kann hingegen nur eine verminderte Anpresskraft ausgeübt werden, da die Abstützung lediglich über das Eigengewicht des Baggers erfolgt. Die Positionierung des Baggers in Relation zum Anbauverdichter ist nicht immer optimal möglich, weil z.B. die räumlichen Verhältnisse auf der Baustelle dies nicht zulassen. Der lange Hebelarm eines gegebenenfalls ausgestreckten Baggerarms verringert die mögliche Anpresskraft je nach Baggerarmgeometrie teils erheblich. Durch die fortlaufende Setzung bzw. Verdichtung des Bodens muss der Baggerarm zudem häufig permanent nachgeführt werden, um den gewünschten hohen Anpressdruck aufrechtzuerhalten. Aus dem Vorgenannten ergibt sich, dass es praktisch nur selten möglich ist, den maximalen Anpressdruck konstant bei jedem Verdichtungsvorgang aufzubringen. Es ist zudem für den Maschinenbediener nur schwer möglich, die unterschiedlich hohen Anpresskräfte einzuschätzen und insbesondere ist es für den Bediener schwierig, den Einfluss auf die Verdichtungs-effizienz richtig abzuschätzen. Daher ist es hilfreich, wenn die tatsächliche wirksame Anpresskraft direkt oder indirekt gemessen wird, und ihr Einfluss auf die Verdichtung signalisiert wird. So kann bei günstigen hohen Anpresskräften eine unnötig lange Verdichtung vermieden werden und bei verminderter Anpresskraft die dann erforderliche längere Verdichtungszeit entsprechend angezeigt werden.

[0013] Hinsichtlich des Schritts D) sind ebenfalls alternative Möglichkeiten denkbar und bevorzugt, die auch miteinander kombinierbar sind. Im Betrieb bzw. während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es für den Bediener komfortabel, wenn er ungefähr abschätzen kann, wie lange der jeweilige Verdichtungsschritt dauern wird. Es ist daher bevorzugt, wenn die Signaleinrichtung nicht nur den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer anzeigt, sondern eines der erforderlichen Verdichtungs-dauer entsprechenden optischen

Countdowns ermöglicht. Ein solcher optischer Countdown kann beispielsweise in einer Vielzahl von in einer Reihe nebeneinander angeordneten Lämpchen verwirklicht werden, die nacheinander an oder nacheinander ausgehen. Ein solcher optischer Countdown kann insbesondere auch durch ein Anzeigen eines der erforderlichen Verdichtungsdauer insgesamt entsprechenden verbleibenden Zeitintervalls bestehen. Hier läuft somit ausgehend von der ermittelten erforderlichen Verdichtungsdauer die tatsächliche Zeit über eine Ziffernanzeige bis auf null runter. Ergänzend oder alternativ kann es vorgesehen sein, dass lediglich eine Signalleuchte beim Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer aufleuchtet oder alternativ abgeschaltet wird. Besser ist jedoch das Anzeigen einer Ampelfunktion in Abhängigkeit von der erforderlichen Verdichtungsdauer. Diese Ampelfunktion kann beispielsweise derart ausgelegt sein, dass, solange der Verdichtungs Vorgang aufrechterhalten werden soll, ein grünes Licht aufleuchtet und beim Erreichen der Verdichtungsdauer das grüne Licht erlischt und ein rotes Licht aufleuchtet. Ergänzend oder alternativ kann der Ablauf der Verdichtungsdauer auch über das Ausgeben eines akustischen Signals erfolgen, sobald die erforderliche Verdichtungsdauer abgelaufen ist. Ein solches Signal kann beispielsweise ein Hupen oder Ähnliches sein. Es ist ergänzend oder alternativ auch möglich, dass die Signalisierung des Ablaufs der Verdichtungsdauer direkt in die Steuerung des Anbauverdichters eingreift. Insbesondere kann dies beispielsweise über ein Stoppen einer Vibrationsfunktion des Anbauverdichters, die vorzugsweise über die Steuereinheit ausgelöst wird, erfolgen. Hört der Anbauverdichter somit auf zu rütteln, weiß der Bediener, dass die erforderliche Verdichtungsdauer abgelaufen ist. Es ganz zudem ergänzend oder alternativ vorgesehen sein, dass die Anzeige der momentan erforderlichen Verdichtungsdauer/Verdichtungsgeschwindigkeit entsprechend dem Anpressdruck durch eine schnellere oder langsamere Blinkfrequenz eines Leuchtelements erfolgt. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Blinkfrequenz mit steigender Annäherung an den Ablauf des festgelegten Zeitintervalls steigt und bei Ablauf des festgelegten Zeitintervalls eine kontinuierliche Anzeige (d.h. ohne Blinken) erfolgt.

[0014] Um die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders effizient gestalten zu können, ist vorzugsweise eine Reset-Funktion vorhanden, derart, dass selbsttätig bei einem Entlasten und insbesondere Anheben des Anbauverdichters vom Bodenuntergrund die Schritte A) bis D) in dieser Reihenfolge erneut ablaufen, insbesondere wenn der Anbauverdichter neu angesetzt wird, was beispielsweise durch ein Ansteigen der Anpresskraft oder einer damit korrelierenden Größe erkennbar ist. Die Reset-Funktion sorgt somit dafür, dass die Schritte A) bis D) zyklisch ablaufen, ohne dass insbesondere das Messen, Ermitteln und Betätigen der Signaleinrichtung gemäß der Schritte B) bis D) vom Bediener jeweils manuell neu gestartet werden muss. Auslöser ist hierbei vielmehr bevorzugt entweder das Entlasten

des Anbauverdichters und/oder die Detektion eines neuen Anpressvorgangs.

