

(19)



(11)

EP 2 725 145 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.04.2014 Patentblatt 2014/18

(51) Int Cl.:
E02D 3/054^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13401116.2**

(22) Anmeldetag: **23.10.2013**

(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

• **Tiefenbacher GmbH**
2542 Kottlingbrunn (AT)

(72) Erfinder:
• **Die Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet.**

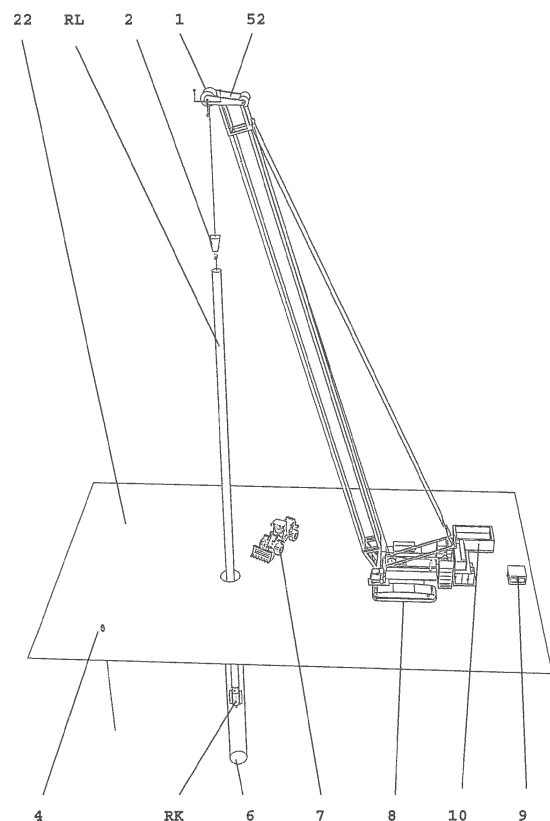
(30) Priorität: **25.10.2012 DE 102012110194**

(74) Vertreter: **Haschick, Gerald**
Patentanwaltskanzlei
Ostrower Wohnpark 2
03046 Cottbus (DE)

(71) Anmelder:
• **Herzog, Andre**
03048 Cottbus (DE)

(54) **Verfahren zur Automatisierung des Prozesses der Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Automatisierung des Prozesses der Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut unter der Anwendung von an sich bekannten Seilbaggern und/oder Seilkränen mit angebrachtem Rüttler.



Figur 1

EP 2 725 145 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Automatisierung des Prozesses der Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut unter der Anwendung von an sich bekannten Seilbaggern und/oder Seilkränen mit angebrachtem Rüttler.

[0002] Dabei sind aus dem Stand der Technik allgemeine Verfahren bekannt, welche unter dem Begriff Rütteldruckverfahren (RDV) bezeichnet werden. Derartige Verfahren und Einrichtungen sind beispielsweise in der Offenlegungsschrift DE 196 28 769 A1 und in der Firmendruckschrift: Bauer, Schrobhausen "Gründung und Bodenverdichtung mit Tiefenrüttlern" beschrieben. Dabei wird ein prozessgesteuerter Rüttler, wie beispielsweise in der DE 196 28 769 A1 beschrieben ist, in das Verdichtungsgut unter Zugabe von Medien (Gas, Flüssigkeit) eingefahren. Die Energiebereitstellung für den Rüttlerantrieb (elektrisch, hydraulisch) und für die zugeführten Medien erfolgt separat. Weiterhin wird beschrieben, wie zur Optimierung der Arbeitsweise des Rüttlers der Energieeinsatz für den Rüttelvorgang auf den angestrebten Verdichtungsgrad des zu verdichtenden Verdichtungsgutes abgestimmt wird. Über einen eingebauten Frequenzumrichter wird die Rüttelfrequenz so verändert, dass diese mit einer Eigenfrequenz des Kontinuums in Übereinstimmung gebracht wird. Der Volumenstrom, die Zusammensetzung (Gas, Flüssigkeit) und der Druck der zugeführten Medien werden während des Rüttelprozesses geregelt.

[0003] Rütteldruckverfahren (RDV) mittels Seilbagger bzw. Seilkran sind in zwei Generationen unterteilt, die den aktuellen Stand der Technik beschreiben.

[0004] Geräte der ersten Generation von Seilbaggern/Seilkränen zum Zweck einer RDV weisen keinerlei automatische Systeme auf, die über die serienmäßige Geräteausstattung des Seilbagger-/Seilkranherstellers hinausgehen. Das Rütteldruckverfahren wird rein manuell durchgeführt, nicht direkt dokumentiert und nicht maschinell überwacht, was zum jetzigen Zeitpunkt einen wesentlichen Nachteil des Standes der Technik darstellt, da eine Optimierung des Rütteldruckverfahrens nicht stattfinden kann, da nur eine subjektive Handhabung gegeben ist.

[0005] Geräte der zweiten Generation von Seilbaggern/Seilkränen für Rütteldruckverfahrensarbeiten sind gekennzeichnet dadurch, dass automatische Einzel- und Teilsysteme eine reine Betriebs- und Stoffgrößenverbrauchsmessung durchführen. Ein automatisierter, maschineller Eingriff in den eigentlichen Rütteldruckprozess liegt nicht vor und wird weiterhin manuell vom Gerätebedienpersonal getätigt und überwacht. Grundsätzlich muss also festgestellt werden, dass diesbezüglich der Nachteil des Standes der Technik gegeben ist, da kein vollautomatischer Verfahrensablauf des Rütteldruckverfahrens über Seilbagger bzw. Seilkran erfolgt und somit eine Optimierung des Prozesses nicht stattfindet.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Automatisierung des Prozesses der Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut zu schaffen, wobei eine komplexe Vorbereitung, Planung, Durchführung und Ergebnisdokumentation von Rütteldruckverdichtungsarbeiten zur Boden- oder Baugrundverbesserung stattfinden soll.

[0007] Folgende organisatorische Parameter beeinflussen hierbei im Besonderen den Grad der Komplexität und der Arbeitsqualität:

- Bergbaugesetzgebung,
- Baugesetzgebung,
- begrenzter Umfang öffentlicher Mittel für Bergbausicherungsmaßnahmen,
- begrenzter Umfang privatwirtschaftlicher Mittel für Bergbausicherungsmaßnahmen,
- Dokumentation der getätigten Tiefenverdichtungsarbeiten in der Tiefe,
- Georeferenzierung der getätigten Tiefenverdichtungsarbeiten in der Fläche,
- zeitnahe Beschaffung und effizienter Einsatz von kapitalintensiver Seilbagger-/Seilkrantechnik.

[0008] Der Mangel, das Problem liegt im Speziellen in der technisch komplexen und kostenintensiven Durchführung von Rüttelverdichtungsarbeiten mittels Seilbaggern/Seilkränen. Da diese Verdichtungsarbeiten bis dato noch einen hohen Grad an manueller Geräte- bzw. Prozessbedienung aufweisen, können diese Verdichtungsarbeiten den heutigen gängigen hohen Qualitäts- und Zeitvorgaben der größtenteils digitalen und georeferenzierten Arbeitsvorbereitung / Planung nur noch bedingt gerecht werden. Zudem besteht aktuell bei der Nutzung von Seilbaggern/Seilkränen zum Zweck einer RDV eine hohe Arbeitsausfall- und Unfallwahrscheinlichkeit infolge technischer Havarien durch menschliche Fehlbedienung bzw. Nichterkennung von Gefahrenzuständen.

[0009] Die technische Problemstellung dabei ist es, mit fabrikneuen Seilbaggern/Seilkränen bzw. mit den bereits vorhandenen Geräten die Stufe der dritten vollautonomen Gerätegeneration zu erreichen.

[0010] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren zur Automatisierung eines Prozesses einer Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut gelöst, indem der Patentanspruch realisiert wird.

[0011] Dabei werden über ein prozessgeführtes Leitsystem, welches Ist- und Sollwerte verarbeitet und ausgewertet und prozessgeführt einzelne Verfahrensabläufe signalgesteuert ausführt, folgende Verfahrensabläufe zur Automatisierung verarbeitet,

- eine Georeferenzierung via GPS,
- weiterhin eine Porenwasserdrucküberwachung sowie
- eine Überwachung des Verfüllmaterials und
- ein kontrolliertes Abteufen via einem Inklinometer

- und einer Gewichtskontrolle zum Zwecke einer Lanzenstabilisierung und einer Schlafseilkontrolle,
- weiterhin eine Energiebegrenzung mittels Frequenzumrichter für den Rüttler und
- eine Steuerung einer Medienmischeinrichtung für Druckluft und Wasser,

im Zusammenhang mit einem zentralen Regelungsprozess für die Verfahrensabläufe und einer Einbindung einer Steuerungs- und Regelungstechnik eines Seilbaggers oder eines Seilkrans in einem automatisierten Vollprozess.

[0012] Dabei wurden bei der vorliegenden Erfindung der automatisierten Rütteldruckverdichtung (ARDV) mittels Seilbagger/Seilkräne folgende neue Eigenschaften entwickelt:

- automatische Betriebs- und Stoffgrößenverbrauchs- messung und Zuführung,
- automatische Georeferenzierung der Verdichtungs- arbeit,
- automatische Durchführung von mindestens einem, maximal allen Teilprozessen, die für die RDV nötig sind,
- automatische Dokumentation der RDV bzw. gerä- tespezifischer Kenndaten des Seilbaggers/Seil- krans,
- automatische Gefahrenzustandserkennung für den Mensch, den Arbeitsprozess und das Gerät.

[0013] Zur technischen Lösung der Automatisierungs- technik für die ARDV ist ein Tabellen-Schema vorhan- den. Dabei ist ersichtlich, dass die technische Realisie- rung der Erfindung für vorbenannte Teilprozesse an eine digitale Automatisierungseinrichtung mit Sensoren bzw. Aktoren angeschlossen ist und eine übergeordnete Be- tribssoftware die Prozessregeleinrichtung überwacht und steuert.

[0014] Mit der erfinderischen Lösung werden folgende Vorteile realisiert:

- Georeferenzierung der geleisteten RDV-Tätigkeit,
- Dokumentation der getätigten RDV-Arbeiten für jede Erdschichttiefe,
- höherer qualitativer Grad der RDV-Arbeit durch weit- gehend automatische, vollautonome Arbeitsprozes- se, die direkt in die Gerätesteuerung der Seilbag- ger/Seilkräne eingreifen und somit individuelle Ver- dichtungen für jeden Punkt und jede Erdschichttiefe garantieren,
- effizienterer, produktiverer Arbeitsablauf durch au- tomatisieren Geräteeinsatz der Seilbagger/Seilkrä- ne,
- Senkung des Geräteverschleißes bei den Rüttlern und den Seilbaggern/Seilkränen,
- weitgehende Eliminierung von subjektiven Fehlein- schätzungen durch den Gerätebediener,
- rechtzeitige automatische Erkennung von Gefah-

- renzuständen für den Mensch und das Gerät,
- Minimierung von Energie-, Betriebs- und Prozess- stoffverbräuchen.

[0015] Des Weiteren handelt es sich um eine verbes- serte Art der Durchführung des konventionellen Rüttel- verdichtungsverfahrens (RDV).

[0016] Mit dem ARDV-automatisierten Rütteldruckver- fahren verbessert sich primär:

- die Arbeitsvorbereitung,
- die Arbeitsdurchführung,
- die Produktqualität,
- die Arbeitsdokumentation,
- die Geräte- und Arbeitssicherheit

der geleisteten Rütteldruckverdichtung (RDV) zum Zwe- cke einer Boden- oder Baugrundverbesserung. Damit verbunden verbessert und erhöht sich sekundär:

- die Geräteproduktivität,
- die Gerätepräzession,
- ein Geräteverschleiß wird verringert,
- die Geräteverfügbarkeit,
- eine Energieeinsparung,
- eine Reduktion der Produktionskosten

für die Durchführung der RDV.

[0017] Nachfolgend ist das erfinderische Verfahren an einem Ausführungsbeispiel und den entsprechenden Zeichnungen dokumentiert.

