

(19)



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 2 881 516 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
10.06.2015 Patentblatt 2015/24

(51) Int Cl.:  
*E01C 19/28*<sup>(2006.01)</sup> *E01C 19/35*<sup>(2006.01)</sup>  
*E01C 19/38*<sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: 14004040.3

(22) Anmeldetag: 01.12.2014

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

(30) Priorität: 03.12.2013 DE 102013020690

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

(72) Erfinder:  

- Erdmann, Peter**  
56281 Emmelshausen (DE)
- Laugwitz, Niels**  
56112 Lahnstein (DE)

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

### (54) BODENVERDICHTUNGSMASCHINE

(57) Bodenverdichtungsmaschine, insbesondere einen Vibrationsverdichter, die einen Schwingungserreger zur Erzeugung unterschiedlicher Erregerschwingungen mit einer ersten und einer zweiten Unwuchtwelle (10, 10'), die parallel zueinander angeordnet sind, umfasst.

Jede Unwuchtwelle (10, 10') wird über einen eigenen Motor (12, 12') angetrieben, so dass die Rotationsgeschwindigkeit, die Drehrichtung und die Phasenlage jeder der Unwuchtwellen (10, 10') separat veränderbar sind.

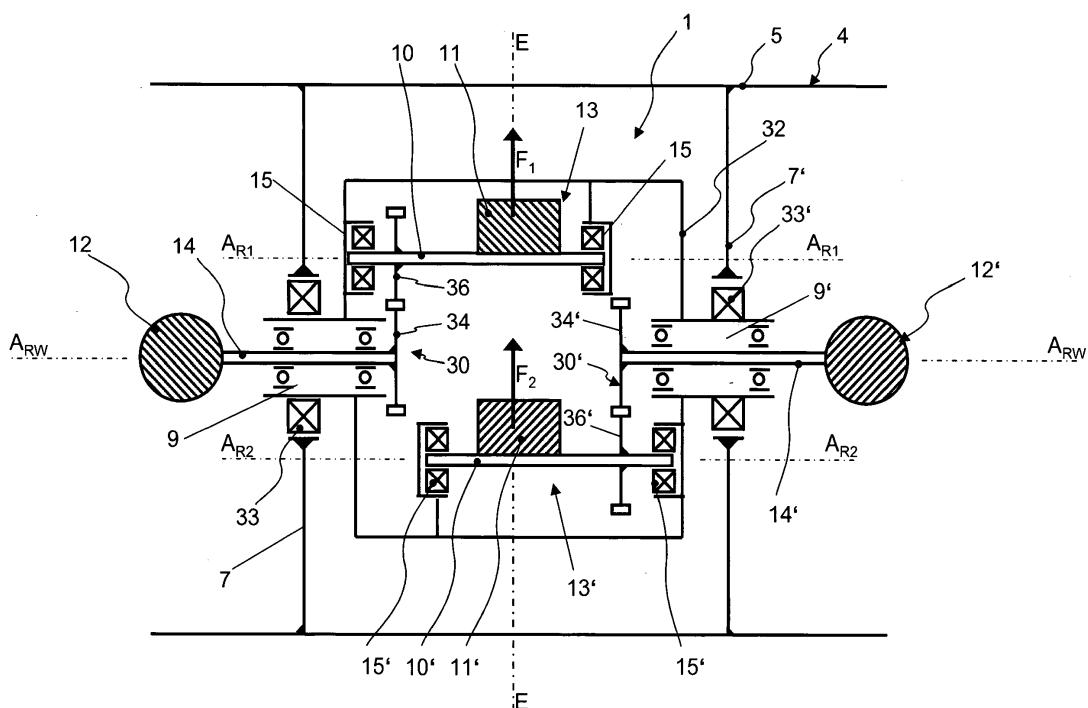


Fig. 2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Bodenverdichtungsmaschine, insbesondere einen Vibrationsverdichter, die einen Schwingungserreger mit zwei nebeneinander liegenden parallelen Unwuchtwellen und mit einer Antriebseinrichtung für die Unwuchtwellen umfasst.

**[0002]** Baumaschinen zur Bodenverdichtung beziehungsweise Bodenverdichtungsmaschinen finden überall dort Anwendung, wo eine Erhöhung der Dichte des Untergrundes gewünscht ist. Dies betrifft insbesondere die Verdichtung von Asphalt, Erdreich, Kies, Sand etc. Dies ist beispielsweise regelmäßig im Straßen-, Wege- und Trassenbau der Fall, wobei diese Aufzählung keineswegs einschränkend zu verstehen ist. Häufig weisen Bodenverdichtungsmaschinen dazu ein Vibrationsmittel auf, über das den Untergrund verdichtende Lastimpulse in die Oberfläche des Untergrunds eingeleitet werden können. Ein solches Vibrationsmittel umfasst üblicherweise einen Schwingungserreger sowie eine Bodenkontakteinrichtung. Als Beispiele für solche Vibrationsverdichter sind insbesondere Rüttelplatten, mit einer Platte als Bodenkontakteinrichtung, und Vibrationswalzen, mit einer hohlzylinderförmigen Bandage als Bodenkontakteinrichtung, zu nennen, die besonders bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind. Solche Vibrationswalzen können selbstfahrend oder handgeführt sein. Konkret kann es sich insbesondere beispielsweise um sogenannte Walzenzüge oder Tandemwalzen handeln. Die dabei verwendeten Schwingungserreger sind speziell für diesen Anwendungsfall "Verdichtung des Bodenuntergrundes" entwickelt und optimal auf die konstruktiven Gegebenheiten und den Einsatzzweck von Baumaschinen zur Bodenverdichtung abgestimmt. Dies betrifft insbesondere die Auslegung der hier verwendbaren Schwingungserreger hinsichtlich ihrer Betriebsgrößen, wie beispielsweise Schwingungsfrequenz, Schwingungsamplitude etc.

**[0003]** Die in derartigen Bodenverdichtungsmaschinen eingesetzten Schwingungserreger werden eingesetzt, um alternierende Lastimpulse zur Verdichtung eines Untergrunds zu erzeugen, die über die jeweilige Bodenkontakteinrichtung in den Bodenuntergrund eingebracht werden. Aus EP 0704575 B1 ist eine Vibrationswalze bekannt, in deren Bandage ein Schwingungserreger eingebaut ist, der über zwei parallele gegenläufige Unwuchtwellen verfügt. Diese sind bezüglich der Mittennachse der Bandage einander gegenüberliegend in der Bandage angeordnet und über eine mechanische Kupplung in Form eines Zahnradgetriebes miteinander verbunden. Der Antrieb der beiden Unwuchtwellen erfolgt über einen Motor, der auf eine der Unwuchtwellen wirkt, während die andere Unwuchtwelle über das Zahnradgetriebe in Rotation versetzt wird. Eine Rüttelplatte sowie eine handgeführte Bodenverdichtungswalze sind beispielsweise aus der EP 2 743 402 A2 bekannt.

**[0004]** Durch die parallele Anordnung der zwei Unwuchtwellen ist es möglich, gerichtete Schwingungen zu

erzeugen, indem die Phasenlage der beiden Unwuchtwellen zueinander mittels einer Verstellvorrichtung geändert wird. Die Änderung der Phasenlage erfolgt durch eine Verstellung der Winkelposition einer Unwuchtwelle in Bezug auf die andere Unwuchtwelle. Dazu ist an der betreffenden Unwuchtwelle beispielsweise eine hydraulisch axial verschiebbare Verstellwendel vorhanden, mit welcher eine axiale Steuerbewegung in eine Drehbewegung umgesetzt wird.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bodenverdichtungsmaschine der eingangs genannten Art anzugeben, bei welcher der Schwingungserreger mit relativ einfachen technischen Mitteln eine große Zahl von Erregerfunktionen ermöglicht.

**[0006]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Antriebseinrichtung des Schwingungserregers zwei Motoren aufweist, von denen ein erster Motor mit der ersten Unwuchtwelle und ein zweiter Motor mit der zweiten Unwuchtwelle in Wirkverbindung stehen.

**[0007]** Die Erfindung hat den Vorteil, dass keine mechanische oder hydraulische Kopplung zwischen den beiden Unwuchtwellen vorhanden ist, und dass stattdessen jede Unwuchtwelle über den zugehörigen Motor unabhängig angesteuert werden kann. Es können somit sowohl die Rotationsgeschwindigkeit als auch die Phasenlage jeder Unwuchtwelle eigenständig eingestellt werden. Es können die Rotationsgeschwindigkeit und die Phasenlage jeder Unwuchtwelle individuell verändert werden. Zusätzlich zur Einstellung einer positiven oder negativen Phasenverschiebung können auch die Drehrichtungen der beiden Unwuchtwellen unabhängig voneinander verändert werden. Es ist auch möglich, eine der beiden Unwuchtwellen anzuhalten, während sich die andere Unwuchtwelle dreht. Auf diese Weise wird eine große Zahl von Erregerfunktionen ermöglicht.

**[0008]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0009]** Als Motoren für den Schwingungserreger sind Elektro- oder Hydraulikmotoren besonders geeignet.