[0015] Grundsätzlich muss zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht unmittelbar auf die Ermittlung der konkreten Anpresskraft zurückgegriffen werden. Hier kommen auch mit der Anpresskraft korrelierende Messgrößen infrage. Wesentlich ist zunächst, dass eine Aussage dahingehend möglich ist, ob der Anbauverdichter mit einer großen oder mit einer kleinen Anpresskraft auf den Bodenuntergrund gedrückt wird. Eine alternative und mit der Anpresskraft korrelierende Messgröße kann somit beispielsweise der Hydraulikdruck eines Stellzylinders des Baggerarms sein. Je größer der Hydraulikdruck innerhalb des Stellzylinders ist, desto stärker wird der Anbauverdichter auf den Bodenuntergrund aufgedrückt. Grundsätzlich kann daher auch auf geeignete elektrische Spannungssignale eines Sensorelementes zurückgegriffen werden, die mit der Anpresskraft korrelieren. Ergänzend oder alternativ kann auch bei Kenntnis der Stellung des Baggerarms die Anpresskraft aus dem Druck eines oder mehrerer Hydraulikzylinder des Baggerarms errechnet werden. Möglich ist auch der Rückgriff auf die Messung eines Entlastungsdrucks oder einer Entlastungskraft an wenigstens einer Fahreinrichtung des Baggers. Je stärker der Anbauverdichter auf den Bodenuntergrund gedrückt wird, desto stärker oder schwächer wird eine der üblicherweise wenigstens zwei Fahreinrichtungen belastet. Dies kann bei der Verwendung eines drehbaren Baggeroberbaus mit der jeweiligen Drehstellung variieren und wird bei dieser Alternative zur Ermittlung der erforderlichen Verdichtungsdauer mit berücksichtigt. Ergänzend oder alternativ kann auch auf ein Wegsignal an einem elastischen Verbindungselement zwischen einer Bodenplatte und einem Oberbau des Anbauverdichters zurückgegriffen werden. Der Oberbau des Anbauverdichters ist üblicherweise über elastische Dämpfungselemente mit der im Kontakt mit dem Bodenuntergrund stehenden Bodenplatte des Anbauverdichters verbunden. Je stärker der Anbauverdichter auf den Bodenuntergrund gedrückt wird, desto höher ist die Belastung am elastischen Verbindungselement. Daraus ergibt sich, dass auch die Verformung des elastischen Verbindungselementes mit der Anpresskraft korreliert und somit als Referenzgröße zur Ermittlung der erforderlichen Verdichtungsdauer herangezogen werden kann. Ergänzend oder alternativ kann auch die Aufstandskraft des Bodenverdichters auf dem Bodenuntergrund als zur Anpresskraft korrelierende Größe herangezogen werden. Grundsätzlich können auch Dehnungsmessungen an im Kraftfluss liegenden Bauteilen über beispielsweise Dehnungsmessstreifen oder Dehnungsaufnehmern in an sich bekannter Weise erfolgen. Eine Bestimmung der Dehnung oder Stauchung ist auch im Kraftnebenschluss möglich, da die vorliegend notwendige Genauigkeit nicht sehr hoch ist.

[0016] Ein weiterer Grundgedanke der Erfindung liegt in einem Anbauverdichter, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Ein gattungs-

gemäßiger Anbauverdichter umfasst eine Bodenplatte, einen motorisch angetriebenen Schwingungserreger, mit dem die Bodenplatte in Schwingungen versetzbar ist, einen Oberbau, der mit der Bodenplatte verbunden ist, und eine Kupplungseinrichtung, die zur Ankopplung eines Baggerarms ausgebildet ist. Bei dem motorisch angetriebenen Schwingungserreger kann es sich beispielsweise um eine Unwuchteinrichtung zur Erzeugung der gewünschten Schwingungen handeln. Der motorische Antrieb des Schwingungserregers kann über einen durch das Hydrauliksystem des Baggers gespeisten Hydraulikmotor oder durch einen alternativen Antriebsmotor realisiert werden. Für die Erfindung wesentlich ist nun, dass zunächst eine Sensoreinrichtung vorhanden ist, die derart ausgebildet ist, dass mit ihr eine Anpresskraft des Baggerarms auf den Anbauverdichter oder einer mit der Anpresskraft korrelierenden Größe bestimmbar ist. Letzteres kann beispielsweise auch die Anpresskraft des Anbauverdichters auf den Bodenuntergrund oder eine mit dieser Anpresskraft korrelierende Größe sein. Im Hinblick auf die Anpresskraft bzw. die mit der Anpresskraft korrelierende Größe wird auf die vorstehenden Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren Bezug genommen. Ferner ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass auch eine Steuereinheit vorhanden ist, die anhand der ermittelten Anpresskraft oder anhand der mit der Anpresskraft korrelierenden Größe eine erforderliche Verdichtungsdauer festgelegt, und dass eine Signaleinrichtung vorhanden ist, die derart ausgebildet ist, dass sie wenigstens den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer anzeigt. Hinsichtlich der konkreten Ausbildung und Funktionsweise der Steuereinheit, der Ermittlung und Festlegung der erforderlichen Verdichtungsdauer sowie der Funktionsweise der Signaleinrichtung wird ebenfalls auf die vorhergehenden Ausführungen Bezug genommen. Dabei ist es bevorzugt, wenn sämtliche der genannten Elemente als geschlossenes System am Anbauverdichter angeordnet sind. Dies ermöglicht insbesondere die Nutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens unabhängig von der Ausbildung des jeweiligen mit dem Anbauverdichter im Arbeitsprozess verbundenen Baggers.

[0017] Bei der konkreten Ausbildung der Sensoreinrichtung kann auf eine Vielzahl alternativer Ausführungsformen zurückgegriffen werden. Bevorzugt ist es, wenn die Sensoreinrichtung wenigstens ein Sensorelement in Form eines Kraftsensors, insbesondere eines resistiven Kraftaufnehmers, eines Piezo-Kraftaufnehmers oder eines Dehnungsmessstreifens, umfasst. Derartige Sensoren zeichnen sich durch ihre hohe Funktionszuverlässigkeit und geringe Ausfallanfälligkeit aus. Durch die Verwendung eines als Kraftsensor ausgebildeten Sensorelementes gelingt die unmittelbare Bestimmung der Anpresskraft. Ergänzend oder alternativ kann auch auf Wegsensoren zurückgegriffen werden, die, bevorzugt berührungslos, über induktive, kapazitive, optische oder auf Ultraschall basierenden Messprinzipien Verformungserscheinungen ermitteln. Auch der Einsatz von (Linear-)Potentiometern ist möglich. Es ist ferner bevor-

zugt vorgesehen, wenn die Sensoreinrichtung am Oberbau angeordnet ist. Auf diese Weise ist die Sensoreinrichtung den während des Verdichtungsvorgangs auftretenden Schwingungen nur in gedämpftem Umfang ausgesetzt. Ideal ist es dabei, wenn die Sensoreinrichtung zumindest teilweise direkt in die Kupplungseinrichtung, insbesondere des Anbauverdichters, integriert ist. Greift das Kupplungsgegenstück des Baggers in die Kupplungseinrichtung des Anbauverdichters ein, wird dadurch vorzugsweise unmittelbar ein physischer Kontakt zum Baggerarm hergestellt, über den die Ermittlung der Anpresskraft bzw. einer mit der Anpresskraft korrelierenden Größe möglich ist. Häufig weist die Kupplungseinrichtung ferner Schutzeinrichtungen gegen Verschmutzungserscheinungen auf, wodurch gleichzeitig auch ein Schutz der Sensoreinrichtung möglich ist. Um eine Übertragung der durch die Sensoreinrichtung ermittelten Messsignale an die Steuereinheit zu ermöglichen, ist die Sensoreinrichtung vorzugsweise über eine Signalleitung mit der Steuereinheit verbunden. Dies kann über ein entsprechendes Leitungskabel aber insbesondere auch kabellos erfolgen. Schließlich kann die Sensoreinrichtung derart ausgebildet sein, dass sie die Verformung eines elastischen Dämpfungselementes zwischen dem Oberbau und der Bodenplatte erfasst. Dies kann beispielsweise über einen Wegmesssensor oder vergleichbare Einrichtungen erfolgen.

