

(19)



(11)

EP 2 390 416 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.11.2011 Patentblatt 2011/48

(51) Int Cl.:
E01C 19/28^(2006.01) E02D 3/074^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11004265.2**

(22) Anmeldetag: **24.05.2011**

(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

(72) Erfinder:
• **Stein, Gilbert**
56566 Neuwied (DE)
• **Dykhnich, Alexander**
56564 Neuwied (DE)

(30) Priorität: **28.05.2010 DE 102010021961**

(74) Vertreter: **Lang, Friedrich et al**
Lang & Tomerius
Patentanwälte
Landsberger Strasse 300
80687 München (DE)

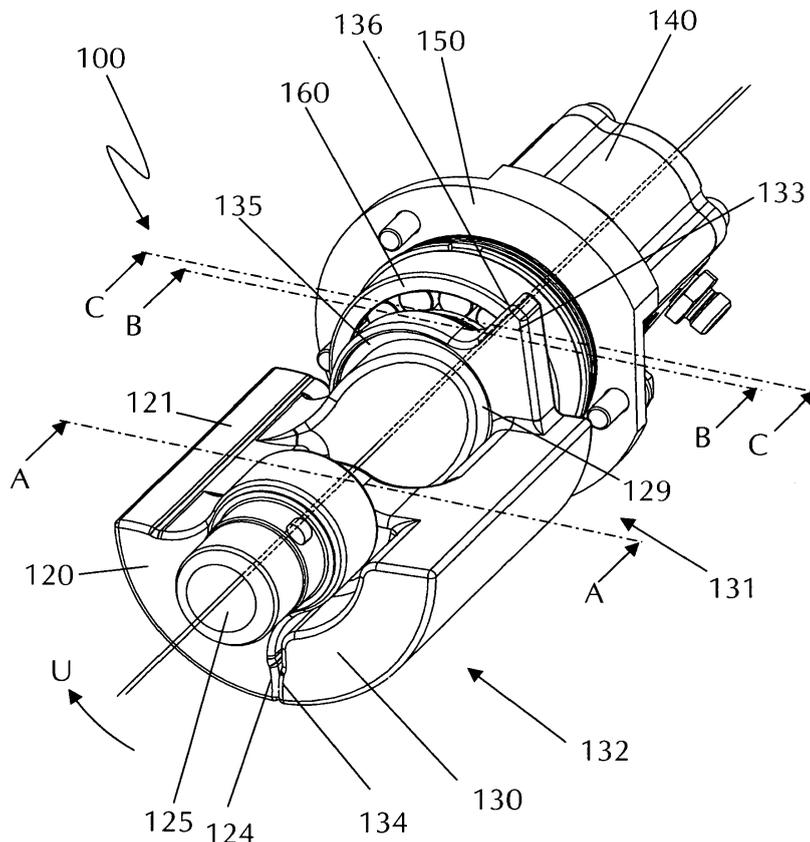
(71) Anmelder: **BOMAG GmbH**
56154 Boppard (DE)

(54) Schwingungserreger für ein Bodenverdichtungsgerät und Bodenverdichtungsgerät

(57) Die Erfindung betrifft einen Schwingungserreger für ein Bodenverdichtungsgerät mit einer Erregerwelle mit wenigstens einem daran angeordneten Erreger-

gewicht und mit wenigstens einem Umschlaggewicht, das relativ zu dieser Erregerwelle drehbeweglich angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Bodenverdichtungsgerät mit einem solchen Schwingungserreger.

Fig. 1



EP 2 390 416 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schwingungserreger (bzw. eine Vorrichtung zur Schwingungserregung) für ein Bodenverdichtungsgerät. Die Erfindung betrifft ferner ein Bodenverdichtungsgerät mit wenigstens einem solchen Schwingungserreger.