**[0010]** Grundsätzlich sind mit dem Schwingungserreger der erfindungsgemäßen Bodenverdichtungsmaschine eine Vielzahl von unterschiedlichen Betriebsweisen hinsichtlich Schwingungsamplitude, Schwingungsrichtung und Schwingungsart möglich. Beispielsweise können folgende Betriebsmodi mit dem Schwingungserreger der erfindungsgemäßen Bodenverdichtungsmaschine ausgeführt werden:

**[0011]** Betriebsmodus 1: Im Betriebsmodus 1 läuft die erste Unwuchtwelle mit konstanter Drehzahl, während die zweite Unwuchtwelle stillsteht oder maximal mit halber Drehzahl der ersten Unwuchtwelle läuft. Das Resultat ist eine Fliehkraft-Amplitude, die den Schwingungserreger kreisförmig umläuft. Durch die erheblich geringere Drehzahl der zweiten Unwuchtwelle ist deren Fliehkraft so gering, dass sie keinen merklichen Einfluss auf das Bewegungsverhalten und insbesondere die Erreger-Schwingung des gesamten Schwingungserregers hat. Da die Fliehkraft proportional zum Quadrat der Umdre-

hungsgeschwindigkeit ist, entspricht die durch die zweite Unwuchtwelle bzw. die durch die darauf angeordnete Unwuchtmasse initiierte Fliehkraft nur noch maximal einem Viertel der Fliehkraft der ersten Unwuchtwelle. Das langsame Drehen der zweiten Unwuchtwelle hat den Vorteil, dass Vibrationslager, in denen die Unwuchtwellen üblicherweise gelagert werden, einen Schmierfilm aufbauen können und so im Stand nicht durch die Vibration der ersten Unwuchtwelle beschädigt werden.

**[0012]** Betriebsmodus 2: Im Betriebsmodus 2 läuft die erste Unwuchtwelle mit konstanter Drehzahl, während die zweite Unwuchtwelle phasensynchron und mit im Wesentlichen identischer Drehzahl in gleicher Drehrichtung folgt, d.h. mit gleichem Vorzeichen der Drehgeschwindigkeit. Es entsteht so eine Fliehkraft-Amplitude, die kreisförmig umläuft. Die resultierende Amplitude ist dabei doppelt so hoch wie im Betriebsmodus 1.

**[0013]** Betriebsmodus 3: Im Betriebsmodus 3 läuft die erste Unwuchtwelle mit konstanter Drehzahl, während die zweite Unwuchtwelle synchron mit der ersten Unwuchtwelle in gleicher Drehrichtung folgt, also mit gleichem Drehgeschwindigkeits-Vorzeichen, jedoch um einen Phasenwinkel von  $180^\circ$  versetzt. Die Fliehkräfte der beiden Unwuchtwellen sind während der gesamten Betriebszeit genau entgegengesetzt. Es entsteht so keine Vibrationsbewegung. Sind die beiden Unwuchtwellen nicht koaxial, sondern parallel zueinander versetzt angeordnet, entsteht jedoch ein wechselndes Oszillationsmoment. Dieses Oszillationsmoment bewirkt eine Drehschwingung des Schwingungserregers.

**[0014]** Betriebsmodus 4: Im Betriebsmodus 4 läuft die erste Unwuchtwelle mit konstanter Drehzahl, die zweite Unwuchtwelle läuft phasensynchron mit der Drehzahl der ersten Unwuchtwelle, jedoch in entgegengesetzter Richtung. Es entsteht eine (senkrecht zur Erstreckungsebene der Unwuchtwellen) gerichtete Schwingung mit der gleichen Maximal-Amplitude wie im Betriebsmodus 2.

**[0015]** Betriebsmodus 5: Im Betriebsmodus 5 läuft die erste Unwuchtwelle mit konstanter Drehzahl, während die zweite Unwuchtwelle synchron zur ersten Unwuchtwelle läuft, jedoch in entgegengesetzter Drehrichtung und mit einer um  $180^\circ$  verdrehten Phase. Es entsteht so eine gerichtete Schwingung mit der gleichen Maximal-Amplitude wie im Betriebsmodus 4, die resultierende Schwingungsrichtung und insbesondere der Schwingungsvektor sind jedoch um  $90^\circ$  gedreht.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist dabei die Antriebseinrichtung des Schwingungserregers derart ausgebildet, wobei sie mit den beiden Unwuchtwellen in Wirkverbindung steht, dass die Rotationsgeschwindigkeit der ersten Unwuchtwelle und/oder die Rotationsgeschwindigkeit der zweiten Unwuchtwelle zwischen einer positiven und einer negativen Rotationsgeschwindigkeit veränderbar ist. Dieses Umschalten zwischen einer positiven und einer negativen Rotationsgeschwindigkeit, wobei natürlich auch das Einstellen einer Rotationsgeschwindigkeit mit dem Wert gleich null möglich ist, erlaubt also eine Rota-

tionsumkehr der jeweiligen Unwuchtwelle, sodass bei zwei Unwuchtwellen ein Gleichlauf, aber auch ein Gegenlauf der Unwuchtwellen eingestellt werden kann.

**[0017]** Erfindungsgemäß kann jede beliebige Zwischenstellung zwischen den Betriebsmodi 4 und 5 eingestellt werden. Dabei ermöglicht eine vertikal zum Boden gerichtete Schwingung eine maximale Verdichtungswirkung, wobei bei einer Drehung der Schwingungsrichtung in die Horizontale diese Verdichtungswirkung sukzessive reduziert wird.

**[0018]** Auch zwischen den zuvor beschriebenen Betriebsmodi kann ebenfalls jede beliebige andere Phasenlage eingestellt werden. Dadurch kann die effektive Verdichtungsleistung den Erfordernissen angepasst werden. Die resultierende Schwingung ist dabei eine Kombination aus kreisförmiger (sogenannter ungerichteter Schwingung) und Oszillation.

**[0019]** Bei einer besonderen Weiterbildung weisen der erste und der zweite Motor des Schwingungserregers jeweils eine erste bzw. eine zweite Antriebswelle auf, die jeweils über ein Getriebe, insbesondere ein Zahnradgetriebe, mit der ersten bzw. der zweiten Unwuchtwelle in Wirkverbindung stehen. Auf diese Weise ist die Position der beiden Unwuchtwellen im Zusammenspiel mit den jeweiligen Motoren bei gleichzeitiger platzsparender Gesamtanordnung sehr einfach einstellbar.

**[0020]** Vorzugsweise sind die erste und die zweite Antriebswelle koaxial zueinander angeordnet. Bei einer besonderen Ausführungsform sind zudem auch die beiden Motoren auf einer gemeinsamen Achse ausgerichtet, wobei sie vorzugsweise insbesondere jeweils seitlich von den beiden parallel verlaufenden Unwuchtwellen angeordnet sind. Die Antriebswellen liegen also auf einer gemeinsamen Symmetriearchse, zu der, relativ nach links und rechts in einer Ebene versetzt, die erste und die zweite Unwuchtwelle angeordnet sind. Auf diese Weise ist die Kraftübertragung von der Antriebswelle auf die jeweils zugeordnete Unwuchtwelle sehr einfach durch ein Zahnradpaar oder dergleichen Getriebe realisierbar, wobei diese Zahnräder an der Antriebswelle und der jeweiligen Unwuchtwelle angeordnet sind und miteinander kämmen.

**[0021]** Die erste und die zweite Unwuchtwelle sind vorzugsweise in Richtung ihrer Rotationsachsen derart relativ zueinander angeordnet, dass die Fliehkraftresultierenden der beiden Unwuchtwellen zumindest näherungsweise in einer gemeinsamen Ebene liegen. 'Zumindest näherungsweise in einer Ebene' soll dabei vorliegend so zu verstehen sein, dass die beiden Ebenen um weniger als 100 mm bzw. maximal 5% der Gesamtbreite insbesondere der Bandage voneinander abweichen. Auf diese Weise sind die auf den Schwingungserreger wirkenden Lasten sehr einfach, insbesondere in einem Schwingungserregergehäuse, abtragbar.

**[0022]** Vorzugsweise umfasst der Schwingungserreger der Bodenverdichtungsmaschine erfindungsgemäß mindestens eine Sensoreinrichtung, die zur Detektion der Winkelposition der ersten und/oder der zweiten Un-

wuchtwelle ausgebildet ist. Über die Winkelposition kann ein direkter Rückschluss über die herrschenden Unwuchtlästen und insbesondere deren Richtung gezogen werden, wobei die Sensordaten vorzugsweise an das Stellmittel übertragen werden, das daraus zur Einstellung der jeweiligen Betriebsmodi entsprechende Schritte einleiten und insbesondere den jeweiligen Motor gezielt ansteuern kann. So kann bei Bedarf, nach der Detektion der Winkelpositionen der einzelnen Unwuchtwellen, beispielsweise sehr einfach auf die Phasenlage geschlossen und, wenn nötig, eine Phasenverstellung vorgenommen werden. Auch ist es möglich, entsprechende Geschwindigkeitssensoren vorzusehen, die entweder direkt oder aber über die Winkelposition und deren Veränderung die Geschwindigkeit der Unwuchtwellen detektieren und so einen Rückschluss auf die jeweiligen Betriebsmodi erlauben.