[0018] Vorzugsweise ist die Steuereinheit am Oberbau des Anbauverdichters angeordnet. Auch hierdurch wird die Vibrationsbelastung der Steuereinheit im Betrieb des Anbauverdichters vermindert. Dabei ist es ferner bevorzugt, wenn die Steuereinheit oder zumindest eine Schnittstelle der Steuereinheit von außen zugänglich am Anbauverdichter, gegebenenfalls durch eine verstellbare Schutzeinrichtungen, beispielsweise eine Klappe, nach außen hin abgeschirmt, angeordnet ist. Auf diese Weise gelingt ein erleichterter Zugriff auf die Steuereinheit, beispielsweise zu Programmierzwecken zur Festlegung eines bestimmten Bodentyps etc. Ergänzend oder alternativ ist es auch möglich, eine Betriebsdokumentation in der Steuereinheit zu hinterlegen und über diesen Zugang von außen darauf zurückzugreifen.

[0019] Die Steuereinheit umfasst idealerweise eine Speichereinheit. Die Speichereinheit dient dazu, eine Wertetabelle, ein Kennfeld oder eine Vielzahl an Referenzkurven zu speichern, das oder die den erreichten Verdichtungsgrad oder eine damit korrelierende Größe über die Anpresskraft oder eine damit korrelierende Größe in Abhängigkeit von der Verdichtungsdauer beinhalten. Damit können die zur Ermittlung der jeweils erforderlichen Verdichtungsdauer relevanten Größen unmittelbar in der Steuereinheit hinterlegt werden. Die Speichereinheit kann ferner zur Betriebsdokumentation genutzt werden, um beispielsweise Informationen hinsichtlich der Betriebsdauer, der durchgeführten Arbeitsschritte etc. aufzeichnen und später zu Kontrollzwecken auslesen zu können.

[0020] Erfindungsgemäß umfasst der Anbauverdich-

ter eine Signaleinrichtung. Diese ist beispielsweise als ein von der Steuereinheit angesteuertes Mobilteil ausgebildet oder baulich am Anbauverdichter angeordnet. Die Signaleinrichtung dient dazu, dem Bediener wenigstens den Ablauf der jeweils erforderlichen Verdichtungsdauer zu signalisieren. Dazu umfasst die Signaleinrichtung beispielsweise eine optische Anzeigeeinrichtungen, insbesondere eine Anzeigeleuchte, eine Anzeigampel oder eine Ziffernanzeige. Mithilfe nur einer einzigen Anzeigeleuchte kann das Ende der erforderlichen Verdichtungsdauer beispielsweise durch Erlöschen oder Aufleuchten der Anzeigeleuchte bei Erreichen des Ablaufs der erforderlichen Verdichtungsdauer angezeigt werden. Eine Ampel kann das Ende der erforderlichen Verdichtungsdauer durch einen Anzeigewechsel, vorzugsweise in verschiedenen Farben, anzeigen. Eine Zeitanzeige kann als Lichtbalken oder auch als Ziffernanzeige ausgebildet sein. Ergänzend oder alternativ kann die Signaleinrichtung eine akustische Anzeigeeinrichtung umfassen, die das Erreichen des Endes der erforderlichen Verdichtungsdauer akustisch, beispielsweise über die Ausgabe eines Sprach- und/oder Tonsignals, signalisiert. Hierzu umfasst die akustische Anzeigeeinrichtung vorzugsweise einen Lautsprecher. Ideal ist es dabei ferner, wenn die Möglichkeit besteht, die Lautstärke der Ausgabe des akustischen Anzeigesignals zu regulieren.

[0021] Die Signaleinrichtung ist bevorzugt am Oberbau des Anbauverdichters angeordnet, da hier die Vibrationsbelastung geringer ist. Bevorzugte Anordnungsstellen sind dort entweder die Oberseite oder zumindest die Ausrichtung zur Innenseite des Anbauverdichters. Die Innenseite des Anbauverdichters bezeichnet diejenige Außenwand, die im an einen Baggerarm angebauten Zustand dem Bagger zugewandt ist.

[0022] Von der Erfindung mit umfasst ist ferner eine dahingehende ergänzende und/oder alternative Ausbildung der Signaleinrichtung dahingehend, dass sie ein von der Steuereinheit angesteuertes Steuerelement aufweist, mit dem der Schwingungsbetrieb des Schwingungserregers unterbrechbar ist. Die Signaleinrichtung kann somit über das Steuerelement in den Arbeitsbetrieb des Anbauverdichters eingreifen. Ist die erforderliche Verdichtungsdauer abgelaufen, signalisiert die Steuereinheit dem Steuerelement ein Abschalten des Schwingungsbetriebes des Schwingungserregers. Damit wird sichergestellt, dass ein über den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer hinaus erfolgreicher Rüttelbetrieb vermieden wird.

[0023] Zum Betrieb des erfindungsgemäßen Anbauverdichters wird üblicherweise elektrische Energie benötigt. Dazu kann es beispielsweise vorgesehen sein, eine Anbindung des Anbauverdichters an das elektrische Bordnetz eines Baggers vorzusehen. Ergänzend oder alternativ wird zur Gewinnung elektrischer Energie bevorzugt auf einen Umwandler für Vibrationen in elektrische Energie zurückgegriffen, wobei mit der gewonnenen elektrischen Energie die Sensoreinrichtung

und/oder die Steuereinheit und/oder die Signaleinrichtung mit elektrischer Energie versorgt werden. Derartige unter dem Stichwort "energy harvester" bekannte Umwandler für Vibrationen in elektrische Energie haben den Vorteil eines geringen Platzbedarfs und tragen ferner zur Effizienzsteigerung des erfindungsgemäßen Anbauverdichters bei.

[0024] Ein weiterer Grundgedanke der Erfindung liegt schließlich in einem Bagger, umfassend einen Antriebsmotor, einen Fahrstand, Fahreinrichtungen, einen Baggerarm und einen über eine Kupplungseinrichtung mit dem Baggerarm verbundenen Anbauverdichter mit einer Bodenplatte und einem Oberbau. Der Bagger ist dabei erfindungsgemäß zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet.

