

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Oktober 2011 (20.10.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/127611 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
E02D 3/074 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2010/000104

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2010 (16.04.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AMMANN SCHWEIZ AG** [CH/CH]; Eisenbahnstrasse 25, CH-4900 Langenthal (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ANDEREGG, Roland** [CH/CH]; Im Kleinholz 67, CH-4600 Olten (CH). **GERHARD, Martin** [CH/CH]; Moosstrasse 22, CH-5443 Niederrohrdorf (CH). **KAUFMANN, Kuno** [CH/CH]; Untere Neumattstrasse 3, CH-4553 Subingen (CH). **VON FELTEN, Dominik, Anton** [CH/CH]; Stockmattstrasse 3, CH-5000 Aarau (CH).

(74) Anwalt: **E. BLUM & CO. AG**; Vorderberg 11, CH-8044 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

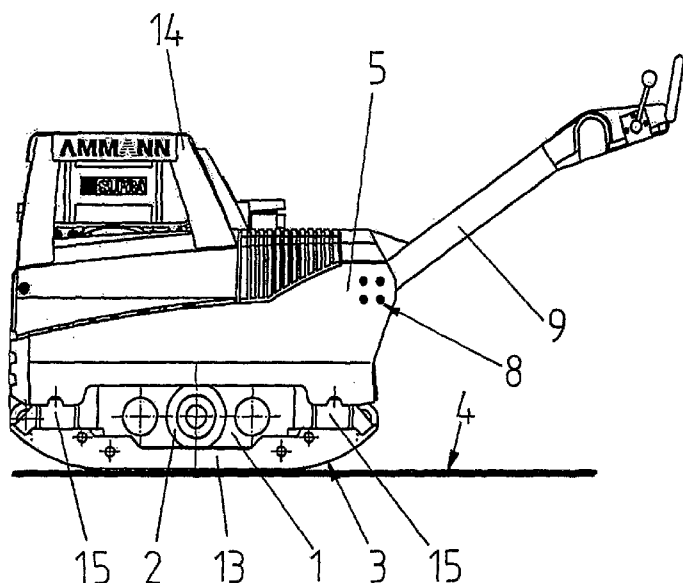
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: ARRANGEMENT FOR PROVIDING A PULSING COMPRESSIVE FORCE

(54) Bezeichnung : ANORDNUNG ZUR BEREITSTELLUNG EINER PULSIERENDEN DRUCKKRAFT

Fig.1



(57) Abstract: The invention relates to a soil compacting device. The device comprises an exciter part (1), which has an unbalance exciter (2) for producing an intermittent exciter force and which has a contact surface (3) for transmitting a force component of the exciter force directed perpendicularly to the contact surface (3) to the soil surface (4) to be compacted as a pulsing compressive force. The device also comprises a damper part (5), which is connected to the exciter part (1) by means of a spring-damper unit (15). The spring stiffness of the spring-damper unit (15), the damping of the spring-damper unit (15), the spring pre-load of the spring-damper unit (15), the mass of the damper part (5), the mass moment of inertia of the damping part (5), the mass of the exciter part (1), and/or the mass moment of inertia of the exciter part (1) can be varied during operation. It is thereby possible for the first time to provide soil compacting tools functioning according to the damper principle that can always be operated at the optimal operating point for different soil types and during progressing compaction and that have corresponding advantages regarding the compacting performance and durability of the tools.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft eine Bodenverdichtungsvorrichtung. Die Vorrichtung umfasst einen Erregerteil (1) mit einem Unwuchterreger (2) zur Erzeugung einer intermittierenden Erregerkraft und mit einer Kontaktfläche (3) zur Übertragung einer senkrecht zur Kontaktfläche (3) gerichteten Kraftkomponente der Erregerkraft als pulsierende Druckkraft auf die zu verdichtende Bodenfläche (4). Weiter umfasst die Vorrichtung einen Tilgerteil (5), welcher mit dem Erregerteil (1) über eine Feder-Dämpfer-Einheit (15) verbunden ist. Dabei ist oder sind die Federsteifigkeit der Feder-Dämpfer-Einheit (15), die Dämpfung der Feder-Dämpfer-Einheit (15), die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15), die Masse des Tilgerteils (5), das Massenträgheitsmoment des Tilgerteils (5), die Masse des Erregerteils (1) und/oder das Massenträgheitsmoment des Erregerteils (1) im Betrieb veränderbar. Hierdurch wird es erstmals möglich, nach dem Tilgerprinzip funktionierende Bodenverdichtungsgeräte zur Verfügung zu stellen, welche für unterschiedliche Bodentypen und bei fortschreitender Verdichtung immer im optimalen Betriebspunkt betrieben werden können, mit entsprechenden Vorteilen bezüglich der Verdichtungsleistung und Haltbarkeit der Geräte.

Anordnung zur Bereitstellung einer pulsierenden Druckkraft

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bereitstellung einer pulsierenden Druckkraft, eine Bodenverdichtungs-
vorrichtung umfassend eine solche Anordnung, ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Anordnung oder
15 einer solchen Bodenverdichtungs-
vorrichtung sowie die Verwendung einer solchen Anordnung zur Bodenverdichtung ge-
mäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

STAND DER TECHNIK

Insbesondere in der Bodenverdichtung kommen
Verdichtungsgeräte zum Einsatz, welche nach dem so ge-
nannten Tilgerprinzip funktionieren. Hierbei wird eine
ebene Platte oder ein Walzenkörper (Bandage), welche die
Bodenkontaktfläche bildet, mittels eines Unwuchterregers
25 zu Schwingungen angeregt. Die Platte oder der Walzenkörper ist über ein Feder-Dämpfer-System mit einer darüber angeordneten Tilgermasse verbunden, welche über das Feder-Dämpfer System ebenfalls zu Schwingungen angeregt wird. Schwingt die Tilgermasse gleichphasig mit derselben
30 Frequenz (1:1 Resonanz) oder der halben Frequenz (2:1 Resonanz) der Platte oder des Walzenkörpers, so ergibt sich bei diesem Maschinenkonzept (Tilgerprinzip) eine maximale Bodenverdichtungskraft, welcher der Leistung deutlich grösserer bzw. schwererer Maschinen ohne Tilger-
35 masse entspricht.

Systembedingt ergibt sich bei solchen Bodenverdichtungsgeräten jedoch das Problem, dass das Schwingungsverhalten der Platte oder des Walzenkörpers, welche oder welcher die Tilgermasse zu Schwingungen anregt, von
40 der Steifigkeit des zu verdichtenden Bodens beeinflusst wird, welche örtlich unterschiedlich sein kann und sich

5 zudem während dem Verdichten des Bodens ändert. Dies
führt in der Praxis dazu, dass einfachere Geräte mit fes-
ten Erregerfrequenzen in den seltensten Fällen im optima-
len Betriebspunkt (1:1 oder 2:1 Resonanz) betrieben wer-
den können und somit ihr Leistungspotential nicht aus-
10 schöpfen können. Auch kann es durch längeren Betrieb im
suboptimalen Bereich zu frühzeitigem Verschleiss oder gar
zur Zerstörung der Geräte kommen.

Bei technisch aufwendigeren Geräten mit re-
gelbaren Unwuchterregern lässt sich der gewünschte Reso-
15 nanzzustand durch Änderung der Erregerfrequenz in weiten
Bereichen herstellen, so dass zumindest das letztgenannte
Problem vermieden werden kann. Jedoch ergibt sich hierbei
der Nachteil, dass die zur Herstellung des Resonanzzu-
stands erforderliche Erregerfrequenz oftmals energetisch
20 suboptimal ist, was wiederum dazu führt, dass auch diese
Geräte ihr Leistungspotential nicht voll ausschöpfen kön-
nen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

25 Es stellt sich deshalb die Aufgabe, techni-
sche Mittel zur Verfügung zu stellen, mit denen die zuvor
geschilderten Nachteile des Standes der Technik zumindest
teilweise überwunden werden können.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand von
30 Patentanspruch 1 gelöst.

Demgemäss betrifft ein erster Aspekt der Er-
findung eine Anordnung zur Bereitstellung einer pulsie-
renden Druckkraft. Die Anordnung umfasst einen Erreger-
teil mit einem Unwuchterreger zur Erzeugung einer inter-
mittierenden Erregerkraft und mit einer Kontaktfläche zur
35 Übertragung einer senkrecht zur Kontaktfläche gerichteten
Kraftkomponente der Erregerkraft als pulsierende Druck-
kraft auf ein Werkzeug oder auf eine mit der Druckkraft
zu beaufschlagende Arbeitsfläche. Weiter umfasst die An-
40 ordnung einen Tilgerteil, welcher mit dem Erreger-
teil über eine Feder-Dämpfer-Einheit verbunden ist, zur Bil-

5 dung eines durch den Unwuchterreger zu resonanten Schwingungen anregbaren schwingfähigen Systems.

Erfindungsgemäss ist die Anordnung derartig ausgebildet, dass die Federsteifigkeit (auch Federkonstante genannt) der Feder-Dämpfer-Einheit, die Dämpfung
10 der Feder-Dämpfer-Einheit, die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit, die Masse des Tilgerteils, das an der Feder-Dämpfer-Einheit wirksam werdende Massenträgheitsmoment des Tilgerteils, die Masse des Erregerteils und/oder das an der Feder-Dämpfer-Einheit wirksam wer-
15 dende Massenträgheitsmoment des Erregerteils im Betrieb veränderbar ist bzw. sind.

Hierdurch wird es möglich, das schwingfähige System gebildet aus Erregerteil, Feder-Dämpfer-Einheit und Tilgerteil bei einer gegebenen Erregerfrequenz für
20 unterschiedliche Ankopplungssteifigkeiten der Kontaktfläche an ein Werkzeug oder an eine Arbeitsfläche in Resonanz zu halten und somit einen energetisch optimalen Betrieb mit einer maximalen an der Kontaktfläche zur Verfügung gestellter pulsierenden Druckkraft bei unter-
25 schiedlichen bzw. sich ändernden Einsatzbedingungen zu ermöglichen. Entsprechend wird es mit der erfindungsgemässen Anordnung erstmals möglich, nach dem Tilgerprinzip funktionierende Bodenverdichtungsgeräte zur Verfügung zu stellen, welche für unterschiedliche Bodentypen und bei
30 fortschreitender Verdichtung immer im optimalen Betriebspunkt betrieben werden können, mit entsprechenden Vorteilen bezüglich der Verdichtungsleistung und Haltbarkeit der Geräte.