**[0023]** Bei einer weiteren Ausführungsform der Bodenverdichtungsmaschine sind auf der ersten Unwuchtwelle des Schwingungserregers wenigstens eine um deren Rotationsachse rotierbare erste Zusatz-Unwuchtmasse und/oder auf der zweiten Unwuchtwelle wenigstens eine um deren Rotationsachse rotierbare zweite Zusatz-Unwuchtmasse angeordnet, wobei die erste Zusatz-Unwuchtmasse über wenigstens ein erstes Kopplungselement mit der zweiten Unwuchtwelle rotatorisch gekoppelt bzw. die zweite Zusatz-Unwuchtmasse über wenigstens ein zweites Kopplungselement mit der ersten Unwuchtwelle rotatorisch gekoppelt ist. Das bedeutet, dass bei einer Rotation der ersten Unwuchtwelle auch die auf der zweiten Unwuchtwelle angeordnete zweite Zusatz-Unwuchtmasse in Abhängigkeit von der ersten Unwuchtwelle rotiert, selbst wenn die zweite Unwuchtwelle stillsteht. In umgekehrter Weise rotiert natürlich die auf der ersten Unwuchtwelle angeordnete erste Zusatz-Unwuchtmasse in Abhängigkeit von der Rotation der zweiten Unwuchtwelle.

**[0024]** Insofern treiben also die den jeweiligen ersten und zweiten Unwuchtwellen zugeordnete Antriebseinrichtung und insbesondere die jeweiligen ersten und zweiten Motoren über geeignete Kopplungselemente jeweils auf den parallelen Wellen angeordnete weitere Zusatz-Unwuchtmassen an. Bei einer solchen Ausbildung kann auf einfache Art und Weise die Schwingungsrichtung eingestellt werden.

**[0025]** Vorzugsweise sind in diesem Zusammenhang wenigstens eine Unwuchtwelle und die darauf angeordnete Zusatz-Unwuchtmasse derart ausgebildet, dass die durch wenigstens ein Unwuchtelelement der Unwuchtwelle gebildete Unwucht und die durch die Zusatz-Unwuchtmasse gebildete Zusatz-Unwucht gleich groß sind. Bei einer solchen Ausführungsform genügt das Antreiben dieser einen Unwuchtwelle, um bereits eine gerichtete Schwingung zu erzeugen. Auf diese Weise kann mittels einer einzigen Unwuchtwelle eine Richtschwingung erzeugt werden.

**[0026]** Vorzugsweise sind die erste und die zweite Zusatz-Unwuchtmasse derart identisch ausgebildet, dass

die durch sie auf den jeweiligen Unwuchtwellen gebildeten Zusatz-Unwuchten gleich groß sind. Insbesondere im Zusammenspiel mit Unwuchtwellen, die ebenfalls identisch bzw. mit identischen Unwuchten versehen sind, ergibt sich so ein Schwingungserreger mit einem sehr breiten Einstell- und Betriebsmodusspektrum.

**[0027]** Vorzugsweise weist das erste Kopplungselement wenigstens ein Getriebeelement auf, mit wenigstens zwei miteinander in Wirkverbindung stehenden, insbesondere kämmenden Zahnrädern, nämlich einem ersten Antriebszahnrad, das mit der ersten Unwuchtwelle in Wirkverbindung steht, und wenigstens einem zweiten Abtriebszahnrad, das mit der zweiten Zusatz-Unwuchtmasse in Wirkverbindung steht, und/oder weist das zweite Kopplungselement wenigstens ein Getriebeelement auf, mit wenigstens zwei miteinander in Wirkverbindung stehenden und insbesondere kämmenden Zahnrädern, nämlich einem zweiten Antriebszahnrad, das mit der zweiten Unwuchtwelle in Wirkverbindung steht, und wenigstens einem ersten Abtriebszahnrad, das mit der ersten Zusatz-Unwuchtmasse in Wirkverbindung steht. Auf diese Weise ist eine sehr einfache und raumsparende Anordnung erzielbar.

**[0028]** Selbstverständlich können anstelle der direkten Kämmung zwischen den beiden Zahnrädern auch geeignete ähnliche oder dergleichen wirksame Getriebeelemente vorgesehen werden, die entsprechende Übersetzungsverhältnisse zur Verfügung stellen.

**[0029]** Die erste und/oder die zweite Zusatz-Unwuchtmasse weisen bei einer besonderen Ausführungsform wenigstens eine Hohlzylinderschale auf, die derart auf der zugeordneten Unwuchtwelle angeordnet ist, dass sie ein darauf angeordnetes Unwuchtelelement wenigstens teilweise umschließt. So kann die Hohlzylinderschale beispielsweise mit ihren beiden U-Schenkeln auf der Unwuchtwelle gelagert werden, sodass sie bei einer Rotation um das Unwuchtelelement der Unwuchtwelle rotiert. Anstelle einer solchen Hohlzylinderschale kann natürlich die erste und/oder die zweite Zusatz-Unwuchtmasse entsprechend anders geometrisch ausgebildet sein, wobei sie vorzugsweise immer so ausgebildet ist, dass sie das auf der jeweiligen Unwuchtwelle angeordnete Unwuchtelelement umschließt oder so an der Unwuchtwelle angeordnet ist, dass sie um dieses Unwuchtelelement herum rotiert.

**[0030]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von drei Ausführungsbeispielen weiter beschrieben, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Hierbei zeigen schematisch:

- |    |         |   |
|----|---------|---|
| 50 | Fig. 1a | eine Seitenansicht einer Bodenverdichtungsmaschine vom Typ Vibrationswalze;             |
| 55 | Fig. 1b | eine Seitenansicht einer Bodenverdichtungsmaschine vom Typ Rüttelplatte;                |
|    | Fig. 1c | eine Seitenansicht einer Bodenverdichtungsmaschine vom Typ handgeführte Vibrationswalze |

- Fig. 2 einen Horizontalschnitt entlang der Schnittlinie II-II in Fig. 1a durch eine erste Ausführungsform eines Schwingungsergers;
- Fig. 3 bis 7 jeweils eine Veranschaulichung verschiedener Betriebsmodi des Schwingungsergers gemäß Fig. 2;
- Fig. 8 einen Horizontalschnitt entlang der Schnittlinie II-II in Fig. 1a durch eine zweite Ausführungsform eines Schwingungsergers; und
- Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines dritten Ausführungsbeispiels eines Schwingungsergers.

**[0031]** Im Folgenden werden für gleiche und gleich wirkende Bauteile dieselben Bezugsziffern verwendet, wobei zur Unterscheidung bisweilen Hochindizes ihre Anwendung finden.

**[0032]** Fig. 1 a zeigt eine Seitenansicht einer als selbstfahrende Vibrationswalze 1 ausgeführten Maschine zur Bodenverdichtung. Die Vibrationswalze 1 weist einen Vorderwagen 8 mit einem Führerstand 42 und einen Hinterwagen 3 mit einem Dieselmotor auf, die über ein Knickgelenk 41 verbunden sind. Am Vorderwagen 8 und am Hinterwagen 3 ist jeweils eine Bandage 4 (Bodenkontakteinrichtung) über eine Bandagenstütze 2 angeordnet. Mindestens eine der Bandagen 4 ist mit einem Fahrantrieb versehen. Ferner ist jede Bandage 4 im Inneren mit einem Schwingungserreger 6 (Fig. 2, 3, 8) versehen, mit welchen die Bandagen 4 in Schwingungen versetzt werden, die zur Vibrationsverdichtung an den Untergrund abgegeben werden. Fig. 1b veranschaulicht beispielhaft den Grundaufbau einer Bodenverdichtungsmaschine vom Typ Rüttelplatte. Wesentliche Elemente sind hier ein Antriebsmotor, eine Verdichtungsplatte 50 (Bodenkontakteinrichtung) mit einem Schwingungserreger (nicht sichtbar) sowie einem Führungsbügel 51. Fig. 1c schließlich zeigt den Grundaufbau einer Bodenverdichtungsmaschine vom Typ handgeführte Vibrationswalze, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel zwei Bandagen 4 mit Schwingungserregern (nicht sichtbar) umfasst. Ferner ist auch hier ein Antriebsmotor sowie ein Führungsbügel 51 vorhanden, mit dem ein Bediener die handgeführte Vibrationswalze im Arbeitsbetrieb dirigieren kann.

**[0033]** Ein erstes Ausführungsbeispiel eines Schwingungsergers 6, wie er insbesondere erfindungsgemäß für eine der in den Figuren 1a bis 1c beispielhaft gezeigten Bodenverdichtungsmaschinen vorgesehen ist, ist in Fig. 2 dargestellt. Der Schwingungserreger 6 ist hinsichtlich seiner baulichen Auslegung und der mit ihm möglichen Betriebsparameter speziell für den Einsatz in einer gattungsgemäßen Bodenverdichtungsmaschine, insbesondere einer gemäß den Figuren 1a bis 1c, ausgebildet. Die Bandage 4 weist einen Hohlzylinder 5 und an jeder Stirnseite eine Ronde 7 auf, mit welchen die Bandage 4 mittels Lagern 33 auf zwei Achsstummeln 9, 9' drehbar gelagert sind. Die Achsstummel 9, 9' sind an gegenüber-