[0018] Dabei zeigen:

- Figur 1 Systemkomponente eines Gerätes zur ARDV
- Figur 2 Aufbauten als Systemkomponenten zur ARDV
- Figur 3 Prinzipdarstellung des digitalen Regelalgo- rithmus für die ARDV
- Figur 4 Georeferenzierung, automatisches Punkt- anfahren an die ARDV
- Figur 5 Erreichen der maximal vorgegebenen Ver- dichtungstiefe - Abteufen
- Figur 6 Kontrolle des Abteufvorgangs
- Figur 7 Energiebegrenzung und Zieh-/Stopfschritte am Rüttler
- Figur 8 Überwachung des Porenwasserdrucks und die Zufuhr von Luft und Wasser
- Figur 9 Lanzenstabilisierung
- Figur 10 Anordnung GPS-Antenne
- Figur 11 Anordnung GPS-Antenne
- Figur 12 Anordnung GPS-Antenne
- Figur 13 schematische Arbeitsweise der Automati- sierungstechnologie
- Figur 14 Tabellen-Schema

[0019] Die Figuren 1 und 2 stellen die Systemkompo- nenten eines Gerätes zur ARDV dar. Dabei ist ein Seil-

bagger oder Seilkran als Geräteträger für das RDV-Gesamtsystem 8 gegeben. Dieser Seilbagger/Seilkran 8 weist in seinen Aufbauten folgende wesentliche Bestandteile für die ARDV auf: einen ARDV-Prozessrechner für Systemsteuerung / Prozessdatenerfassung 13, eine Sensorik für die Schlafseilerkennung an der Hauptzugwinde 15, einen Neigungssensor am Ausleger 14, einen Druckluftherzeuger (Diesel- oder elektrisch betrieben) 12 sowie eine Antriebssteuerung für den Rüttler (elektrisch oder hydraulisch) 11. Des Weiteren sind an dem Seilbagger/Seilkran 8 ein Ausleger mit einer Seilwinde gegeben, woran über einen Auslegerkopf 52 eine Rüttlerlanze RL befestigt ist. Vor der Rüttlerlanze RL und dem Seilzug ist eine Sensorik zur Gewichtskontrolle im Kranhaken 2 gegeben. An dem Auslegerkopf 52 ist eine Einrichtung zur Georeferenzierung 1 vorhanden. Die Rüttlerlanze RL wird im Erdreich 22 zum Verdichten von Erdschichten eingeführt. Dazu ist ein Rüttlerkopf RK gegeben, welcher bis zum Boden des Verdichtungsschachtes 6 geführt wird. Auf dem Erdreich 22 ist erfindungsgemäß weiterhin eine Porenwasserdrucküberwachung 4 vorhanden. Eine Transformatorstation für optionale externe Energieversorgung über ein Netzkabel 9 dient zur Einspeisung des Seilbaggers/Seilkrans 8. Zur Kontrolle und Steuerung der Zugabe des Verfüllmaterials 7 ist vorzugsweise eine Raupe vorhanden. Die allgemeinen Darstellungen in den Figuren 1 und 2 weisen die wesentlichen Systemkomponenten für die erfindungsgemäße Ausführung über ARDV auf.

[0020] Die Figur 3 zeigt eine Prinzipdarstellung des digitalen Regelalgorithmus für die erfindungsgemäße ARDV. Dabei werden alle Arbeitsprozesse sowie die Steuerung des Seilbaggers/Seilkrans 8 elektronisch in einer zentralen digitalen Regeleinrichtung mit der entsprechenden Betriebssoftware eingebunden. Die technische Betriebsdurchführung der ARDV wird somit von der digitalen ARDV-Regelung RE durchgeführt, überwacht, korrigiert und dokumentiert. Bei dem gezeigten Regelalgorithmus gemäß Figur 3 handelt es sich um eine vereinfachte Prinzipdarstellung eines Regelkreises REG und dient dazu, alle nötigen Parameter der ARDV zu definieren bzw. im Regelkreis REG zu verorten. Es wird in dem Regelbaustein SOLL der Sollwert als Stellgröße y ermittelt. Hierbei dienlich sind digitale Übertragungen aus übergeordneten Systemen, wie zum Beispiel die Einspeisung vor Ort oder per DFÜ sowie die manuelle Eingabe vor Ort und/oder eine Einlesung vorhandener Daten aus dem Systemspeicher. Die Sollwert-Stellgröße y wird dann als Mindestvorgabe für die ARDV genutzt.

[0021] Dabei sind folgende Sollwerte als Stellgrößen y gegeben:

- Position (Georeferenzierung),
- Verdichtungstiefe (Teufe),
- Verdichtungsschritte,
- Materialmengen zugabe zur Verdichtung,
- Wassermengen zugabe zur Verdichtung,
- Druckluft zugabe zur Verdichtung,

- Verdichtungsenergie für Rüttler,
- zeitliche Abfolgen in vertikaler Richtung.

[0022] Diese Stellgrößen y werden in die digitale ARDV-Regelung RE eingespeist. Nach Verarbeitung der Istund Sollwerte wird eine weiterführende Signalsteuerung in der Verfahrenskette zur Aktion Regelstrecke AR realisiert. Dabei werden folgende Verfahrensschritte im Rahmen des Regelalgorithmus für die ARDV ausgeführt:

- automatische Navigation (mit oder ohne Koordinaten-Korrektur) mit Bewegung auf Punkt in horizontaler x-z Richtung,
- automatisches Abteufen in vertikaler y-Richtung,
- automatische Kontrolle und Korrektur des Abteufens bei möglicher vertikaler Abweichung,
- automatische Energieversorgung und Begrenzung am Rüttler,
- automatische Bestimmung und Durchführung der Zieh-/Stopfschritte am Rüttler in vertikaler Richtung,
- automatische Wasser-/Luftmengen zuefuhr am Rüttlerkopf,
- automatische Mischung / Einstellung von Luft und Wasserdruck in Abhängigkeit zur Teufe,
- automatische Schlafseilkontrolle und Korrektur,
- automatische Lanzenstabilisierung und Gewichtskontrolle,
- automatische Überwachung der zeitlichen RDV-Abfolge in vertikaler Richtung,
- automatische Zufuhrkontrolle des Verfüllmaterials am Rüttler,
- automatische Überwachung des Porenwasserdruckes.

[0023] Über die Aktion Regelstrecke AR werden Ist-Werte W ermittelt, welche folgende Mindestvorgaben für die ARDV definieren:

- aktuell verwendete Position (horizontal Georeferenzierung),
- aktuell verwendete Position (vertikale Teufe),
- Druckwerte für Luft und Wasser,
- Mengen für Luft und Wasser,
- Messung Spannungsversorgung / Lastaufnahme Strom,
- Zeit zählung für Verdichtungsablauf,
- Messung Echtzeit und Datum,
- Systembetriebsstunden und Zählerstände,
- Gerätestatus des Seilbaggers/Seilkrans.

[0024] In dem Verfahrensabschnitt Ist werden Istwertgrößen IST vor Ort angezeigt, eine Ausgabe auf Speichermedien, ein DFÜ-Abruf durch übergeordnete Systeme sowie die Ausgabe an die ARDV-Regelung RE über die Istwertübergabe W1 realisiert. Grundsätzlich stellen also die Verfahrensbausteine ARDV-Regelung RE, Aktion Regelstrecke AR, Istwertgröße IST sowie der Sollwert SOLL einen Regelkreis REG dar. Zwischen der

ARDV-Regelung RE und der Aktion Regelstrecke AR kann eine alternative manuelle Systemregelung Ma durchgeführt werden.

[0025] Die Navigation in horizontaler x-z-Richtung gemäß Figur 4 dient der Georeferenzierung für den genauen Punkt des Verdichtungsprozesses. Der Seilbagger/Seilkran 8 ist damit fähig, selbstständig die jeweilig vorgegebenen Arbeitspunkte im Feld zu ermitteln und mit dem Verdichtungs Vorgang entsprechend der vorgegebenen Koordinaten aus der Arbeitsvorbereitungsplanung zu beginnen. Mit der Fähigkeit der eigenen Navigation in horizontaler x-z-Richtung entfällt die vorherige Markierung der Verdichtungs punkt im Feld. Die Vorteile sind eine Zeit- und Kosteneinsparung, eine Qualitätsverbesserung der Dokumentation durch Georeferenzierung sowie eine Gefahrenvermeidung, da eine Bewegung auf unverdichtetem Erdreich stets Setzungsgefahren für das Vermessungspersonal birgt. Dabei ist ein maximaler Arbeitsradius für die Fahrspur (x) 21 des Seilbaggers/Seilkrans gegeben. Des Weiteren sind Punkte für den Verdichtungsschacht vorgesehen 19 sowie ein bereits verdichteter Schacht 20 ausgeführt. In der Figur 4 sind ein unverdichtetes Erdreich 18 und ein verdichtetes Erdreich 17 ersichtlich. Dabei werden durch die Georeferenzierung mit den vorhandenen GPS-Antennen 50 an dem Auslegerkopf 52 die erste Fahrspur des Seilbaggers/Seilkran X sowie eine zweite Fahrspur X2 vorgegeben. Weiterhin sind entsprechende Größen, wie Arbeitsreichweitenanzeige für den Ausleger Z und Arbeitsreichweitenanzeige für den Ausleger Z2, im Rahmen der Georeferenzierung als automatisches Punktanfahrverfahren für die ARDV vorhanden.

[0026] In der Figur 5 ist das Erreichen der maximal vorgegebenen Verdichtungstiefe, das Abteufen, ersichtlich. Abteufen bezeichnet das automatische Erreichen der maximalen vorgegebenen Verdichtungstiefe in vertikaler Richtung. Bei diesem Vorgang wird der Rüttler über die Steuerung am Seilbagger/Seilkran 8 automatisch abgeseilt und rüttelt sich in die maximal vorgegebene Verdichtungstiefe, um danach mit dem eigentlichen Verdichtungs Vorgang zu beginnen. Der Vorteil einer automatischen Abteufung ist eine Qualitätsverbesserung der geleisteten Verdichtungsarbeit. Durch das Erdreich 22 wird die Rüttlerlanze RL mit dem Rüttlerkopf RK als Vortrieb in das Erdreich 23 als Abteufung durchgeführt. Der Vortrieb in das Erdreich 23 wird durch die Gewichtskraft des Rüttlers und die eingebrachte Vibrationskraft des Rüttlerkopfes RK realisiert.

[0027] In der Figur 6 wird die Kontrolle des Abteufvorgangs dargestellt. Bei Abweichung von der senkrechten oder anders vorgegebenen vertikalen Ideallinie erfolgt eine Alarmierung, und der Abteufprozess zur Erreichung der Verdichtungstiefe wird abgebrochen und durch erneutes Abteufen korrigiert. Der Vorteil einer kontrollierten Erreichung der Verdichtungstiefe ist primär der verbesserte Geräteschutz für die eingesetzten Rüttler, sekundär stellt es ebenfalls eine Qualitätsverbesserung und Zeitersparnis für die geleistete Verdichtungsarbeit dar.

Aus der Figur 6 erkennbar, dass die eingeführte Rüttlerlanze RL über das Erdreich 22 möglicherweise auf eine Erdschicht, zum Beispiel Fels 24, stoßen kann. Dabei kommt es zur Abweichung von der Ideallinie 27, wie in der linken Darstellung zu sehen ist. In der mittleren Darstellung wird der Abteufvorgang abgebrochen und die Rüttlerlanze RL durch die Verhinderung des Felsen 24 herausgezogen. In der rechten Darstellung wird ein neuer Abteufvorgang neben der vorhandenen, nicht auszuführenden Abteufung ausgeübt. Dabei wird die Rüttlerlanze RL über den Rüttlerkopf RK in einen neuen Verdichtungsschacht zur Erdverdichtung eingeführt.

[0028] Die Figur 7 zeigt die Energiebegrenzung sowie Zieh-/Stopfschritte am Rüttler. In das Erdreich 22 wird die Rüttlerlanze RL mit dem Rüttlerkopf RK, welcher bestimmte Schwingungen ausführen kann, bis zur maximalen Verdichtungstiefe eingebracht. Beim Herausziehen der Rüttlerlanze RL wird zum Beispiel in fünf Minuten eine Frequenz von zehn Hertz am Rüttlerkopf RK erreicht. Im Prozess des Ziehens und Stopfens der Rüttlerlanze RL werden eine Zeit von 25 Minuten und eine Frequenz von 50 Hertz vorgegeben. Ein dritter Verfahrensschritt ist das Ziehen der Rüttlerlanze RL in einem Zeitraum von zehn Minuten bei einer Frequenz von 25 Hertz. Bei dem gesamten Zieh- und Stopfvorgang am Rüttler werden die Verrüttlungszeiten, die Verrüttlungsenergie sowie die Zieh- und Stopfschritte in allen Erdschichten bis zur maximalen Verdichtungstiefe festgelegt und automatisch durchgeführt bzw. überwacht.

