



EP 3 252 232 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
18.05.2022 Patentblatt 2022/20

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
06.03.2019 Patentblatt 2019/10

(21) Anmeldenummer: **17172417.2**

(22) Anmeldetag: **23.05.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E01C 19/28^(2006.01) **E02D 3/026**^(2006.01)
E02D 3/074^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E02D 3/074; E01C 19/282; E01C 19/286;
E01C 19/288; E02D 3/026

(54) BODENVERDICHTER UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES BODENVERDICHTERS
SOIL COMPACTOR AND METHOD FOR OPERATING SAME
COMPACTEUR ET SON PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **30.05.2016 DE 102016109888**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.12.2017 Patentblatt 2017/49

(73) Patentinhaber: **Hamm AG**
95643 Tirschenreuth (DE)

(72) Erfinder:
• **MEINDL, Klaus**
95671 Bärnau (DE)

• **PATZNER, Hans-Peter**
95643 Tirschenreuth (DE)
• **RÖMER, Axel**
95643 Tirschenreuth (DE)

(74) Vertreter: **Ruttensperger Lachnit Trossin Gomoll**
Patent- und Rechtsanwälte
PartG mbB
Postfach 20 16 55
80016 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-2011/064367 **CN-A- 103 603 258**
DE-A1- 10 321 666 **JP-A- 2005 279 364**
US-A1- 2003 026 657 **US-A1- 2003 048 082**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bodenverdichter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zum Betreiben eines wenigstens zwei Schwingungs-Verdichterwalzen aufweisenden Bodenverdichters gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

[0002] Ein derartiger Bodenverdichter ist aus der WO 2011/064367 A2 bekannt. Der Bodenverdichter weist zwei Verdichterwalzen auf, die um jeweilige Walzendrehachsen drehbar sind. Die beiden Verdichterwalzen sind in einer Längsrichtung bzw. auch einer Bewegungsrichtung des Bodenverdichters aufeinander folgend mit zueinander zumindest bei Geradeausfahrt im Wesentlichen parallelen Walzendrehachsen angeordnet. Zumindest eine der Verdichterwalzen ist eine geteilte Verdichterwalze und weist zwei in Richtung der Walzendrehachse dieser Verdichterwalze aufeinander folgende, grundsätzlich voneinander unabhängig drehbare Walzenbereiche auf. Diesen beiden nebeneinander liegenden und beispielsweise durch diesen jeweils zugeordnete Walzenantriebe voneinander unabhängig zur Drehung antreibaren Walzenbereichen ist jeweils eine Schwingungsanregungsanordnung zugeordnet, die in jedem der Walzenbereiche eine Schwungmassenanordnung mit um eine jeweilige Schwungmassendrehachse zur Drehung antreibaren Schwungmassen umfassen. Den beiden Schwungmassenanordnungen der beiden Verdichterwalzenbereiche ist ein gemeinsamer Schwungmassenantrieb zugeordnet. Dieser treibt eine der Schwungmassenanordnungen direkt und die andere der Schwungmassenanordnungen über ein Planetengetriebe an. Durch den Einsatz des Planetengetriebes ist gewährleistet, dass selbst dann, wenn die beiden Verdichterwalzenbereiche beispielsweise beim Durchfahren von Kurven mit zueinander unterschiedlicher Drehzahl um die gemeinsame Verdichterwalzendrehachse rotieren, die beiden Schwungmassenanordnungen der Verdichterwalzenbereiche zueinander phasengleich arbeiten, also dass bei Auftreten einer Drehzahldifferenz keine Phasenverschiebung in der Schwingungsbewegung der beiden Schwungmassenanordnungen und somit auch keine Phasenverschiebung in der Schwingungsbewegung der durch diese Schwungmassenanordnungen jeweils zur Durchführung einer Schwingungsbewegung angeregten Verdichterwalzenbereiche auftritt.

[0003] Die CN 103603258 B offenbart ein Verfahren, mit welchem gewährleistet werden soll, dass bei einem Bodenverdichter, der zwei zur Durchführung einer Schwingungsbewegung anregbare Verdichterwalzen aufweist, keine durch Überlagerung der Schwingungsbewegungen hervorgerufenen Schwebungen entstehen. Hierzu werden die Schwingungsfrequenzen der beiden zur Schwingung angeregten Verdichterwalzen erfasst und derart eingestellt, dass durch einen zwischen diesen Schwingungsfrequenzen bestehenden Unterschied das Auftreten von Schwebungen weitestgehend

vermieden wird. Die Verdichterwalzen des so betriebenen Bodenverdichters werden also zur Durchführung von Schwingungsbewegungen mit zueinander unterschiedlichen Schwingungsfrequenzen angeregt.

[0004] Ein Bodenverdichter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der US 2003/0048082 A1 bekannt.

[0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Bodenverdichter sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Bodenverdichters bereitzustellen, mit welchen ohne Beeinträchtigung des Verdichtungsbetriebs das Entstehen übermäßiger Betriebsgeräusche bei zur Durchführung einer Schwingungsbewegung angeregten Verdichterwalze vermieden wird.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch einen Bodenverdichter, umfassend:

- wenigstens zwei um eine jeweilige Walzendrehachse drehbare Schwingungs-Verdichterwalzen,
- in Zuordnung zu jeder Schwingungs-Verdichterwalze, eine Schwingungsanregungsanordnung zur Erzeugung einer Schwingungsbewegung der Schwingungs-Verdichterwalze,
- in Zuordnung zu jeder Schwingungs-Verdichterwalze, eine Schwingungserfassungsanordnung zur Bereitstellung einer die Schwingungsbewegung einer jeweiligen Schwingungs-Verdichterwalze repräsentierenden Schwingungsgröße,
- eine Ansteueranordnung zur Ansteuerung wenigstens einer Schwingungsanregungsanordnung auf Grundlage der in Zuordnung zu den Schwingungs-Verdichterwalzen bereitgestellten Schwingungsgrößen derart, dass die Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen einen vorbestimmten Phasenversatz zueinander aufweisen.

[0007] Ferner ist eine Sensoranordnung vorgesehen zur Erfassung von Schwingungen im Bereich des Bodenverdichters und zur Bereitstellung eines durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen hervorgerufene Schwingungsanregungen wiedergebenden Rückkopplungssignals. Die Ansteueranordnung ist dazu ausgebildet, die Schwingungsanregungsanordnungen derart anzusteuern, dass auf den Phasenversatz eingewirkt wird, um den durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen hervorgerufenen Schwingungsanregungen entgegenzuwirken.

[0008] Die bei einem erfindungsgemäß aufgebauten Bodenverdichter eingesetzten Schwingungs-Verdichterwalzen können zwei in einer Bodenverdichterlängsrichtung aufeinander folgende, beispielsweise in einem vorderen Bereich und einem hinteren Bereich des Bodenverdichters vorgesehene Verdichterwalzen sein, die mithin um zueinander verschiedene, zumindest bei Geradeausfahrt jedoch im Wesentlichen parallele Walzendrehachsen rotieren, können aber auch zwei in Richtung

einer Verdichterwalzendrehachse aufeinanderfolgende und mithin um die gleiche Verdichterwalzendrehachse drehbare Verdichterwalzenbereiche sein.

[0009] Durch das Überwachen der Schwingungsbewegungen dieser Schwingungs-Verdichterwalzen und das Betreiben bzw. Ansteuern der Schwingungsanregungsanordnungen derselben derart, dass der Phasenversatz der Schwingungsbewegungen zueinander eine vorbestimmte Größe einnimmt, kann also aktiv auf diesen Phasenversatz eingewirkt werden, so dass durch Überlagerung der Schwingungsbewegungen hervorgerufenen Geräuschen bzw. Schwingungen durch entsprechende Einstellung, ggf. auch Anpassung bzw. Verschiebung der Phasenlage entgegengewirkt werden kann. Dabei ist es grundsätzlich nicht erforderlich, die Schwingungsfrequenz bei zumindest einer der Schwingungs-Verdichterwalzen zu verändern, so dass jede Schwingungs-Verdichterwalze mit der für den vorzunehmenden Verdichtungsbetrieb optimalen Frequenz zur Schwingung angeregt werden kann, beispielsweise alle oder zumindest ein Teil der Schwingungs-Verdichterwalzen mit der gleichen Frequenz zur Schwingung angeregt werden bzw. eine Schwingungsbewegung mit der gleichen Frequenz, jedoch phasenverschoben angeregt werden.

[0010] Die Schwingungsgröße weist vorzugsweise einen im Wesentlichen periodischen Verlauf auf.

[0011] Bei einer zur Bereitstellung der Information über die Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen besonders vorteilhaften, da einfach und betriebssicher aufzubauenden Ausgestaltung, wird vorgeschlagen, dass wenigstens eine Schwingungserfassungsanordnung wenigstens einen Beschleunigungssensor zur Erfassung einer Beschleunigung der zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalze umfasst, vorzugsweise zur Erfassung einer Beschleunigung der zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalze in einer Höhenrichtung oder/und in einer Umfangsrichtung.

[0012] Jede Schwingungsanregungsanordnung kann eine Schwungmassenanordnung sowie einen diese zur Bewegung antreibenden Schwungmassenantrieb umfassen.