liegenden Bandagenstützen 2 gelagert (nicht dargestellt). Auf den Achsstummeln 9, 9' ist im Hohlraum der Bandage 4 ferner ein Gehäuse 32 des Schwingungsergers 6 angeordnet. Der Schwingungserreger 6 weist 5 zwei identisch aufgebaute Exzentervorrichtungen 13, 13' und eine Antriebseinrichtung auf, die aus einem ersten und einem zweiten Motor 12, 12' für die erste Exzentervorrichtung 13 bzw. die zweite Exzentervorrichtung 13' besteht. Der erste und der zweite Motor 12, 12' sind unabhängig, so dass sie separat betätigt und gesteuert werden können. Auf diese Weise können auch die erste und die zweite Exzentervorrichtung 13, 13' unabhängig von einander gesteuert und betrieben werden. Der erste und zweite Motor 12, 12' sind als Hydromotoren ausgebildet. 10 **[0034]** jede der beiden Exzentervorrichtungen 13, 13' weist eine erste bzw. zweite Antriebswelle 14, 14', die vom ersten bzw. zweiten Motor 12, 12' angetrieben wird, sowie eine erste bzw. zweite Unwuchtwelle 10, 10' mit einer ersten bzw. zweiten Unwuchtmasse 11, 11' auf, die 15 parallel zueinander und zur Rotationsachse  $A_{RW}$  der Bandage 4 verlaufen. Die beiden Unwuchtwellen 10, 10' liegen sich bezüglich der Rotationsachse  $A_{RW}$  der Bandage 4 und in gleichem Abstand zu dieser gegenüber. 20 **[0035]** Nachfolgend wird zunächst die erste Exzentervorrichtung 13 beschrieben. Die erste Antriebswelle 14 ist mit dem ersten Motor 12 verbunden, außerhalb des Hohlraums der Bandage 4 an der ersten Stirnseite der Bandage angeordnet und an einer der Bandagenstützen 2 angebracht. Innerhalb des ersten Achsstummels 9 ist 25 koaxial zu diesem die erste Antriebswelle 14 rotierbar gelagert und von außen in das Innere des Gehäuses 32 geführt. Die erste Antriebswelle 14 ist über ein erstes Getriebe aus einem ersten Zahnradpaar 34, 36 mit der ersten Unwuchtwelle 10 verbunden und über Lager 15 am Gehäuse 32 gelagert. Durch den ersten Motor 12 kann die erste Unwuchtwelle 10 in Drehbewegung um ihre Rotationsachse  $A_{R1}$  versetzt werden. 30 **[0036]** Der zweite Motor 12' der zweiten Exzentervorrichtung 13' ist mit der zweiten Antriebswelle 14' verbunden und spiegelbildlich zum ersten Motor 12 vor der zweiten Stirnseite der Bandage 4 an der zugehörigen Bandagenstütze 2 angeordnet (nicht dargestellt). Innerhalb des zugehörigen zweiten Achsstummels 9' ist koaxial zu 35 diesem die zweite Antriebswelle 14' rotierbar gelagert und von außen in das Innere des Gehäuses 32 geführt. Die zweite Antriebswelle 14' ist über ein zweites Getriebe aus einem zweiten Zahnradpaar 34', 36' mit der zweiten Unwuchtwelle 10' verbunden und über Lager 15' am Gehäuse 32 gelagert. Durch den zweiten Motor 12' kann die zweite Unwuchtwelle 10' in Drehbewegung um ihre 40 Rotationsachse  $A_{R2}$  versetzt werden. **[0037]** Der erste und der zweite Motor 12, 12' ermöglichen sowohl die Rotationsgeschwindigkeiten der jeweils zugeordneten Unwuchtwelle 10, 10' als auch deren 45 Drehzinn und die Phasenlage einzustellen. **[0038]** Bei der hier dargestellten Ausführungsform sind die Unwuchtmassen 11, 11' der Unwuchtwellen 10, 10' gleich groß, sodass die bei einer identischen Rotations-

geschwindigkeit wirkenden Fliehkraftresultierenden  $F_1$  und  $F_2$  ebenfalls gleich groß sind. Die beiden Unwuchtwellen 10, 10' sind entlang ihrer Rotationsachsen  $A_{R1}$  und  $A_{R2}$  derart zueinander angeordnet, dass die Fliehkraftresultierenden  $F_1$  und  $F_2$  zumindest näherungsweise in einer Ebene E wirken, die sich entlang der in Fig. 2 dargestellten Linie erstreckt.

**[0039]** Bei einer Rotation der beiden Unwuchtwellen 10, 10' über die jeweils zugeordneten Motoren 12, 12' lassen sich die zuvor ausführlich beschriebenen Betriebsmodi 1 bis 4, trotz der technisch sehr unkomplizierter Realisierung des Schwingungserregers 6 sehr einfach einstellen.

**[0040]** So kann beispielsweise über den ersten Motor 12 nur die erste Unwuchtwelle 10 aktiv angetrieben werden oder über den zweiten Motor 12' nur die zweite Unwuchtwelle 10' aktiv angetrieben werden, während die jeweils andere Unwuchtwelle angehalten ist. Wird beispielsweise der erste Motor 12 so angesteuert, dass die erste Unwuchtwelle 10 mit einer konstanten Drehzahl läuft, während der zweite Motor 12' stillsteht oder lediglich mit der maximal halben Drehzahl des ersten Motors 12 rotiert, ergibt sich aufgrund der Fliehkraftresultierenden  $F_1$  proportional zur ersten Unwuchtmasse 11 und deren Rotationsgeschwindigkeit eine umlaufende Erregeramplitude. Da die Umdrehungsgeschwindigkeit der Unwuchtwellen 10, 10' einen exponentiellen Einfluss auf die Erregeramplitude hat, ist in einem solchen Betriebsmodus die langsame Rotation der zweiten Unwuchtwelle 10' zu vernachlässigen. Allerdings bewirkt diese langsame Rotation eine Schmierung der Lager 33, was die Standzeit des Schwingungserregers 6 deutlich erhöht. Der hier beschriebene Betriebsmodus entspricht dem einleitend beschriebenen Betriebsmodus 1.

**[0041]** Die Größe und Richtung der resultierenden Unwuchtkraft des Schwingungserregers 6 und der resultierenden Drehmomente gemäß Betriebsmodus 1 sind in Fig. 3 veranschaulicht. Für den Betriebsmodus 1, in welchem sich die zweite Unwuchtwelle 10' langsam dreht, sind in Fig. 8 die resultierende Unwuchtkraft und das resultierende Drehmoment für die erste und zweite Unwuchtwelle 10, 10' paarweise bei acht aufeinanderfolgenden Phasenlagen a) bis h) dargestellt, die sich um jeweils 45° unterscheiden. Die Richtung der in jeder Phasenlage resultierenden Unwuchtkraft ist mit Pfeil 22 und die unterschiedlichen Größen der Unwuchtkräfte an der ersten und zweiten Unwuchtwelle 10 bzw. 10' sind mit Punkten 23 bzw. 23' bezeichnet. Die Drehrichtungen der ersten und zweiten Unwuchtwellen 10, 10' sind mit Bogenpfeilen 24 bzw. 24' bezeichnet, wobei unterschiedliche Drehzahlen durch unterschiedliche Größen der Bogenpfeile 24, 24' dargestellt sind. Um die Darstellung übersichtlich zu halten sind die Bezugssymbole lediglich in der Darstellung der ersten Phasenlage a) angegeben.

**[0042]** Im Betriebsmodus 2 werden dagegen beide Motoren 12, 12' mit gleicher Drehzahl und phasensynchron betrieben, so dass eine synchrone Rotation der Unwuchtwellen 10, 10' mit gleicher Rotationsgeschwin-

digkeit und insbesondere mit einer Rotationsgeschwindigkeit mit gleichem Vorzeichen resultiert. Auf diese Weise entsteht eine Erregerschwingung, die kreisförmig umläuft, wobei deren Amplitude doppelt so groß ist wie im zuvor beschriebenen Betriebsmodus 1. Die Fliehkraftresultierenden  $F_1$  und  $F_2$  addieren sich hier. Der Betriebsmodus 2 ist in Fig. 4 veranschaulicht, wobei für gleiche Größen gleiche Bezugssymbole verwendet sind.

**[0043]** Wird dagegen bei gleichen Drehzahlen der ersten und zweiten Unwuchtwellen 10, 10' die Phase des ersten oder des zweiten Motors 12, 12' um 180° gedreht, verlaufen die resultierenden Fliehkräfte  $F_1$  und  $F_2$  der beiden Unwuchtwellen 10, 10' während des Rotationsbetriebs entgegengesetzt. Es entsteht eine Unwuchtingerferenz und somit keine Vibrationsamplitude. Allerdings kommt es bedingt durch den Abstand der beiden Unwuchtwellen zueinander zu einem wechselnden Oszillationsmoment, das eine Drehgeschwingung des Schwingungserregers bewirkt. Dieser Betriebsmodus ist der Betriebsmodus 3, welcher in Fig. 5 dargestellt ist. In Fig. 5 sind die resultierenden Drehmomente mit einem weiteren Bogenpfeil 25 veranschaulicht, der entsprechend der Größe des Drehmoments in den unterschiedlichen Phasenlagen unterschiedlich groß ist.

**[0044]** Im Betriebsmodus 4 wird, wie ebenfalls bereits erläutert, der erste Motor 12 mit konstanter Drehzahl betrieben, während der zweite Motor 12' phasensynchron und mit einer solchen Drehgeschwindigkeit betrieben wird, dass die Unwuchtwellen 10, 10' gegenläufig rotieren. Auf diese Weise entsteht bei der hier dargestellten Ausführungsform eine senkrecht gerichtete Schwingung mit der gleichen Maximalamplitude wie sie bereits im Betriebsmodus 2 aufgetreten ist. Fig. 6 veranschaulicht den Betriebsmodus 4.