[0029] Die Energiebegrenzung am Rüttler ist ein Teilprozess, der automatisch den Rüttlerkopf RK mit definierter Antriebsenergie versorgt und entsprechend der Vorgaben für eine unterschiedliche Verdichtungsleistung innerhalb der vorbestimmten Erdschichten sorgt. Die Energiebegrenzung am Rüttlerkopf RK verbessert die Qualität der Verdichtungsarbeit, da das Erdreich 22 im Gegensatz zur bisherigen rein homogenen in allen Erdschichten gleich bleibenden Verdichtung effektiver verdichtet wird, darüber hinaus verbessert sich somit auch die horizontale Flächenwirkung der Verdichtung.

[0030] Die aus der Figur 8 ersichtliche Einrichtung zur Überwachung des Porenwasserdrucks 30 dient der Warnung vor Erdrutschung und Bodensetzungsgefahren. Dazu wird der Porenwasserdruck im Verdichtungsgebiet permanent überwacht und entsprechende Warnungen direkt an das ARDV-Prozessleitsystem als Automatisierungsverfahrenssystem weitergeleitet. Über den ARDV-Geräteträger bei der Verdichtungsarbeit 32 und die Leitung 36 ist es möglich, Druckluft 37 sowie Seitenwasser 33 und Spitzenwasser 34 einzuleiten. Dabei wird eine Regelung der Wasser- und Luftzufuhrmenge am Rüttlerkopf RK in Abhängigkeit zur Teufe ausgeführt. Die Zuführung von Seitenwasser 33, Spitzenwasser 34 und Druckluft 37 wird über den Rüttlerkopf RK realisiert, wobei die entsprechenden Leitungen 36 über das Innere der Rüttlerlanze RL zum Rüttlerkopf RK führen. Des Weiteren ist am ARDV-Geräteträger 32 eine Leitung 36 für die Medienzuführung in die Rüttlerlanze RL vorhanden.

[0031] Es gibt zwei Austrittsstellen, zum einen an der Rüttlerkopfspitze RK und zum anderen an den Seiten des Rüttlerkopfes RK. Das automatisch kontrollierte Zuführen von Wasser bzw. Druckluft 37 im Verdichtungs-schacht verbessert das Abteufen und die Verdichtungs-wirkung beim Ziehen und Stopfen des Rüttlers in wenig wassergesättigten Bodenschichten.

[0032] Für die Einstellung bzw. Mischung von Luft- und Wasserdruck regeln Peripheriegeräte die Bereitstellung der Wasser- bzw. der Druckluftzufuhrmenge und bewir- ken einen kontinuierlichen, unterbrechungsfreien Ver- dichtungsprozess. Dabei sind Aufbauten auf dem Seil- bagger 8 vorhanden, welche das Mischungsverhältnis einstellen und über die Leitung 36 in die Rüttlerlanze RL übertragen.

[0033] Die Lanzenstabilisierung wird in der Figur 9 dar- gestellt, wobei eine Schlafseilkontrolle und eine Ge- wichtskontrolle 40 am Kranhaken zur Lanzenstabilisie- rung dienlich sind. Hierbei ist eine Gewichtskontrolle 40 zwischen dem Seilzug vor der Rüttlerlanze RL ange- bracht. Diese Gewichtskontrolle 40 misst und überwacht das Gewicht der angehängten Last und dient damit der Kontrolle des Abteufvorgangs. Bei der Gewichtskontrolle 40 handelt es sich neben der Prozesskontrolle um eine Vorsichtsmaßnahme zur Gerätesicherung.

[0034] Um den Abteufvorgang der Rüttlerlanze RL kontrolliert durchführen zu können, ist weiterhin ein In- klinometer in der Gewichtskontrolle 40 oder außerhalb als separater Sensor gegeben. Mit dem Inklinometer wird der Neigungswinkel beim Abteufen der Rüttlerlanze RL in das Erdreich 22 signalisiert und an den Steuerungs- bzw. Automatisierungsprozess weitergeleitet. Schluss- folgernd daraus kann ein neues Ansetzen der Rüttlerlan- ze RL zum Abteufen regeneriert werden, um ein schrä- ges Einsetzen der Rüttlerlanze RL in das Erdreich 22 zu verhindern.

[0035] Die Schlafseilkontrolle dient als Redundanz bei der Überwachung des Abteufvorgangs. Bei der Schlafe- ilkontrolle handelt es sich um eine reine Gerätesiche- rung und verhindert die Bruchgefahr der Rüttlerlanze RL bzw. das ungeordnete Verseilen des Zugseils durch ein kontrolliertes, überwachtes Abseilen an der Hauptzug- seilwinde. Dabei ist ein Sensor zur Schlafseilerkennung an der Hauptzugseilwinde bekannter Bauart vorhanden.

[0036] Ein weiterer Verfahrensschritt ist die Zufuhrkon- trolle des Verfüllmaterials über den Rüttler. Diese Zufuhr- kontrolle dient der Kontrolle von Gewicht und Art des Verfüllmaterials, welches dem Verdichtungsprozess hin- zugegeben wird, und erhöht ebenfalls die qualitative Aus- führung der Verdichtungsarbeit. Für die Übermittlung werden an sich bekannte Kommunikationsmittel verwen- det, die dann in den Reglungs- bzw. Automatisierungs- prozess einbegriffen werden.

[0037] Die Figuren 10, 11 und 12 zeigen die Anord- nung der GPS-Antenne 50 zur Navigation in horizontaler x-z-Richtung mittels GPS-Signal.

[0038] Die Georeferenzierung der Verdichtungsstellen wird mit zwei GPS-Antennen 50 ermittelt. Das Signal der

ersten GPS-Antenne wird benutzt, um die Position zu bestimmen, das Signal der zweiten GPS-Antenne wird benutzt, um die Ausrichtung / Bewegungsrichtung des Seilbaggers/Seilkrans 8 zu ermitteln. Für die Positionie- rung der GPS-Antennen 50 ergeben sich zwei Möglich- keiten.

[0039] Die erste Möglichkeit ist die in der Figur 10 dar- gestellte Variante mit zwei GPS-Antennen 50 am Seil- bagger-/Seilkran auslegerkopf 52, die mit einer Pendel- konstruktion permanent in horizontaler Waage gehalten werden, um eine Abweichung des GPS-Signals zu ver- mindern. Über den Punkt P wird die horizontale Naviga- tion durchgeführt.

[0040] Eine zweite Variante ergibt sich aus der Figur 11 mit zwei GPS-Antennen 50 am Seilbagger/Seilkran 8, die mit einer einfachen Haltekonstruktion 54 gehalten werden. Die Abweichung des GPS-Signals wird durch eine zusätzliche Software korrigiert. Hierbei ist es uner- heblich, ob die GPS-Antennen 50 am Ausleger des Seil- baggers/Seilkrans 8 oder einem anderen Punkt auf dem Gerät installiert sind. Diese Möglichkeit ist in der Figur 12 dargestellt.

[0041] Um den exakten Punkt für den ARDV-Prozess mit einem GPS-Signal zu ermitteln ist es ferner notwen- dig, das Signal in der vertikalen Richtung zu korrigieren, um eine genaue Georeferenzierung auf der Erdoberflä- che vorzunehmen. Bei der vorliegenden technischen Lö- sung wird dies technisch mit Korrekturwerten aus der aktuellen Gerätegeometrie über Neigungswinkelmesser (Klinometer) und der Baggersteuerung bestimmt.

[0042] Die schematische Arbeitsweise der Automati- sierungstechnologie ist in der Figur 13 ersichtlich.

[0043] Es findet nach einem Gerätestart eine Soft- wareaktualisierung der Betriebssoftware im Automatisie- rungsprozess statt. Dabei wird ein vorhandenes Fehler- protokoll als Ausgabe eingearbeitet und die Bereitschaft der Regelkreise der Teilprozesse überprüft. Des Weiteren findet eine Überprüfung der Bereitschaft der OEM- Baggersteuerung statt. Diese Überprüfung findet eine Fehlermeldung oder eine Bereitmeldung nach einem Systemcheck. Nach der Bereitschaftsmeldung wird eine Auswahl des Arbeitsprogrammes aus dem Systemspei- cher durchgeführt. Hierbei bestehen manuelle Ände- rungsmöglichkeiten für die Parameter im Arbeitspro- gramm. Nachfolgend ist eine manuelle Eingabe der Pa- rameter für das Arbeitsprogramm gegeben. Anschlie- ßend erfolgt der Start des ARDV-Prozesses und der Do- kumentation.

[0044] Nach dem Start des ARDV-Prozesses findet ein Abgleich der Geodaten im Rahmen der Georeferenzie- rung für GPS statt. Aus diesem Abgleich der Geodaten erfolgt eine Übereinstimmung bzw. eine neue geodaten- spezifische Anfahrung des Geräteprozesses. Danach wird der Abteufvorgang kontrolliert. Innerhalb dieses Ab- teufvorganges kann die maximale Verdichtungstiefe oh- ne Abweichung erreicht oder eine Abweichung von der Ideallinie bzw. eine Störung gemeldet werden. Durch die anschließende Korrektur wird die maximale Verdichtung-

stiefe erreicht.

[0045] Nachfolgend beginnt ein definierter Zieh-/Stopfvorgang. Hierbei sind zwei Möglichkeiten gegeben, also ein Zieh-/Stopfvorgang ohne Störung und ein Zieh-/Stopfvorgang mit Störung, wobei nach Störungsbeseitigung dieser Vorgang ohne Störung beendet wird. Nach Abschluss dieses Verfahrensschrittes ist die Beendigung des ARDV-Prozesses gegeben.

[0046] Die Figur 14 zeigt den schematischen, vierstufigen Aufbau der Prozessregleinrichtung, als Automatisierungsprozess, für die ARDV.

[0047] Im Folgenden wird auf die technische Ausführung der vierstufigen, digitalen Automatisierungstechnik näher eingegangen.

[0048] Die Stufe 1 beinhaltet das ARDV-Leitsystem mit der optionalen manuellen Steuerung und Prozessvisualisierung, das Datenarchiv für die Sollwertvorgaben aus der Arbeitsvorbereitungsplanung sowie für die Arbeitsergebnisdokumentation. Ferner beinhaltet die Stufe 1 alle notwendigen Alarmierungseinrichtungen für den überwachenden Gerätebediener.

[0049] Die Stufe 2 beinhaltet den Prozessrechner mit der ARDV-Betriebssoftware.

[0050] Die Stufe 3 ist die Kommunikationsebene. Dort werden der Prozessrechner, alle Systemkomponenten der Teilprozesse sowie die Seilbagger-/Seilkransteuerung mit ihren Sensoren und Aktoren eingebunden. Die Kommunikationsebene leitet ihre Signale bzw. Daten an den Prozessrechner der Stufe 2 mit dem eigentlichen Betriebssystem weiter und empfängt von selbigem die entsprechenden Steuersignale für die verschiedenen Verfahrensprozesse.

[0051] In der Stufe 4 wird die technische Umsetzung für die digitale Einbindung der analogen Teilprozesse und Verfahrensprozesse ausgeführt, damit Signale empfangen und gesendet werden können.

[0052] Die technische Lösung der Verfahrensschritte wird für die einzelnen Regeleinrichtungen der Teilprozesse wie folgt gelöst:

1. Navigation in horizontaler x-z-Richtung:

Die Georeferenzierung der Verdichtungsstellen wird mit zwei GPS-Antennen ermittelt. Das Signal der ersten GPS-Antenne wird benutzt, um die Position zu bestimmen, das Signal der zweiten GPS-Antenne wird benutzt, um die Ausrichtung/Bewegungsrichtung des Seilbagger-/Seilkrans zu ermitteln. Für die Positionierung der GPS-Antennen ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- mittels zwei GPS-Antennen am Seilbagger-/Seilkranauslegerkopf, die mit einer Pendelkonstruktion permanent in horizontaler Waage gehalten werden, um eine Abweichung des GPS-Signals zu vermindern

- oder mittels zwei GPS-Antennen am Seilbagger/Seilkran, die mit einer einfachen Haltekonstruktion gehalten werden. Die Abweichung des GPS-Signals wird durch eine zusätzliche Software korrigiert. Hierbei ist es unerheblich, ob die Antennen am Ausleger oder einem anderen Punkt auf dem Gerät installiert sind.