[0002] Ein gattungsgemäßer Schwingungserreger sowie ein hiermit ausgestattetes Bodenverdichtungsgerät sind beispielsweise aus der US 7,059,802 B1 bekannt. Um die Verdichtungswirkung des gezeigten Bodenverdichtungsgeräts zu verbessern, werden die Verdichtungswalzen im Verdichtungsbetrieb mit Schwingungen beaufschlagt. Die Schwingungserzeugung erfolgt durch einen (bzw. durch mehrere) Schwingungserreger. Ein Schwingungserreger umfasst eine um eine Drehachse rotatorisch angetriebene Erregerwelle, an der exzentrisch ein so genanntes Erregergewicht (Erregermasse) angeordnet ist. Nachstehend bezeichnet "Erregergewicht" auch die bauliche Gesamtheit aus Erregergewicht und Erregerwelle, sofern keine anderslautenden Angaben gemacht werden. Aufgrund der durch die Exzentrizität bedingten Unwucht werden für die Verdichtung nutzbare Schwingungen generiert. Auf der Erregerwelle ist ferner wenigstens ein sogenanntes Umschlaggewicht angeordnet, das ebenfalls exzentrisch ausgebildet ist (d. h. der Masseschwerpunkt liegt außerhalb der Drehachse). Das Umschlaggewicht ist gegenüber der Erregerwelle und dem daran angeordneten Erregergewicht rotatorisch entkoppelt bzw. um eine Drehachse rotierbar und kann in einem, beispielsweise durch Anschläge, begrenzten Drehbereich gegenüber dem Erregergewicht verschiedene Winkelpositionen einnehmen. Die Drehachse der Erregerwelle mit dem Erregergewicht und die Drehachse des Umschlaggewichtes relativ zum Erregergewicht liegen zueinander koaxial. Die Umschlaggewichte werden wiederholend von der rotierenden Erregerwelle mittels eines Zapfens (oder dergleichen) aus einer unteren Position bis zu einem kinematisch bedingten Umschlag- bzw. Überschlagpunkt mitgenommen, an dem die Umschlaggewichte schwerkraftbedingt überkippen bzw. umschlagen und von der Gegenseite an einen dafür vorgesehenen Anschlag an der Erregerwelle oder dem Erregergewicht anschlagen. Das Umschlaggewicht kann somit in Abhängigkeit von der Drehrichtung der Erregerwelle eine Position einnehmen, in der die Masse des Umschlaggewichtes in der Rotationsbewegung zum Erregergewicht hinzuaddiert, womit die Schwingungsamplitude vergrößert wird, und eine andere Position, in der die Masse des Umschlaggewichtes der Masse zum Erregergewicht entgegenwirkt, womit die Schwingungsamplitude verkleinert wird. Die Anordnung von Erregergewicht und Umschlaggewicht im Schwingungserreger ermöglicht somit, die Schwingungsintensität des Schwingungserregers besser zu regulieren. Ein Nachteil bei den aus dem Stand der Technik bekannten Schwingungserregern ist insbesondere das unkontrollierte Rückprallen der Umschlaggewichte beim Anschlagen. Ein weiterer und häufig hiermit einhergehender Nachteil ist, dass oft kein eindeutiges Umschlagen des Umschlaggewichtes erfolgt. Im praktischen Betrieb hat sich ferner gezeigt, dass das Umschlaggewicht bei den bekannten Anordnungen eine indifferente Lage einnehmen kann. Dadurch kann beispielsweise die Position, in der das Umschlaggewicht zum Erregergewicht zuaddiert, nicht zuverlässig gewährleistet werden bzw. die maximale Amplitude der Erregereinheit kann nicht erreicht werden. Im Ergebnis kann nicht die maximale Verdichtungsleistung der Verdichtungsmaschine zur Verfügung gestellt werden.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Schwingungserreger der betreffenden Art derart weiterzubilden, dass die mit dem Stand der Technik einhergehenden Nachteile vermieden oder zumindest deutlich vermindert sind.

[0004] Diese Aufgabe wird mit dem Schwingungserreger und dem Bodenverdichtungsgerät gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0005] Im Gegensatz zu dem aus der US 7,059,802 B1 bekannten Schwingungserreger, bei dem die Drehachsen zusammenfallen bzw. koaxial zueinander liegen und damit identisch sind, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Drehachsen der Erregerwelle bzw. des daran befestigten wenigstens einen Erregergewichts und des wenigstens einen Umschlaggewichtes zueinander achsversetzt sind. Achsversetzt bedeutet im Sinne der Erfindung, dass die beiden Drehachsen (Drehachse der Erregerwelle mit Erregergewicht und Drehachse des Umschlaggewichtes) nicht koaxial zueinander liegen und sich in ihrer räumlichen Lage zueinander unterscheiden. Die beiden Drehachsen liegen somit nicht aufeinander, sondern nebeneinander. Damit schwenkt das Umschlaggewicht relativ zum Erregergewicht erfindungsgemäß nicht konzentrisch zur Drehachse der Erregerwelle. Das Umschlaggewicht ist vielmehr auf einer gegenüber der Drehachse der Erregerwelle exzentrischen Drehbahn gegenüber dem Erregergewicht schwenkbar.