**[0045]** Durch eine Verdrehung der Phase der Motoren 12, 12' um 180° gelangt man vom Betriebsmodus 4 in den Betriebsmodus 5, wobei eine gerichtete Schwingung mit der gleichen Maximalamplitude wie im Betriebsmodus 4 resultiert.

**[0046]** Erfindungsgemäß kann also durch eine gezielte Ansteuerung der beiden Motoren 12, 12' sowohl eine Vektorverstellung als auch eine Amplitudenverstellung der Erregerschwingung durchgeführt werden.

**[0047]** Fig. 8 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines Schwingungserregers 6' in einer Schnittführung wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Der hier dargestellte Schwingungserreger 6' ist gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 um einige Bauteile und Einstellmöglichkeiten erweitert. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugssymbolen versehen. Zur Beschreibung wird insoweit auf Fig. 2 verwiesen.

**[0048]** Zusätzlich sind auf den Unwuchtwellen 10, 10' Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16', nämlich eine erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 und eine zweite Zusatz-Unwuchtmasse 16' angeordnet. Diese Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' sind hier als Hohlkörper in Form von Sektoren von Hohlzylinderschalen ausgebildet, die mit Schenkeln 38 rotatorisch auf der jeweiligen Unwuchtwelle

le 10, 10' gelagert sind. Die Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' sind so ausgeformt und angeordnet, dass sie um die erste bzw. zweite Unwuchtmasse 11, 11' herum rotieren können, ohne eine Rotation der ersten bzw. zweiten Unwuchtmasse 11, 11' zu behindern.

**[0049]** Die Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' sind kreuzweise mit den Unwuchtwellen 10', 10 rotatorisch gekoppelt. Dies bedeutet, dass die auf der ersten Unwuchtwelle 10 angeordnete erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 mit der zweiten Unwuchtwelle 10' in Verbindung steht. Die auf der zweiten Unwuchtwelle 10' gelagerte zweite Zusatz-Unwuchtmasse 16' ist mit der ersten Unwuchtwelle 10 verbunden. Bei einer Rotation der ersten Unwuchtwelle 10 rotiert neben dem ersten Unwuchtelelement 11 auch die zweite Zusatz-Unwuchtmasse 16'. Bei einer Rotation der zweiten Unwuchtwelle 10' rotiert die erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 zusammen mit der zweiten Unwuchtmasse 11'.

**[0050]** Dazu sind entsprechende erste bzw. zweite mechanische Kopplungselemente 18, 18' vorhanden, die die jeweiligen Rotationskräfte übertragen. So koppelt das erste Kopplungselement 18 die erste Unwuchtwelle 10 mit der zweiten Zusatz-Unwuchtmasse 16' und das zweite Kopplungselement 18' die zweite Unwuchtwelle 10' mit der ersten Zusatz-Unwuchtmasse 16. Die jeweiligen Kopplungselemente 18, 18' sind hier ebenfalls wieder als eine Kombination aus Antriebszahnrädern 17, 17' und Abtriebszahnrädern 19, 19' ausgebildet, die miteinander in Kämmung stehen.

**[0051]** Bei der hier dargestellten Ausführungsform treiben also die von den Motoren 12, 12' angetriebenen Unwuchtwellen 10, 10' über die zusätzlichen Kopplungselemente 18, 18' die jeweils auf der anderen Unwuchtwelle 10, 10' angeordneten Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' an. Die auf jeder Unwuchtwelle 10, 10' angeordneten Unwuchtmassen 11, 11' und Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' sind bei dieser Ausführungsform gleich groß, so dass die aus ihnen jeweils resultierenden Gesamtunwuchten auf jeder Unwuchtwelle 10, 10' gleich groß sind. So bewirkt bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit die Unwuchtmasse 11 auf der ersten Unwuchtwelle 10 die (dem Betrag nach) gleiche Unwucht  $U_1$  wie die erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 (Unwucht  $U_{Z1}$ ). Insofern genügt das Antreiben eines einzigen Motors 12, 12' bzw. einer Unwuchtwelle 10, 10', um eine gerichtete Schwingung zu erzeugen.

**[0052]** Besonders vorteilhaft ist es, beide Motoren 12, 12' mit gleicher Drehzahl derart anzutreiben, dass die Unwuchtwellen 10, 10' gegenläufig rotieren. Dadurch rotieren die Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' ebenfalls mit der gleichen Drehzahl wie die fest an den Unwuchtwellen 10, 10' angeordneten Unwuchtmassen 11, 11'. Die zweite Zusatz-Unwuchtmasse 16' dreht sich also synchron mit der zweiten Unwuchtmasse 11'. Gleichzeitig rotiert die erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 identisch mit der ersten Unwuchtmasse 11. Durch eine Veränderung der Phasenlage (hier der Winkel zwischen der ersten Zusatz-Unwuchtmasse 16 und der ersten Unwuchtmasse 11

bzw. der zweiten Zusatz-Unwuchtmasse 16' und der zweiten Unwuchtmasse 11') kann die Gesamtunwucht verändert werden. Für besonders hohe Drehzahlen kann z.B. die Gesamtunwucht reduziert werden, um Belastungen der Vibrationslager zu reduzieren.

**[0053]** In Fig. 8 werden die erste Unwuchtmasse 11 und die erste Zusatz-Unwuchtmasse 16 über den ersten Motor 12 angetrieben. Die zweite Unwuchtmasse 11' und die zweite Zusatz-Unwuchtmasse 16' werden vom zweiten Motor 12' angetrieben. Werden beide Motoren 12, 12' mit gleicher Drehzahl betrieben, kann je nach Phasenlage der Unwuchten eine gerichtete Schwingung mit größerer oder kleinerer Amplitude erzielt werden. Die größte Amplitude definiert sich zu folgendem Verhältnis:

15

$$\{(U_1 + U_{Z1}) + (U_2 + U_{Z2})\},$$

die kleinste Amplitude durch das Verhältnis:

20

$$\{(U_1 - U_{Z1}) + (U_2 - U_{Z2})\}.$$

**[0054]** Wenn  $U$  und  $U_Z$  gleich groß gewählt werden, kann die Amplitude der Schwingung nur durch Veränderung des Relativwinkels zwischen dem ersten Motor 12 und dem zweiten Motor 12' auf Null reduziert werden.

**[0055]** Auf jeder Unwuchtwelle 10, 10' befinden sich also zwei Unwuchten 11, 16 bzw. 11', 16', deren Relativpositionen zueinander verändert werden können. Die Unwucht kann stufenlos vom Maximalwert bis auf Null eingestellt werden. Bei Reduzierung der Unwucht werden die Lager der Unwuchtwellen 10, 10' entlastet, wodurch höhere Drehzahlen der Unwuchtwellen 10, 10' möglich werden. Dies liegt daran, dass die Fliehkräfte der Einzel-Unwuchten  $U_2$  und  $U_{Z2}$  bzw.  $U_1$  und  $U_{Z1}$  nur mit ihrer Vektorsumme auf die zugehörigen Lagerstellen wirken. Die Lagerung der Zusatz-Unwuchtmassen 16, 16' auf den Unwuchtwellen 10 bzw. 10' ist unkritisch, da hier nur die Verstellbewegungen übertragen werden. Es treten unabhängig von der Vibrationsdrehzahl nur geringe Relativgeschwindigkeiten während einer Veränderung der Phasenlage auf.

**[0056]** Mit dem zweiten Ausführungsbeispiel des Schwingungserregers 6' ist zudem auch eine weitere Betriebsart möglich. Dabei werden die Motoren 12, 12' derart angetrieben, dass die Unwuchtwellen 10, 10' in gleicher Drehrichtung und mit gleichem Vorzeichen der jeweiligen Rotationsgeschwindigkeit rotieren. Dadurch rotiert die erste Unwuchtmasse 11 gegenläufig zur ersten Zusatz-Unwuchtmasse 16 und die zweite Unwuchtmasse 11' gegenläufig zur zweiten Zusatz-Unwuchtmasse 16'.

Bei gleicher Antriebsdrehzahl der Motoren 12, 12' wird eine gerichtete Schwingung mit konstanter Schwingungsamplitude erzeugt. Durch Änderung der Phasenlage zwischen den Motoren 12, 12' kann die Schwin-

gungsrichtung frei eingestellt werden.

**[0057]** Im dritten Ausführungsbeispiel des Schwingserregers 6" gemäß Fig. 9 sind parallel zur ersten und zweiten Unwuchtwelle 10, 10' jeweils eine dritte bzw. vierte Unwuchtwelle 39 bzw. 39' angeordnet. Die erste und die dritte Unwuchtwelle (10, 39) sind über ein mechanisches Getriebe in Form eines Zahnrads 40 gekoppelt, welches mit dem Zahnrad 36 auf der ersten Unwuchtwelle 10 kämmt. In gleicher Weise ist die zweite Unwuchtwelle 10' mit der vierten Unwuchtwelle 39' über ein Zahnrad 40' verbunden, welches mit dem Zahnrad 36' auf der zweiten Unwuchtwelle 10' kämmt. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 liegen hier also statt zweier unabhängiger Unwuchtwellen zwei unabhängige Paare von Unwuchtwellen vor, die jeweils von einem eigenen Motor 12, 12' angetrieben werden.