Um den exakten Punkt für den RDV-Prozess mit einem GPS-Signal zu ermitteln ist es ferner notwendig, dass Signal in der vertikalen "y" Richtung zu korrigieren, um eine genaue Georeferenzierung auf der Erdoberfläche vorzunehmen. Bei der vorliegenden Erfindung wird dies technisch mit Korrekturwerten aus der aktuellen Gerätegeometrie über Neigungswinkelmesser (Klinometer) und Baggersteuerung bestimmt.

2. Abteufen:

Das automatische Erreichen der maximalen vorgegebenen Verdichtungstiefe (Abteufen) in vertikaler z-Richtung wird über die Hauptwinde mittels der Seilbaggersteuerung realisiert und von der Prozesssteuerung vorgegeben bzw. überwacht. Wichtig und neu dabei ist, dass die Seilbaggersteuerung über eine Schnittstelle, zum Beispiel CAN-Bus, in die digitale Prozessregleinrichtung der ARDV mit eingebunden ist.

3. Kontrolle des Abteufvorgangs: wird technisch über die Gewichtskontrolle am Haken mittels Sensor überwacht. Redundant dazu überwacht ein Sensor zur Schlafseilkontrolle an der Hauptseilwinde den Abteufvorgang. Die Lanzenstabilität beim Abteufen wird darüber hinaus zusätzlich über ein Inklinometer in der Rüttlerlanze ermittelt, um die lotrechte Ausrichtung zu überprüfen und damit eine Abweichung in x-y-z-Richtung zu erkennen, gegebenenfalls zu korrigieren und zu dokumentieren.

4. Energiebegrenzung am Rüttler (elektrisch oder hydraulisch) wird über eine Frequenzumrichterschaltung in der Energieversorgungszentrale für den Rüttler gelöst, welche in die digitale Prozessregleinrichtung mit eingebunden ist. Dabei steuert der Frequenzumrichter entweder direkt den elektrischen Rüttlermotor, oder es wird der elektrische Motor der Hydraulikpumpe angesteuert.

5. Zieh-/Stopfschritte am Rüttler, werden ebenfalls über die Hauptwinde mittels der Seilbaggersteuerung realisiert.

6. Regelung zur Wasser- und Luftzufuhrmenge am Rüttlerkopf in Abhängigkeit zur Teufe: Die Zuführung von Seiten- und Spitzenwasser bzw. Druckluft über

den Rüttlerkopf wird über die Betriebssoftware ermittelt und über die Medienmischanlage eingeleitet. Der Prozess ist rein virtuell und hat keine Hardwarekomponenten, da es sich nur um eine Start-/Stopp-Funktion für die Komponenten des nachfolgenden Regelkreises sieben handelt.

7. Einstellung / Mischung von Luft- und Wasserdruck, wird mit einem Druckluftversorger, einem Wasserpumpenkreislauf, einem Wasserbehälter und einer Medienmischanlage für Wasser / Luft realisiert. Die Steuerung des Prozesses erfolgt über die Medienmischeinrichtung, welche in die digitale Prozessregeleinrichtung mit eingebunden ist.

8. Einrichtung zur Überwachung des Porenwasserdruckes, besteht aus einem Bohrloch, einer Porenwasserdruckprüfeinrichtung mit einer an den ARDV angeschlossenen Warneinrichtung.

9. Koordination der zeitlichen Abfolge der ARDV, ist ein virtueller Prozess innerhalb der Betriebssoftware auf dem Prozessrechner und hat keine eigenen Hardwarekomponenten.

10. Zufuhrkontrolle des Verfüllmaterials am Rüttler, wird mit einem Gewichtsmessungssensor und der manuellen Eingabe zur Art des Verfüllmaterials am Verfüllgerät, zum Beispiel Radlader, realisiert.

Bezugszeichen

[0053]

- | | |
|----|---|
| 1 | Einrichtung zur Georeferenzierung |
| 2 | Sensorik zur Gewichtskontrolle im Kranhaken |
| 4 | Porenwasserdrucküberwachung |
| 6 | Boden des Verdichtungsschachtes |
| 7 | Kontrolle / Steuerung der Zugabe des Verfüllmaterials |
| 8 | Seilbagger oder Seilkran als Geräteträger für das RDV-Gesamtsystem |
| 9 | Transformatorstation für optionale externe Energieversorgung über ein Netzkabel |
| 10 | Wasserbehälter |
| 11 | Antriebssteuerung für den Rüttler (elektrisch oder hydraulisch) |
| 12 | Druckluftherzeuger (Diesel- oder elektrisch betrieben) |
| 13 | ARDV-Prozessrechner für Systemsteuerung / Prozessdatenerfassung |
| 14 | Neigungssensor am Ausleger |
| 15 | Sensorik für die Schlafseilerkennung an der Hauptzugwinde |
| 16 | Medienmischanlage |
| 17 | verdichtetes Erdreich |

- | | |
|--------|---|
| 18 | unverdichtetes Erdreich |
| 19 | Punkt für Verdichtungsschacht vorgesehen |
| 20 | bereits verdichteter Schacht |
| 21 | maximaler Arbeitsradius auf der Fahrspur (x) |
| 5 22 | Erdreich |
| 23 | Vortrieb in das Erdreich |
| 24 | Fels |
| 25 | aufgegebener Verdichtungsschacht |
| 26 | Abteufvorgang wird neu begonnen |
| 10 27 | Abweichung von der Ideallinie |
| 30 | Überwachungseinrichtung für Porenwasserdruck mit Warneinrichtung |
| 31 | unverdichtete Erdschichten |
| 32 | ARDV-Geräteträger bei der Verdichtungsarbeit |
| 15 33 | Seitenwasser |
| 34 | Spitzenwasser |
| 35 | setzungsgefährdete, wasserübersättigte Erdschichten |
| 36 | Leitung |
| 20 37 | Druckluft |
| 40 | Gewichtskontrolle |
| 50 | GPS-Antenne |
| 51 | Pendelgestell |
| 52 | Auslegerkopf |
| 25 53 | Drehachse |
| 54 | Haltekonstruktion |
| 55 | starres Gestell |
| RL | Rüttlerlanze |
| 30 RK | Rüttlerkopf mit Gummikupplung und Einrichtungen für Seiten- und Spitzenwasser |
| P | Punkt |
| X | erste Fahrspur des Seilbaggers/Seilkran |
| 35 X2 | zweite Fahrspur |
| Z | Arbeitsreichweitenanzeige für den Ausleger |
| Z2 | Arbeitsreichweitenanzeige für den Ausleger |
| SOLL | Sollwert |
| IST | Istwertgröße |
| 40 W | Istwert |
| W1 | Istwertübergabe |
| Y | Stellgröße |
| RE | ARDV-Regelung |
| AR | Aktion Regelstrecke |
| 45 REG | Regelkreis |
| Ma | manuell |

Patentansprüche

- Verfahren zur Automatisierung eines Prozesses einer Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung von bindigem und nichtbindigem Verdichtungsgut über ein prozessgeführtes Leitsystem, welches Ist- und Sollwerte verarbeitet und auswertet und prozessgeführt einzelne Verfahrensabläufe signalgesteuert ausführt, wobei folgende Verfahrensabläufe zur Automatisierung verarbeitet werden,

- eine Georeferenzierung via GPS,
 - weiterhin eine Porenwasserdrucküberwachung (4) sowie
 - eine Überwachung des Verfüllmaterials und
 - ein kontrolliertes Abteufen via einem Inklinometer und einer Gewichtskontrolle (40) zum Zwecke einer Lanzenstabilisierung und einer Schlafseilkontrolle,
 - weiterhin eine Energiebegrenzung mittels Frequenzumrichter für den Rüttler und
 - eine Steuerung einer Medienmischeinrichtung für Druckluft (37) und Wasser,
- im Zusammenhang mit einem zentralen Regelungsprozess für die Verfahrensabläufe und einer Einbindung einer Steuerungs- und Regelungstechnik eines Seilbaggers oder eines Seilkrans (8) in einem automatisierten Vollprozess.