Bevorzugterweise ist der Unwuchterreger der
35 erfindungsgemässen Anordnung als Richtschwinger oder als Kreisschwinger ausgebildet. Je nach vorgesehener Verwendung kann die eine oder die andere Alternative vorteilhafter sein. So ist es zum Beispiel für den Fall, dass mit der Anordnung eine Vibrationsplatte zur Bodenverdichtung gebildet werden soll, von Vorteil, wenn der Unwuchterreger als Richtschwinger ausgebildet ist, weil sich so
40

5 durch Neigung der Schwingungsrichtung gegenüber der Vertikalen gleichzeitig der Antrieb der Vibrationsplatte realisieren lässt. Soll mit der Anordnung hingegen ein Walzenzug mit einem separaten Antrieb gebildet werden, so ist es bevorzugt, den Unwuchterreger als einfachen Kreis-
10 schwinger auszuführen, da derartige Unwuchterreger konstruktiv einfach zu realisieren sind und entsprechend robust und kostengünstig sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Anordnung derartig ausgebildet, dass sich der Tilgerteil
15 der Anordnung beim bestimmungsgemässen Betrieb in Schwerkraftrichtung ausschliesslich auf dem Erregerteil abstützt, mittels der Feder-Dämpfer-Einheit. Bevorzugterweise ist der Tilgerteil hierfür über dem Erregerteil angeordnet, so dass sich ein einfacher Aufbau ergibt. Derartige Ausführungsformen der Anordnung werden bevorzugterweise zur Bildung von Vibrationsplatten zur Bodenverdichtung verwendet, bei denen sich die gesamte Geräteeinheit ausschliesslich über die Bodenplatte auf dem Boden abstützt.
20

25 In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Anordnung derartig ausgebildet, dass sich der Tilgerteil beim bestimmungsgemässen Betrieb teilweise über die Feder-Dämpfer-Einheit auf dem Erregerteil abstützt und teilweise auf Tragmitteln, welche separat von dem Erregerteil ausgebildet sind. Auf diese Weise vollführt der Tilgerteil beim bestimmungsgemässen Betrieb eine intermittierende Kippschwingung um eine Kippachse im Bereich der schwingungsmässig vom Erregerteil entkoppelten Tragmittel herum. Bei einer solchen Ausführungsform
30 lässt sich auf einfache Weise das an der Feder-Dämpfer-Einheit wirksam werdende Massenträgheitsmoment des Tilgerteils sowie die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit verändern und damit Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Anordnung nehmen, indem die Gewichtsverteilung zwischen dem von dem Erregerteil zu tragenden Gewichtsanteil des Tilgerteils und dem von den Tragmitteln
35
40

5 zu tragenden Gewichtsanteil des Tilgerteils verändert wird. Dies kann beispielsweise durch Verschieben eines Gewichts auf dem Tilgerteil erfolgen und ist mit einfachen Mitteln, wie z.B. einer motorischen Spindel, auch während dem Betrieb möglich.

10 In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Anordnung einen Ruheteil auf, welcher mit dem Erregerteil oder dem Tilgerteil verbunden ist, derart, dass er mit diesem Teil eine zusammenhängende Einheit bildet, aber schwingungsmässig im Wesentlichen
15 davon entkoppelt ist. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Anordnung über einen Teilbereich verfügt, der im Betrieb nur verhältnismässig geringen Beschleunigungen ausgesetzt ist und sich von daher als mechanische Schnittstelle zum Bedienpersonal und als Installationsort
20 für allfällige Steuerungskomponenten eignet.

Dabei ist es in einer ersten bevorzugten Variante dieser Ausführungsform vorgesehen, dass der Ruheteil beim bestimmungsgemässen Betrieb vollständig von dem Erregerteil oder von dem Tilgerteil getragen ist. Wird
25 beispielsweise die erfindungsgemässe Anordnung als handgeführte Vibrationsplatte zur Bodenverdichtung ausgebildet, so bildet die Führungsdeichsel der Vibrationsplatte, welche auch die Bedienelemente trägt, ein derartiges Ruheteil, indem sie mit einer schwingungsisolierenden Lageranordnung am Tilgerteil oder am Erregerteil gelagert
30 ist und von diesem getragen wird.

In einer zweiten bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist der Ruheteil beim bestimmungsgemässen Betrieb vollständig von Tragmitteln getragen, welche
35 schwingungsmässig im Wesentlichen entkoppelt von dem Erregerteil und dem Tilgerteil sind. So ist es beispielsweise vorgesehen, die erfindungsgemässe Anordnung als Bodenverdichtungsgerät bestehend aus einem Bodenverdichtungs-Vorsatzgerät und einem damit verbundenen Radlader
40 oder Bagger, welcher im bestimmungsgemässen Betrieb ausschliesslich die Führung und den Antrieb der Anordnung in

5 horizontaler Richtung übernimmt aber in vertikaler Richtung die Anordnung weder stützt noch eine Kraft auf sie ausübt, auszubilden. Das Bodenverdichtungs-Vorsatzgerät kann dabei als Vibrationsplatte oder als vibrationserregter Walzenkörper ausgebildet sein.

10 In einer dritten bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist es vorgesehen, dass der Ruheteil beim bestimmungsgemässen Betrieb teilweise von dem Erregerteil oder dem Tilgerteil getragen ist und teilweise von Tragmitteln, welche schwingungsmässig im Wesentlichen entkoppelt von dem Erregerteil und dem Tilgerteil sind. Wird
15 beispielsweise die erfindungsgemässe Anordnung als ein Walzenzug zur Bodenverdichtung ausgebildet, so bildet die Antriebseinheit mit der Führerkabine ein derartiges Ruheteil, indem sie sich an einem Ende mit schwingungsisolierenden Lagern auf dem als Walzenkörper ausgebildeten Erregerteil oder auf dem Tilgerteil abstützt und am anderen
20 Ende über Antriebsräder auf dem Boden.

Dabei ist es bei dieser dritten bevorzugten Variante von Vorteil, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass im Betrieb eine Veränderung der Gewichtsverteilung zwischen dem von dem Erregerteil bzw.
25 dem Tilgerteil zu tragenden Gewichtsanteil des Ruheteils und dem von den Tragmitteln zu tragenden Gewichtsanteil des Ruheteils möglich ist, bevorzugterweise durch Verschieben eines Gewichts auf dem Ruheteil. Hierdurch kann auf einfache Weise Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Anordnung genommen werden.

Weiter ist es bei Ausführungsformen der erfindungsgemässen Anordnung mit Ruheteil bevorzugt, dass
35 die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass eine Veränderung der Masse des Tilgerteils, des Massenträgheitsmoments des Tilgerteils, der Masse des Erregerteils und/oder des Massenträgheitsmoments des Erregerteils dadurch möglich ist, dass ein oder mehrere Flüssigkeitsvolumen
40 zwischen dem Ruheteil und dem Erregerteil und/oder dem Tilgerteil ausgetauscht wird oder werden. Auf diese Weise

5 kann in weiten Bereichen Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Anordnung genommen werden. Ebenso ist es auch denkbar, das Massenträgheitsmoment des Erregerteils und/oder des Tilgerteils dadurch zu verändern, dass jeweils ein oder mehrere Flüssigkeitsvolumen innerhalb des Erregerteils und/oder innerhalb des Tilgerteils verschoben werden.

Ist die erfindungsgemässe Anordnung derartig ausgebildet, dass eine Veränderung der Masse des Tilgerteils, des Massenträgheitsmoments des Tilgerteils, der Masse des Erregerteils und/oder des Massenträgheitsmoments des Erregerteils dadurch möglich ist, dass ein oder mehrere Flüssigkeitsvolumen zwischen dem Tilgerteil und dem Erregerteil ausgetauscht wird oder werden, was bevorzugt ist, so kann auch ohne das Vorhandensein eines Ruhteils in weiten Bereichen Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Anordnung genommen werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemässe Anordnung derartig ausgebildet, dass der Tilgerteil und/oder der Erregerteil mindestens zwei Massen aufweist, welche bei Beschleunigung des Tilgerteils bzw. des Erregerteils in einer Richtung senkrecht zur Kontaktfläche entgegen einer Federkraft zueinander beweglich sind, wobei die Federkraft im Betrieb veränderbar ist. Hierdurch kann bei konstanter Masse des Tilger- bzw. Erregerteils auf einfache Weise das am Feder-Dämpfer-System wirksame Massenträgheitsmoment des Tilgerteils bzw. des Erregerteils verändert werden.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemässe Anordnung derartig ausgebildet, dass eine Veränderung der Federsteifigkeit der Feder-Dämpfer-Einheit durch Versteifung von Federelementen der Feder-Dämpfer-Einheit und/oder durch Änderung der Krafteinleitung in Federelemente der Feder-Dämpfer-Einheit möglich ist. Im erstgenannten Fall ist es beispielsweise vorgesehen, Elastomer-Hohlfedern zu verwenden, deren Federsteifigkeit durch Beaufschlagung ihres

5 Innenraumes mit einem unter Druck stehenden Fluid über
eine Veränderung des Fluiddruckes verändert werden kann.
Im letztgenannten Fall erfolgt die Änderung der Kraftein-
leitung bevorzugterweise durch Änderung einer Übersetzung
der eingeleiteten Kräfte, z.B. mittels längenvariabler
10 Kniehebel.

Ist die erfindungsgemässe Anordnung derartig
ausgebildet, dass die Frequenz der Erregungskraft, die
Grösse der Erregungskraft und/oder die Wirkrichtung der
Erregungskraft des Unwuchterregers im Betrieb veränderbar
15 ist bzw. sind, was ebenfalls bevorzugt ist, so ergibt
sich der Vorteil, dass die Anordnung eine maximale Flexi-
bilität zur Anpassung an verschiedene bzw. sich verän-
dernde Betriebsbedingungen aufweist.

Weiter ist es bevorzugt, dass die Anordnung
20 eine insbesondere elektronische Steuerungs- bzw. Regel-
ungseinheit umfasst, mit welcher die Federsteifigkeit der
Feder-Dämpfer-Einheit, die Dämpfung der Feder-Dämpfer-
Einheit, die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit,
die Masse des Tilgerteils, das Massenträgheitsmoments des
25 Tilgerteils, die Masse des Erregerteils und/oder das Mas-
senträgheitsmoment des Erregerteils im Betrieb automati-
siert in Abhängigkeit von gemessenen Systemgrössen ein-
stellbar ist oder sind, und zwar bevorzugterweise derart,
dass der Tilgerteil in Resonanz mit dem Erregerteil
30 schwingt, mit Vorteil mit derselben Frequenz oder mit der
halben Frequenz des Erregerteils.

Ist die erfindungsgemässe Anordnung dabei
derartig ausgebildet, dass die Frequenz der Erregungs-
kraft, die Grösse der Erregungskraft und/oder die Wirk-
35 richtung der Erregungskraft des Unwuchterregers im Be-
trieb veränderbar ist bzw. sind, was bevorzugt ist, so
ist es von Vorteil, dass mit der Steuerungs- bzw. Regel-
ungseinheit zusätzlich die Frequenz der Erregungskraft,
die Grösse der Erregungskraft und/oder die Wirkrichtung
40 der Erregungskraft des Unwuchterregers im Betrieb automa-
tisiert in Abhängigkeit von gemessenen Systemgrössen ein-

5 stellbar ist oder sind, bevorzugterweise derart, dass der Tilgerteil in Resonanz mit dem Erregerteil schwingt, mit Vorteil mit derselben Frequenz oder mit der halben Frequenz des Erregerteils.

10 Mit derartigen erfindungsgemässen Anordnungen wird es möglich, Bodenverdichtungsrichtungen zur Verfügung zu stellen, welche automatisch immer im optimalen Betriebspunkt arbeiten.

15 Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Bodenverdichtungsrichtung mit einer Anordnung gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung, bei welcher im bestimmungsgemässen Betrieb die anspruchsgemässe Kontaktfläche der Anordnung als Werkzeug zum Verdichten des Bodens dient. Bei derartigen Vorrichtungen treten die Vorteile der Erfindung besonders deutlich zu Tage.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Bodenverdichtungsrichtung eine Vibrationsplatte oder eine Walze, insbesondere eine Walze mit einem oder zwei in Abrollrichtung hintereinander angeordneten vibrationserregten Walzenkörpern (Bandagen).

25 Ein dritter Aspekt betrifft ein Verfahren zum Betreiben der Anordnung gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung oder der Bodenverdichtungsrichtung gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung. Gemäss dem Verfahren wird die Anordnung bestimmungsgemäss mit der Kontaktfläche in Kontakt mit einem eine Arbeit verrichtenden Werkzeug oder
30 einer zu bearbeitenden, bevorzugterweise zu verdichtenden Arbeitsfläche, wie z.B. eine zu verdichtende Bodenfläche, betrieben.