[0025] Dabei kann die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehene Signaleinrichtung insbesondere auch im Fahrstand des Baggers angeordnet sein. Es versteht sich von selbst, dass dann die Steuereinheit eine entsprechende Signalleitung zur Signaleinrichtung aufrechterhält, insbesondere kabellos. Die Anordnung der Signaleinrichtung im Fahrstand des Baggers hat insofern den Vorteil, als dass dies häufig als komfortabel vom Bediener des Baggers empfunden wird. Ferner ist dadurch gewährleistet, dass der Bediener auch dann die Anzeige des Ablaufs der erforderlichen Verdichtungsdauer wahrnehmen kann, wenn der Anbauverdichter außerhalb des Sichtbereichs des Bedieners liegt.

[0026] Bevorzugt ist eine elektrische Verbindungsleitung vorhanden, die vom Bordnetz des Baggers ausgehend die Sensoreinrichtung und/oder die Steuereinheit und/oder die Signaleinrichtung des Anbauverdichters mit elektrischer Energie versorgt. Zur konkreten Ausbildung der Sensoreinrichtung, der Steuereinheit und der Signaleinrichtung wird auf die vorhergehenden Ausführungen Bezug genommen.

[0027] Ideal ist es, wenn der Anbauverdichter ein erfindungsgemäßer Anbauverdichter wie vorstehend beschrieben ist.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand des in den Figuren angegebenen Ausführungsbeispiels weiter erläutert. Es zeigen schematisch:

Figur 1: eine Seitenansicht auf einen Bagger mit einem Anbauverdichter;

Figur 2: eine Ansicht auf ein Funktionsschema des Anbauverdichters aus Figur 1; und

Figur 3: ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0029] Gleiche Bauteile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen angegeben, wobei nicht jedes sich in den Figuren wiederholende Bauteil zwingend separat bezeichnet ist.

[0030] Wesentliche Elemente eines Baggers 1 sind ein Fahrteil 2 mit Fahreinrichtungen, ein auf dem Fahrteil 2

drehbar gelagerter Maschinenteil 3 mit einem Fahrstand 4 und einem Antriebsmotor 5 und einem Baggerarm 6. Der Baggerarm 6 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel zweigliedrig ausgebildet, umfassend einen innenliegenden ersten Baggerarm 7 und einen außenliegenden Baggerarm 8. Die Baggerarme 7 und 8 sind über Hydraulikzylinder 9 und 10 verstellbar. Am Ende des zweiten, im Wesentlichen sich in Vertikalrichtung erstreckenden zweiten Baggerarms 8 ist ein Anbauverdichter 11 über eine Kupplungseinrichtung 12 mit dem Baggerarm 6 verbunden. Der Anbauverdichter 11 wird im Verdichtungsbetrieb mithilfe der Hydraulikzylinder 9 und 10 über den Baggerarm 6 auf den Bodenuntergrund 13 gedrückt. Weitere Einzelheiten zu wesentlichen Elementen des Anbauverdichters 11 ergeben sich aus der Figur 2.

[0031] Figur 2 zeigt zunächst den zweiten Baggerarm 8 aus Figur 1 mit dem angebauten Anbauverdichter 11. Wesentliche Elemente des Anbauverdichters 11 sind eine Bodenplatte 14, ein Oberbau 15, ein motorisch angetriebenen Schwingungserreger 16 sowie die Kupplungseinrichtung 12. Die Bodenplatte 14 steht auf dem Bodenuntergrund 13 über ihre Unterseite auf. Die Bodenplatte 14 ist über Dämpfungselemente 17 mit dem Oberbau 15 verbunden. Die Kupplungseinrichtung 12 ist an der dem Baggerarm 6 zugewandten Oberseite des Oberbaus 15 angeordnet. Der an der Bodenplatte 14 angeordnete Schwingungserreger 16, insbesondere ein Unwuchterreger mit einem Exzenter, versetzt die Bodenplatte 14 im Verdichtungsbetrieb in, insbesondere vertikal gerichtete, Schwingungen. Der Antrieb des Schwingungserregers 16 kann beispielsweise über einen an das Hydrauliksystem (in den Figuren nicht gezeigt) des Baggers 1 angeschlossenen Hydraulikmotor des Anbauverdichters 11 erfolgen.

[0032] Um den Betrieb des Anbauverdichters 11 effizienter zu gestalten, sind ferner eine Steuereinheit 18, eine Sensoreinrichtung 19, eine Speichereinheit 20 sowie eine Signaleinrichtung 21 vorgesehen. Diese Komponenten können allesamt am Anbauverdichter 11 angeordnet sein. Ergänzend oder alternativ ist es insbesondere aber auch möglich, zumindest Teile der Sensoreinrichtung 19 und/oder der Signaleinrichtung 21 andernorts unterzubringen. Beispielsweise kann die Signaleinrichtung 21 als Mobilteil in Form eines mobilen Endgeräts ausgebildet sein, welches im Fahrstand 4 angeordnet ist. Auch die Anordnung der Sensoreinrichtung 19 kann variieren und beispielsweise in die Kupplungseinrichtung 12 integriert werden.

[0033] Die Sensoreinrichtung 19 umfasst wenigstens ein Sensorelement, mit dem die auf den Anbauverdichter 11 durch den Baggerarm 6 ausgeübte Anpresskraft F oder eine dazu korrelierende Größe messbar ist. Die Sensoreinrichtung 19 ist über eine Signalleitung 22 mit der Steuereinheit 18 verbunden. Ferner sind Signalleitungen 23 und 24 vorgesehen, die eine Verbindung der Steuereinheit mit der Speichereinheit 20 herstellen. Von der Steuereinheit 18 ausgehend ist schließlich eine wei-

tere Verbindungsleitung 25 zur Signaleinrichtung 21 vorgesehen.

[0034] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in der Speichereinheit 20 ein Kennfeld 26 hinterlegt. Das Kennfeld 26 stellt die Verdichtungsdauer t gegenüber dem Verdichtungsgrad D dar. Die Kurven 27 geben dabei den Verdichtungsverlauf bei verschiedenen Anpressdrücken bzw. Anpresskräften F_1 , F_2 , F_3 und F_4 wieder. F_1 gibt dabei den größten Anpressdruck und F_4 den niedrigsten Anpressdruck im Kennfeld 26 wieder. Die Linie D_{max} zeigt die Lage der theoretisch maximalen Bodenverdichtung. Das Kennfeld 26 verdeutlicht somit, dass bei ansteigendem Anpressdruck die Verdichtung des Bodens schneller vonstatten geht. Das Kennfeld 26 verdeutlicht ferner, dass sich die Verdichtungskurven asymptotisch der theoretisch maximalen Bodenverdichtung annähern. Dies bedeutet, dass bei fortschreitender Verdichtungsdauer t die Zunahme der Bodenverdichtung D immer geringer wird.