20

25

30

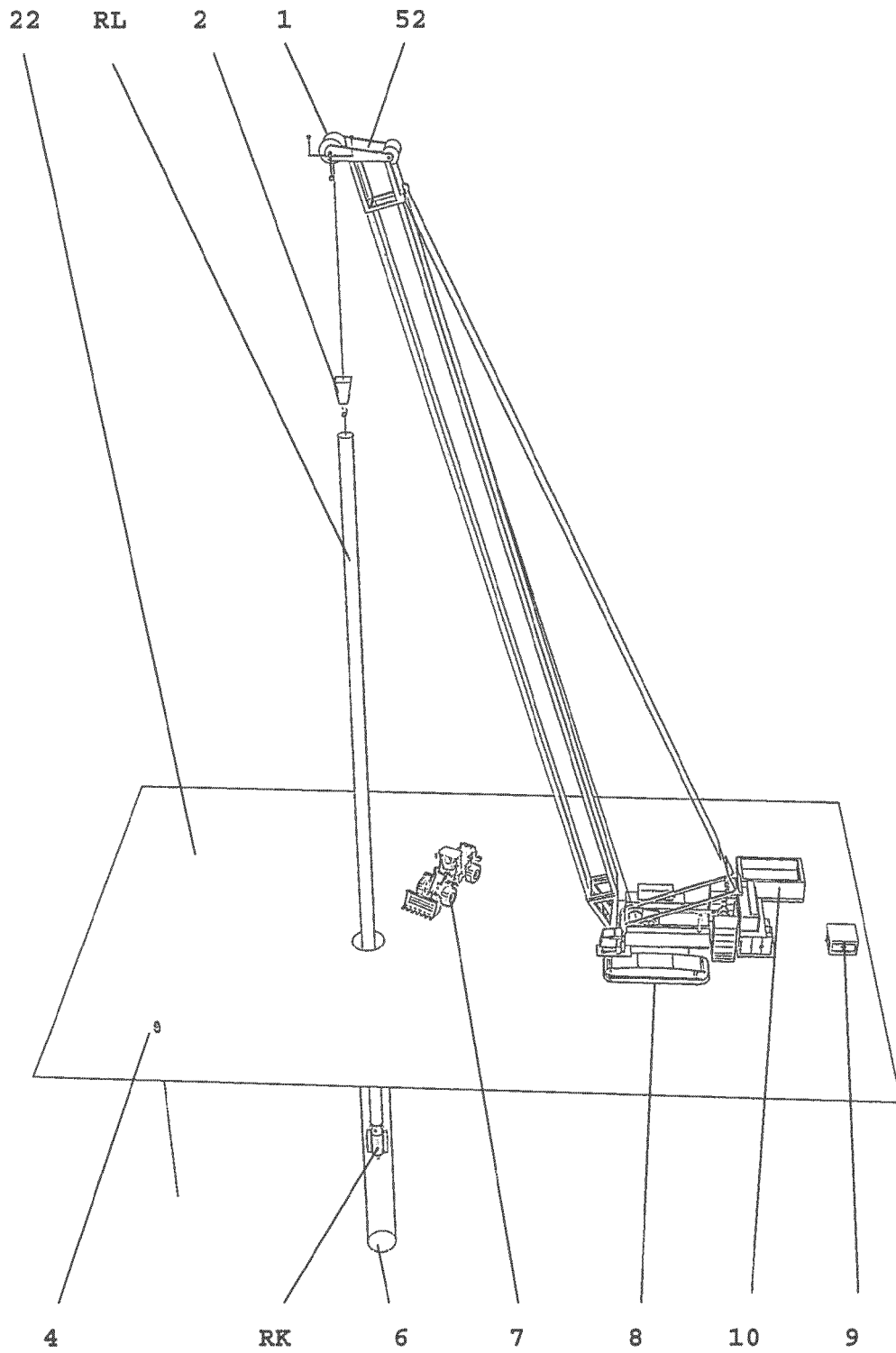
35

40

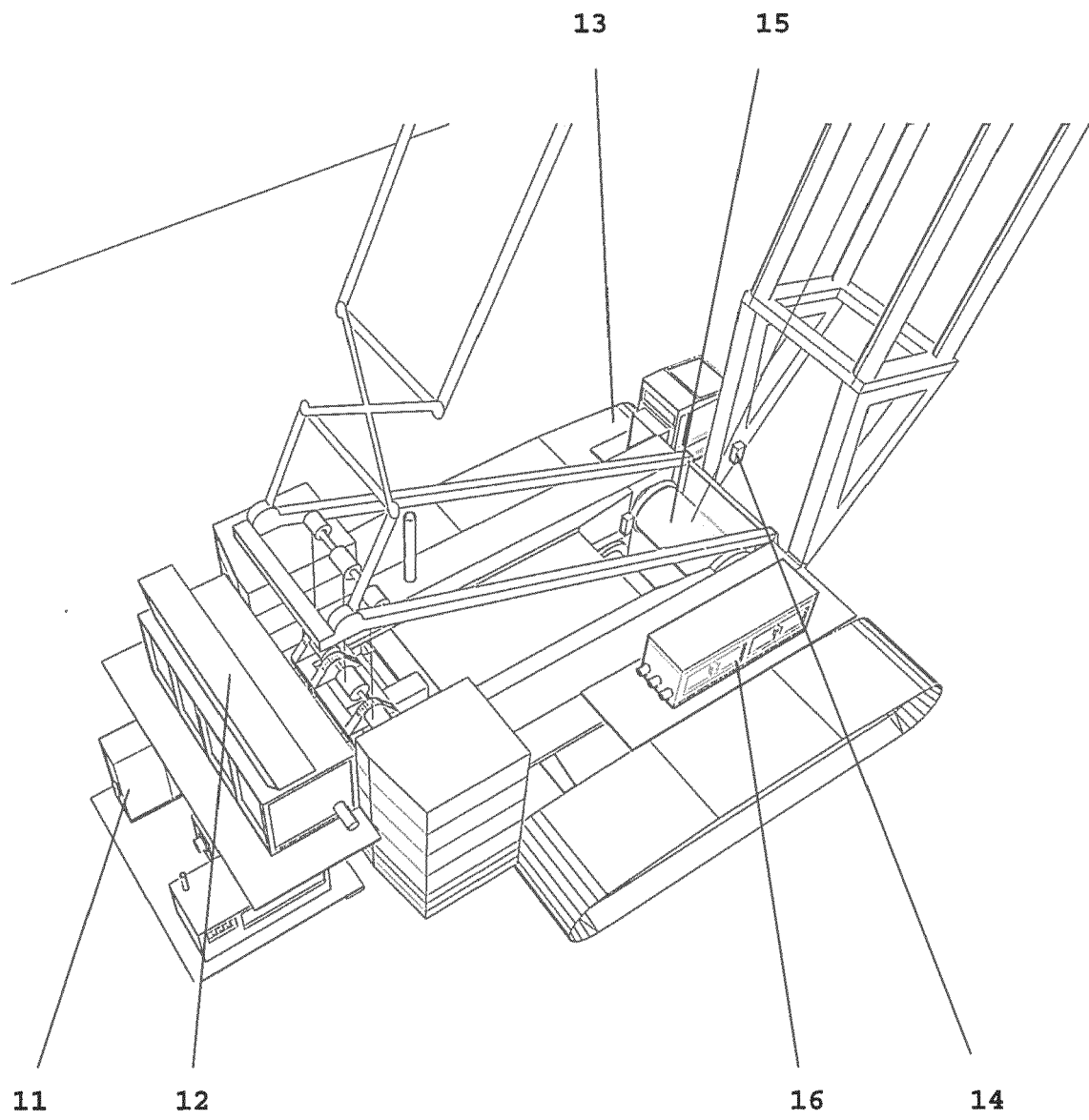
45

50

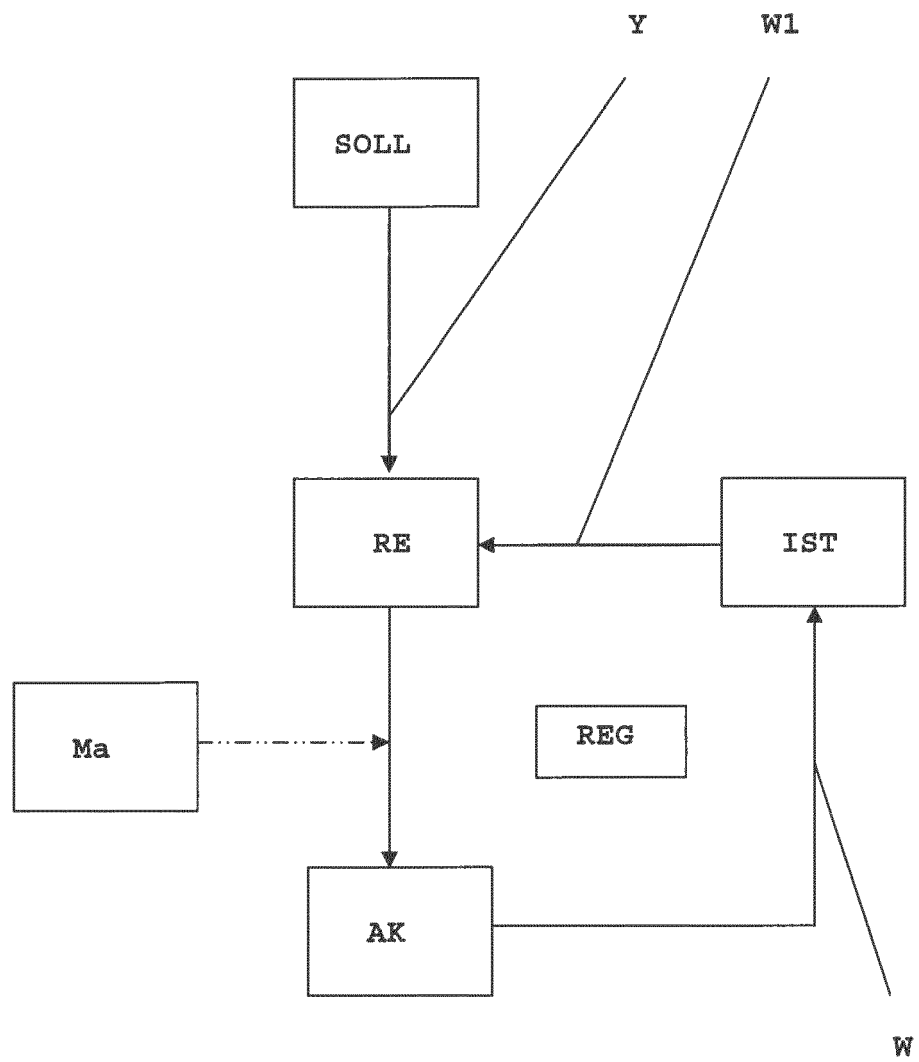
55



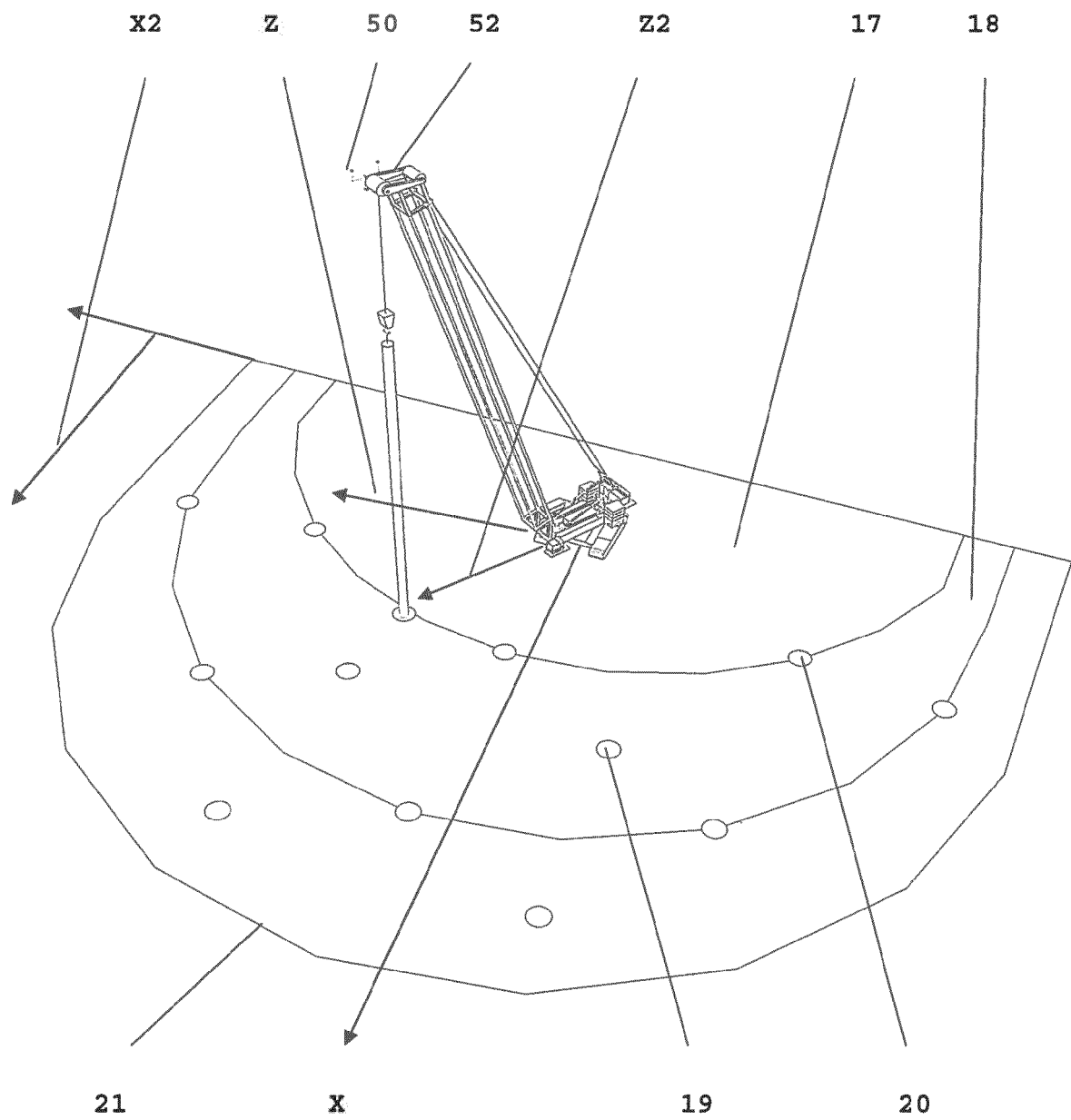
Figur 1