35 Dabei wird die Federsteifigkeit (auch Federkonstante genannt) der Feder-Dämpfer-Einheit, die Dämpfung der Feder-Dämpfer-Einheit, die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit, die Masse des Tilgerteils, das Massenträgheitsmoment des Tilgerteils, die Masse des Erregerteils und/oder das Massenträgheitsmoment des Erregerteils verändert, so dass sich das Schwingungsverhalten
40 des schwingfähigen Systems gebildet aus Erregerteil, Fe-

5 der-Dämpfer-Einheit und Tilgerteil verändert. Auf diese Weise ist es möglich, die Anordnung bzw. die Bodenverdichtungsvorrichtung für verschiedenste Anwendungen bzw. Betriebssituationen zu optimieren.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird beim bestimmungsgemässen Betrieb zusätzlich die Frequenz der Erregungskraft, die Grösse der Erregungskraft und/oder die Wirkrichtung der Erregungskraft des Unwuchterregers verändert, wodurch eine noch bessere Anpassung der Anordnung bzw. Bodenverdichtungsvorrichtung
15 an unterschiedlichste Betriebsbedingungen möglich wird.

Bevorzugterweise werden bei dem erfindungsgemässen Verfahren die Federsteifigkeit der Feder-Dämpfer-Einheit, die Dämpfung der Feder-Dämpfer-Einheit, die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit, die Masse des
20 Tilgerteils, das Massenträgheitsmoment des Tilgerteils, die Masse des Erregerteils und/oder das Massenträgheitsmoment des Erregerteils, und/oder, wo zutreffend, die Frequenz der Erregungskraft, die Grösse der Erregungskraft und/oder die Wirkrichtung der Erregungskraft des
25 Unwuchterregers derartig verändert, dass der Tilgerteil in Resonanz mit dem Erregerteil schwingt, und zwar bevorzugterweise mit derselben Frequenz oder mit der halben Frequenz des Erregerteils. Hierdurch kann an der Kontaktfläche der erfindungsgemässen Anordnung eine pulsierende
30 Druckkraft mit maximaler Grösse zur Verfügung gestellt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden während dem bestimmungsgemässen Betrieb der Anordnung Systemparameter des durch den Unwuchterreger zu Schwingungen angeregten Systems gebildet
35 aus Erregerteil, Feder-Dämpfer-Einheit und Tilgerteil ermittelt, insbesondere die Beschleunigungen des Erregerteils und/oder des Tilgerteils in Richtung senkrecht zur Kontaktfläche sowie die Drehfrequenz des Unwuchterregers.
40 Das Verändern der Federsteifigkeit der Feder-Dämpfer-Einheit, der Dämpfung der Feder-Dämpfer-Einheit, der Feder-

5 vorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit, der Masse des Tilgerteils, des Massenträgheitsmoment des Tilgerteils, der Masse des Erregerteils und/oder des Massenträgheitsmoment des Erregerteils, und/oder, wo zutreffend, der Frequenz der Erregungskraft, der Grösse der Erregungskraft und/-
10 oder der Wirkrichtung der Erregungskraft des Unwuchterregers erfolgt in Abhängigkeit von einem oder mehreren der ermittelten Systemparameter. Auf diese Weise kann gezielt ein bestimmtes Schwingungsverhalten des schwingfähigen Systems gebildet aus Erregerteil, Feder-Dämpfer-
15 Einheit und Tilgerteil eingestellt werden.

 Bevorzugterweise erfolgt beim erfindungsgemässen Verfahren das Verändern der Federsteifigkeit der Feder-Dämpfer-Einheit, der Dämpfung der Feder-Dämpfer-Einheit, der Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit,
20 der Masse des Tilgerteils, des Massenträgheitsmoment des Tilgerteils, der Masse des Erregerteils und/oder des Massenträgheitsmoment des Erregerteils und/oder, wo zutreffend, der Frequenz der Erregungskraft, der Grösse der Erregungskraft und/oder der Wirkrichtung der Erregungskraft
25 des Unwuchterregers sowie, wo zutreffend, das Ermitteln der Systemparameter automatisiert über eine insbesondere elektronische Steuerungs- bzw. Regelungseinheit. Hierdurch wird es möglich, die Anordnung bzw. die Bodenverdichtungsvorrichtung derartig auszugestalten, dass sich
30 diese automatisch an die im bestimmungsgemässen Betrieb angetroffene Betriebssituation anpasst, sich beispielsweise immer derartig einstellt, dass der Tilgerteil in Resonanz mit dem Erregerteil schwingt, bei einer möglichst grossen Erregerfrequenz.

35 Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung der Anordnung gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung zur Bodenverdichtung. Bei einer derartigen Verwendung treten die Vorteile der Erfindung besonders deutlich zu Tage.

5

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Weitere Ausgestaltungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

10

Fig. 1 eine Seitenansicht einer ersten erfindungsgemässen Vibrationsplatte zur Bodenverdichtung;

Fig. 2 das schwingungstechnische Modell des schwingfähigen Systems der Vibrationsplatte aus Fig. 1;

15 die Figuren 3a bis 3c Schnitte durch eine Elastomer-Hohlfeder des schwingfähigen Systems der Vibrationsplatte aus Fig. 1 bei verschiedenen Hohlraum-Innendrücken;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer zweiten erfindungsgemässen Vibrationsplatte zur Bodenverdichtung;

20

Fig. 5 das schwingungstechnische Modell des schwingfähigen Systems der Vibrationsplatte aus Fig. 4;

Fig. 6 eine Seitenansicht eines ersten erfindungsgemässen Walzenzugs zur Bodenverdichtung;

25

Fig. 7 das schwingungstechnische Modell des schwingfähigen Systems des Walzenzugs aus Fig. 6;

Fig. 8 eine Seitenansicht eines zweiten erfindungsgemässen Walzenzugs zur Bodenverdichtung;

Fig. 9 eine Seitenansicht eines dritten erfindungsgemässen Walzenzugs zur Bodenverdichtung;

30

Fig. 10 eine schematische Darstellung eines Feder-Dämpfer-Systems mit verstellbarer Federsteifigkeit; und

Fig. 11 einen Schnitt durch einen Tilgerteil mit verstellbarem Massenträgheitsmoment.

35

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Fig. 1 zeigt eine erste erfindungsgemässe, als Vibrationsplatte ausgebildete Bodenverdichtungsanordnung in der Seitenansicht. Fig. 2 zeigt schematisch das schwingungstechnische Modell des schwingfähigen Systems dieser Vibrationsplatte.

40

5 Wie zu erkennen ist, weist die Vibrationsplatte einen Unterwagen 1 (anspruchsgemässer Erregerteil) und einen Oberwagen 5 (anspruchsgemässer Tilgerteil) auf.

 Der Unterwagen 1 umfasst eine Bodenkontaktplatte 13, welche auf ihrer Unterseite eine Kontaktfläche
10 3 für die Einleitung der von der Vibrationsplatte erzeugten pulsierenden Druckkraft in den zu verdichtenden Boden 4 aufweist, und einen als Richtschwinger ausgebildeten Unwuchterreger 2 mit einem Hydraulikmotor, welcher eine im Wesentlichen vertikal gerichtete intermittierende Erregerkraft erzeugt, die in die Bodenkontaktplatte 13 ein-
15 geleitet wird.

 Der Oberwagen 5 umfasst ein Antriebsaggregat 14 mit einem Dieselmotor, welcher eine Hydraulikpumpe und einen Luftkompressor antreibt. Die Hydraulikpumpe ver-
20 sorgt über Hydraulikschläuche den Hydraulikmotor des Unwuchterregers 2 mit einem Strom von unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit, zum Antreiben des Unwuchterregers 2. Das Chassis des Oberwagens 5 ist gewichtsmässig derartig dimensioniert, dass sich zusammen mit dem Antriebsaggregat 14 eine bestimmte Gesamtmasse der Oberwagens als
25 Tilgermasse ergibt.

 Der Oberwagen 5 stützt sich in Schwerkraft-richtung über vier in ihrer Federsteifigkeit und ihrem Dämpfungsverhalten veränderbare Elastomer-Hohlfedern 15
30 (anspruchsgemässe Feder-Dämpfer-Einheit) auf dem Unterwagen 1 ab. Eine weitere Abstützung des Oberwagens 5 in Schwerkraftrichtung besteht nicht.

 Im schwingungstechnischen Modell gemäss Fig. 2 sind die Elastomer-Hohlfedern 15 durch die Feder 15a
35 mit der Federsteifigkeit k_2 und den Dämpfer 15b mit der Dämpfung d_2 repräsentiert. Die Masse des Oberwagens 5 ist mit m_2g und die des Unterwagens 1 mit m_1g bezeichnet, die Bewegungen des Ober- und Unterwagens in vertikaler Richtung mit x_2 und x_1 . Die Federsteifigkeit des Bodens 4 ist
40 mit k_1 und dessen Dämpfung mit d_1 bezeichnet. Weiter ist

5 in Fig. 2 die Drehfrequenz des Unwuchterregers 2 mit Ω_1 und dessen Erregerkraft mit F_1 bezeichnet.

Der Aufbau der Elastomer-Hohlfedern 15 ist aus den Figuren 3a bis 3c ersichtlich, welche Schnitte durch eine der Elastomer-Hohlfedern 15 bei einem Überdruck in deren Innenraum 16 von 0 bar (Fig. 3a), von 2 bar (Fig. 3b) und von 4 bar (Fig. 3c) zeigen. Wie zu erkennen ist, streckt sich der Elastomerkörper 17 der Elastomer-Hohlfeder 15 mit zunehmendem Druck im Innenraum 16 zunehmend in axialer Richtung (Belastungsrichtung) und
15 baucht in radialer Richtung zunehmend aus. Dabei nimmt mit zunehmendem Druck im Innenraum 16 die Steifigkeit der Elastomer-Hohlfeder 15 zu.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Vibrationsplatte sind die Innenräume 16 der Elastomer-Federelemente 15
20 über Leitungen und Steuerventile mit dem Luftkompressor der Antriebsinheit 14 verbunden und können so gezielt mit einem Überdruck zwischen 0 bar und 6 bar beaufschlagt werden, zur Veränderung der Federsteifigkeit der Elastomer-Federelemente 15.

25 Am Oberwagen 5 mittels schwingungsisolierenden Befestigungselemente 8 befestigt ist eine Führungsdeichsel 9 (anspruchsgemässer Ruheteil), welche die Bedienelemente trägt und der Führung der Vibrationsplatte durch einen Bediener dient. Die schwingungsisolierenden Befestigungselemente 8 sind derartig ausgelegt, dass die Führungsdeichsel 9 mit dem Oberwagen 5 eine zusammenhängende Einheit bildet, jedoch schwingungsmässig im Wesentlichen von diesem entkoppelt ist.

Weiter umfasst die Vibrationsplatte eine
35 elektronische Steuerungs- bzw. Regelungseinheit, mittels welcher im Betrieb die Beschleunigungen des Unterwagens 5 und des Unterwagens 1 in vertikaler Richtung, d.h. senkrecht zur Kontaktfläche 3, sowie der Drehfrequenz Ω_1 des Unwuchterregers 2 ermittelt werden können und in Abhängigkeit von diesen ermittelten Systemparametern die Steifigkeit und Dämpfung der Elastomer-Federelemente 15 durch
40

5 Veränderung des Überdrucks in deren Innenraum 16 automa-
tisch derartig verändert werden kann, dass der Oberwagen
5 immer in Resonanz mit dem Unterwagen 1 schwingt. Zudem
kann die Steuerungs- bzw. Regelungseinheit die Drehfre-
quenz des Unwuchterregers 2 während dem Betrieb automa-
10 tisch derartig regeln, dass eine maximale Verdichtungs-
leistung erzielt wird.