[0013] Da im Allgemeinen derartige Bodenverdichter hydraulisch angetrieben werden, grundsätzlich also ein Hydrauliksystem zur Verfügung steht, wird weiter vorgeschlagen, dass jeder Schwungmassenantrieb einen Antriebsmotor, vorzugsweise Hydraulikmotor, umfasst, und dass jede Schwungmassenanordnung wenigstens eine durch den zugeordneten Antriebsmotor zur Drehung um eine Schwungmassendrehachse antreibbare Schwungmasse umfasst.

[0014] Vorzugsweise ist jeder Antriebsmotor ein Hydraulikmotor, und es ist weiter vorzugsweise wenigstens eine Hydraulikpumpe vorgesehen, um das zum Betreiben der Hydraulikmotoren erforderliche Druckfluid bereitzustellen bzw. zu den Hydraulikmotoren zu speisen.

[0015] Bei einer baulich besonders einfach zu realisierenden Ausgestaltungsvariante wird vorgeschlagen, dass eine Hydraulikpumpe zum Speisen aller Hydraulik-

motoren mit Druckfluid vorgesehen ist, und dass wenigstens ein Hydraulikmotor ein variabler Hydraulikmotor ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass im Sinne der vorliegenden Erfindung ein variabler Hydraulikmotor ein Hydraulikmotor ist, der durch entsprechende Ansteuerung desselben in seiner Drehzahl variierbar ist, beispielsweise durch Anpassung des Schluckvolumens desselben.

[0016] Bei einer alternativen Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass in Zuordnung zu jedem Hydraulikmotor eine Hydraulikpumpe vorgesehen ist, und dass bei wenigstens einem, vorzugsweise jedem Paar aus Hydraulikmotor und Hydraulikpumpe die Hydraulikpumpe oder/und der Hydraulikmotor variabel ist. Diese Ausgestaltungsvariante ist besonders dann geeignet, wenn die Schwingungs-Verdichterwalzen in verschiedenen Bereichen, also beispielsweise an einem vorderen Bereich und einem hinteren Bereich eines Bodenverdichters vorgesehen sind, so dass jede der Schwingungs-Verdichterwalzen mit einem vollständig eigenständigen System betrieben werden kann. Um dabei die Phasenanpassung vornehmen zu können, ist bei wenigstens einer der Schwingungs-Verdichterwalzen bzw. dem in Zuordnung zu derselben vorgesehenen Paar aus Hydraulikmotor und Hydraulikpumpe entweder die Hydraulikpumpe oder der Hydraulikmotor oder beide variabel. Auch in Zuordnung zu einer Hydraulikpumpe bedeutet die Variabilität, dass diese Hydraulikpumpe dazu ausgebildet ist, die Menge oder/und den Druck des durch diese abgegebenen Druckfluids zu verändern, beispielsweise durch entsprechende Anpassung des Fördervolumens, um auf diese Art und Weise auch eine entsprechende Betriebsveränderung im Hydraulikmotor hervorzurufen.

[0017] Die voranstehend angegebene Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben eines wenigstens zwei Schwingungs-Verdichterwalzen aufweisenden Bodenverdichters mit erfindungsgemäßem Aufbau, wobei die Schwingungs-Verdichterwalzen um jeweilige Walzendrehachsen drehbar und durch eine jeweilige Schwingungsanregungsanordnung zur Durchführung einer Schwingungsbewegung anregbar sind, wobei verschiedenen Schwingungs-Verdichterwalzen zugeordnete Schwingungsanregungsanordnungen derart angesteuert werden, dass die Schwingungsbewegungen dieser Schwingungs-Verdichterwalzen einen vorbestimmten, grundsätzlich veränderbaren Phasenversatz aufweisen. Bei diesem Verfahren wird durch eine Sensoranordnung zur Erfassung von Schwingungen im Bereich des Bodenverdichters ein durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen hervorgerufene Schwingungsanregungen wiedergebendes Rückkopplungssignals bereitgestellt. Die Schwingungsanregungsanordnungen werden derart angesteuert, dass auf den Phasenversatz einwirkt wird, um den durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingung-Verdichterwalzen hervorgerufenen Schwingungsanregungen entgegenzuwirken.

[0018] Um einerseits Kenntnis über den Schwingungs-

zustand einer jeweiligen Schwingungs-Verdichterwalze erlangen zu können, andererseits beruhend darauf die Phasenlage der jeweiligen Schwingungsbewegung einstellen zu können, wird weiter vorgeschlagen, dass die Beschleunigung jeder Schwingungs-Verdichterwalze erfasst wird, und dass beruhend auf den Beschleunigungen der Schwingungs-Verdichterwalzen wenigstens eine Schwingungsanregungsanordnung derart angesteuert wird, dass die Beschleunigungen dieser Schwingungs-Verdichterwalzen den vorbestimmte Phasenversatz zueinander aufweisen.

[0019] Zur Einstellung der Phasenlagen der Schwingungsbewegungen verschiedener Schwingungs-Verdichterwalzen und somit des Phasenversatzes bezüglich einander bzw. zur Veränderung des Phasenversatzes kann vorgesehen sein, dass jede Schwingungsanregungsanordnung eine Schwungmassenanordnung mit wenigstens einer zur Drehung um eine Schwungmassendrehachse antreibbaren Schwungmasse und einen Schwungmassenantrieb umfasst, und dass zur Veränderung des Phasenversatzes der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen bezüglich einander bei wenigstens einer Schwingungsanregungsanordnung wenigstens eine Schwungmasse durch den zugeordneten Schwungmassenantrieb in einer Phasenpassungsbetriebsphase zur Drehung mit bezüglich eines Grund-Drehzustandes veränderter Drehzahl angetrieben wird. Bei dieser Vorgehensweise kann also dann, wenn zunächst festgestellt wird, dass die beispielsweise mit gleicher Frequenz schwingenden Schwingungs-Verdichterwalzen einen ungünstigen Phasenversatz der Schwingungsbewegungen aufweisen, ausgehend von einem Grund-Drehzustand einer jeweiligen Schwungmasse, also einem Zustand, in dem diese mit einer für den Grund-Drehzustand vorgesehenen Grund-Drehzahl dreht, die Drehzahl einer der Schwungmassen vorübergehend in einer Phasenpassungsbetriebsphase verändert werden, beispielsweise diese Schwungmasse mit etwas größerer Drehzahl verdreht werden, was vorübergehend auch zu einer Änderung der Anregungsfrequenz führt, im Wesentlichen aber eine Änderung des Phasenversatzes der Schwingungen bewirkt. Ist der gewünschte bzw. vorbestimmte Phasenversatz erreicht, wird auch diese Schwungmasse wieder in den Grund-Drehzustand zurückgeführt, also zur Drehung mit der Grund-Drehzahl angetrieben, so dass beispielsweise beide bzw. alle Schwingungs-Verdichterwalzen mit gleicher Frequenz schwingen bzw. zur Schwingung angeregt werden, jedoch der Phasenversatz der Schwingungsbewegungen zueinander im gewünschten Bereich liegt.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 einen Bodenverdichter mit zwei Schwingungs-Verdichterwalzen in Seitenansicht;

5 Fig. 2 in ihren Darstellungen a) und b) die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen des Bodenverdichters der Fig. 1 mit diesen zugeordneten Schwingungsanregungsanordnungen;

Fig. 3 in schematischer Seitenansicht die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen mit diesen zugeordneten Schwungmassen;

10 Fig. 4 den zeitlichen Verlauf der bei den Schwingungs-Verdichterwalzen des Bodenverdichters der Fig. 1 auftretenden Beschleunigungen der Schwingungs-Verdichterwalzen;

15 Fig. 5 in prinzipiater Darstellung zwei nebeneinander liegende und um eine gemeinsame Walzendrehachse drehbare Schwingungs-Verdichterwalzen mit diesen zugeordneten Schwingungsanregungsanordnungen.

20 **[0021]** In Fig. 1 ist ein zum Verdichten eines Untergrundes 10 einsetzbarer Bodenverdichter allgemein mit 12 bezeichnet. Der Bodenverdichter 12 weist zwei in einer Bodenverdichterlängsrichtung L aufeinanderfolgend 25 angeordnete Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 auf, die um in Bodenverdichterlängsrichtung L in Abstand zueinander liegende Walzendrehachsen A₁, A₂ drehbar sind. Zumindest einer dieser beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 kann ein Walzenantrieb zugeordnet 30 sein, um dadurch den Bodenverdichter 12 zur Durchführung von Verdichtungsvorgängen voran zu bewegen, wobei im Verlaufe dieser Bewegung die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 sich um ihre Walzendrehachsen A₁ bzw. A₂ drehen und dabei auf dem Untergrund 10 abrollen. Zum Lenken des Bodenverdichters 12 können die allgemein auch als Bandagen bezeichneten Schwingungs-Verdichterwalzen 16 an einem mit 18 35 bezeichneten und auch eine Führerkabine 20 aufweisenden Verdichterrahmen 18 um beispielsweise im Wesentlichen horizontal orientierte Schwenkachsen schwenkbar sein.