[0006] Durch diesen Achsversatz der Drehachsen gelingt es, die kinematischen Bedingungen entscheidend zu verändern, so dass das wenigstens eine Umschlaggewicht ab einem bestimmten Drehwinkel immer an den Anschlag an der Erregerwelle oder dem Erregergewicht gedrückt wird. Hierdurch wird ein eindeutiges Umschlagen und ein damit einhergehender Amplitudenwechsel gewährleistet, auch dann, wenn das Umschlaggewicht nach dem Anschlagen noch zurückprallen sollte. Das Umschlaggewicht nimmt somit keine indifferente Lage mehr ein. Damit wirkt sich das Zurückprallen auch weniger nachteilig aus. Darüber hinaus erleichtert die erfindungsgemäße Anordnung auch das Umschalten der Drehrichtung der Schwingungsanordnung.

[0007] Grundsätzlich können die beiden Drehachsen erfindungsgemäß zwar in der Weise zueinander liegen, dass sie sich in einem Punkt schneiden oder windschief zueinander sind. Bevorzugt ist es jedoch, dass die Drehachsen der Erregerwelle und des wenigstens einen Umschlaggewichtes zueinander parallel orientiert sind. Mit dieser Anordnung der beiden Drehachsen zueinander können optimale Ergebnisse erhalten werden. Darüber hinaus zeichnet sich diese Aus-

führungsform durch eine vergleichsweise einfache Montierbarkeit aus.

[0008] Der Achsversatz der beiden Drehachsen zueinander ist ferner idealerweise in der Weise gewählt, dass sich seine positionsstabilisierende Wirkung auf die Positionierung des Umschlaggewichtes gegenüber dem Erregergewicht auf die beiden äußeren Verstellpositionen nahezu gleich stark auswirkt. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist daher vorgesehen, dass die Drehachse des wenigstens einen Umschlaggewichtes bezüglich der Drehachse der Erregerwelle bzw. des Erregergewichtes um einen definierten Wert versetzt ist, wobei dieser Wert vorzugsweise als nach innen weisender Abstand auf der Winkelhalbierenden des Umschlagwinkels bemessen ist. Die konkreten geometrischen Zusammenhänge dieser bevorzugten Ausführungsform werden nachfolgend im Zusammenhang mit den Figuren noch näher erläutert.

[0009] Der Achsversatz kann grundsätzlich in einem breiten Bereich variiert werden. Der positive Effekt der Erfindung tritt jedoch bereits bei einem verhältnismäßig geringen Achsversatz auf. Ein vergleichsweise geringer Achsversatz hat zudem den Vorteil, dass der erfindungsgemäße Schwingungserreger in seiner Bauweise nach wie vor kompakt gehalten werden kann. Hervorragende Ergebnisse werden demnach erreicht, wenn der Abstand der Drehachsen auf der Winkelhalbierenden im Bereich weniger Millimeter und bevorzugt im Bereich von 1 mm bis 15 Millimeter und insbesondere im Bereich von 1,5 bis 10 Millimeter, ganz besonders 2 bis 5 Millimeter, liegt. Der Abstand bemisst sich dabei in der Ebene, die zumindest von der Drehachse der Erregerwelle senkrecht geschnitten wird. Insbesondere bei dieser Ausführungsform ist es ideal, wenn die beiden Drehachsen parallel zueinander liegen und somit beide diese Ebene senkrecht schneiden. Verlaufen die beiden Drehachsen nicht parallel zueinander, ermittelt sich der Versatz aus dem geringsten Abstand der beiden Drehachsen zueinander.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Schwingungserreger exakt ein Erregergewicht aufweist. Dieses Erregergewicht ist bevorzugt einstückig mit der Erregerwelle ausgebildet. Dadurch ist insbesondere die Montage und Wartung der Gesamtheit aus Erregerwelle und Erregergewicht bzw. des Schwingungserregers erheblich vereinfacht. Es ist allerdings selbstverständlich auch möglich, mehrere Erregergewichte einstückig mit der Erregerwelle auszubilden oder beispielsweise auch ergänzend zu einem einstückig mit der Erregerwelle ausgebildeten Erregergewicht wenigstens ein weiteres mit der Erregerwelle verbundenes, beispielsweise über eine Schraubverbindung drehfest fixiertes, Erregergewicht vorzusehen.