Fig. 4 zeigt eine zweite erfindungsgemässe,
als Vibrationsplatte ausgebildete Bodenverdichtungs-
richtung in der Seitenansicht und Fig. 5 schematisch das
15 schwingungstechnische Modell des schwingfähigen Systems
dieser zweiten Vibrationsplatte.

Wie zu erkennen ist, weist diese Vibrations-
platte bis auf wenige Details den gleichen Aufbau auf wie
die erste Vibrationsplatte gemäss den Figuren 1 und 2.
20 Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch darin, dass
sich bei der hier gezeigten Vibrationsplatte der Ober-
wagen 5 über in ihrer Steifigkeit nicht veränderbare
Elastomerfedern 18 auf dem Unterwagen 1 abstützt. Im
schwingungstechnischen Modell gemäss Fig. 5 sind die
25 Elastomerfedern 18 durch die Feder 18a mit der Federstei-
figkeit k_2 und den Dämpfer 18b mit der Dämpfung d_2 reprä-
sentiert.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht
darin, dass hier die Massen m_{1g} , m_{2g} von Unterwagen 1 und
30 Oberwagen 5 im Betrieb gezielt veränderbar sind, indem
über einen Verbindungsschlauch 12 Flüssigkeit zwischen
Ober- 5 und dem Unterwagen 1 ausgetauscht wird. Hierzu
sind sowohl im Unterwagen 1 als auch im Oberwagen 5 als
Kolbenspeicher ausgebildete Ballasttanks vorhanden, deren
35 Volumen mittels hydraulischer Antriebe und einer zugeord-
neten Steuerungs- bzw. Regelungseinheit gezielt und ge-
gensinnig verändert werden kann.

Im vorliegenden Fall ist die elektronische
Steuerungs- bzw. Regelungseinheit ebenfalls derartig aus-
40 gebildet, dass Sie im Betrieb die Beschleunigungen des
Oberwagens 5 und des Unterwagens 1 in vertikaler Rich-

5 tung, d.h. senkrecht zur Kontaktfläche 3, sowie der Dreh-
frequenz Ω_1 des Unwuchterregers ermitteln kann. Im Gegen-
satz zu der Steuerungs- bzw. Regelungseinheit der Vibra-
tionsplatte gemäss den Figuren 1 und 2 verändert die
Steuerungs- bzw. Regelungseinheit hier jedoch im Betrieb
10 in Abhängigkeit von diesen ermittelten Systemparametern
die Massen m_{1g} , m_{2g} von Unterwagen 1 und Oberwagen 5
automatisch derartig, dass der Oberwagen 5 in Resonanz
mit dem Unterwagen 1 schwingt.

Fig. 6 zeigt eine erste Ausführungsform einer
15 als Walzenzug ausgebildeten erfindungsgemässen Bodenver-
dichtungsvorrichtung in der Seitenansicht und Fig. 7
schematisch das schwingungstechnische Modell des schwing-
fähigen Systems dieses Walzenzugs.

Wie zu erkennen ist, weist der Walzenzug
20 einen Vorderteil 19 und einen Hinterteil 20 auf, welche
über ein Knickgelenk 21 miteinander verbunden sind.

Der Vorderteil 19 des Walzenzugs besteht im
Wesentlichen aus einem Walzenkörper 23 (anspruchsgemässer
Erregerteil) und einem Chassis-Rahmen 25 (anspruchsgemäs-
25 ser Tilgerteil).

Der Walzenkörper 23 umfasst eine Bandage 11,
welche die Kontaktfläche 3 für die Einleitung der erzeug-
ten pulsierenden Druckkraft in den zu verdichtenden Boden
4 aufweist, und einen als Kreisschwinger ausgebildeten
30 Unwuchterreger 2 mit einem Hydraulikmotor, welcher eine
bezüglich ihrer Wirkrichtung intermittierende Erreger-
kraft erzeugt, die in die Bandage 11 eingeleitet wird.

Der Chassis-Rahmen 25 stützt sich in Schwer-
kraftrichtung über zwei Feder-Dämpfer-Anordnungen 22 (an-
35 spruchsgemässe Feder-Dämpfer-Einheit) mit unveränderli-
cher Steifigkeit und Dämpfung auf den beiden endseitigen
Lagern des Walzenkörpers 23 ab und ist über schwingungs-
isolierende Befestigungselemente 8 mit dem Knickgelenk 21
verbunden, welches vom Hinterteil 20 des Walzenzugs ge-
40 tragen wird. Die schwingungsisolierenden Befestigungs-
elemente 8 sind derartig ausgelegt, dass das Hinterteil

5 20 des Walzenzugs mit dem Chassis-Rahmen 25 eine zusammenhängende Einheit bildet, jedoch schwingungsmässig im Wesentlichen von diesem entkoppelt ist und damit einen anspruchsgemässen Ruheteil darstellt.

Der Hinterteil 20 des Walzenzugs besteht im
10 Wesentlichen aus einem Antriebsaggregat 14 mit einem Dieselmotor, welcher eine Hydraulikpumpe antreibt, und einer Führerkabine 6. Er stützt sich über zwei von Hydraulikmotoren angetriebene Antriebsräder 10 auf dem Boden 4 ab. Die Hydraulikpumpe versorgt im Betrieb über Hydraulik-
15 schläuche den Hydraulikmotor des Unwuchterregers 2 des Walzenkörpers 23 sowie die Hydraulikmotoren der Antriebsräder 10 jeweils mit einem Strom von unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit, zum Antreiben der Antriebsräder 10 und des Unwuchterregers 2 des Walzenkörpers 23.

20 Im Hinterteil 20 und im Chassis-Rahmen 25 des Vorderteils 19 des Walzenzugs sind Flüssigkeitstanks angeordnet, zwischen denen Flüssigkeit über eine Schlauchleitung 7 ausgetauscht werden kann. Hierdurch ist es möglich, die Masse m_{2g} des Chassis-Rahmens 25 im Betrieb zu
25 verändern.

Je nach Gewichtsverteilung stützt sich der Chassis-Rahmen 25 zusätzlich über das Knickgelenk 21 auf dem Hinterteil 20 des Walzenzugs ab oder stützt sich das Hinterteil 20 zusätzlich über das Knickgelenk 21 auf dem
30 Chassis-Rahmen 25 ab.

Im schwingungstechnischen Modell gemäss Fig. 7 sind die Feder-Dämpfer-Anordnungen 22 durch die Feder 22a mit der Federsteifigkeit k_2 und den Dämpfer 22b mit der Dämpfung d_2 repräsentiert. Die Masse des Chassis-Rahmens 25 ist mit m_{2g} und die des Walzenkörpers 23 mit m_{lg}
35 bezeichnet. Die Bewegung des Chassis-Rahmens 25 ist mit x_2 bezeichnet und die des Walzenkörpers 23 mit x_1 . Die Federsteifigkeit des Bodens 4 ist mit k_1 und dessen Dämpfung mit d_1 bezeichnet. Zudem ist in Fig. 7 die Drehfrequenz des Unwuchterregers 2 mit Ω_1 und dessen Erregerkraft mit F_1 bezeichnet.
40

5 Weiter ist der Walzenzug mit einer elektronischen Steuerungs- bzw. Regelungseinheit ausgerüstet, welche es ermöglicht, im Betrieb die Beschleunigungen des Chassis-Rahmens 25 und des Walzenkörpers 23 in vertikaler Richtung sowie der Drehfrequenz Ω_1 des Unwuchterregers zu
10 ermitteln und in Abhängigkeit von diesen ermittelten Systemparametern die Masse m_{2g} des Chassis-Rahmens 25 automatisch derartig einzustellen, dass der Chassis-Rahmen 25 immer in Resonanz mit dem Walzenkörper 23 schwingt.

Fig. 8 zeigt eine zweite Ausführungsform einer als Walzenzug ausgebildeten erfindungsgemässen Bodenverdichtungsvorrichtung in der Seitenansicht.

Dieser zweite Walzenzug unterscheidet sich von dem in Fig. 6 gezeigten ersten Walzenzug lediglich dadurch, dass der Hinterteil 20 des Walzenzugs von einem
20 Radlader gebildet wird, welcher sich vollständig auf vier Antriebsrädern 10a, 10b zweier hintereinander angeordneter Achsen abstützt und derartig mit dem Chassis-Rahmen 25 verbunden ist, dass er diesen im bestimmungsgemässen Betrieb lediglich in horizontaler Richtung führt und antreibt, aber keine in vertikaler Richtung wirkende Kräfte
25 von diesem aufnimmt oder auf diesen überträgt. Auch hier ist der Hinterteil 20 schwingungsmässig vom Chassis-Rahmen 25 und von dem Walzenkörper 23 des Vorderteils 19 des Walzenzugs entkoppelt und bildet somit ein
30 anspruchsgemässes Ruheteil.

Fig. 9 zeigt eine dritte Ausführungsform einer als Walzenzug ausgebildeten erfindungsgemässen Bodenverdichtungsvorrichtung in der Seitenansicht. Hierbei handelt es sich um einen unbemannten Walzenzug, welcher
35 über eine Funkfernbedienung bedient wird.

Wie zu erkennen ist, umfasst dieser dritte Walzenzug einen Walzenkörper 23 (anspruchsgemässer Erregerteil) und einen Chassis-Rahmen 25 (anspruchsgemässer Tilgerteil), welcher sich in Schwerkraftrichtung an einem
40 Ende über zwei Feder-Dämpfer-Anordnungen 22 (anspruchsgemässe Feder-Dämpfer-Einheit) mit unveränderlicher Stei-

5 figkeit und Dämpfung auf den beiden endseitigen Lagern
des Walzenkörpers 23 abstützt und an seinem anderen Ende
auf zwei von Hydraulikmotoren angetriebene Antriebsrädern
10.

Der Walzenkörper 23 umfasst eine Bandage 11,
10 welche die Kontaktfläche 3 für die Einleitung der erzeug-
ten pulsierenden Druckkraft in den zu verdichtenden Boden
4 aufweist, und einen als Kreisschwinger ausgebildeten
Unwuchterreger 2 mit einem Hydraulikmotor, welcher eine
bezüglich ihrer Wirkrichtung intermittierende Erreger-
15 kraft erzeugt, die in die Bandage 11 eingeleitet wird.

Der Chassis-Rahmen 25 trägt in dem Bereich,
in welchem er sich auf den Antriebsrädern 10 abstützt,
ein Antriebsaggregat 14 mit einem Dieselmotor, welcher
eine Hydraulikpumpe antreibt. Die Hydraulikpumpe versorgt
20 im Betrieb über Hydraulikschläuche den Hydraulikmotor des
Unwuchterregers 2 des Walzenkörpers 23 sowie die Hydrau-
likmotoren der Antriebsräder 10 jeweils mit einem Strom
von unter Druck stehender Hydraulikflüssigkeit, zum An-
treiben der Antriebsräder 10 und des Unwuchterregers 2
25 des Walzenkörpers 23.