[0022] Die Fig. 2 zeigt in ihren Darstellungen a) und b) die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 mit einer in Zuordnung dazu jeweils vorgesehenen Schwingungsanregungsanordnung 22 bzw. 24. Die Schwingungsanregungsanordnung 22 der Schwingungs-Verdichterwalze 14 umfasst eine beispielsweise im Inneren der Schwingungs-Verdichterwalze 14 angeordnete Schwungmassenanordnung 26 mit wenigstens einer um eine Schwungmassendrehachse drehbaren Schwungmasse 28.

[0023] Es sei beispielsweise angenommen, dass die Schwingungsanregungsanordnung 22, ebenso auch die Schwingungsanregungsanordnung 24, dazu vorgesehen ist, die jeweils zugeordnete Schwingungs-Verdichterwalze 14, 16 zur Durchführung einer Vibrationsbewegung anzuregen, also einer im Wesentlichen in einer Höhenrichtung bzw. orthogonal zum zu verdichtenden Un-

tergrund orientierten Richtung hin und her laufenden Schwingungsbewegung. In diesem Falle ist im Allgemeinen die wenigstens eine Schwungmasse um eine Schwungmassendrehachse drehbar, die im Wesentlichen auch der Drehachse der Schwingungs-Verdichterwalze entspricht.

[0024] Um die wenigstens eine Schwungmasse 28 der Schwungmassenanordnung 26 in Bewegung zu versetzen, also zur Drehung um die jeweilige Schwungmassendrehachse, hier beispielsweise die Walzendrehachse A₁, anzutreiben, weist die Schwingungsanregungsanordnung 22 ferner einen Schwungmassenantrieb 30 auf. Der Schwungmassenantrieb 30 wiederum umfasst einen im dargestellten Beispiel als Hydraulikmotor ausgebildeten Antriebsmotor 32 sowie eine diesen Antriebsmotor 32 bzw. Hydraulikmotor mit Druckfluid speisende Hydraulikpumpe 34.

[0025] Der Schwungmassenantrieb 30 steht unter der Ansteuerung einer allgemein mit 36 bezeichneten Ansteueranordnung, die beispielsweise die Hydraulikpumpe 34 ansteuert, um diese zur Abgabe von Druckfluid mit einer vorbestimmten Abgabemenge bzw. einem vorbestimmten Druckfluid anzutreiben, so dass entsprechend auch der Antriebsmotor 32 bzw. Hydraulikmotor in Betrieb versetzt wird und die wenigstens eine Schwungmasse 28 zur Drehung antreibt. Dabei ist in dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel die Hydraulikpumpe 34 eine variable Hydraulikpumpe, also eine Hydraulikpumpe, deren Fördermenge bzw. Förderdruck einstellbar ist. Eine Erhöhung der Druckfluidfördermenge bzw. des Drucks des von der Hydraulikpumpe 34 abgegebenen Druckfluids führt zu einer entsprechenden Erhöhung der Drehzahl einer nicht dargestellten Motorwelle des Hydraulikmotors bzw. Antriebsmotors 32 und entsprechend auch einer höheren Drehzahl der wenigstens einen Schwungmasse 28 mit der Folge, dass die dadurch in Schwingungsbewegung versetzte Verdichterwalze 14 mit einer entsprechend veränderten Frequenz zur Schwingung angeregt wird bzw. mit einer entsprechenden Frequenz schwingt.

[0026] Um diese Schwingungsbewegung der Schwingungs-Verdichterwalze 14 zu erfassen, ist eine allgemein mit 38 bezeichnete Schwingungserfassungsanordnung vorgesehen. Diese kann beispielsweise wenigstens einen Beschleunigungssensor 40 umfassen, der beispielsweise die Beschleunigung der Verdichterwalze 14 im Bereich der Walzendrehachse A₁, beispielsweise im Bereich eines Walzenlagers, erfasst, wobei im dargestellten Ausgestaltungsbeispiel einer zur Vibration angeregten Schwingungs-Verdichterwalze 14 der Beschleunigungssensor 40 im Wesentlichen zur Erfassung einer Schwingungsbewegung in derjenigen Bewegungsrichtung, welcher die Verdichterwalze 14 zur Schwingungsbewegung angeregt wird, ausgebildet ist, also im Wesentlichen einer Auf- und Abrichtung. Der Beschleunigungssensor 40 liefert ein die Schwingungsbewegung der Schwingungs-Verdichterwalze 14 repräsentierendes und eine Schwingungsgröße darstellendes Beschleunigungssignal zur Ansteueranordnung 36. Die Ansteueranordnung 36 kann in nachfolgend beschriebener Art und Weise den Schwungmassenantrieb 30, insbesondere die Hydraulikpumpe 34, beruhend auf diesem eine Schwingungsgröße repräsentierenden Beschleunigungssignal ansteuern, um in entsprechender Art und Weise auf den Betrieb der Schwungmassenanordnung 26 einzuwirken.

[0027] Mit Bezug auf die in Fig. 2b) dargestellte Schwingungs-Verdichterwalze 16 sei ausgeführt, dass auch die dieser zugeordnete Schwingungsanregungsanordnung 24 eine Schwungmassenanordnung 42 mit wenigstens einer um eine Schwungmassendrehachse drehbaren Schwungmasse 44 umfasst, wobei auch in diesem Beispiel die Schwingungsanregungsanordnung 24 zur Erzeugung einer Vibrations-Bewegung der Schwingungs-Verdichterwalze 16 ausgebildet ist und mithin die wenigstens eine Schwungmasse 44 im Allgemeinen um eine der Walzendrehachse A₂ entsprechende Schwungmassendrehachse rotieren wird. Zur Erzeugung dieser Rotationsbewegung ist der Schwungmassenanordnung 42 ein Schwungmassenantrieb 46 mit einem als Hydraulikmotor ausgebildeten Antriebsmotor 48 und einer variablen Hydraulikpumpe 50 zugeordnet. Diese steht unter der Ansteuerung einer Ansteueranordnung 52. Die Ansteueranordnung 52 kann von der Ansteueranordnung 36 getrennt ausgebildet, mit dieser jedoch zum Informationsaustausch verknüpft sein, um die beiden Schwingungsanregungsanordnungen 22, 24 in aufeinander abgestimmter Art und Weise betreiben zu können. Die beiden Ansteueranordnung 36, 52 können grundsätzlich jedoch auch in ein- und derselben Ansteueranordnung zusammengefasst sein und zur Ansteuerung beider Unwuchtantriebe 30, 46 ausgebildet sein.

[0028] Es ist darauf hinzuweisen, dass derartige im Kontext eines erfindungsgemäßen Bodenverdichters einzusetzende Ansteueranordnungen in einem Steuergerät vorgesehen oder als solches ausgeführt sein können. Sie können beispielsweise als Mikroprozessoren oder Mikrocontroller ausgebildete Prozessoren umfassen und können mit zur Durchführung der Ansteuermaßnahmen geeigneten Programmen permanent oder überschreibbar programmiert sein. Sie können Eingangsanschlüsse aufweisen, an welchen die zugeordneten Sensoren, insbesondere Beschleunigungssensoren, zur Einspeisung der Ausgangssignale derselben angeschlossen werden können, und können Ausgangsanschlüsse aufweisen, an welche jeweilige zu den anzusteuernden Systembereichen, beispielsweise den Hydraulikpumpen bzw. Hydraulikmotoren führende Ansteuerleitungen angeschlossen werden können.

[0029] Auch der Schwingungs-Verdichterwalze 16 ist eine Schwingungserfassungsanordnung 54 mit wenigstens einem Beschleunigungssensor 56 zugeordnet, welcher eine die Schwingungsbewegung der Verdichterwalze 16, diese hervorgerufen durch die wenigstens eine in Drehung versetzte Schwungmasse 44, entsprechendes Beschleunigungssignal als Schwingungsgröße zur Ansteueranordnung 52 ausgibt. Auch hier kann beispielsweise

weise der Beschleunigungssensor 56 die Beschleunigung der Verdichterwalze 16 im Bereich eines Walzenlagers derselben erfassen. Es sei hier jedoch darauf hingewiesen, dass beispielsweise im Inneren der Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16, beispielsweise an einem Walzenmantel vorgesehene Beschleunigungssensoren dazu eingesetzt werden können, die Beschleunigung und mithin die Schwingungsbewegung der Schwingungs-Verdichterwalze 14, 16 zu erfassen. Auch können in Zuordnung zu den Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 jeweils mehrere derartige Beschleunigungssensoren vorgesehen werden, um aus deren Ausgangssignalen jeweils eine die Schwingungsbewegung dieser Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 repräsentierende Schwingungsgröße beispielsweise in den Ansteueranordnungen 36, 52 zu generieren und zur Ansteuerung der Schwungmassenantriebe 30, 46 zu nutzen.