**[0058]** Die Unwuchtwellen 10, 39 bzw. 10', 39' eines jeden Paares von Unwuchtwellen gemäß Fig. 9 sind so ausgerichtet, dass die Unwuchtwellen eines Paares phasengleich umlaufen. Außerdem sind die dritte und die vierte Unwuchtwelle 39, 39' in gleichem Abstand von der Rotationsachse  $A_{RW}$  der Bandage 4 und diametral zur Rotationsachse  $A_{RW}$  der Bandage 4 angeordnet. Die von den Rotationsachsen eines jeden Paares von Unwuchtwellen aufgespannten Ebenen verlaufen parallel zueinander. Demnach spannen die Rotationsachse  $A_{R1}$  der ersten Unwuchtwelle 10 und die Rotationsachse  $A_{R3}$  der dritten Unwuchtwelle eine erste Ebene auf, die parallel zu der Ebene verläuft, die von der Rotationsachse  $A_{R2}$  der zweiten Unwuchtwelle 10' und der Rotationsachse  $A_{R4}$  der vierten Unwuchtwelle 39' aufgespannt wird.

## Patentansprüche

1. Bodenverdichtungsmaschine, insbesondere Vibrationsverdichter, umfassend einen Schwingungserreger zur Erzeugung unterschiedlicher Erreger schwingungen mit zwei nebeneinander liegenden parallelen Unwuchtwellen (10, 10') und einer Antriebseinrichtung für die Unwuchtwellen (10, 10'), **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die Antriebseinrichtung zwei Motoren (12, 12') aufweist, von denen ein erster Motor (12) mit der ersten Unwuchtwelle (10) und ein zweiter Motor (12') mit der zweiten Unwuchtwelle (10') in Wirkverbindung steht.
2. Bodenverdichtungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** der erste und der zweite Motor (12, 12') jeweils eine erste bzw. eine zweite Antriebswelle (14, 14') aufweisen, die jeweils über ein Getriebeelement (30, 30') und insbesondere eine Kämmung mit der ersten bzw. der zweiten Unwuchtwelle (10, 10') in Wirkverbindung stehen.

3. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die erste und die zweite Antriebswelle (14, 14') koaxial zueinander angeordnet sind.
4. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die erste und die zweite Unwuchtwelle (10, 10') in Richtung ihrer Rotationsachsen ( $A_{R1}, A_{R2}$ ) derart relativ zueinander angeordnet sind, dass die Flieh kraftresultierenden ( $F_1, F_2$ ) der beiden Unwuchtwellen (10, 10') zumindest näherungsweise in einer gemeinsamen Ebene (E) liegen.
5. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** auf der ersten Unwuchtwelle (10) wenigstens eine um deren Rotationsachse ( $A_{R1}$ ) rotierbare erste Zusatz-Unwuchtmasse (16) und/oder auf der zweiten Unwuchtwelle (10') wenigstens eine um deren Rotationsachse ( $A_{R2}$ ) rotierbare zweite Zusatz-Unwuchtmasse (16') angeordnet sind, wobei die erste Zusatz-Unwuchtmasse (16) über wenigstens ein erstes Kopplungselement (18) mit der zweiten Unwuchtwelle (10') rotatorisch gekoppelt ist bzw. die zweite Zusatz-Unwuchtmasse (16') über wenigstens ein zweites Kopplungselement (18') mit der ersten Unwuchtwelle (10) rotatorisch gekoppelt ist.
6. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** wenigstens eine Unwuchtwelle (10, 10') und die darauf angeordnete Zusatz-Unwuchtmasse (16, 16') derart ausgebildet ist, dass die durch wenigstens eine Unwuchtmasse (11, 11') der Unwuchtwelle (10, 10') gebildete Unwucht ( $U_1, U_2$ ) und die durch die Zusatz-Unwuchtmasse gebildete Zusatz-Unwucht ( $U_{Z1}, U_{Z2}$ ) gleich groß sind.
7. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die erste und die zweite Zusatz-Unwuchtmasse (16, 16') derart identisch ausgebildet sind, dass die durch sie auf den jeweiligen Unwuchtwellen (10, 10') gebildeten Zusatz-Unwuchten ( $U_{Z1}, U_{Z2}$ ) gleich groß sind.
8. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** das erste Kopplungselement (18) wenigstens ein Getriebeelement aufweist, mit wenigstens zwei miteinander in Wirkverbindung stehenden, insbe-

sondere kämmenden Zahnräder (17, 19), nämlich  
einem ersten Antriebszahnrad (17), das mit der ers-  
ten Unwuchtwelle (10) in Wirkverbindung steht, und  
wenigstens einem zweiten Abtriebszahnrad (19),  
das mit der zweiten Zusatz-Unwuchtmasse (16') in 5  
Wirkverbindung steht, und/oder,  
**dass** das zweite Kopplungselement (18') wenigs-  
tens ein Getriebeelement aufweist, mit wenigstens  
zwei miteinander in Wirkverbindung stehenden und  
insbesondere kämmenden Zahnräder (17', 19'), 10  
nämlich einem zweiten Antriebszahnrad (17'), das  
mit der zweiten Unwuchtwelle (10') in Wirkverbin-  
dung steht, und wenigstens einem ersten Abtriebs-  
zahnrad (19'), das mit der ersten Zusatz-Unwucht-  
masse (16) in Wirkverbindung steht. 15

9. Bodenverdichtungsmaschine nach einem der vor-  
hergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die erste und/oder die zweite Zusatz-Unwucht-  
masse (16, 16') wenigstens eine Hohlzylinderschale 20  
aufweist, die derart auf der zugeordneten Unwucht-  
welle (10, 10') angeordnet ist, dass sie eine darauf  
angeordnete Unwuchtmasse (11, 11') wenigstens  
teilweise umschließt. 25