[0035] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Verdichtungsgrad DX gewünscht. In Abhängigkeit von der anliegenden Anpresskraft F ergeben sich dadurch unter Berücksichtigung des Kennfeldes 26 für jede einzelne Kurve eine erforderliche Verdichtungsdauer t_1 bis t_4 . Misst die Sensoreinrichtung 19 somit beispielsweise eine Anpresskraft F_2 , ermittelt die Steuereinheit 18 unter Verwendung des Kennfeldes 26, dass die erforderliche Verdichtungsdauer den Zeitraum t_2 erfordert. Ausschlaggebend für die jeweilige erforderliche Verdichtungsdauer kann alternativ zu einem gewünschten (empirischen) Verdichtungsgrad ferner auch der Ablauf einer "effizienten" Verdichtung sein. Die für die jeweilige Anpresskraft erforderlicher Verdichtungsdauer kann dann beispielsweise durch einen Steigungsgrenzwert der jeweiligen Verdichtungskurve festgelegt werden. Damit ist gewährleistet, dass stets in einem Zeitfenster mit einer effektiven Bodenverdichtungsarbeit gearbeitet wird.

[0036] Startet somit der Verdichtungs Vorgang, beispielsweise durch Inbetriebnahme des Schwingungserregers 16, signalisiert die Steuereinheit über die Signaleinrichtung 21 den Ablauf der aktuell erforderlichen Verdichtungsdauer t_2 . Dazu steuert die Steuereinheit die Signaleinrichtung 21 über die Verbindungsleitung 25 an und löst beispielsweise über den Lautsprecher 28 die Ausgabe eines akustischen Signals aus. Ergänzend oder alternativ kann die Signaleinrichtung 21 auch eine optische Signaleinrichtung 29 aufweisen. Vorliegend sind dazu mehrere Signalleuchten 30 innerhalb eines Balkens nebeneinander angeordnet. Zu Beginn des Verdichtungs Vorgangs leuchten sämtliche Signalleuchten 30 auf und nehmen über die erforderliche Verdichtungsdauer t hin gleichmäßig ab. Sind alle Signalleuchten 30 erloschen, weiß der Bediener, dass die erforderliche Verdichtungsdauer t_2 abgelaufen ist. Ergänzend oder alternativ kann hier auch eine Ziffernanzeige und/oder ein mehr farbiges Anzeigedisplay etc. verwendet werden.

[0037] Ferner ist ein Umwandler 31 für Vibrationen in elektrische Energie vorhanden. Dieser versorgt vorlie-

gend die Steuereinheit 18 mit elektrischer Energie. Der Umwandler 31 ist insbesondere an der Bodenplatte 14 angeordnet und über eine Verbindungsleitung 32 mit der Steuereinheit 18 verbunden. Alternativ kann eine Verbindungsleitung 33 vorgesehen sein, über die eine Stromanbindung an ein Bordnetz des Baggers 1 erfolgt.

[0038] Figur 2 verdeutlicht ferner eine konkrete bevorzugte Anordnungsstelle der Signaleinrichtung 21 am Anbauverdichter 11. Mit dem Bezugszeichen 21' ist die Anordnung der Signaleinrichtung 21 auf der Oberseite des Anbauverdichters 11 angegeben. Ergänzend oder alternativ kann auch die Anordnung einer mobilen Signaleinrichtung 21" innerhalb des Fahrstandes 4 vorgesehen sein, wie in Figur 1 angegeben. Diese Signaleinrichtung 21" steht über eine kabellose Signalleitung in Verbindung mit der Steuereinheit 18.

[0039] Ergänzend oder alternativ kann es ebenfalls vorgesehen sein, dass die Steuereinheit 18 eine Motorsteuerung 33 des Schwingungserregers 16 über eine Verbindungsleitung 34 ansteuert. Damit besteht die Möglichkeit, den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer t durch ein Stoppen der Vibrationserzeugung durch den Schwingungserreger 16 zu erreichen.

[0040] Figur 3 schließlich veranschaulicht wesentliche Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens 34 zur Bodenverdichtung mittels eines Anbauverdichters, insbesondere des Anbauverdichters 11 aus den vorhergehenden Figuren 1 und 2. Im Schritt 35 erfolgt zunächst als Ausgangsaktion des Verdichtungs Vorgangs ein Anpressen des Anbauverdichters 11 auf den zu verdichtenden Bodenuntergrund 13 über eine Lagereinrichtung, insbesondere über den mittels der Kupplungseinrichtung 12 mit dem Anbauverdichter 11 verbundenen Baggerarm 6. Gemäß Schritt 36 erfolgt anschließend ein Messen der auf den Anbauverdichter 11 durch die Lagereinrichtung 12 bzw. den Baggerarm 6 ausgeübten Anpresskraft F oder einer mit der Anpresskraft F korrelierenden Messgröße. Dies erfolgt über eine geeignete Sensoreinrichtung 19, beispielsweise eine Sensoreinrichtung, wie sie in Figur 2 näher angegeben ist. Aus der gemessenen Anpresskraft F oder einer mit der Anpresskraft F korrelierenden Messgröße erfolgt nun in einem nächsten Schritt 37 das Ermitteln der erforderlichen Verdichtungsdauer t . Konkret kann dies beispielsweise gemäß Schritt 38 durch ein Abgleichen der gemessenen Anpresskraft oder der mit der Anpresskraft korrelierenden Messgröße mit einem in einer Speichereinheit hinterlegten Wertetabelle, einem Kennfeld 26 oder einer Vielzahl an Referenzkurven erfolgen. Ist die für den konkreten Anwendungsfall erforderliche Verdichtungsdauer t ermittelt, wird der Verdichtungs Vorgang so lange fortgesetzt, bis die jeweils erforderliche Verdichtungsdauer t abgelaufen ist. Es erfolgt wenigstens dann im Schritt 39 ein Betätigen der Signaleinrichtung 21, sodass der Bediener des Anbauverdichters 11 den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer T erkennen kann.