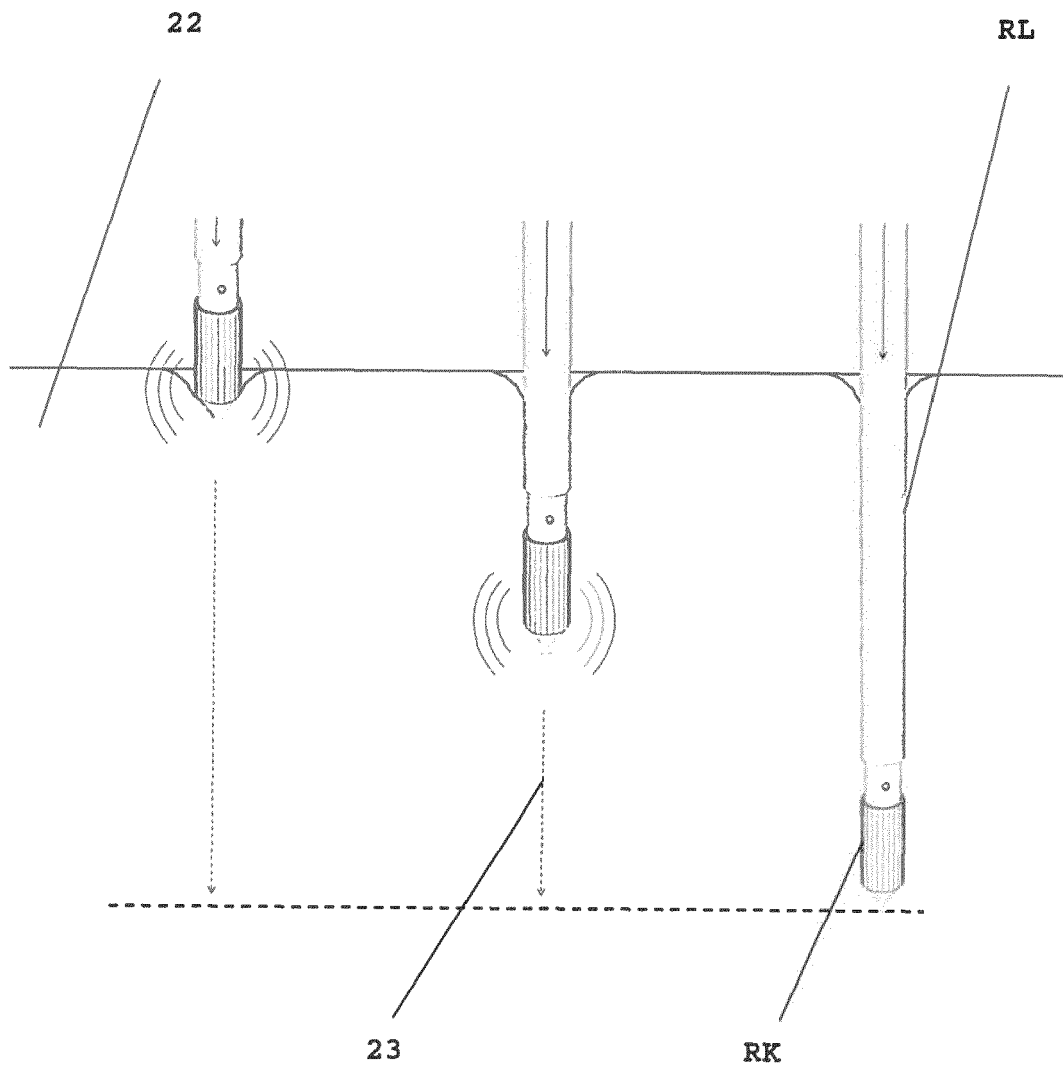
Figur 2



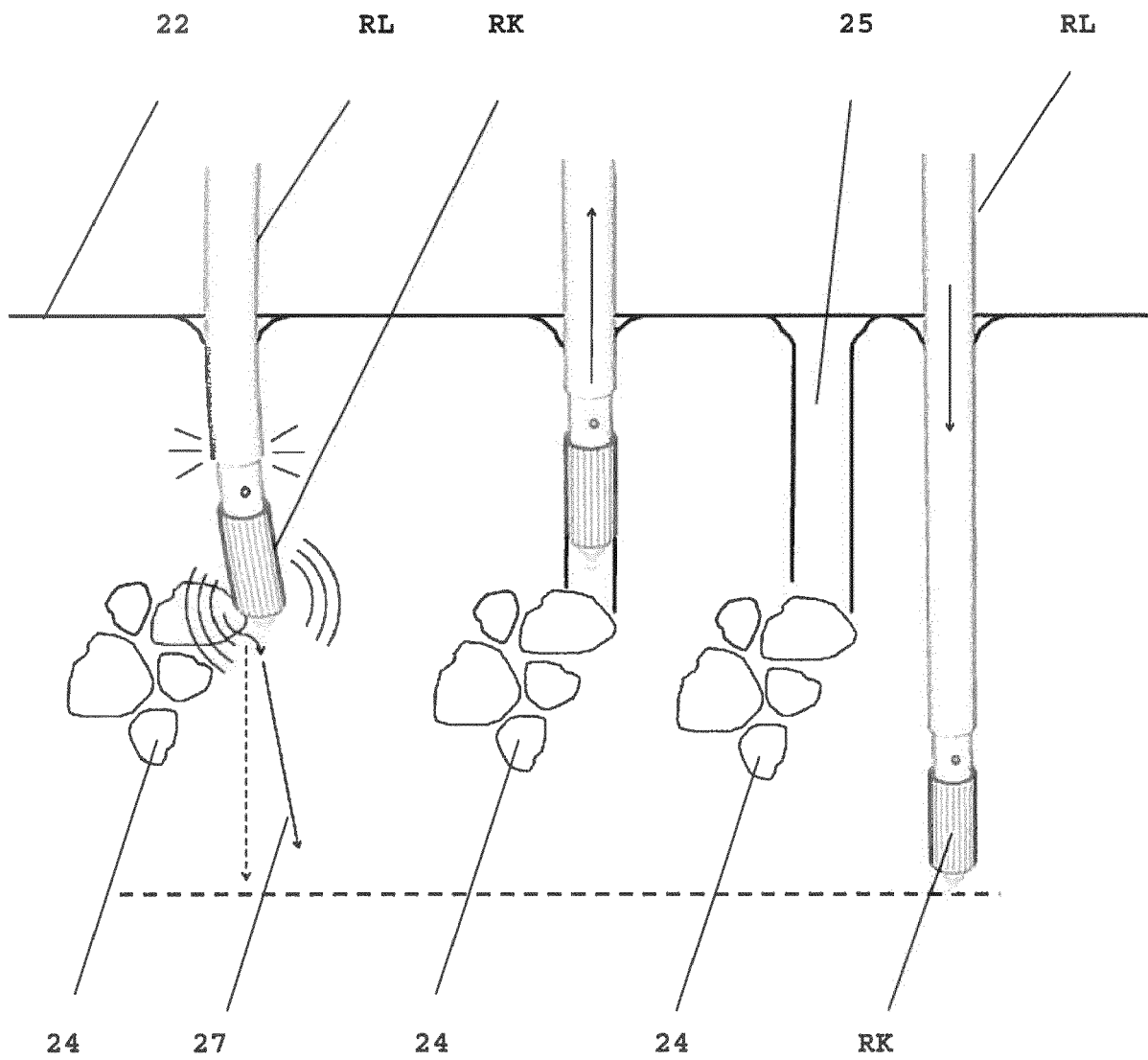
Figur 3



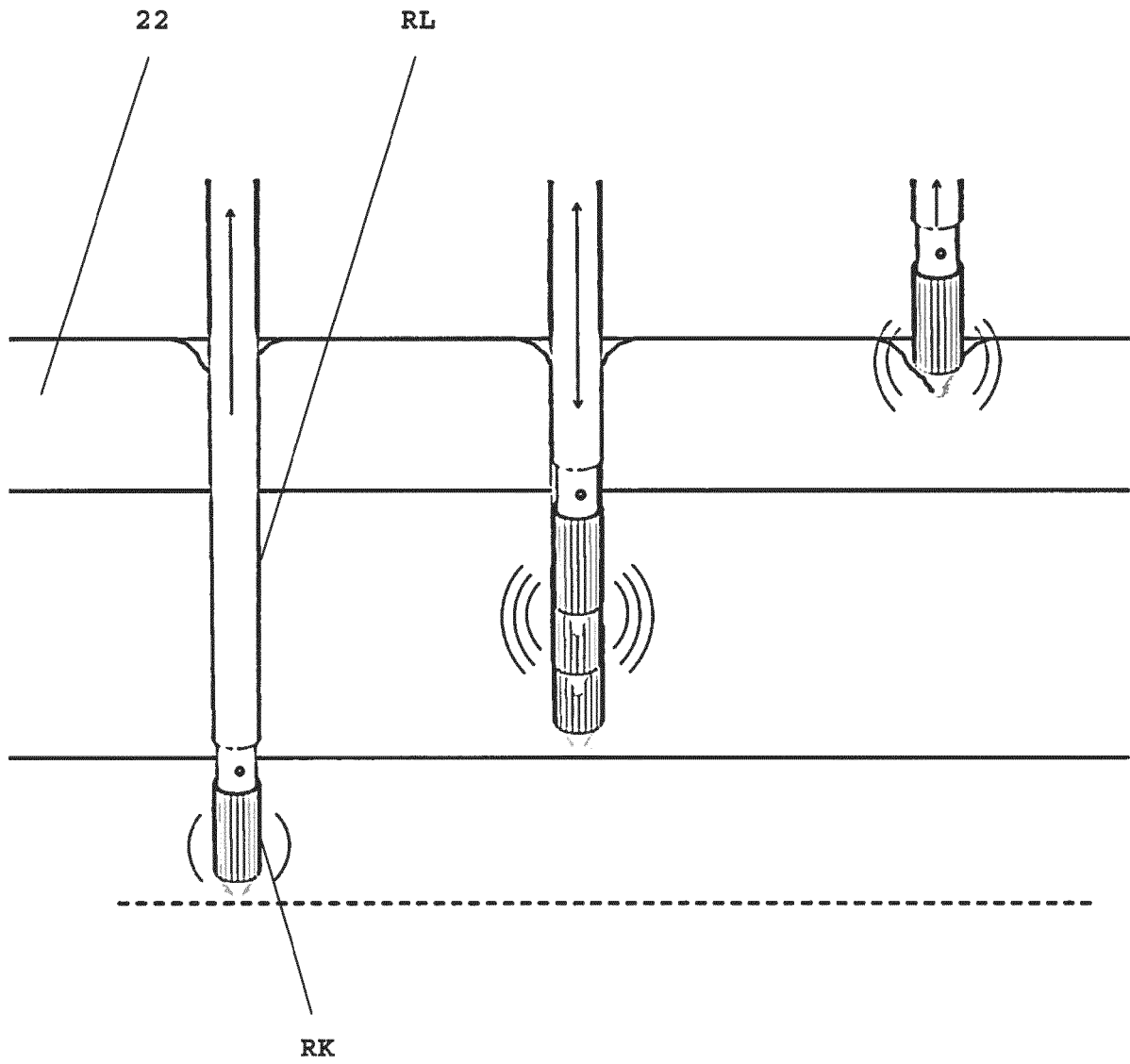
Figur 4



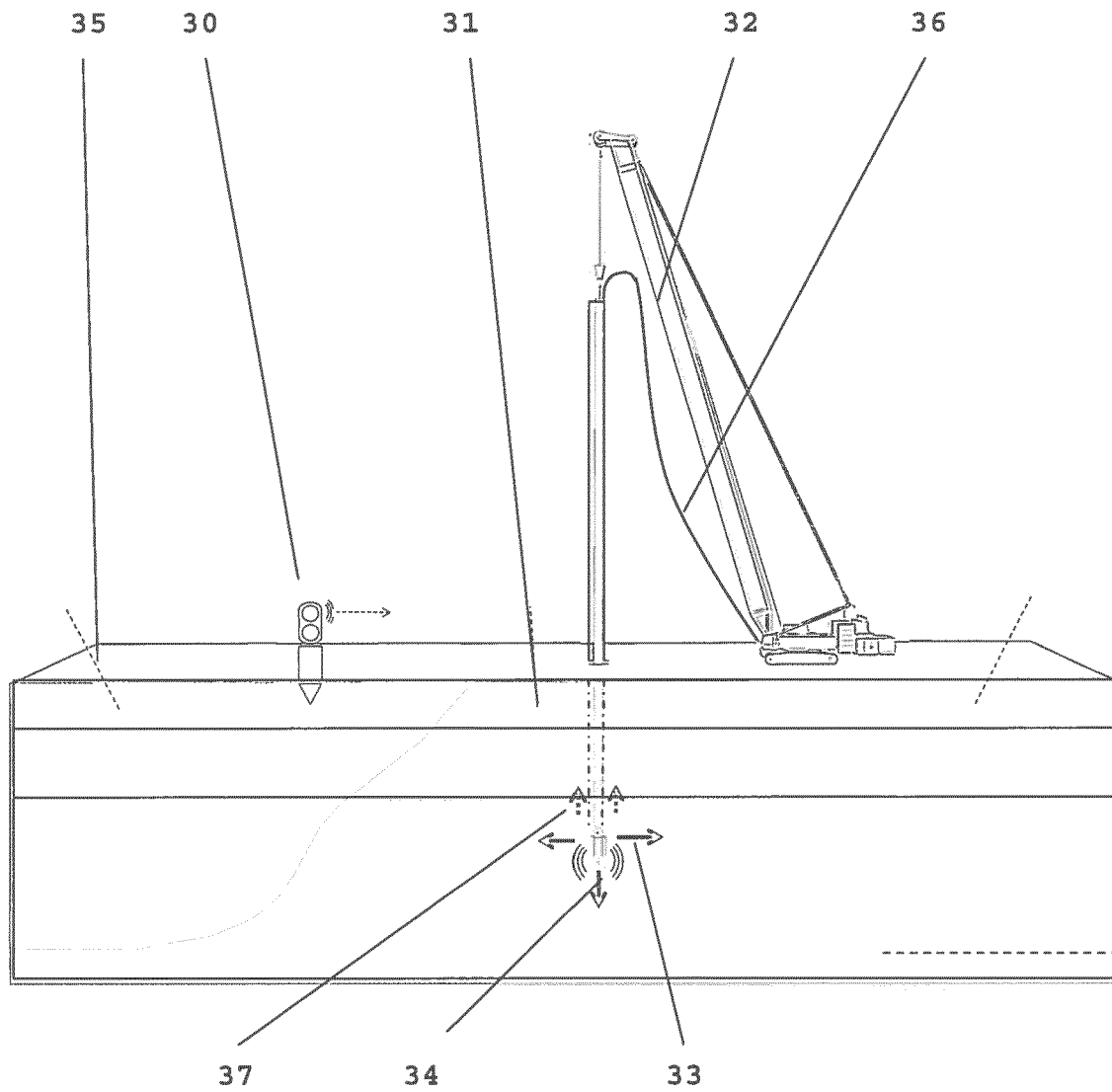
Figur 5