[0030] Die Fig. 3 zeigt in prinzipieller Darstellung die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 mit den diesen zugeordneten Schwungmassenanordnungen 26 bzw. 42. Die beiden um die jeweiligen Verdichterwalzendrehachsen A_1 bzw. A_2 in Drehung versetzbaren Schwungmassen 28, 44 sind so dargestellt, dass sie einen Winkelversatz α zueinander aufweisen, grundsätzlich aber in gleicher Richtung rotieren. In Zuordnung zu den so bezüglich einander positionierten Schwungmassen 28, 44 werden von den die Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 erfassenden Beschleunigungssensoren 40, 56 Beschleunigungssignale B_1 , B_2 generiert, deren Verlauf in Fig. 4 dargestellt ist. Insbesondere dann, wenn die beiden Schwingungsanregungsanordnungen 22, 24 zueinander im Wesentlichen baugleich sind und grundsätzlich gleich, also insbesondere mit gleicher Drehzahl ihrer Schwungmassen 28, 44 betrieben werden, weisen die beiden Beschleunigungssignale B_1 und B_2 , welche den zeitlichen Verlauf der Beschleunigungen der Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 repräsentieren, die gleiche Frequenz und im Wesentlichen auch die gleiche Amplitude der Beschleunigung auf. Erkennbar ist jedoch, dass, hervorgerufen durch den Versatz α der beiden Schwungmassen 28, 44, hier kann beispielsweise Bezug genommen sein auf die Winkellage der Massenschwerpunkte der jeweiligen Schwungmassen 28, 44, ein Phasenversatz P vorliegt. Die Größe dieses Phasenversatzes P kann gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung so eingestellt werden, dass durch die Überlagerung der Schwingungsbewegungen der beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 keine Schwebungen oder sonstige insbesondere zu übermäßigen Geräuschen führende Schwingungsanregungen entstehen können. Der Phasenversatz P kann beispielsweise abhängig vom Betrieb der beiden Schwingungsanregungsanordnungen, also beispielsweise der Drehzahl der Schwungmassen 28, 44, eingestellt werden. Alternativ könnte am Bodenverdichter 12 auch eine Sensoranordnung vorgesehen sein, welche zur Erfassung von Schwingungen, bei-

spielsweise Schall oder Körperschwingung im Bereich des Bodenverdichters 12 selbst, ausgebildet ist und somit ein Rückkopplungssignal darüber liefert, wann im Betrieb der beiden Schwingungsanregungsanordnungen

5 22, 24 die Gefahr gesteht, dass durch Überlagerung der Schwingungsbewegungen der beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 eine übermäßige Schwingungsanregung anderer Systembereiche entsteht. In diesem Falle kann auf die Schwungmassenanordnungen 26, 42 10 eingewirkt werden, um den Phasenversatz P der durch diese bei den beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 hervorgerufenen Schwingungsbewegungen einzuwirken und somit einer derartigen ungewünschten Überlagerung entgegenzuwirken.

15 **[0031]** Um den Phasenversatz P zu verändern, kann beispielsweise so vorgegangen werden, dass ausgehend von einem Grund-Drehzustand der beiden Schwungmassenanordnungen 26, 42 bzw. der Schwungmassen 28, 44 derselben bei zumindest einer 20 der Schwingungsanregungsanordnungen 22, 24 durch die Ansteueranordnung 36 bzw. 52 der Schwungmassenantrieb 30 bzw. 46 derart angesteuert wird, dass dieser vorübergehend, also in einer Phasenanpassungsbetriebsphase, mit veränderter Drehzahl des jeweiligen Antriebsmotors 32 bzw. 48 arbeitet. Beispielsweise kann die Drehzahl erhöht werden, um entsprechend auch die Drehzahl der dadurch in Drehung versetzten Schwungmasse 28 bzw. 44 zu erhöhen. Eine erhöhte Drehzahl einer der beiden Schwungmassen 28, 44 führt vorübergehend zwar zu einer erhöhten Anregungsfrequenz, 25 führt insbesondere jedoch zu einer Veränderung des in Fig. 3 dargestellten Winkels α . Dieses Betreiben mit veränderter Drehzahl in der Phasenanpassungsbetriebsphase wird so lange fortgesetzt, bis der gewünschte Phasenversatz P erreicht ist. Ist dies der Fall, wird auch diejenige Schwingungsanregungsanordnung 22 oder/und 24, die zuvor mit bezüglich des Grund-Drehzustandes, 30 also einer Grund-Drehzahl veränderter Drehzahl betrieben wurde, wieder so angesteuert, dass die zugeordnete Schwungmassenanordnung bzw. deren Schwungmasse wieder mit der Grund-Drehzahl, also im Grund-Drehzustand rotiert und mithin beide Schwungmassenanordnungen 26, 42 die zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 wieder mit der dem Grund-Drehzustand 35 entsprechen Frequenz zur Schwingung anregen, beispielsweise mit zueinander gleicher Frequenz zur Schwingung anregen.

[0032] Eine derartige Anpassung des Phasenversatzes P der Schwingungsbewegungen der beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16 kann während des Betriebs des Bodenverdichters 12 wiederholt bzw. im erforderlichen Falle kontinuierlich vorgenommen werden, beispielsweise im Rahmen einer Regelschleife, um auf diese Art und Weise zu gewährleisten, dass auch bei einem 40 sich ändernden Betriebszustand bzw. Betriebsverhalten des Bodenverdichters 12, beispielsweise bei zunehmend stärker verdichtetem Untergrund und entsprechender Veränderung des Schwingungsverhaltens der

Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16, das Auftreten ungewünschter Schwingungsanregungen durch Schwingungsüberlagerung vermieden wird.

[0033] Obgleich in Figur 4 ein von Null verschiedener Phasenversatz P gezeigt ist, kann, abhängig vom Betriebszustand des Bodenverdichters 12, beispielsweise auch abhängig von der jeweiligen Schwingungsamplitude der Schwingungs-Verdichterwalzen 14, 16, auch ein von Null nicht verschiedener Phasenversatz P zum Vermeiden einer ungünstigen Überlagerung der Schwingungsbewegungen vorteilhaft sein. Auch ein derartiger Phasenversatz mit dem Wert Null, der durch entsprechende Ansteuerung der Schwingungsanregungsanordnungen 22, 24 einstellbar, grundsätzlich aber auch veränderbar ist, ist im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Phasenversatz. Ferner kann gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung ein vorbestimmter Phasenversatz dadurch definiert sein, dass ein hinsichtlich der Schwingungsanregung bzw. Schwingungsüberlagerung ungünstiger Phasenversatz nicht eingestellt wird bzw. eine Veränderung von einem derartigen ungünstigen Phasenversatz weg herbeigeführt wird. Ist beispielsweise ein Phasenversatz mit dem Wert Null, also eine phasengleiche Schwingungsanregung der beiden Schwingungs-Verdichterwalzen, ungünstig, so kann das Einstellen eines beliebigen von Null verschiedenen Phasenversatzes als das Bereitstellen eines vorbestimmten Phasenversatzes im Sinne der vorliegenden Erfindung interpretiert werden. Somit kann ein vorbestimmter Phasenversatz im Sinne der vorliegenden Erfindung auch durch einen Wertebereich des Phasenversatzes definiert sein. Von Bedeutung ist bei der vorliegenden Erfindung grundsätzlich, dass auf zumindest eine der Schwingungsanregungsanordnungen eingewirkt werden kann, um aktiv eine Veränderung des Phasenversatzes bewirken zu können.

Eine alternative Ausgestaltungsart ist in Fig. 5 dargestellt. Die Fig. 5 zeigt zwei in Richtung einer Verdichterwalzendrehachse A aufeinander folgend und mithin um die gleiche Verdichterwalzendrehachse A drehbare Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a. Jeder Schwingungs-Verdichterwalze 14a, 16a ist eine Schwingungsanregungsanordnung 22a, 24a jeweils mit einer Schwingmassenanordnung 26a, 42a und einem Schwingmassenantrieb 30a, 46a zugeordnet. In dem in Fig. 5 dargestellten Beispiel sind die Schwingungsanregungsanordnungen 22a, 24a dazu ausgebildet, die Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a zur Durchführung einer Oszillations-Bewegung anzuregen, also einer Hin- und Herdrehbewegung um die Walzendrehachse A, welche der bei Voranbewegung eines Bodenverdichters auftretenden kontinuierlichen Drehbewegung um diese Walzendrehachse A überlagert ist. Zu diesem Zwecke weist z.B. jede Schwingmassenanordnung 26a, 42a wenigstens zwei Schwingmassen 28a, 28a' bzw. 44a, 44a' auf, die um jeweilige zur Walzendrehachse A exzentrische, dazu jedoch parallele Schwingmassendrehachsen zur Drehung antreibbar sind. Es sei hier darauf

hingewiesen, dass der Aufbau derartiger Schwingmassenanordnungen 26a, 42a im Stand der Technik bekannt ist, beispielsweise aus der eingangs diskutierten WO 2011/064367 A2.