30

35

40

45

50

55

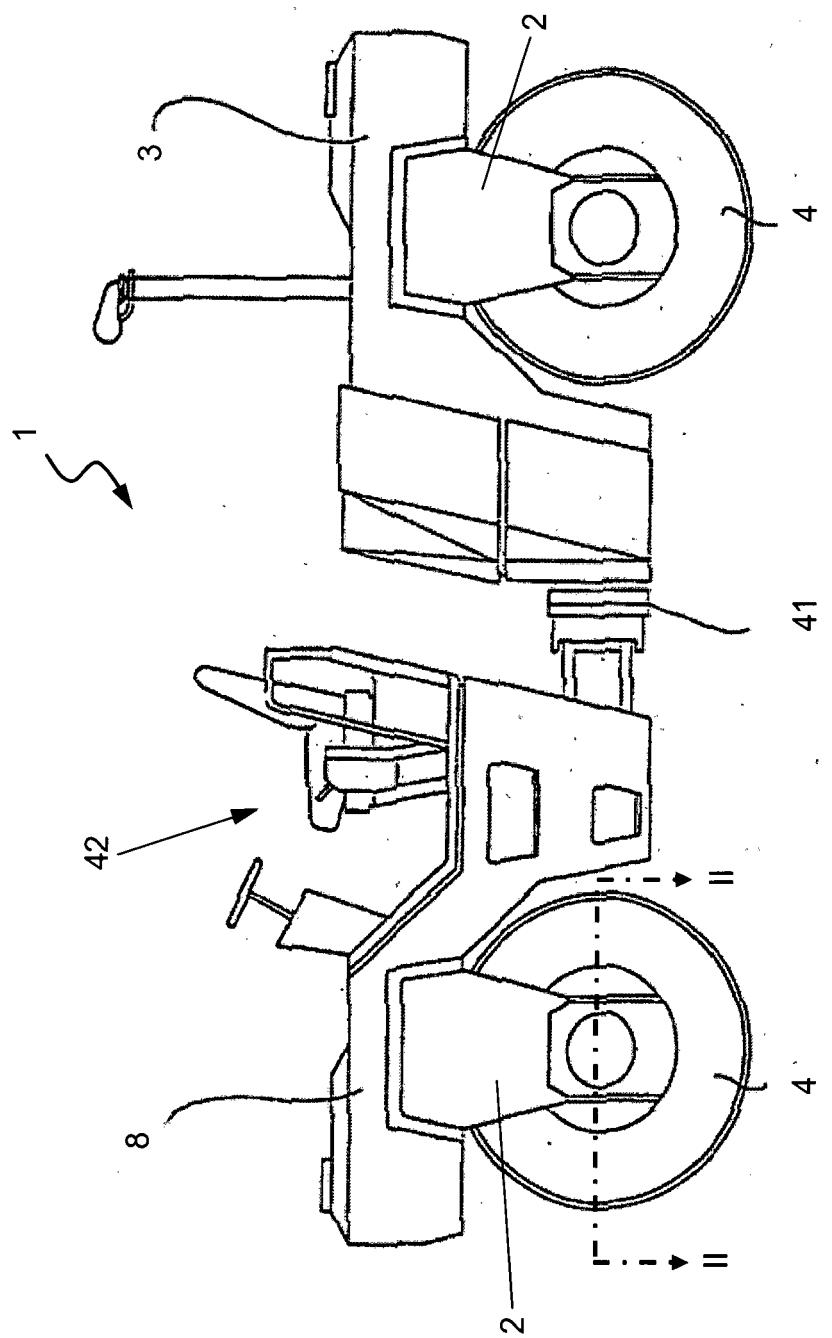


Fig. 1a

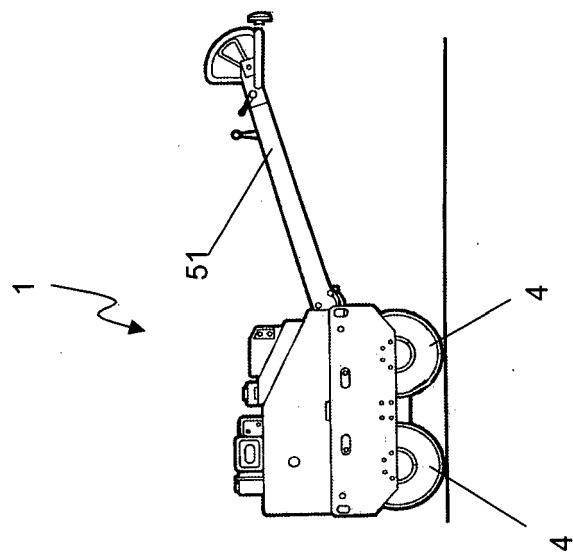


Fig. 1c

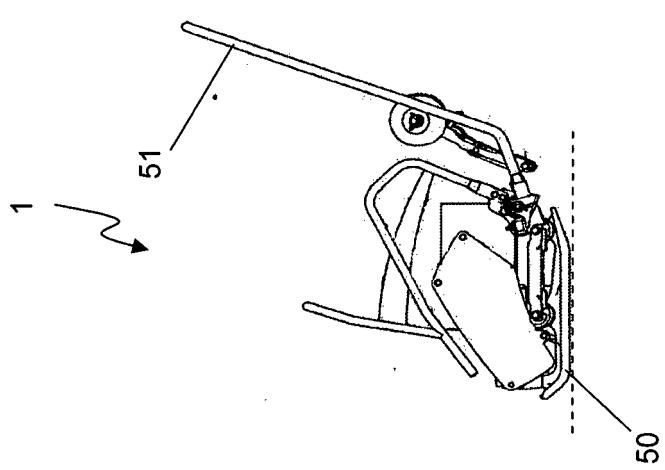


Fig. 1b

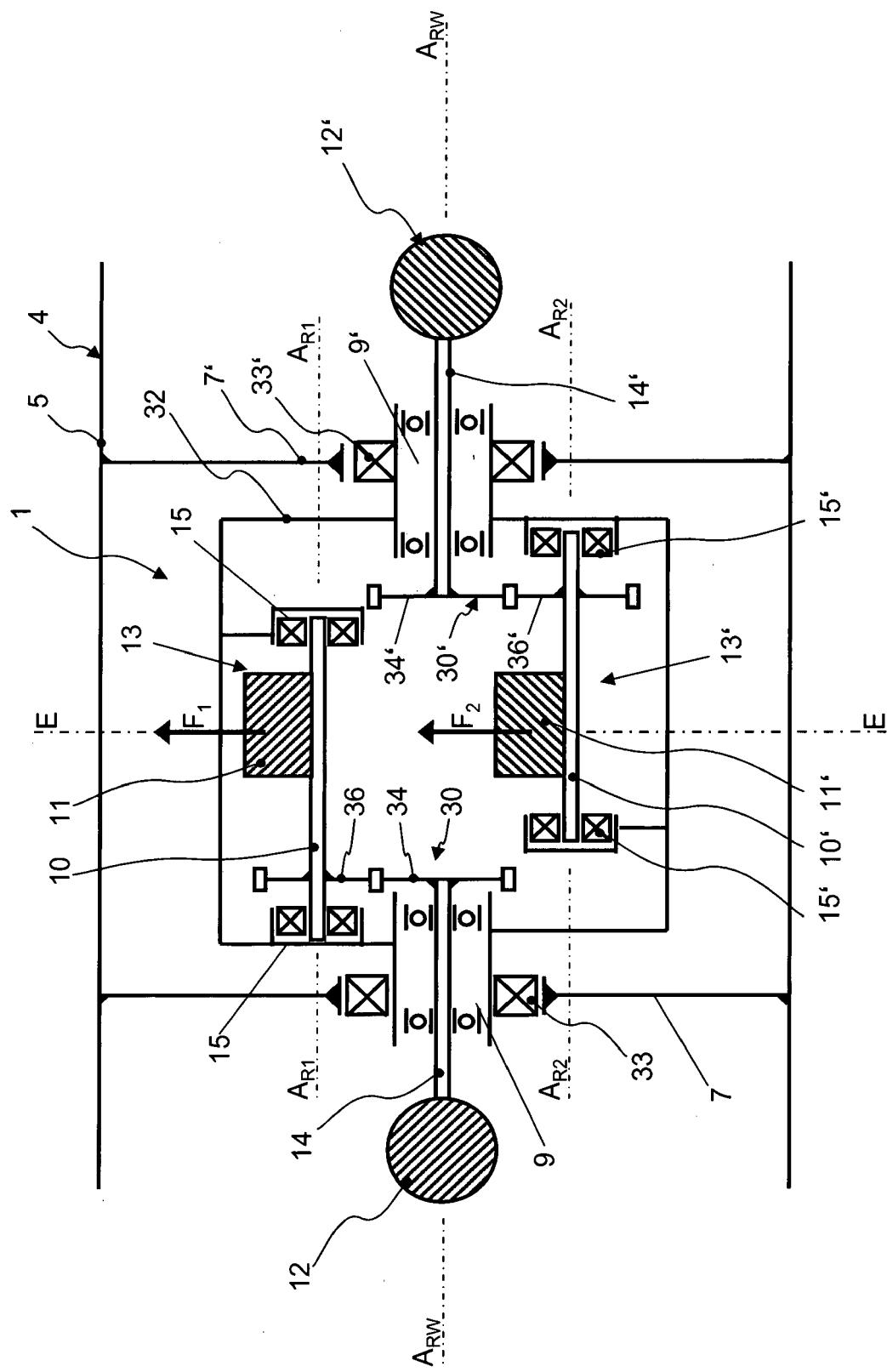


Fig. 2

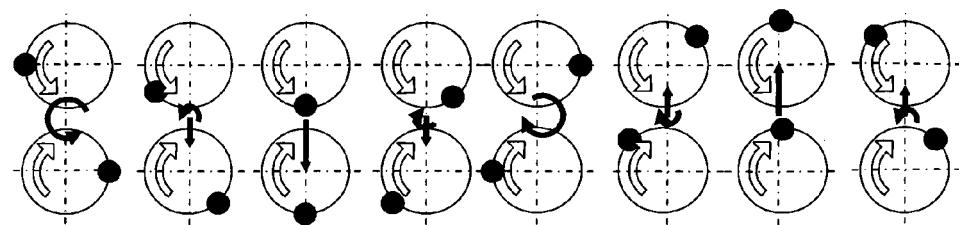


Fig. 7

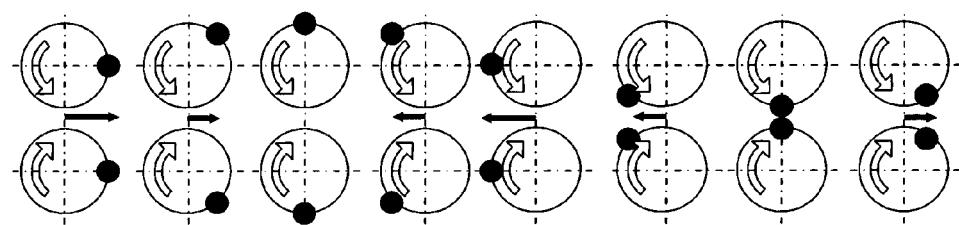


Fig. 6

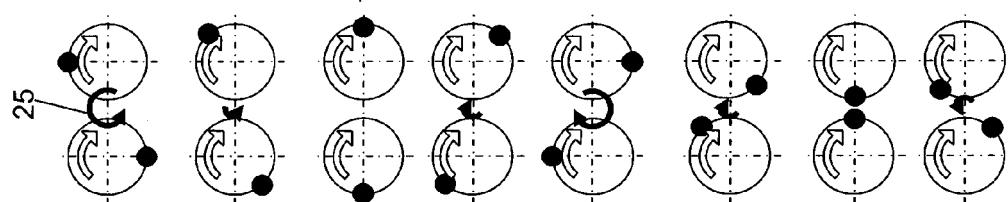


Fig. 5

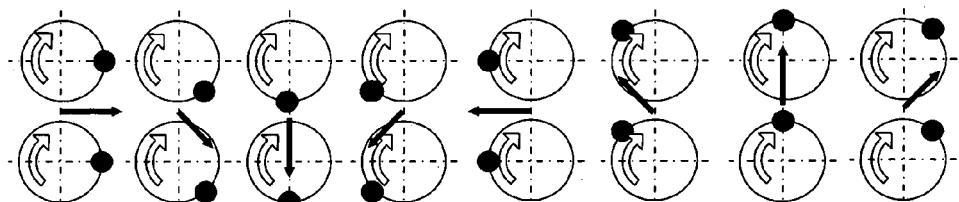


Fig. 4

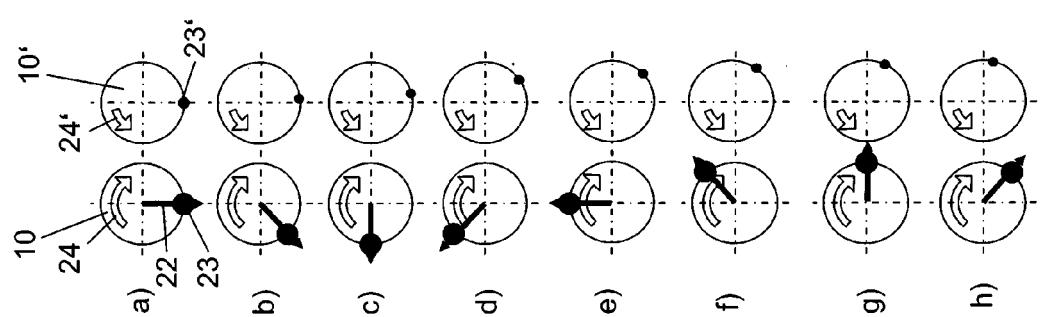


Fig. 3

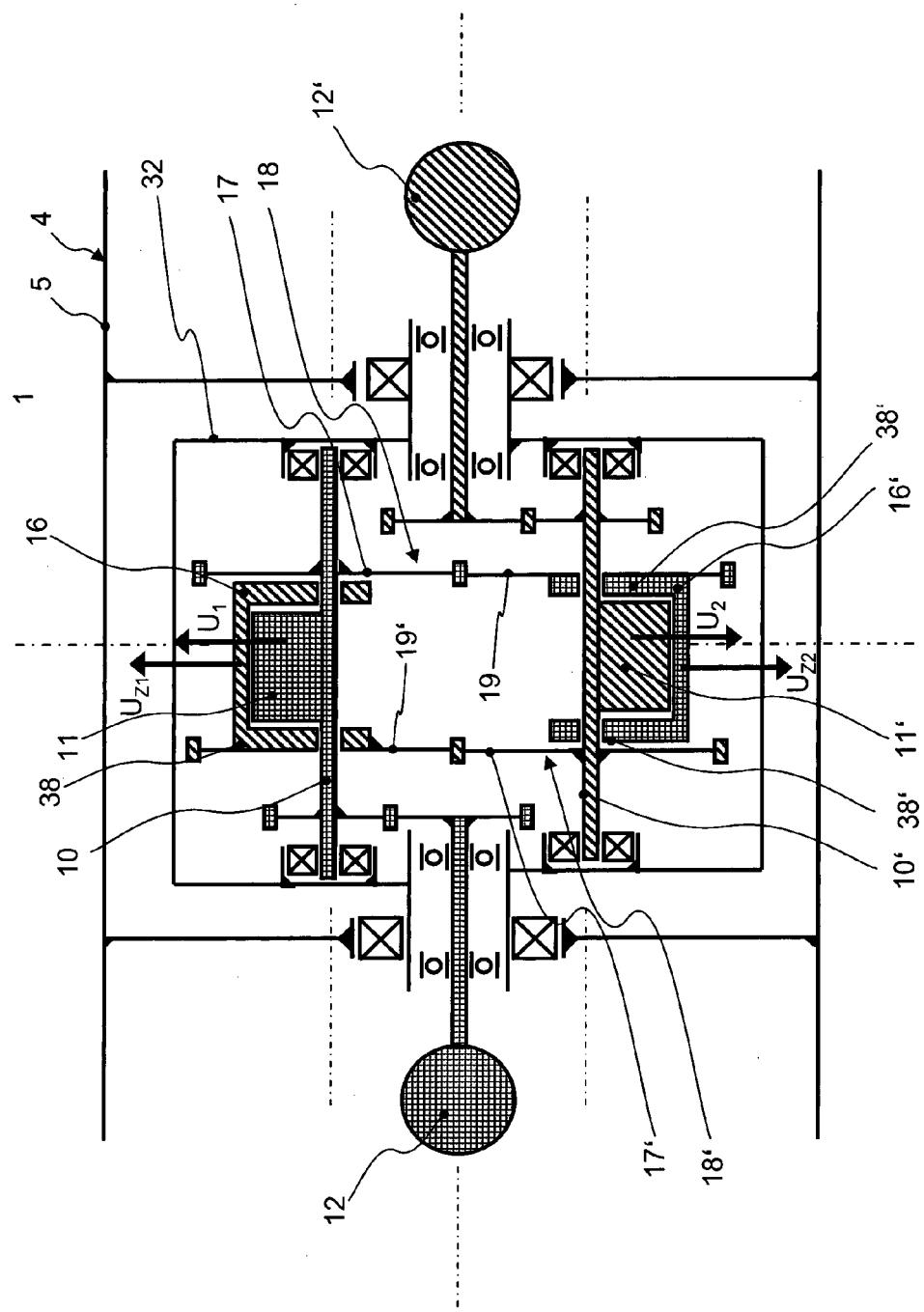


Fig. 8

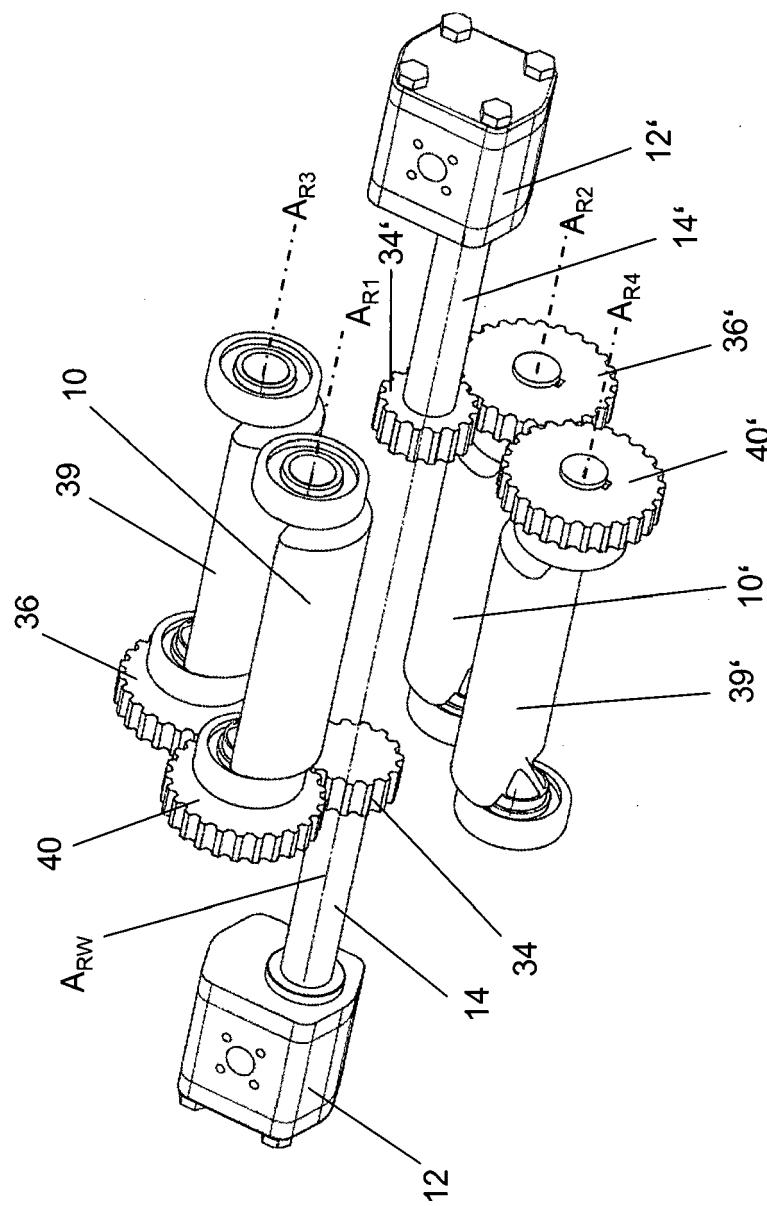


Fig. 9



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 00 4040

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
10	X EP 0 951 949 A1 (INT CONSTRUCTION EQUIPMENT B V [NL]) 27. Oktober 1999 (1999-10-27) * Abbildungen 1-3 * * Ansprüche 1,8 * * Zusammenfassung * * das ganze Dokument * -----	1-9	INV. E01C19/28 E01C19/35 E01C19/38	
15	X EP 0 092 014 A1 (LOSENHAUSEN MASCHINENBAU AG [DE]) 26. Oktober 1983 (1983-10-26) * Abbildung 1 * * Ansprüche 1, 10 * * Seite 6, Zeile 13 - Zeile 17 * * das ganze Dokument * -----	1,4		