[0041] Figur 3 verdeutlicht ferner mit dem Schritt 40 eine weitere Option des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Hier ist vorgesehen, dass die Schritte 35-39 zyklisch ablaufen. Dabei ist das für den Neustart im Schritt 35 erforderliche Ereignis das Aufheben des Anpressdruckes und/oder das Anheben des Anbauverdichters 11 vom Bodenuntergrund 13 und/oder das erneute Anpressen des Anbauverdichters auf den Bodenuntergrund. Die damit erhaltene Reset-Funktion ermöglicht einen besonders einfachen Betrieb, da das Gesamtsystem mit dem Anheben des Anbauverdichters 11 oder mit dem erneuten Anpressen des Anbauverdichters 11 automatisch wieder im Schritt 35 startet. Eine zusätzliche manuelle Eingabe ist hier nicht erforderlich. Das erneute Anpressen kann beispielsweise durch ein Überschreiten eines vorher festgelegten Anpressdruckgrenzwertes zuverlässig detektiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren (34) zur Bodenverdichtung mit einem Anbauverdichter (11), umfassend die Schritte:
 - A) Anpressen (35) des Anbauverdichters (11) auf den zu verdichtenden Bodenuntergrund (13) über eine Lagereinrichtung (12);
 - B) Messen (36) der auf den Anbauverdichter (11) durch die Lagereinrichtung (12) ausgeübten Anpresskraft (F) oder einer mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Messgröße;
 - C) Ermitteln (37) einer erforderlichen Verdichtungsdauer (t) in Abhängigkeit von der gemessenen Anpresskraft (F) oder der mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Messgröße;
 - D) Betätigen (38) einer Signaleinrichtung (21) wenigstens beim Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer (t).
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Weiterleiten der im Schritt B) gemessenen Anpresskraft (F) oder der mit der Anpresskraft korrelierenden Größe an eine Steuereinheit (18) erfolgt, und dass die Schritte C) und/oder D) durch die Steuereinheit (18) gesteuert werden.
3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt C) ein Abgleichen der gemessenen Anpresskraft (F) oder der mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Größe mit einer in einer Speichereinheit (20) hinterlegten Wertetabelle, einem Kennfeld (26) oder einer Vielzahl an Referenzkurven erfolgt.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt C) die erforderliche Verdichtungs-

dauer (t) der Zeitspanne entspricht, in der mit der gemessenen Anpresskraft (F) oder mit der zur Anpresskraft (F) korrelierenden Größe wenigstens ein Verdichtungsgrad in Prozent der Proctordichte von 95%, insbesondere von 98% und ganz besonders von 100% erreicht wird.

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Schritt D) wenigstens eines der folgenden Merkmal verwirklicht wird:

- I) Anzeigen eines der erforderlichen Verdichtungsdauer (t) entsprechenden optischen Countdowns;
- II) Anzeigen eines der erforderlichen Verdichtungsdauer (t) insgesamt entsprechenden verbleibenden Zeitintervalls;
- III) Anzeigen einer Ampelfunktion in Abhängigkeit von der erforderlichen Verdichtungsdauer (t);
- IV) Ausgeben eines akustischen Signals, sobald die erforderliche Verdichtungsdauer (t) abgelaufen ist;
- V) Stoppen einer Vibrationsfunktion des Anbauverdichters (11);
- VI) Anzeige der momentan erforderlichen Verdichtungsdauer (t)/Verdichtungsgeschwindigkeit entsprechend dem Anpressdruck durch schnellere oder langsamere Blinkfrequenz eines Leuchtelements (30).

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Reset-Funktion (40) vorhanden ist, derart, dass selbsttätig bei einem Entlasten und insbesondere Anheben des Anbauverdichters (11) vom Bodenuntergrund (13) die Schritte A) bis D) in dieser Reihenfolge erneut ablaufen.

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei der mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Messgröße um eine der folgenden Messgrößen handelt:

- 1) den Hydraulikdruck eines Stellzylinders (9, 10) eines Baggerarms (6, 7, 8);
- 2) ein elektrisches Spannungssignal eines Sensorelements (19), beispielsweise eines Wegmessensors;
- 3) einem Entlastungsdruck oder einer Entlastungskraft wenigstens einer Fahreinrichtung des Baggers (1);
- 4) einem Wegsignal an einem elastischen Ver-

bindungselement (17) zwischen einer Bodenplatte (14) und einem Oberbau (15) des Anbauverdichters (11).

8. Anbauverdichter (11), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens (34) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend

- a) eine Bodenplatte (14);
- b) einem motorisch angetriebenen Schwingungserreger (16), mit dem die Bodenplatte (14) in Schwingungen versetzbar ist;
- c) einen Oberbau (15), der mit der Bodenplatte (14) verbunden ist;
- d) eine Kupplungseinrichtung (12), die zur Einkupplung eines Baggerarms (6, 7, 8) ausgebildet ist;

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Sensoreinrichtung (19) vorhanden ist, die derart ausgebildet ist, dass mit ihr eine Anpresskraft (F) des Baggerarms (6, 7, 8) auf den Anbauverdichter (11) oder des Anbauverdichters (11) auf den Bodenuntergrund (13) oder einer mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Größe bestimmbar ist, dass eine Steuereinheit (18) vorhanden ist, die anhand der ermittelten Anpresskraft (F) oder anhand der mit der Anpresskraft (F) korrelierenden Größe eine erforderliche Verdichtungsdauer (t) festlegt, und dass eine Signaleinrichtung (21) vorhanden ist, die derart ausgebildet ist, dass sie wenigstens den Ablauf der erforderlichen Verdichtungsdauer (t) anzeigt.

9. Anbauverdichter (11) gemäß Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sensoreinrichtung (19) wenigstens eines der folgenden Merkmale erfüllt:

- a) sie umfasst ein Sensorelement in Form eines Kraftsensors, insbesondere eines resistiven Kraftaufnehmers, eines Piezokraftaufnehmers oder eines Dehnungsmessstreifens;
- b) sie ist am Oberbau (15) angeordnet;
- c) sie ist in die Kupplungseinrichtung (12) integriert;
- d) sie ist mit der Steuereinheit (18) über eine Signalleitung verbunden;
- e) sie erfasst die Verformung eines elastischen Dämpfungselementes (17) zwischen dem Oberbau (15) und der Bodenplatte (14).

10. Anbauverdichter (11) gemäß einem der Ansprüche 8 oder 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinheit (18) eine Speichereinheit (20) umfasst, wobei in der Speichereinheit (20) wenigstens eine Wertetabelle, ein Kennfeld (26) oder eine Vielzahl an Referenzkurven hinterlegt ist, das

oder die den erreichten Verdichtungsgrad (Q) oder eine damit korrelierende Größe über die Anpresskraft (F) oder eine damit korrelierende Größe in Abhängigkeit von der Verdichtungsdauer (t) beinhalten.

11. Anbauverdichter (11) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Signaleinrichtung (21) wenigstens eines der folgenden Merkmale aufweist:

a) sie umfasst eine optische Anzeigeeinrichtung (29, 30), insbesondere eine Anzeigeleuchte, eine Anzeigempel oder eine Zeitanzeige;

b) sie umfasst eine akustische Anzeigeeinrichtung (28), insbesondere mit wenigstens einem Lautsprecher;

c) sie ist am Oberbau (14) des Anbauverdichters (11) angeordnet, insbesondere zur Innenseite des Anbauverdichters (11) hin ausgerichtet;

d) sie umfasst ein von der Steuereinheit (18) angesteuertes Steuerelement (33), mit dem der Schwingungsbetrieb des Schwingungserregers unterbrechbar ist.

12. Anbauverdichter (11) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Anbauverdichter (11) einen Umwandler (31) für Vibrationen in elektrische Energie aufweist, wobei mit der gewonnenen elektrischen Energie die Sensoreinrichtung (19) und/oder die Steuereinheit (18) und/oder die Signaleinrichtung (21) mit elektrischer Energie versorgt wird.