5 Die Schwingmassenantriebe 30a, 46a umfassen in Zuordnung zu jeder der Schwingmassenanordnungen 26a, 42a einen wiederum als Hydraulikmotor ausgebildeten Antriebsmotor 32a, 48a. Beiden Antriebsmotoren 32a, 48a ist eine gemeinsame Hydraulikpumpe 34a zugeordnet. Um in Zuordnung zu den beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a jeweils deren Schwingungsbewegung repräsentierende Schwingungsgrößen bereitzustellen zu können, ist jeweils eine Schwingungserfassungsanordnung 38a bzw. 54a vorgesehen, beispielsweise jeweils umfassend einen bzw. wenigstens einen Beschleunigungssensor 40a bzw. 56a. Diese sind im dargestellten Falle zur Erfassung einer Umfangsbeschleunigung der zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a 10 ausgebildet und können beispielsweise am Innenumfang eines jeweiligen Walzenmantels oder einer sonstigen mit der Schwingungs-Verdichterwalze um die Walzendrehachse A rotierenden Komponente oder Baugruppe vorgesehen. Die Beschleunigungssensoren 40a, 56a speisen ihre Beschleunigungssignale in die Ansteueranordnung 36a ein. Die Ansteueranordnung 36a ist grundsätzlich dazu ausgebildet, beide Schwingungsanregungsanordnungen 22a, 24a anzusteuern, um diese in Betrieb zu setzen. Hierzu kann beispielsweise die Ansteueranordnung 36a in Ansteuerverbindung mit der Hydraulikpumpe 34a stehen. Ferner steht im dargestellten Ausgestaltungsbeispiel die Ansteueranordnung 36a in Ansteuerverbindung mit dem Antriebsmotor 32a der Schwingungsanregungsanordnung 22a. Hierzu kann beispielsweise der in diesem Ausgestaltungsbeispiel als variabler Hydraulikmotor ausgebildete Antriebsmotor 32a ein Bypassventil 58a aufweisen, das unter der Ansteuerung der Ansteueranordnung 36a steht und dazu in der Lage ist, je nach Ansteuerung, die Menge des im 15 Hydraulikmotor 32a genutzten Druckfluids einzustellen, somit also dessen Schluckvolumen anzupassen, so dass entsprechend auch eine Anpassung der Drehzahl einer Motorwelle des Hydraulikmotors 32a erfolgt. Zur Einstellung bzw. Anpassung des Phasenversatzes 20 25 30 35 40 45 50 55 P kann in der vorangehend beschriebenen Art und Weise auf den Betrieb des Schwingmassenantriebs 30a eingewirkt werden, während beispielsweise der Schwingmassenantrieb 46a der Schwingungsanregungsanordnung 24a in seinem Betrieb unverändert belassen wird, insbesondere auch die Hydraulikpumpe in ihrem Betrieb unverändert bleibt. Grundsätzlich könnte aber auch bei dieser Ausgestaltungsform die Hydraulikpumpe 34a mit variablem Fördervolumen ausgebildet sein, um somit auch die Drehzahl des Hydraulikmotors 48a verändern zu können bzw. durch entsprechend veränderte Ansteuerung der Hydraulikpumpe 34a die Drehzahlen der beiden Hydraulikmotoren bzw. Antriebsmotoren 32a, 48a zusammen zu ändern. Auch könnte der Antriebsmotor

bzw. Hydraulikmotor 48a als variabler Motor ausgebildet sein.

[0034] Die in Fig. 5 dargestellte Ausgestaltung der Schwingungsanregungsanordnungen 22a, 24a mit einer gemeinsamen für beide Antriebsmotoren 32a, 48a wirkenden Hydraulikpumpe 34a ist besonders dann vorteilhaft, wenn die beiden Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a nebeneinander liegend angeordnet sind und somit in einfacher Art und Weise mit diesem Hydrauliksystem zu verkoppeln sind. Sind die beiden in ihrer Phasenlage aufeinander abzustimmenden Schwingungs-Verdichterwalzen so wie in Fig. 1 dargestellt an verschiedenen Bereichen eines Bodenverdichters vorgesehen, werden vorteilhafterweise voneinander entkoppelte Hydrauliksysteme eingesetzt.

[0035] Der Bodenverdichter 12 der Fig. 1 könnte auch derart ausgebildet sein, dass in einem der Endbereiche davon die in Fig. 5 dargestellten und nebeneinander liegenden Schwingungs-Verdichterwalzen 14a, 16a vorgesehen sind, während am anderen Endbereich eine grundsätzlich nicht zur Durchführung einer Schwingungsbewegung anzuregende Verdichterwalze vorgesehen ist. Grundsätzlich könnte jedoch auch an diesem anderen Endbereich eine Schwingungs-Verdichterwalze oder könnten zwei nebeneinander liegende Schwingungs-Verdichterwalzen eingesetzt werden, so dass auch mehr als zwei Schwingungs-Verdichterwalzen an ein- und demselben Bodenverdichter zum Einsatz gebracht werden können und hinsichtlich der Phasenlage ihrer Schwingungsanregungen aufeinander abgestimmt werden können.

Patentansprüche

1. Bodenverdichter, umfassend:

- wenigstens zwei um eine jeweilige Walzendrehachse (A1, A2; A) drehbare Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a),
- in Zuordnung zu jeder Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a), eine Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) zur Erzeugung einer Schwingungsbewegung der Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a),
- in Zuordnung zu jeder Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a), eine Schwingungserfassungsanordnung (38, 54; 38a, 54a) zur Bereitstellung einer die Schwingungsbewegung einer jeweiligen Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a) repräsentierenden Schwingungsgröße (B1, B2),
- eine Ansteueranordnung (36, 52; 36a) zur Ansteuerung der Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) auf Grundlage der in Zuordnung zu den Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) bereitgestellten Schwin-

gungsgrößen derart, dass die Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) einen vorbestimmten Phasenversatz (P) zueinander aufweisen,

- eine Sensoranordnung zur Erfassung von Schwingungen im Bereich des Bodenverdichters (12) und zur Bereitstellung eines durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) hervorgerufene Schwingungsanregungen wiedergebenden Rückkopplungssignals,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Ansteueranordnung (36, 52; 36a) dazu ausgebildet ist, die Schwingungsanregungsanordnungen (22, 24; 22a, 24a) derart anzusteuern, dass auf den Phasenversatz (P) eingewirkt wird, um den durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) hervorgerufenen Schwingungsanregungen entgegenzuwirken.

- 2. Bodenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingungsgröße (B1, B2) einen im Wesentlichen periodischen Verlauf aufweist.**
- 3. Bodenverdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Schwingungserfassungsanordnung (38, 54, 38a, 54a) wenigstens einen Beschleunigungssensor (40, 56; 40a, 56a) zur Erfassung einer Beschleunigung der zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a) umfasst, vorzugsweise zur Erfassung einer Beschleunigung der zugeordneten Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a) in einer Höhenrichtung oder/und in einer Umfangsrichtung.**
- 4. Bodenverdichter nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) eine Schwungmassenanordnung (26, 42; 26a, 42a) und einen Schwungmassenantrieb (30, 46; 30a, 46a) umfasst.**
- 5. Bodenverdichter nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Schwungmassenantrieb (30, 46; 30a, 46a) einen Antriebsmotor (32, 48; 32a, 48a), vorzugsweise Hydraulikmotor (32, 48; 32a, 48a), umfasst, und dass jede Schwungmassenanordnung (26, 42; 26a, 42a) wenigstens eine durch den zugeordneten Antriebsmotor (32, 48; 32a, 48a) zur Drehung um eine Schwungmassendrehachse antreibbare Schwungmasse (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') umfasst.**
- 6. Bodenverdichter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteueranordnung (36, 52; 36a) die Ansteuerung der Schwingungsanregungsanordnungen (22, 24; 22a, 24a) so steuert, dass die Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) in einer Höhenrichtung oder/und in einer Umfangsrichtung in einem im Wesentlichen periodischen Verlauf schwingen.**

- kennzeichnet, dass** jeder Antriebsmotor (32, 48; 32a, 48a) ein Hydraulikmotor (32, 48; 32a, 48a) ist, und dass wenigstens eine Hydraulikpumpe (34, 50; 34a) zur Bereitstellung von Druckfluid für wenigstens einen Hydraulikmotor (32, 48; 32a, 48a) vorgesehen ist. 5
7. Bodenverdichter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Hydraulikpumpe (34a) zum Speisen aller Hydraulikmotoren (32a, 48a) mit Druckfluid vorgesehen ist, und dass wenigstens ein Hydraulikmotor (32a) ein variabler Hydraulikmotor (32a) ist. 10
8. Bodenverdichter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zuordnung zu jedem Hydraulikmotor (32, 48) eine Hydraulikpumpe (34, 50) vorgesehen ist, und dass bei wenigstens einem, vorzugsweise jedem Paar aus Hydraulikmotor (32) und Hydraulikpumpe (34, 50) die Hydraulikpumpe (34, 50) oder/und der Hydraulikmotor (32, 48) variabel ist. 15
9. Verfahren zum Betreiben eines wenigstens zwei Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) aufweisenden Bodenverdichters (12) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) um jeweilige Walzendrehachsen (A1, A2, A) drehbar und durch eine jeweilige Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) zur Durchführung einer Schwingungsbewegung anregbar sind, wobei verschiedenen Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) zugeordnete Schwingungsanregungsanordnungen (22, 24; 22a, 24a) derart angesteuert werden, dass die Schwingungsbewegungen dieser Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) einen vorbestimmten Phasenversatz (P) zueinander aufweisen, bei welchem Verfahren durch eine Sensoranordnung zur Erfassung von Schwingungen im Bereich des Bodenverdichters (12) ein durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) hervorgerufene Schwingungsanregungen wiedergebendes Rückkopplungssignal bereitgestellt wird, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Schwingungsanregungsanordnungen (22, 24; 22a, 24a) derart angesteuert werden, dass auf den Phasenversatz (P) eingewirkt wird, um den durch Überlagerungen der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) hervorgerufenen Schwingungsanregungen entgegenzuwirken. 20 25 30 35 40 45 50
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschleunigung (B1, B2) jeder Schwingungs-Verdichterwalze (14, 16; 14a, 16a) erfasst wird, und dass beruhend auf den Beschleunigungen (B1, B2) der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) wenigstens eine Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) derart angesteuert wird, dass die Beschleunigungen (B1, B2) dieser Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) den vorbestimmten Phasenversatz (P) zueinander aufweisen. 55
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) eine Schwungmassenanordnung (26, 42; 26a, 42a) mit wenigstens einer zur Drehung um eine Schwungmassendrehachse antreibbaren Schwungmasse (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') und einen Schwungmassenantrieb (30, 46; 30a, 46a) umfasst, und dass zur Veränderung des Phasenversatzes (P) der Schwingungsbewegungen der Schwingungs-Verdichterwalzen (14, 16; 14a, 16a) bezüglich einander bei wenigstens einer Schwingungsanregungsanordnung (22, 24; 22a, 24a) wenigstens eine Schwungmasse (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') durch den zugeordneten Schwungmassenantrieb (30, 46; 30a, 46a) in einer Phasenpassungsbetriebsphase zur Drehung mit bezüglich eines Grund-Drehzustandes veränderter Drehzahl angetrieben wird. 60