Im Bereich zwischen dem Antriebsaggregat 14
und dem Walzenkörper 23 trägt der Chassis-Rahmen 25 ein
Trimmgewicht 26, welches im Betrieb mittels eines Hydrau-
likmotors und einer Gewindespindel in Längsrichtung L
30 verschoben werden kann. Hierdurch kann das an den Feder-
Dämpfer-Anordnungen 22 wirksam werdende Massenträgheits-
moment des Chassis-Rahmens 25, welcher im Betrieb eine
Kippschwingung um eine Drehachse im Bereich der Auf-
standsfläche der Antriebsräder 10 herum vollführt, ver-
35 ändert werden sowie die Stützbelastung der Feder-Dämpfer-
Anordnungen 22, wodurch sich deren Federvorspannung än-
dert.

Auch dieser dritte Walzenzug ist mit einer
elektronischen Steuerungs- bzw. Regelungseinheit ausge-
40 rüstet, welche es ermöglicht, im Betrieb die Beschleuni-
gungen des Chassis-Rahmens 25 und des Walzenkörpers 23 in

5 vertikaler Richtung sowie der Drehfrequenz Ω_1 des Un-
wuchterregers zu ermitteln und in Abhängigkeit von diesen
ermittelten Systemparametern die Masse m_2 des Chassis-
Rahmens 25 automatisch derartig einzustellen, dass der
Chassis-Rahmen 25 immer in Resonanz mit dem Walzenkörper
10 23 schwingt.

Fig. 10 zeigt in einer konzeptionellen Dar-
stellung eine Feder-Dämpfer-Anordnung 31, deren Feder-
steifigkeit durch Änderung der Krafteinleitung in deren
Feder-Dämpfer-Einheit verändert werden kann. Wie zu er-
15 kennen ist, wird die Feder-Dämpfer-Einheit dieser Anord-
nung 31 von zwei Polymerfedererelementen 18 gebildet, wel-
che an einem Ende neigbar gegenüber der bestimmungsgemäs-
sen Belastungsrichtung B an einer ersten Anschlussplatte
27 befestigt sind. An ihrem anderen Ende sind die Poly-
20 merfedererelemente 18 neigbar an Spindelmuttern 28 befes-
tigt, welche mittels einer Einstellspindel 29 in einer
Richtung senkrecht zur Belastungsrichtung B aufeinander
zu oder voneinander weg bewegt werden können, so dass die
Polymerfedererelemente 18 um einen gewünschten Winkel α
25 gegenüber der Belastungsrichtung B geneigt werden können.
Die Spindelmuttern 28 sind in einer Führung 32 in einer
zweiten Anschlussplatte 30 angeordnet, derart, dass bei
Belastung der zweiten Anschlussplatte 30 mit einer in der
bestimmungsgemässen Belastungsrichtung B wirkenden Kraft
30 diese Kraft in die Polymerfedererelemente 18 eingeleitet
und auf die erste Anschlussplatte 27 übertragen wird. Je
grösser der eingestellte Neigungswinkel α der Polymerfe-
derelemente 18 gegenüber der bestimmungsgemässen Belas-
tungsrichtung B ist, desto geringer ist die Federsteifig-
35 keit dieser Feder-Dämpfer-Anordnung 31.

Fig. 11 zeigt einen Schnitt durch einen Til-
gerteil mit veränderbarem Massenträgheitsmoment. Der Til-
gerteil umfasst eine Grundplatte 33 und eine Abdeckhaube
34, welche zusammen einen geschlossenen Raum 35 bilden.
40 Angeordnet in diesem Raum 35 sind zwei Tilgergewichte 36
mit jeweils konstanter Masse, welche über Gelenkanordnun-

5 gen 37 und pneumatische Federelemente 38 derartig miteinander und mit der Grundplatte 33 verbunden sind, dass sie bei Beschleunigung des Tilgerteils in und entgegen der Schwerkraftrichtung S entgegen der Federkraft der Federelemente 38 zu einander beweglich sind. Die Federkraft
10 der Federelemente 38 kann im Betrieb verändert werden, indem der Druck in deren Zylinderkammern über Druckluftschläuche (nicht dargestellt) verändert wird. Hierdurch kann das Massenträgheitsmoment dieses Tilgerteils in und entgegen der Schwerkraftrichtung verändert werden.

15 Während in der vorliegenden Anmeldung bevorzugte Ausführungen der Erfindung beschrieben sind, ist klar darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist und auch in anderer Weise innerhalb des Umfangs der nun folgenden Ansprüche ausgeführt werden
20 kann.

5

PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung zur Bereitstellung einer pulsierenden Druckkraft, umfassend

10 a) einen Erregerteil (1, 23) mit einem Unwuchterreger (2) zur Erzeugung einer intermittierenden Erregerkraft und mit einer Kontaktfläche (3) zur Übertragung einer senkrecht zur Kontaktfläche gerichteten Kraftkomponente der Erregerkraft als pulsierende Druckkraft auf ein Werkzeug oder auf eine mit der Druckkraft
15 zu beaufschlagende Arbeitsfläche (4), und

b) einen Tilgerteil (5, 25), welcher mit dem Erregerteil (1, 23) über eine Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) verbunden ist, zur
20 Bildung eines durch den Unwuchterreger (2) zu resonanten Schwingungen anregbaren schwingfähigen Systems,

dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass die Federsteifigkeit (k_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Dämpfung (d_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Masse (m_2) des Tilgerteils (5, 25), das Massenträgheitsmoment des Tilgerteils (5, 25), die Masse (m_1) des Erregerteils (1, 23) und/oder
25 das Massenträgheitsmoment des Erregerteils (1, 23) im Betrieb veränderbar ist bzw. sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Unwuchterreger (2) als Richtschwinger oder als Kreisschwinger ausgebildet ist, zur Erzeugung
35 einer intermittierenden Erregerkraft.

3. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass beim bestimmungsgemässen Betrieb der Tilgerteil (5, 25) sich in Schwerkraftrichtung über die Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18,
40

5 18a, 18b, 22, 22a, 22b) ausschliesslich auf dem Erregerteil (1, 23) abstützt.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass sich der Tilgerteil (5, 25) beim
10 bestimmungsgemässen Betrieb teilweise über die Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) auf dem Erregerteil (1, 23) abstützt und teilweise auf Tragmitteln (8, 10), welche separat von Erregerteil (1, 23) ausgebildet sind.

15 5. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung einen Ruheteil (9, 20) aufweist, welcher mit dem Erregerteil (1, 23) oder dem Tilgerteil (5, 25) verbunden ist, derart, dass er mit dem Erregerteil (1, 23) oder dem Tilgerteil (5, 25) eine zusammenhängende Einheit bildet, aber
20 schwingungsmässig im Wesentlichen davon entkoppelt ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ruheteil (9, 20) beim bestimmungsgemässen Betrieb vollständig von dem Erregerteil (1, 23)
25 oder von dem Tilgerteil (5, 25) getragen ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ruheteil (9, 20) beim bestimmungsgemässen Betrieb vollständig von Tragmitteln (10a, 10b) getragen ist, welche schwingungsmässig im Wesentlichen
30 entkoppelt von dem Erregerteil (1, 23) und dem Tilgerteil (5, 25) sind.

8. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Ruheteil (9, 20) beim bestimmungsgemässen Betrieb teilweise von dem Erregerteil (1, 23) oder
35 dem Tilgerteil (5, 25) getragen ist und teilweise von Tragmitteln (10), welche schwingungsmässig im Wesentlichen entkoppelt von dem Erregerteil (1, 23) und dem Tilgerteil (5, 25) sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist,
40 dass im Betrieb eine Veränderung der Gewichtsverteilung

5 zwischen dem von dem Erregerteil (1, 23) bzw. dem Tilger-
teil (5, 25) zu tragenden Gewichtsanteil des Ruheteils
(9, 20) und dem von den Tragmitteln (10) zu tragenden Ge-
wichtsanteil des Ruheteils (9, 20) möglich ist, insbeson-
dere durch Verschieben eines Gewichts auf dem Ruheteil
10 (9, 20).

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis
9, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig
ausgebildet ist, dass eine Veränderung der Masse (m_2) des
Tilgerteils (5, 25), des Massenträgheitsmoments des Til-
15 gerteils (5, 25), der Masse (m_1) des Erregerteils (1, 23)
und/oder des Massenträgheitsmoments des Erregerteils (1,
23) dadurch möglich ist, dass ein oder mehrere Flüssig-
keitsvolumen zwischen dem Ruheteil (9, 20) und dem Erre-
gerteil (1, 23) und/oder dem Tilgerteil (5, 25) ausge-
20 tauscht wird oder werden.

11. Anordnung nach einem der vorangehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung
derartig ausgebildet ist, dass eine Veränderung der Masse
(m_2) des Tilgerteils (5, 25), des Massenträgheitsmoments
25 des Tilgerteils (5, 25), der Masse (m_1) des Erregerteils
(1, 23) und/oder des Massenträgheitsmoments des Erreger-
teils (1, 23) dadurch möglich ist, dass ein oder mehrere
Flüssigkeitsvolumen zwischen dem Tilgerteil (5, 25) und
dem Erregerteil (1, 23) ausgetauscht wird oder werden.

30 12. Anordnung nach einem der vorangehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Tilgerteil
(5, 25) und/oder der Erregerteil (1, 23) mindestens zwei
Massen aufweist, welche bei Beschleunigung des Tilger-
teils (5, 25) bzw. des Erregerteils (1, 23) in einer
35 Richtung senkrecht zur Kontaktfläche (3) entgegen einer
Federkraft zueinander beweglich sind, wobei die Feder-
kraft im Betrieb veränderbar ist, zur Veränderung des
Massenträgheitsmoments des Tilgerteils (5, 25) bzw. des
Erregerteils (1, 23).

40 13. Anordnung nach einem der vorangehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung

5 derartig ausgebildet ist, dass eine Veränderung der Federsteifigkeit (k_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) durch Versteifung von Federelementen (6) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) und/oder durch Änderung
10 der Krafteinleitung in Federelemente (6) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) möglich ist, insbesondere durch Änderung einer Übersetzung der eingeleiteten Kräfte.

14. Anordnung nach einem der vorangehenden
15 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung derartig ausgebildet ist, dass die Frequenz (Ω_1) der Erregungskraft (F_1), die Grösse der Erregungskraft (F_1) und/oder die Wirkrichtung der Erregungskraft (F_1) des Unwuchterregers (2) im Betrieb veränderbar ist oder sind.

20 15. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Steuerungs- bzw. Regelungseinheit umfasst, mit welcher die Federsteifigkeit (k_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Dämpfung (d_2)
25 der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Masse (m_2) des Tilgerteils (5, 25), das Massenträgheitsmoments des Tilgerteils (5, 25), die Masse (m_1) des Erregerteils (1, 23) und/oder das Massenträgheitsmoment des Erregerteils (1, 23) im Betrieb automatisiert in Abhängigkeit von gemessenen Systemgrössen einstellbar ist oder
30 sind, insbesondere derart, dass der Tilgerteil (5, 25) in Resonanz mit dem Erregerteil (1, 23) schwingt, insbesondere mit derselben Frequenz oder mit der halben Frequenz des Erregerteils (1, 23).
35

16. Anordnung nach Anspruch 14 und nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Steuerungs- bzw. Regelungseinheit zusätzlich die Frequenz (Ω_1)
40 der Erregungskraft (F_1), die Grösse der Erregungskraft (F_1) und/oder die Wirkrichtung der Erregungskraft (F_1)

5 des Unwuchterregers (2) im Betrieb automatisiert in Abhängigkeit von gemessenen Systemgrössen einstellbar ist oder sind, insbesondere derart, dass der Tilgerteil (5, 25) in Resonanz mit dem Erregerteil (1, 23) schwingt, insbesondere mit derselben Frequenz oder mit der halben
10 Frequenz des Erregerteils (1, 23).