13. Bagger (1), umfassend einen Antriebsmotor (5), einen Fahrstand (4), Fahreinrichtungen (2), einen Baggerarm (6, 7, 8) und einen über eine Kupplungseinrichtung (12) mit dem Baggerarm (6, 8) verbundenen Anbauverdichter (11) mit einer Bodenplatte (14) und einem Oberbau (15),

dadurch gekennzeichnet,

dass der Bagger (1) zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

14. Bagger gemäß Anspruch 13

dadurch gekennzeichnet,

dass die Signaleinrichtung (21) im Fahrstand (4) des Baggers (1) angeordnet ist.

15. Bagger gemäß einem der Ansprüche 13 oder 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine elektrische Verbindungsleitung (33) vorhanden ist, die vom Bordnetz des Baggers (1) ausgehend die Sensoreinrichtung (19) und/oder die Steuereinheit (18) und/oder die Signaleinrichtung (21) mit elektrischer Energie versorgt.

16. Bagger gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Anbauverdichter (11) ein Anbauverdichter (11) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12 ist.

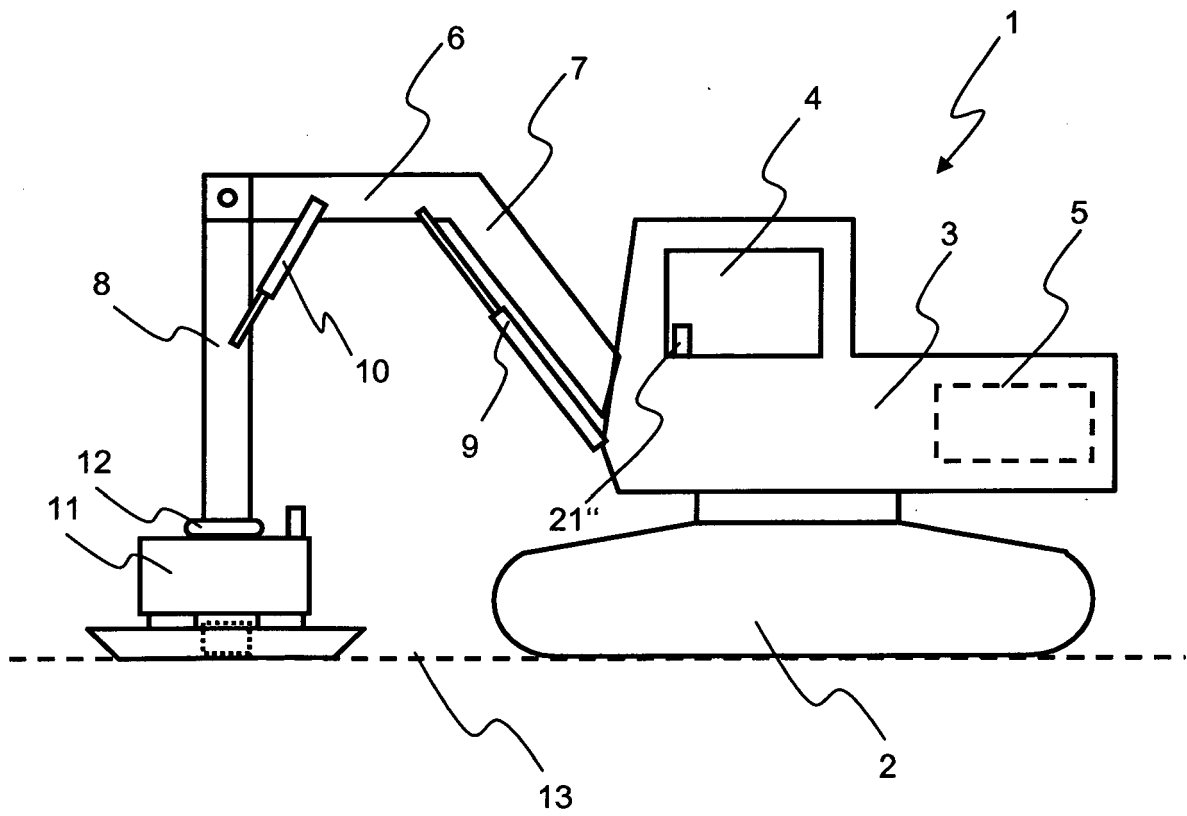
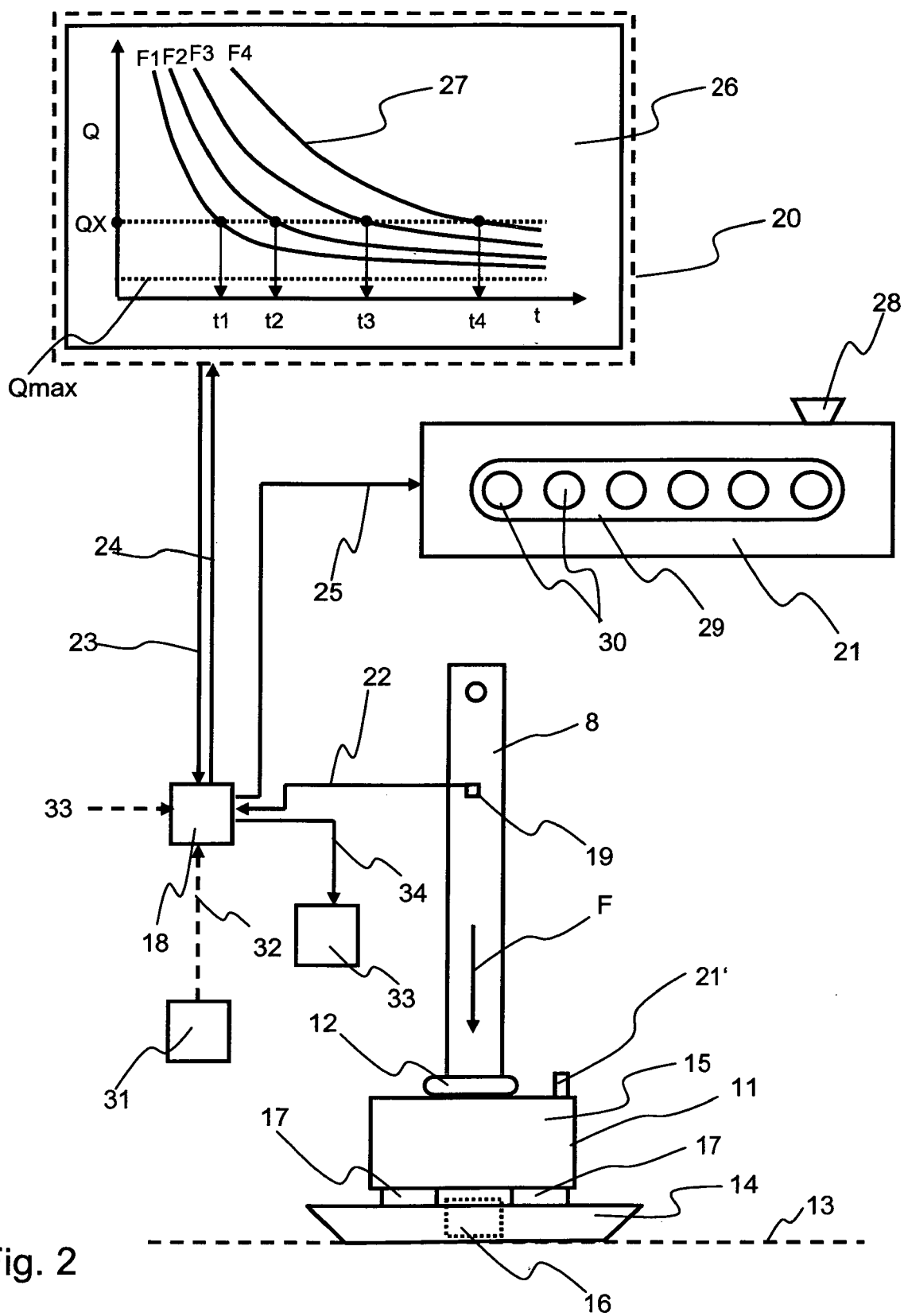