Claims

- 30 1. A soil compactor, comprising:
- at least two vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) rotatable about a respective roller axis of rotation (A₁, A₂; A),
 - a vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a) assigned to each vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a) for generating a vibrating movement of the vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a),
 - a vibration detection arrangement (38, 54; 38a, 54a) assigned to each vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a) for providing a vibration variable (B₁, B₂) representing the vibrating movement of each vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a),
 - a control unit (36, 52, 36a) for controlling the one vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a), based on the vibration variables provided with respect to the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) in such a way that the vibrating movements of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) have a predefined phase offset (P) to one another,
 - a sensor arrangement for detecting vibrations in the region of the soil compactor (12) and for providing a feedback signal representing vibration excitations generated by superimpositions of the vibrating movements of the vibrating com-

pactor rollers (14, 16; 14a, 16a),

characterized in that

the control arrangement (36, 52, 36a) is adapted for controlling the vibration excitation arrangements (22, 24; 22a, 24a) in such a way that there is an effect on the phase offset (P) for counteracting the vibration excitations generated by superimpositions of the vibrating movements of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a).

2. The soil compactor according to Claim 1, **characterized in that** the vibration variable (B₁, B₂) has an essentially periodic curve.

3. The soil compactor according to Claim 1 or 2, **characterized in that** at least one vibration excitation arrangement (38, 54, 38a, 54a) comprises at least one acceleration sensor (40, 56; 40a, 56a) for detecting an acceleration of the assigned vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a), preferably for detecting an acceleration of the assigned vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a) in a vertical direction and/or in a circumferential direction.

4. The soil compactor according to one of Claims 1-3, **characterized in that** each vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a) comprises an inertial mass arrangement (26, 42; 26a, 42a) and an inertial mass drive (30, 46; 30a, 46a).

5. The soil compactor according to Claim 4, **characterized in that** each inertial mass drive (30, 46; 30a, 46a) comprises a drive motor (32, 48; 32a, 48a), preferably a hydraulic motor (32, 48; 32a, 48a) and that each inertial mass arrangement (26, 42; 26a, 42a) comprises at least one inertial mass (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') that can be driven by the assigned drive motor (32, 48; 32a, 48a) for rotation about an inertial mass axis of rotation.

6. The soil compactor according to Claim 5, **characterized in that** each drive motor (32, 48; 32a, 48a) is a hydraulic motor (32, 48; 32a, 48a), and at least one hydraulic pump (34, 50; 34a) is provided to provide pressurized fluid for at least one hydraulic motor (32, 48; 32a, 48a).

7. The soil compactor according to Claim 6, **characterized in that** a hydraulic pump (34a) is provided for supplying all hydraulic motors (32a, 48a) with pressurized fluid, and that at least one hydraulic motor (32a) is a variable hydraulic motor (32a).

8. The soil compactor according to Claim 6, **characterized in that** a hydraulic pump (34, 50) is provided assigned to each hydraulic motor (32, 48), and that in at least one, preferably each pair made

of a hydraulic motor (32) and a hydraulic pump (34, 50), the hydraulic pump (34, 50) and/or the hydraulic motor (32, 48) is variable.

- 5 9. A method for operating a soil compactor (12) having at least two vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) according to one of the preceding claims, wherein the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) are rotatable about respective roller axes of rotation (A₁, A₂, A) and are excitable to implement a vibrating movement by a respective vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a), wherein vibration excitation arrangements (22, 24; 22a, 24a) assigned to different vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) are controlled in such a way that the vibrating movements of these vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) have a predetermined phase offset (P) to one another, wherein in this method, a feedback signal is provided by a sensor arrangement for detecting vibrations in the region of the soil compactor (12), representing excitation vibration excitations generated by superimpositions of the vibrating movements of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a), **characterized in that** the vibration excitation arrangements (22, 24; 22a, 24a) are controlled in such a way that there is an effect on the phase offset (P) for counteracting the vibration excitations generated by superimpositions of the vibrating movements of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a).

10. The method according to Claim 9, **characterized in that** the acceleration (B₁, B₂) of each vibrating compactor roller (14, 16; 14a, 16a) is detected, and that, based on the accelerations (B₁, B₂) of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a), at least one vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a) is controlled in such a way that the accelerations (B₁, B₂) of these vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) have the predetermined phase offset (P) to one another.

11. The method according to Claim 9 or 10, **characterized in that** each vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a) comprises an inertial mass arrangement (26, 42; 26a, 42a) comprising at least one inertial mass (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') drivable to rotate about an inertial mass axis of rotation and an inertial mass drive (30, 46; 30a, 46a), and that to change the phase offset (P) of the vibrating movements of the vibrating compactor rollers (14, 16; 14a, 16a) with respect to one another, at least one inertial mass (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') in at least one vibration excitation arrangement (22, 24; 22a, 24a) is driven by the assigned inertial mass drive (30, 46; 30a, 46a) in a phase matching operational phase to rotate at a speed changed with respect to a base rotational state.

Revendications

1. Un compacteur de sol, comprenant:

- au moins deux rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) rotatifs autour d'un axe de rotation (A₁, A₂; A) respectif, 5
 - un arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) associé à chaque rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a) pour générer un mouvement de vibration du rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a),
 - un arrangement de détection de vibration (38, 54; 38a, 54a) associé à chaque rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a) pour prévoir un variable de vibration (B₁, B₂) représentant le mouvement de vibration de chaque rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a),
 - une unité de commande (36, 52, 36a) pour commander au moins un arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) sur la base des variables de vibration prévues par rapport aux rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) de sorte que les mouvements de vibration des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) présentent un décalage de phase (P) prédéterminé l'un par rapport à l'autre, 10
 - un arrangement de capteur pour détecter des vibrations dans la région du compacteur de sol (12) et pour fournir un signal de retour représentant des excitations de vibration générées par des superpositions des mouvements de vibration des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a),
 15
 20
 25
 30
 35

caractérisé en ce que

l'arrangement de commande (36, 52, 36a) est adapté pour commander les arrangements d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) de sorte qu'il y a un effet sur le décalage de phase (P) pour contrecarrer les excitations de vibration générées par des superpositions des mouvements de vibration des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a). 40

2. Le compacteur de sol selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la variable de vibration (B₁, B₂) présente une courbe essentiellement périodique.3. Le compacteur de sol selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'au moins** un arrangement d'excitation de vibration (38, 46, 38a, 54a) comprend au moins un capteur d'accélération (40, 56; 40a, 56a) pour détecter une accélération du rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a) associé, de préférence pour détecter une accélération du rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a) associé dans un sens vertical et/ou dans un sens circon-

férentiel.

4. Le compacteur de sol selon une des revendications 1-3, **caractérisé en ce que** chaque arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) comprend un arrangement de masse d'inertie (26, 42; 26a, 42a) et un entraînement de masse d'inertie (30, 46; 30a, 46a). 5
5. Le compacteur de sol selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** chaque entraînement de masse d'inertie (30, 46; 30a, 46a) comprend un moteur d'entraînement (32, 48; 32a, 48a), de préférence un moteur hydraulique (32, 48; 32a, 48a), et **en ce que** chaque arrangement de masse d'inertie (26, 42; 26a, 42a) comprend au moins une masse d'inertie (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') qui peut être entraînée par le moteur d'entraînement (32, 48; 32a, 48a) à une rotation autour d'un axe de rotation de masse d'inertie. 10
6. Le compacteur de sol selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** chaque moteur d'entraînement (32, 48; 32a, 48a) est un moteur hydraulique (32, 48; 32a, 48a), et **en ce qu'au moins** une pompe hydraulique (34, 50; 34a) est prévue pour prévoir du fluide pressurisé pour au moins un moteur hydraulique (32, 48; 32a, 48a). 15
7. Le compacteur de sol selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'une** pompe hydraulique (34a) est prévue pour fournir du fluide pressurisé à tous les moteurs hydrauliques (32a, 48a) et **en ce qu'au moins** un moteur hydraulique (32a) est un moteur hydraulique (32a) variable. 20
8. Le compacteur de sol selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'une** pompe hydraulique (34, 50) est prévue, associée à chaque moteur hydraulique (32), et **en ce que** dans au moins une paire, de préférence dans chaque paire comprenant un moteur hydraulique (32, 48) et une pompe hydraulique (34, 50), la pompe hydraulique (34, 50) ou/et le moteur hydraulique (32, 48) sont variables. 25
9. Un procédé pour opérer un compacteur de sol (12) comprenant au moins deux rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) selon une des revendications précédentes, où les rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) peuvent tourner autour d'axes de rotation respectifs (A₁, A₂, A) et peuvent être excités pour réaliser un mouvement vibrant par un arrangement d'excitation de vibration respectif (22, 24; 22a, 24a), où des arrangements d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) associés à des rouleaux de compacteur vibrants différents (14, 16; 14a, 16a) sont commandés de sorte que les mouvements

vibrants de ces rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) présentent un décalage de phase (P) prédéterminé l'un par rapport à l'autre, où dans ce procédé un signal de retour représentant des excitations de vibration générées par des superpositions des mouvements de vibration des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) est prévu par un arrangement de capteur pour détecter des vibrations dans la région du compacteur de sol (12), **caractérisé en ce que** les arrangements d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) sont commandés de sorte qu'il y a un effet sur le décalage de phase (P) pour contrecarrer les excitations de vibration générées par des superpositions des mouvements de vibration des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a). 5