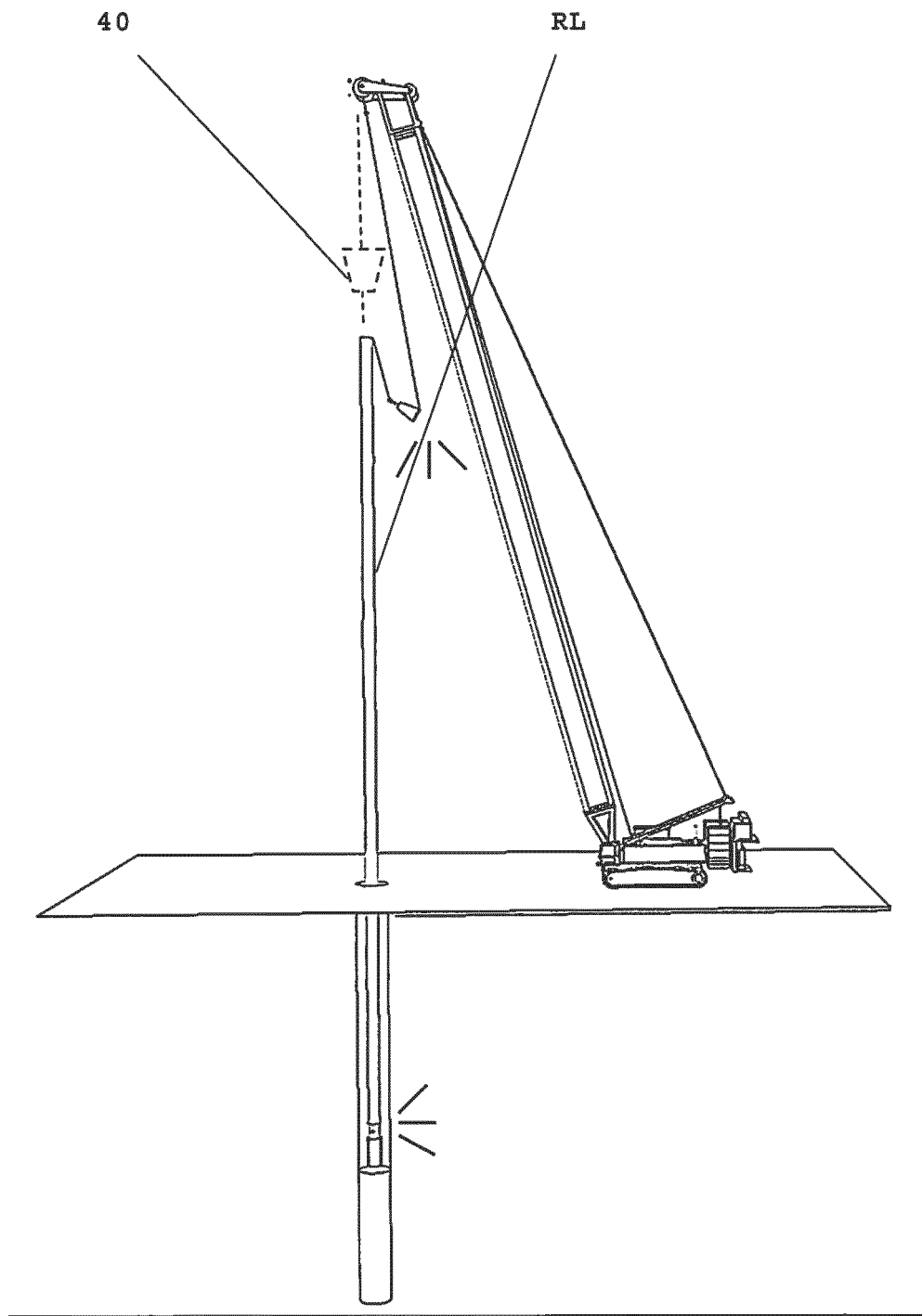
Figur 6



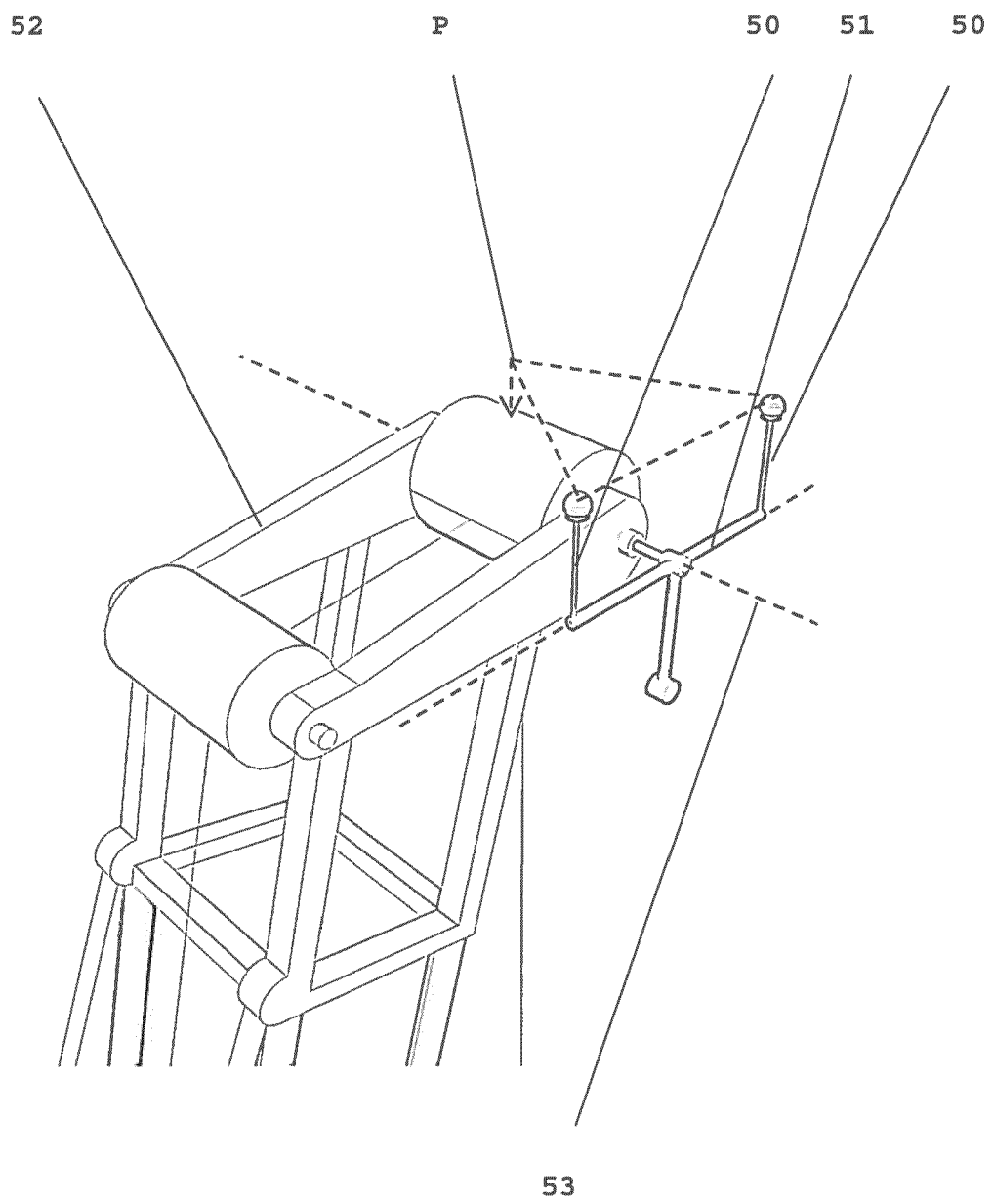
Figur 7



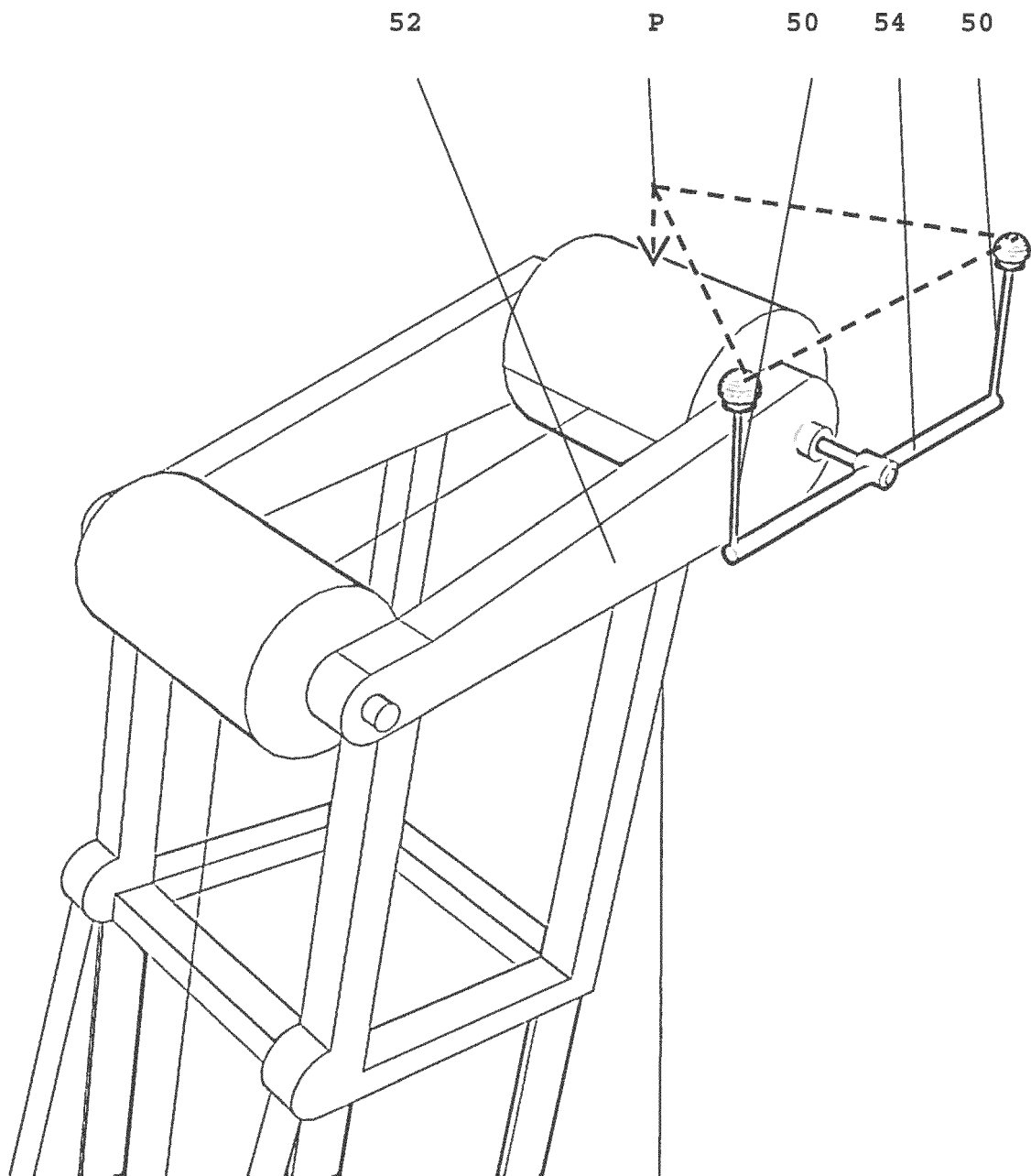
Figur 8



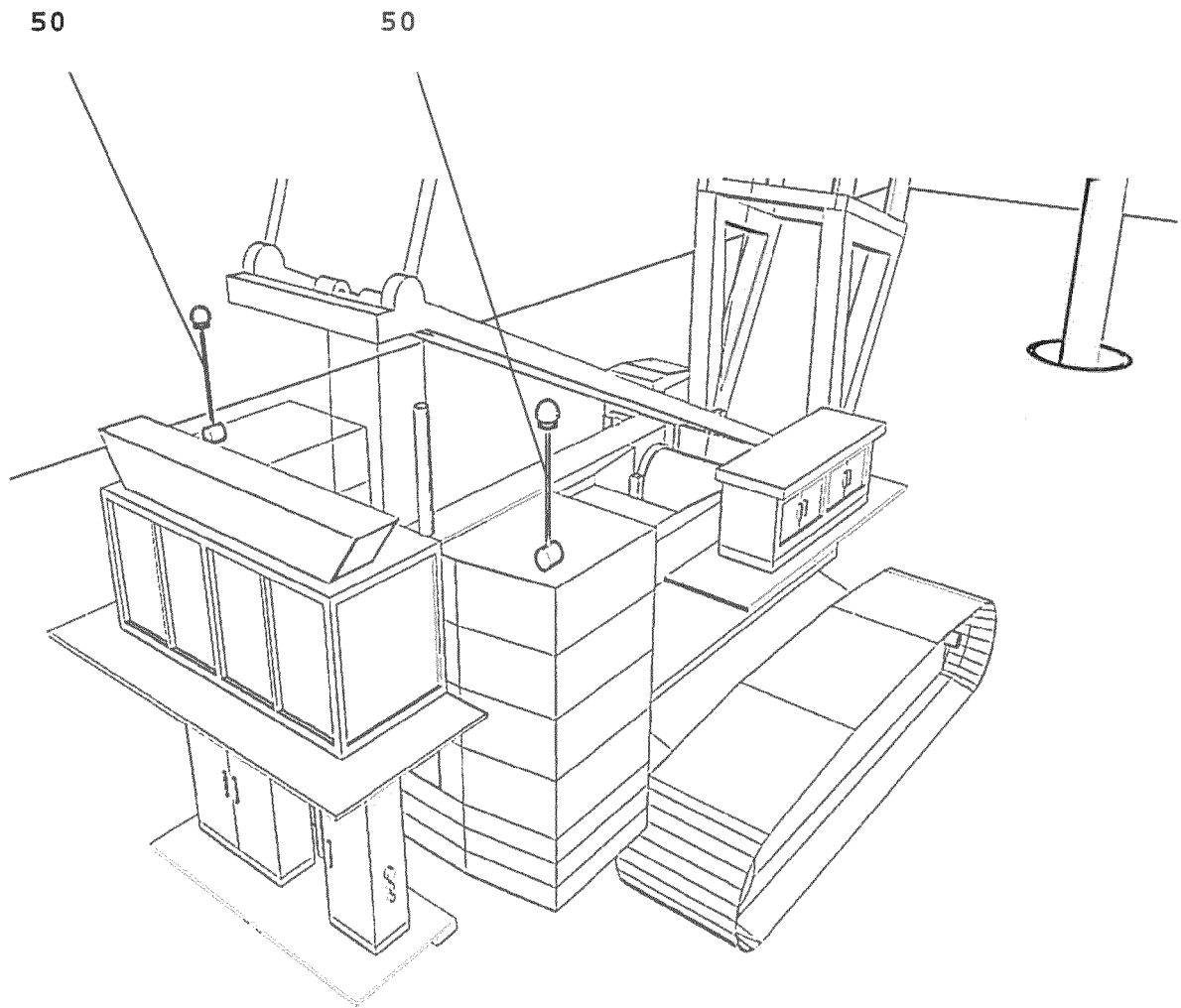
Figur 9