20	X WO 2008/000535 A1 (BELLMER GMBH MASCHINENFABRIK G [DE]; KOLLMAR ERICH [DE]; PHILIPPIN THO) 3. Januar 2008 (2008-01-03) * Abbildungen 1,2 * * Seite 11, Zeile 1 - Zeile 4; Anspruch 1 * * Seite 12, Zeile 15 - Zeile 18 * -----	1,4	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)	
25	X CN 101 864 772 B (UNIV HOHAI CHANGZHOU; WUXI HAIJUN HYDRAULIC MACHINES & EQUIPMENT CO LT) 21. November 2012 (2012-11-21) * Abbildung 1 * * das ganze Dokument * -----	1,4	E01C	
30				
35				
40				
45				
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 15. April 2015	Prüfer Klein, A
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5  
**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 00 4040

10  
 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-04-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 0951949 A1 27-10-1999	EP NL	0951949 A1 1008965 C2	27-10-1999 25-10-1999
20	EP 0092014 A1 26-10-1983	KEINE		
25	WO 2008000535 A1 03-01-2008	DE EP WO	102006029241 A1 2035155 A1 2008000535 A1	27-12-2007 18-03-2009 03-01-2008
30	CN 101864772 B 21-11-2012	KEINE		
35				
40				
45				
50				
55	EPO FORM P0461			

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0704575 B1 [0003]
- EP 2743402 A2 [0003]