10. Le procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'accélération (B_1, B_2) de chaque rouleau de compacteur vibrant (14, 16; 14a, 16a) est détectée, et **en ce que** sur la base des accélérations (B_1, B_2) des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a), au moins un arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) et commandé de sorte que les accélérations (B_1, B_2) des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) ont le décalage de phase (P) prédéterminé, l'un par rapport à l'autre. 20

11. Le procédé selon les revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** chaque arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a) comprend un arrangement de masse d'inertie (26, 42; 26a, 42a) avec au moins une masse d'inertie (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') qui peut être entraînée à une rotation autour d'un axe de rotation de masse d'inertie, et un entraînement de masse d'inertie (30, 46; 30a, 46a), et **en ce que** pour modifier le décalage de phase (P) des mouvements vibrants des rouleaux de compacteur vibrants (14, 16; 14a, 16a) l'un par rapport à l'autre pour au moins un arrangement d'excitation de vibration (22, 24; 22a, 24a), au moins une masse d'inertie (28, 44; 28a, 28a', 44a, 44a') est entraînée par l'entraînement de masse d'inertie (30, 46; 30a, 46a) associé dans une phase opératoire d'adaptation de phase à une rotation avec une vitesse modifiée par rapport à un état rotatif de base. 30 35 40 45

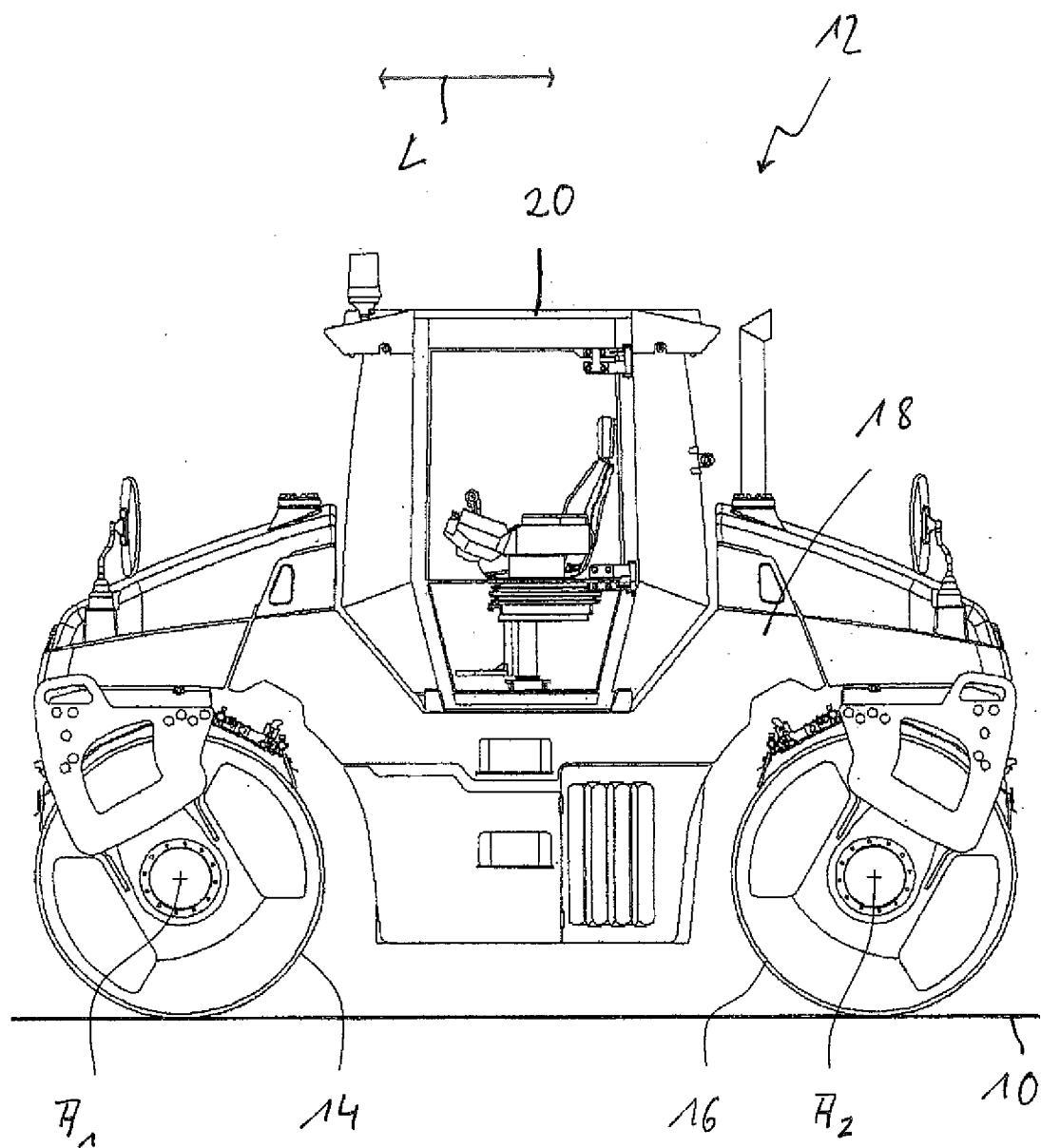


Fig. 1

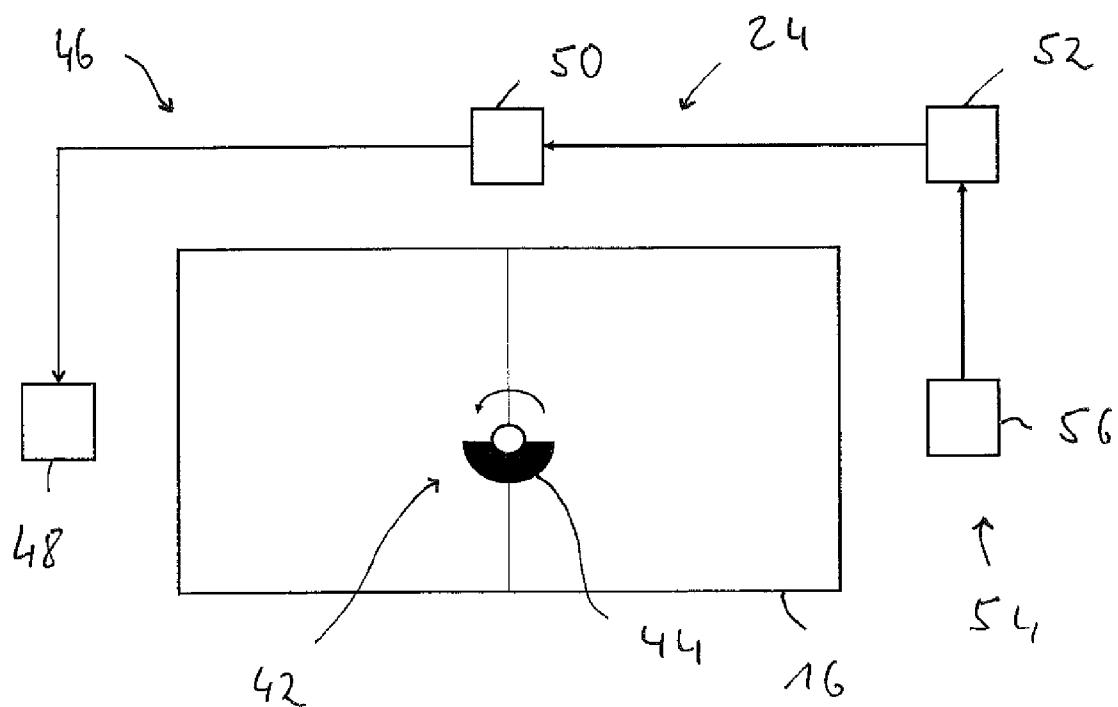
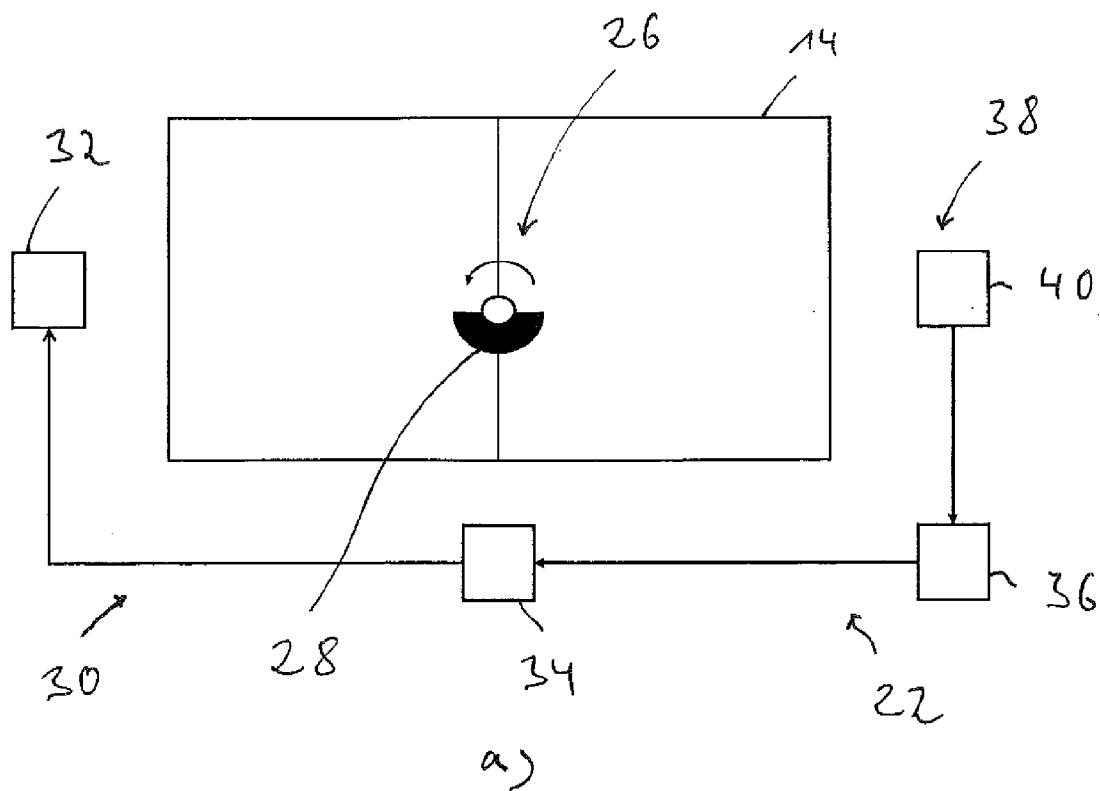