17. Bodenverdichtungsvorrichtung, umfassend eine Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche.

18. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Vibrationsplatte oder Walze ist, insbesondere eine Walze mit
15 ein oder zwei vibrationserregten Bandagen (11).

19. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung oder einer Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die
20 Schritte:

a) bestimmungsgemässes Betreiben der Anordnung mit der Kontaktfläche (3) in Kontakt mit einem eine Arbeit verrichtenden Werkzeug oder einer zu bearbeitenden, insbesondere zu verdichtenden Arbeitsfläche (4);

25 b) Verändern der Federsteifigkeit (k_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Dämpfung (d_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Masse (m_2) des Tilgerteils (5, 25), des Massenträgheitsmoments des Tilgerteils (5, 25), der Masse (m_1) des Erregerteils (1, 23) und/oder des Massenträgheitsmoments des Erregerteils (1, 23) während dem bestimmungsgemässen Betrieb der Anordnung.

35 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz (Ω_1) der Erregungskraft (F_1), die Grösse der Erregungskraft (F_1) und/oder die Wirkrichtung der Erregungskraft (F_1) des Unwuchterregers (2) beim bestimmungsgemässen Betreiben der Anordnung ver-
40 ändert wird oder werden.

5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis
20, dadurch gekennzeichnet, dass die Federsteifigkeit
(k2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a,
18b, 22, 22a, 22b), die Dämpfung (d2) der Feder-Dämpfer-
Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die
10 Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b,
18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), die Masse (m2) des Tilger-
teils (5, 25), das Massenträgheitsmoment des Tilgerteils
(5, 25), die Masse (m1) des Erregerteils (1, 23) und/oder
das Massenträgheitsmoment des Erregerteils (1, 23), und/-
15 oder, wo zutreffend, die Frequenz (Ω_1) der Erregungskraft
(F1), die Grösse der Erregungskraft (F1) und/oder die
Wirkrichtung der Erregungskraft (F1) des Unwuchterregers
(2) derartig verändert wird oder werden, dass der Tilger-
teil (5, 25) in Resonanz mit dem Erregerteil (1, 23)
20 schwingt, insbesondere mit derselben Frequenz oder mit
der halben Frequenz des Erregerteils (1, 23).

 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis
21, dadurch gekennzeichnet, dass während dem bestimmungs-
gemässen Betreiben der Anordnung Systemparameter des
25 durch den Unwuchterreger (2) zu Schwingungen angeregten
Systems gebildet aus Erregerteil (1, 23), Feder-Dämpfer-
Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b) und
Tilgerteil (5, 25) ermittelt werden, insbesondere die Be-
schleunigungen des Erregerteils (1, 23) und/oder des Til-
30 gerteils (5, 25) in Richtung senkrecht zur Kontaktfläche
(3) sowie die Drehfrequenz (Ω_1) des Unwuchterregers (2),
und dass das Verändern der Federsteifigkeit (k2) der Fe-
der-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a,
22b), der Dämpfung (d2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15,
35 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Federvorspan-
nung der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a,
18b, 22, 22a, 22b), der Masse (m2) des Tilgerteils (5,
25), des Massenträgheitsmoments des Tilgerteils (5, 25),
der Masse (m1) des Erregerteils (1, 23) und/oder des
40 Massenträgheitsmoments des Erregerteils (1, 23), und/-
oder, wo zutreffend, der Frequenz (Ω_1) der Erregungskraft

5 (F1), der Grösse der Erregungskraft (F1) und/oder der Wirkrichtung der Erregungskraft (F1) des Unwuchterregers (2) in Abhängigkeit von einem oder mehreren der ermittelten Systemparameter erfolgt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis
10 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Verändern der Federsteifigkeit (k_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Dämpfung (d_2) der Feder-Dämpfer-Einheit (15, 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Federvorspannung der Feder-Dämpfer-Einheit (15,
15 15a, 15b, 18, 18a, 18b, 22, 22a, 22b), der Masse (m_2) des Tilgerteils (5, 25), des Massenträgheitsmoments des Tilgerteils (5, 25), der Masse (m_1) des Erregerteils (1, 23) und/oder des Massenträgheitsmoments des Erregerteils (1, 23) und/oder, wo zutreffend, der Frequenz (Ω_1) der Erre-
20 gungskraft (F1), der Grösse der Erregungskraft (F1) und/oder der Wirkrichtung der Erregungskraft (F1) des Unwuchterregers (2) automatisiert mittels einer Steuerungsbzw. Regelungseinheit erfolgt.