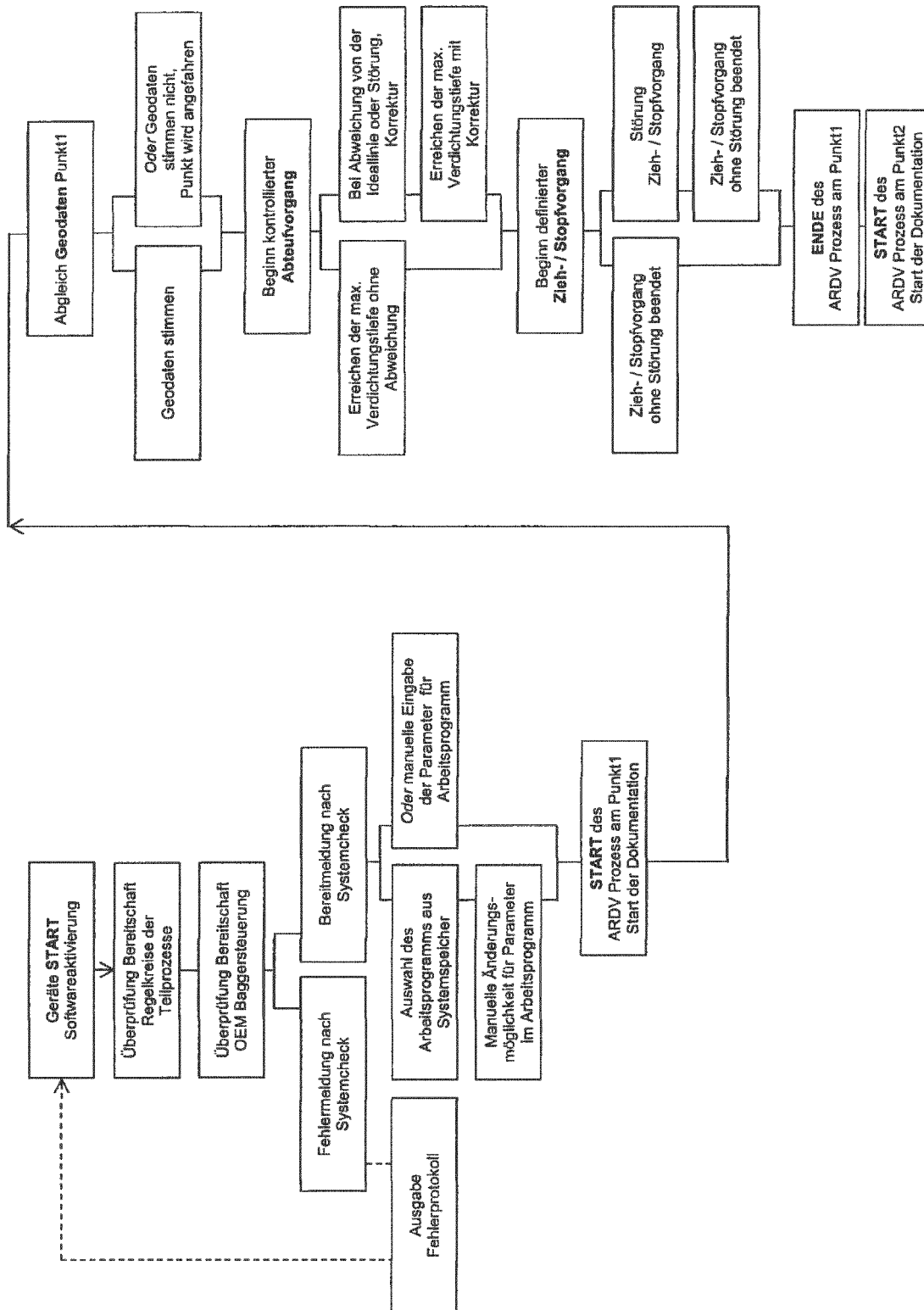
Figur 10



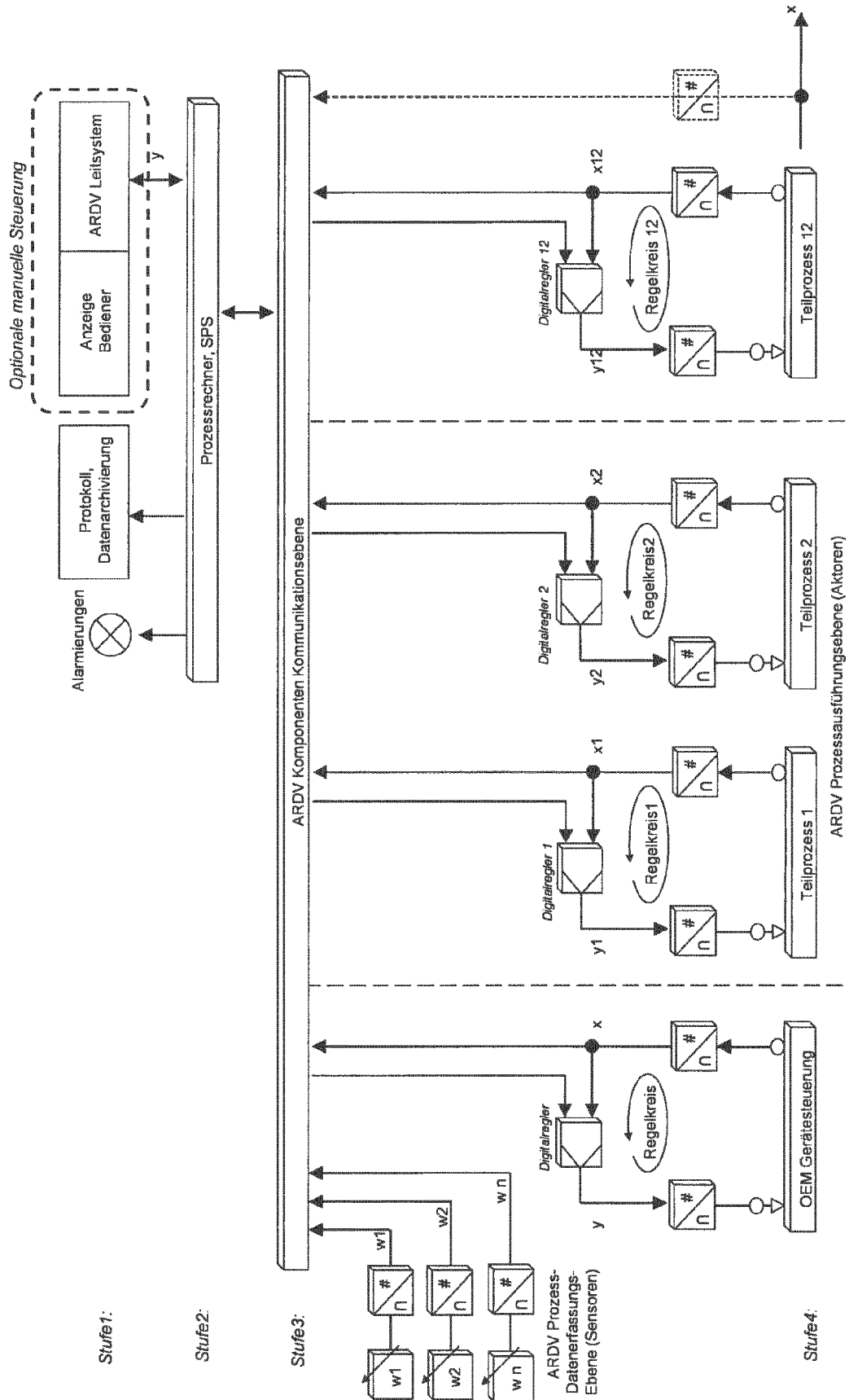
Figur 11



Figur 12



Figur 13



Figur 14

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 19628769 A1 [0002]