Fig. 2

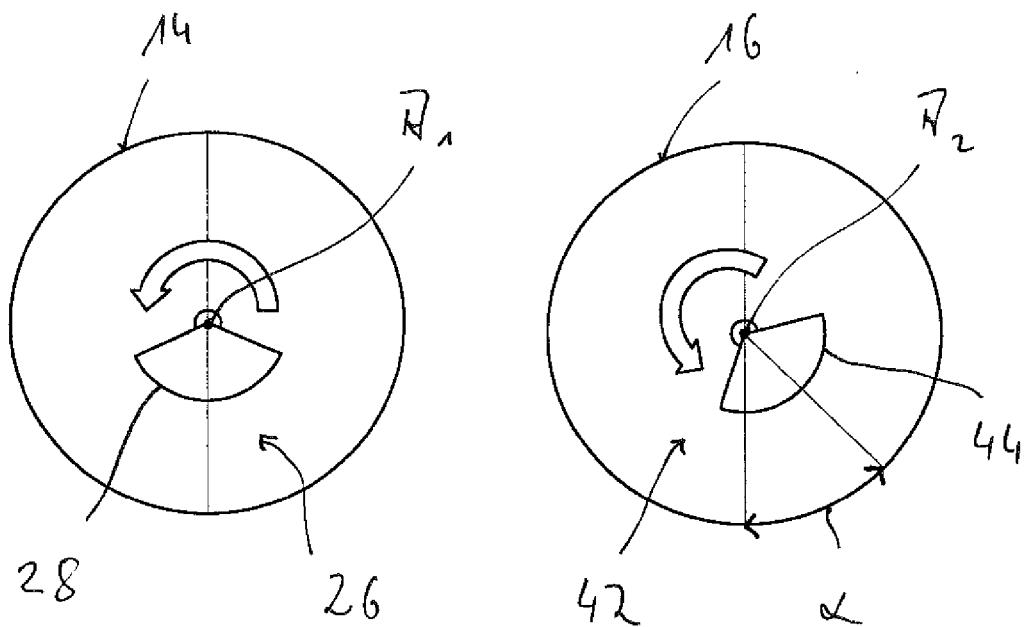


Fig. 3

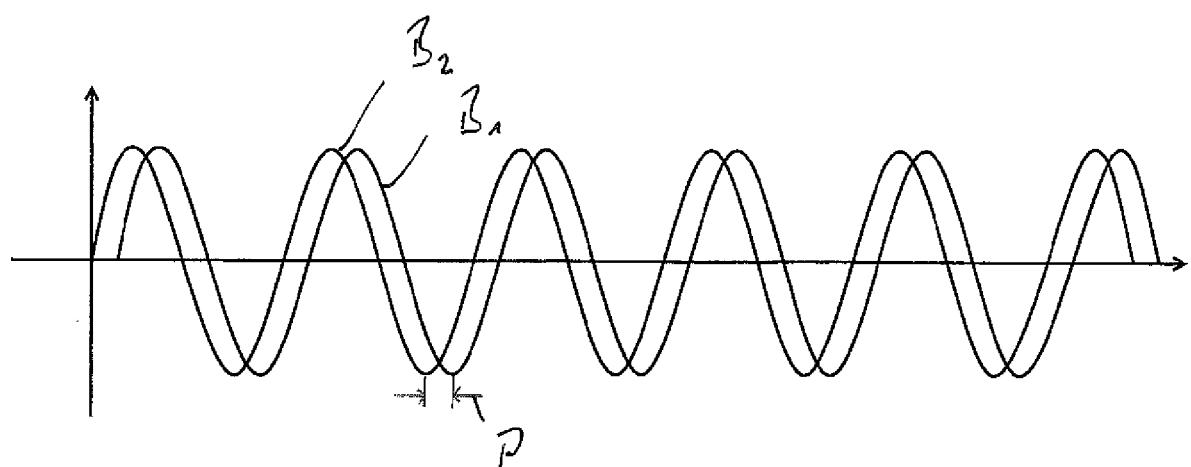


Fig. 4

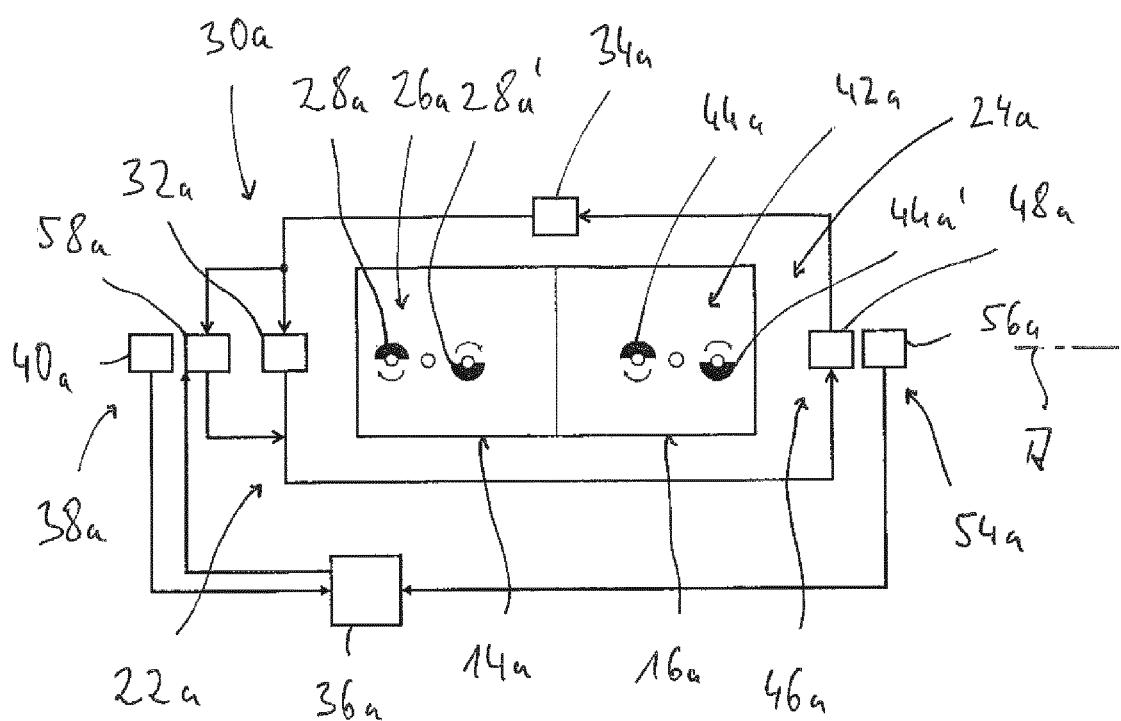


Fig. 5

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

- WO 2011064367 A2 [0002] [0033]
- CN 103603258 B [0003]
- US 20030048082 A1 [0004]