24. Verwendung der Anordnung nach einem der
25 Ansprüche 1 bis 16 zur Bodenverdichtung.

Fig.1

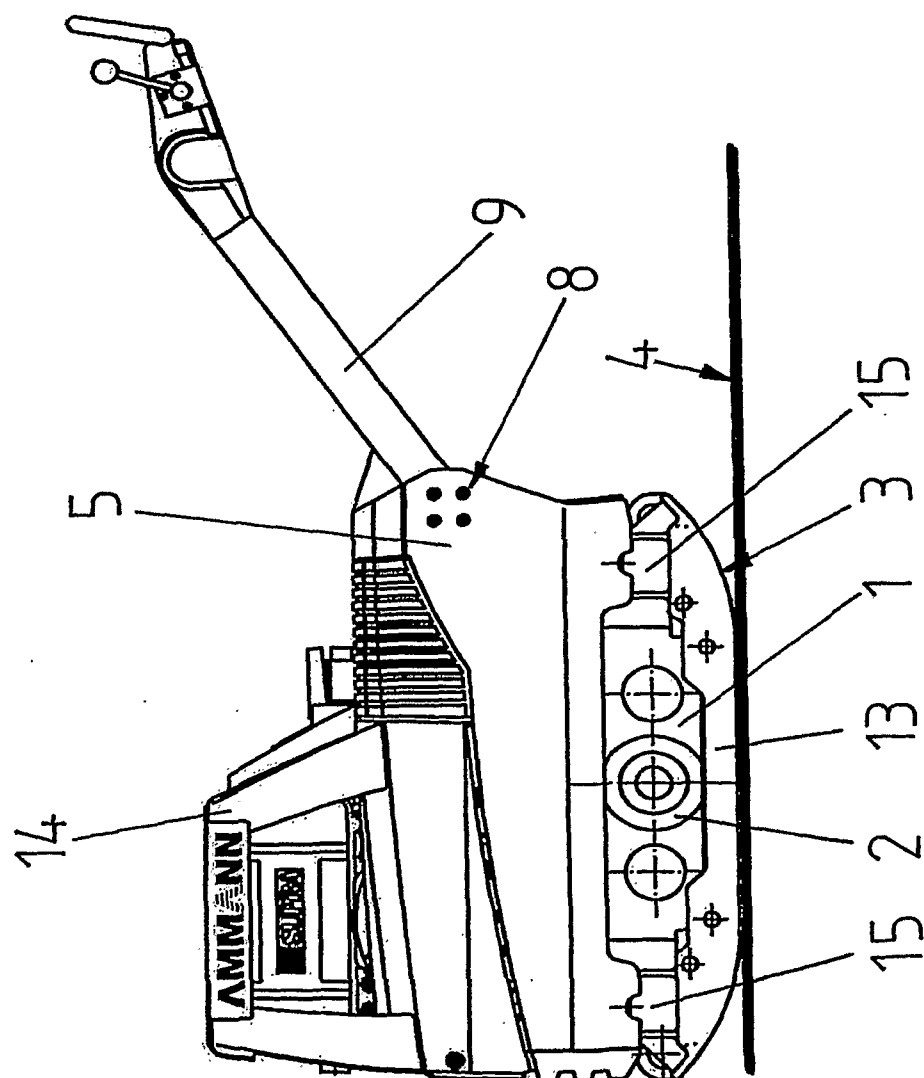


Fig.2

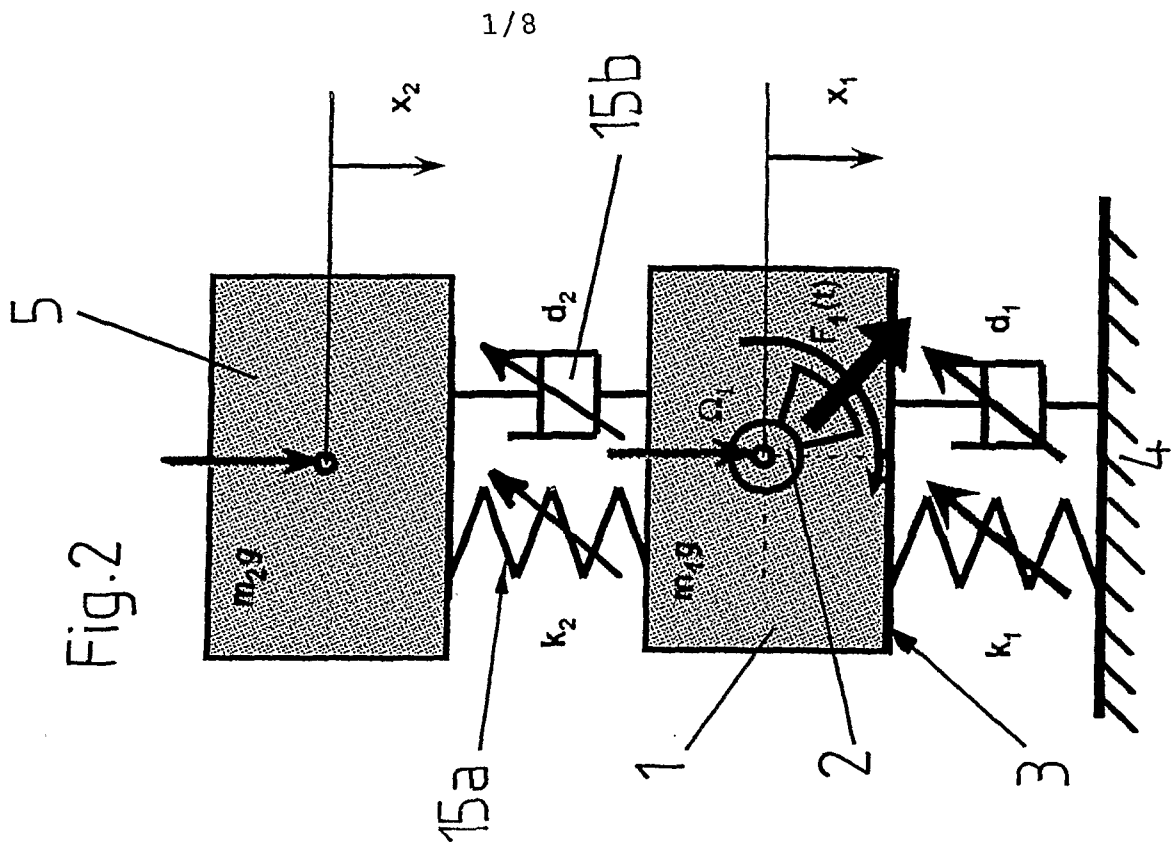


Fig.3a

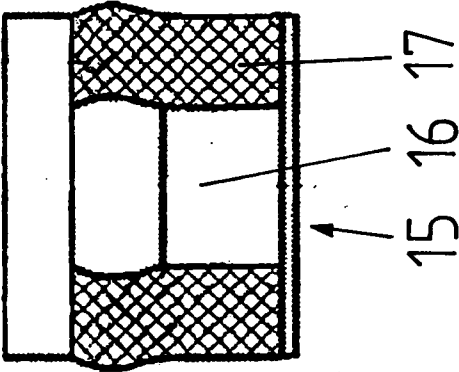


Fig.3b

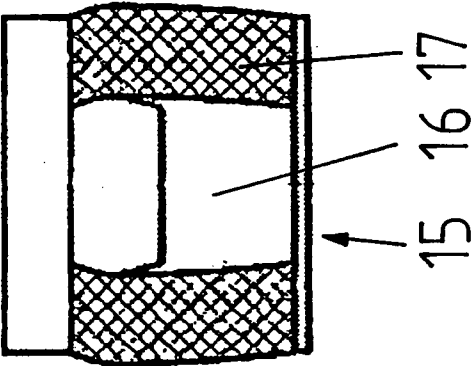


Fig.3c

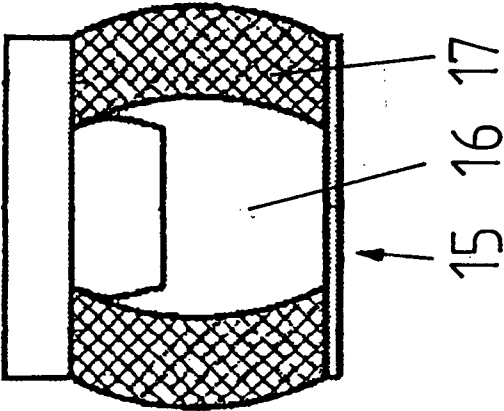


Fig.5

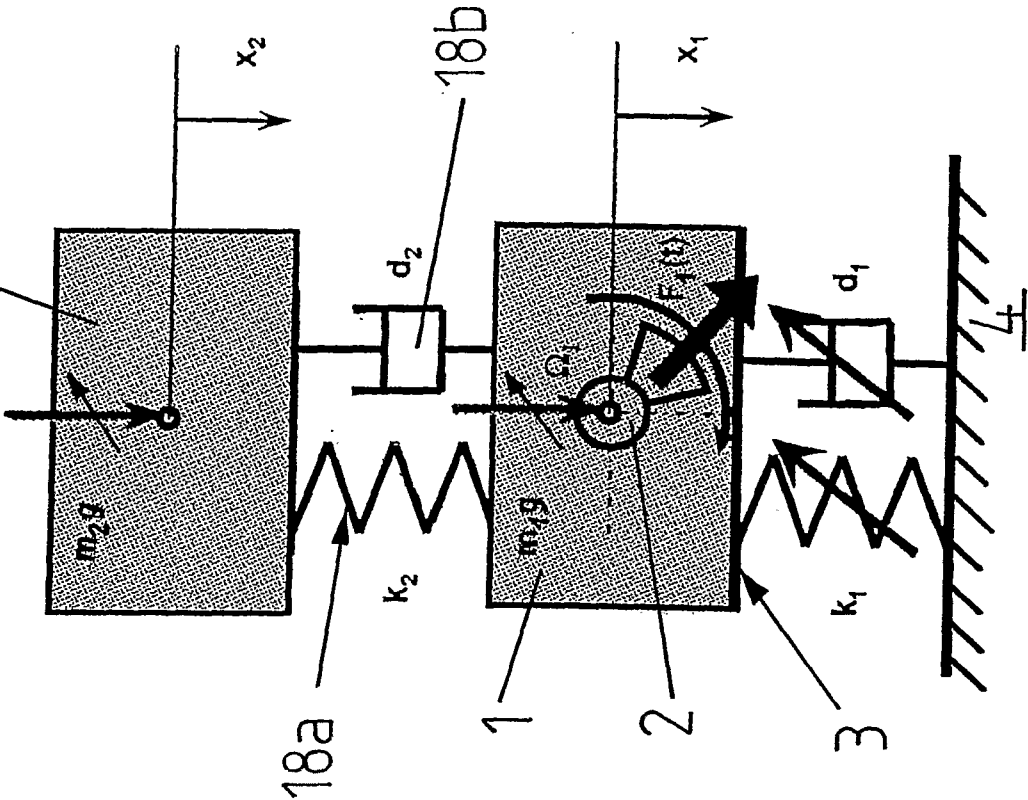


Fig.4

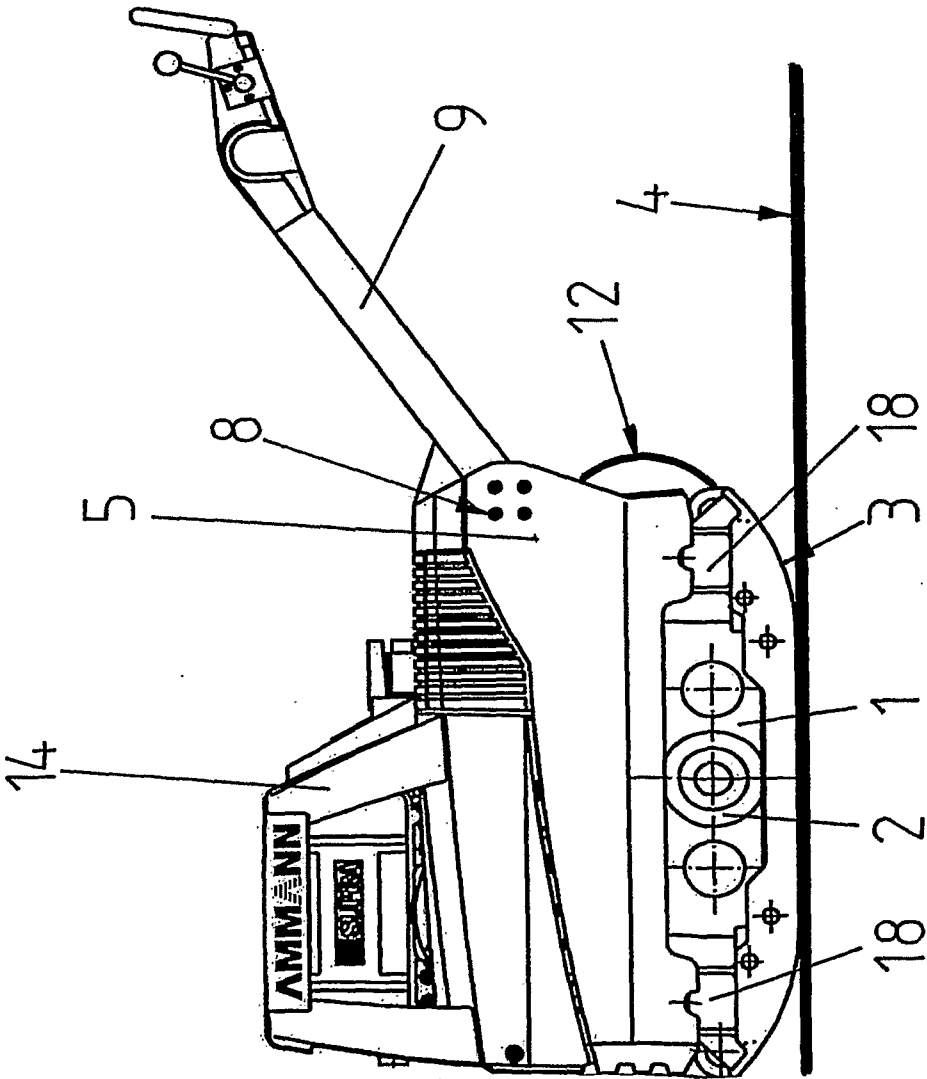


Fig. 6

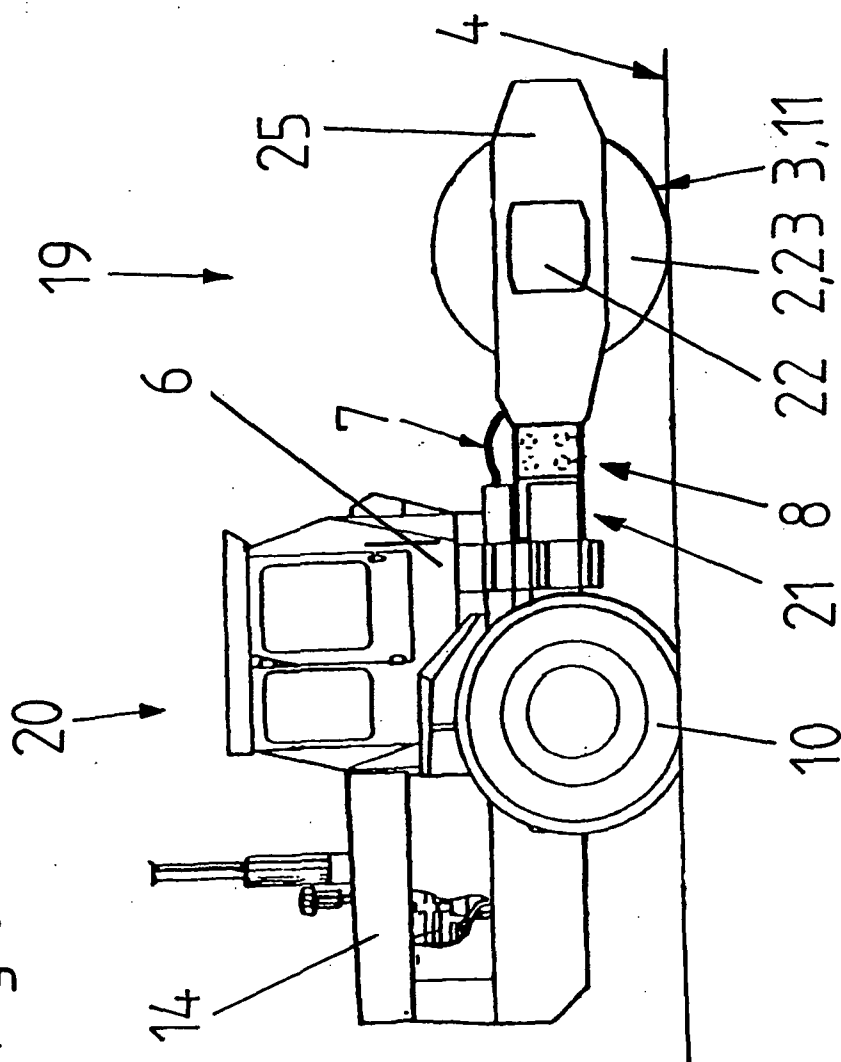
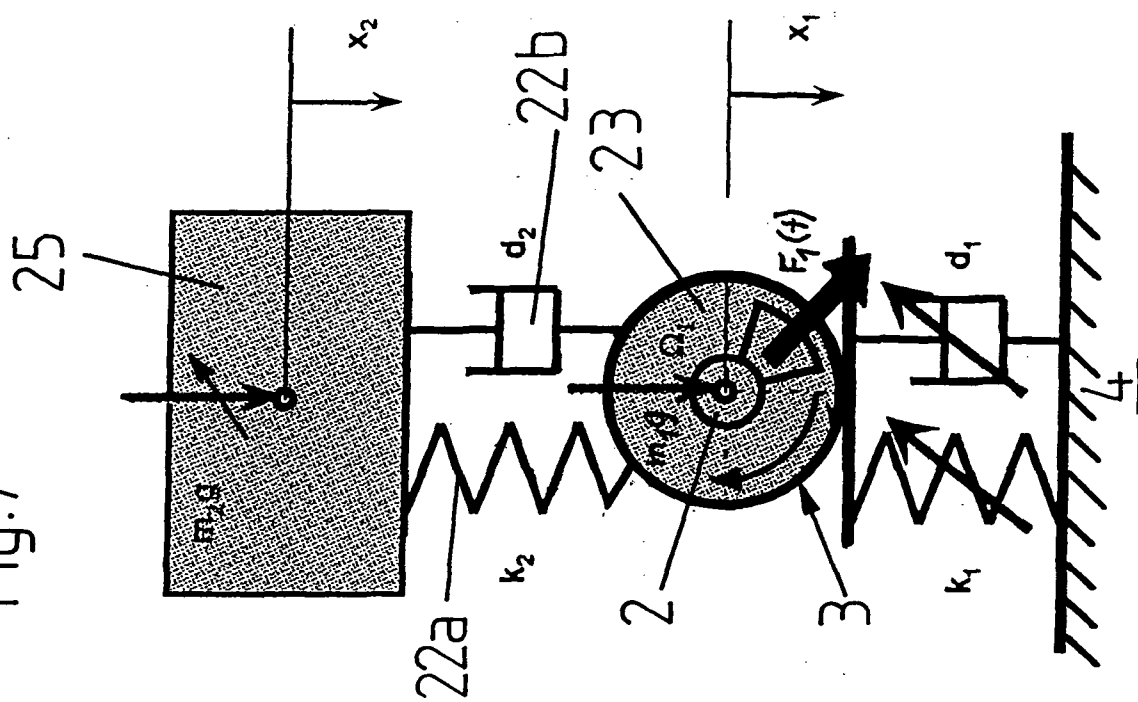