Fig. 1



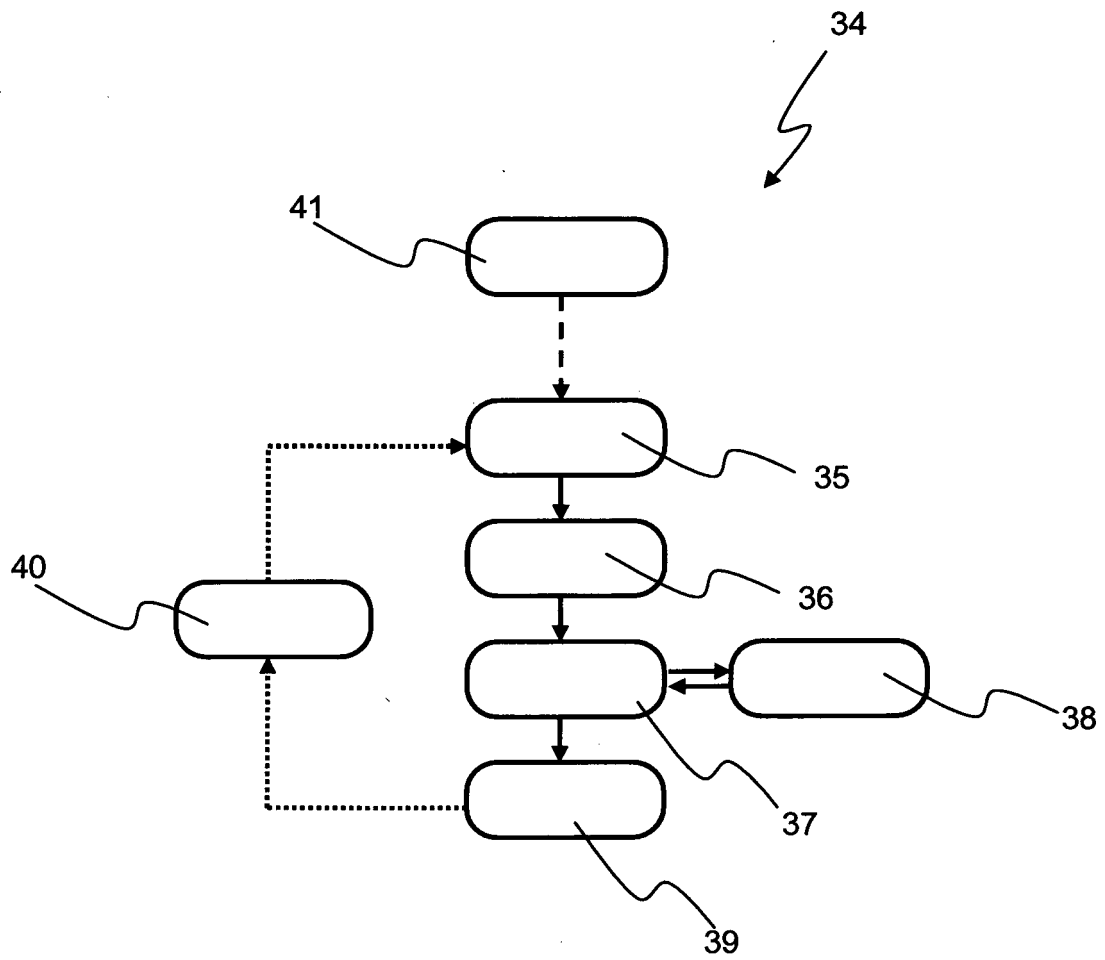


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 00 0454

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)
A	DE 10 2013 200274 A1 (MTS MASCHINENTECHNIK SCHRODE AG [DE]) 10. Juli 2014 (2014-07-10) * das ganze Dokument *	1-16	INV. E02D3/074
A	DE 20 2004 015141 U1 (WEBER MASCHINENTECHNIK GMBH [DE]) 9. Dezember 2004 (2004-12-09) * das ganze Dokument *	1-16	
A	EP 2 458 089 A2 (WEBER MASCHINENTECHNIK GMBH [DE]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) * das ganze Dokument *	1-16	
A	DE 10 2008 010461 A1 (RAMMAX MASCHB GMBH [DE]) 27. August 2009 (2009-08-27) * das ganze Dokument *	1,8,13	
A	EP 2 868 806 A1 (MTS MASCHINENTECHNIK SCHRODE AG [DE]) 6. Mai 2015 (2015-05-06) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D E01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 30. Juni 2017	Prüfer Friedrich, Albert
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 17 00 0454

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.

30-06-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102013200274 A1	10-07-2014	DE 102013200274 A1 EP 2943618 A2 US 2016130771 A1 WO 2014108389 A2	10-07-2014 18-11-2015 12-05-2016 17-07-2014
20	DE 202004015141 U1	09-12-2004	KEINE	
25	EP 2458089 A2	30-05-2012	DE 102010060843 A1 EP 2458089 A2	31-05-2012 30-05-2012
30	DE 102008010461 A1	27-08-2009	KEINE	
35	EP 2868806 A1	06-05-2015	DE 102013222122 A1 EP 2868806 A1	30-04-2015 06-05-2015
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

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 102013200274 A1 [0002] [0004]
- DE 202004015141 U1 [0002] [0004]
- DE 102008006889 A1 [0002]