Fig. 7



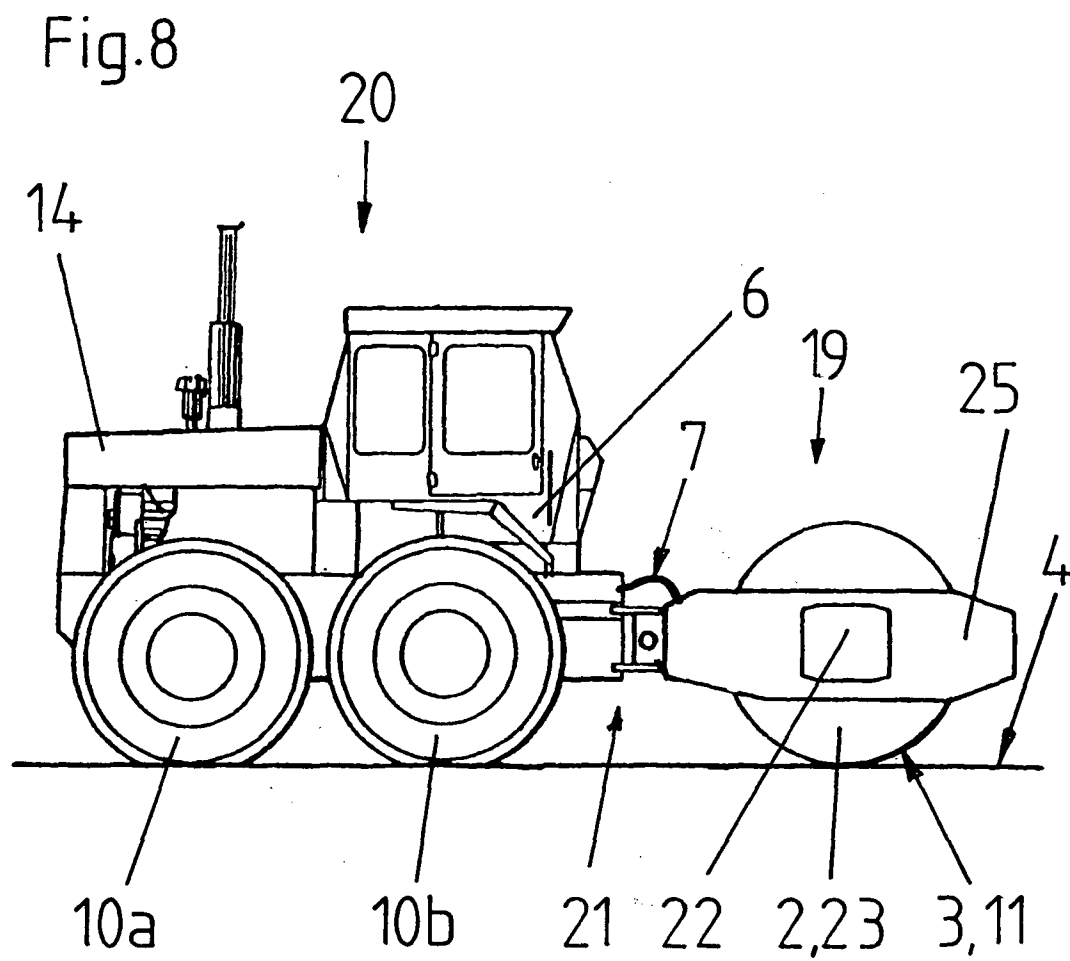
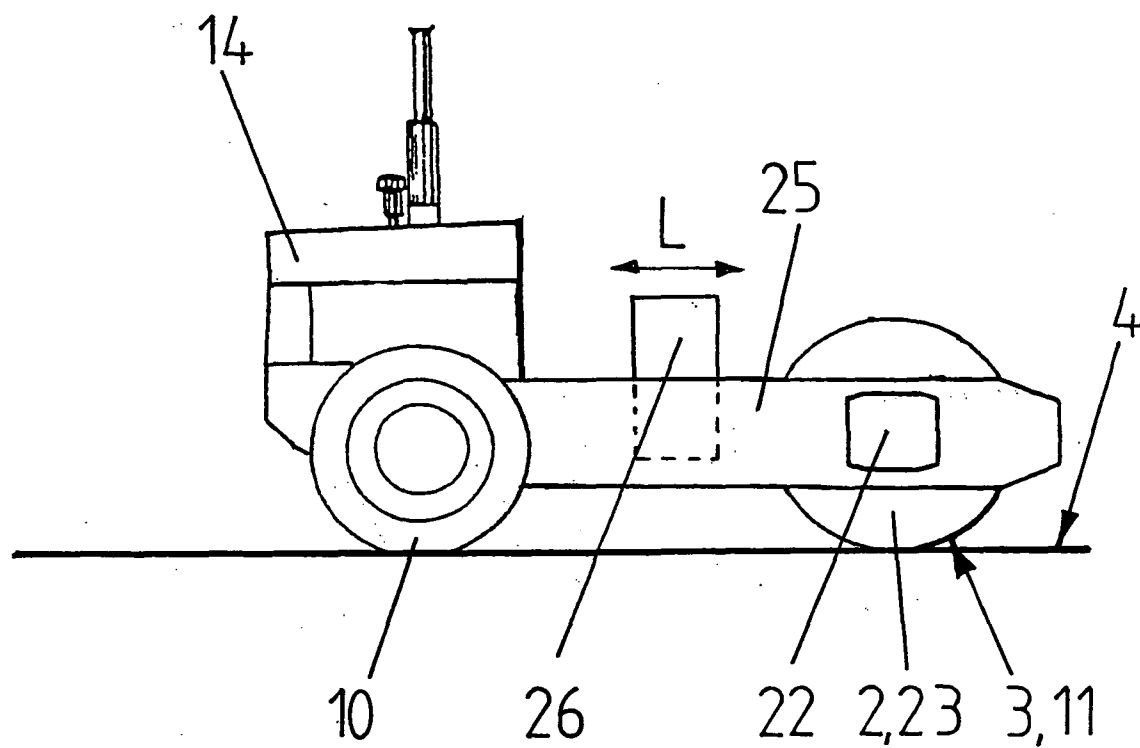


Fig.9



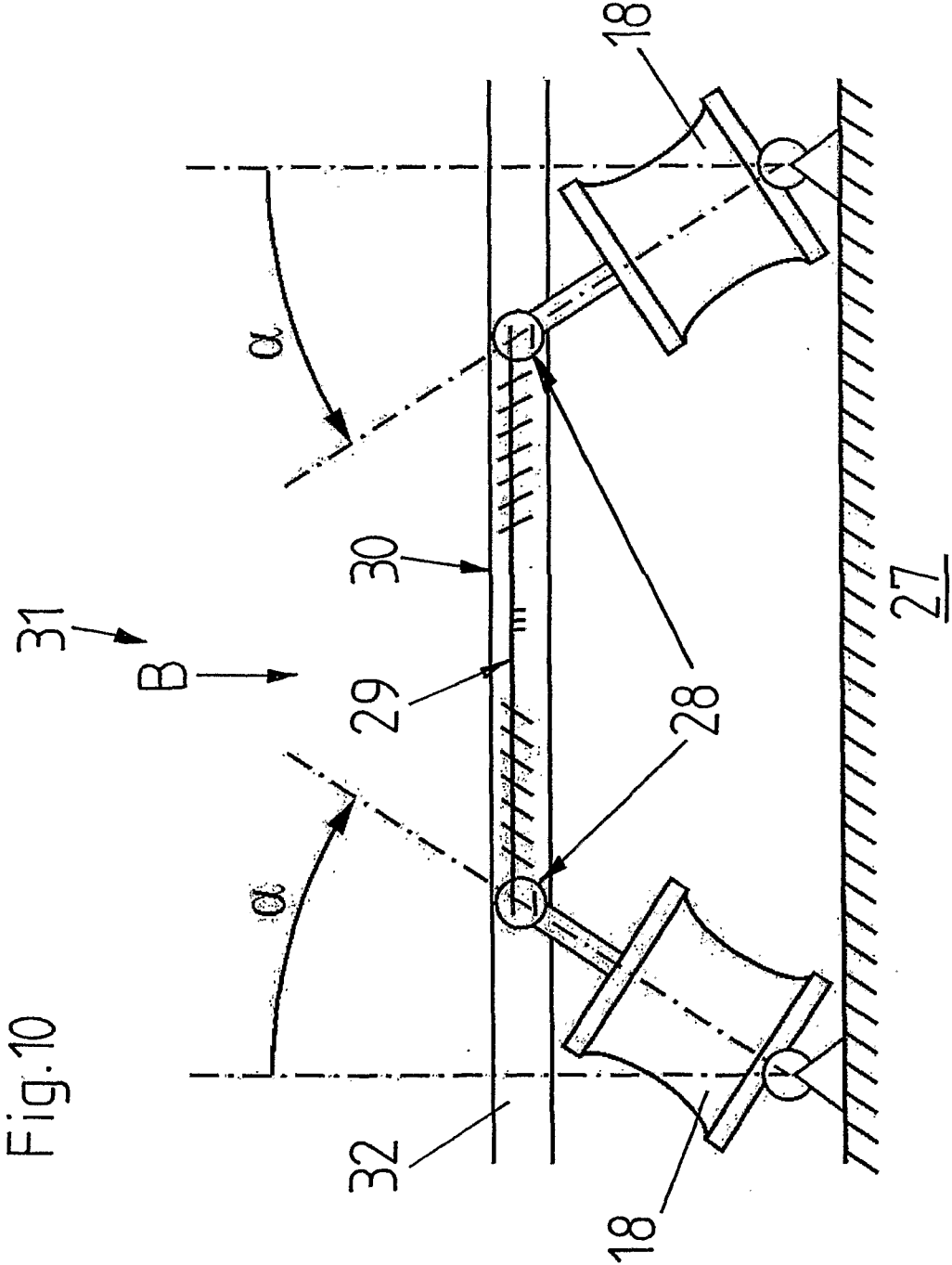


Fig.11