[0011] Auch die Zahl der Umschlaggewichte pro Erregerwelle kann variieren. Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, wenn der Schwingungserreger exakt ein Umschlaggewicht aufweist. Besonders bevorzugt ist ferner vorgesehen, dass der Schwingungserreger nur ein Umschlaggewicht und nur ein Erregergewicht aufweist.

[0012] Konkret kann der Achsversatz der beiden Drehachsen auf unterschiedliche Arten und Weisen erreicht werden.

[0013] Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, einen Lagerring an der Erregerwelle vorzusehen, der einen exzentrisch gegenüber der Drehachse der Erregerwelle angeordneten Innenmantel aufweist, an dem schließlich das Umschlaggewicht geführt ist. Dazu ist beispielsweise ein entsprechender Lagerzapfen am Umschlaggewicht in oder durch den Lagerring an der Erregerwelle geführt. Dieser Lagerring kann drehfest mit der Erregerwelle verbunden sein oder aber, bevorzugt, einstückig mit der Erregerwelle ausgebildet sein. Handelt es sich bei dem Lagerring um ein eigenständiges Bauteil, kann die erfindungsgemäße Variante beispielsweise auch vergleichsweise einfach in einem herkömmlichen Erreger mit koaxialen Drehachsen nachgerüstet werden. Insgesamt wird auf diese Weise somit eine Nabenverbindung bzw. ein Nabenlager erhalten.

[0014] Alternativ oder ergänzend kann auch eine Nabenverbindung, umfassend eine Lagernabe bzw. Lagerzapfen und ein Lagerauge, zur Lagerung des Umschlaggewichtes am Erregergewicht vorgesehen sein. Der Lagerzapfen am Umschlaggewicht wird bei dieser Ausführungsform in einem Auge im Erregergewicht aufgenommen wird. Das Auge ist in Form einer Bohrung ausgebildet. Diese Ausführungsform ist ebenfalls besonders einfach montierbar, da das Umschlaggewicht unmittelbar auf das Erregergewicht aufgeschoben werden kann und anschließend vom Erregergewicht selbst in seiner Position entlang der Drehachse bzw. in Axialrichtung zumindest in eine Richtung stabilisiert wird. Bei dieser Ausführungsform ist das Umschlaggewicht im Bereich seines einen axialen Endes mit anderen Worten mittels eines Gleitbolzens (= Lagerzapfen) drehbeweglich mit dem Erregergewicht oder mit der Erregerwelle verbunden ist. Dieser Gleitbolzen ist direkt (d. h. ohne Wälzkörper) in einer korrespondierenden Gleitbohrung (= Bohrung) im Erregergewicht und/oder der Erregerwelle aufgenommen. Dies wird nachfolgend im Zusammenhang mit den Figuren näher erläutert.

[0015] Grundsätzlich können die vorstehenden Lageranordnung auch umgekehrt werden. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist somit beispielsweise das Umschlaggewicht wenigstens an einem axialen Ende einen, besonders bevorzugt einstückig mit dem Umschlaggewicht ausgebildeten, Lagerring auf, in den ein entsprechender Lagerzapfen an der baulichen Einheit aus Erregergewicht und Erregerwelle ein- oder hindurchgeführt ist.

[0016] Im praktischen Einsatz hat sich gezeigt, dass eine Kombination unterschiedlicher Lagerungsvarianten des Umschlaggewichtes an der baulichen Einheit aus Erregerwelle und Erregergewicht hinsichtlich Montage, Wartung und Betrieb ideal ist. Ein wesentlicher Aspekt dieser Ausführungsform liegt somit zunächst darin, dass das Umschlaggewicht nicht allein über ein Lager an der baulichen Einheit aus Erregergewicht und Erregerwelle gelagert ist, sondern über mehrere Lager, insbesondere zwei. Grundsätzlich können die beiden Lager dazu gleichartig aufgebaut sein, so dass

beispielsweise zwei koaxial zueinander und in Axialrichtung hintereinander liegende Zapfen am Umschlaggewicht vorhanden sind, die jeweils in einer entsprechende Ausnehmung an der baulichen Einheit aus Erregerwelle und Erregergewicht eingreifen. Alternativ können aber auch verschiedenartig aufgebaute Lager miteinander in einem erfindungsgemäßen Schwingungserreger miteinander kombiniert werden. Besonders günstig ist es dabei, wenn das Umschlaggewicht in Axialrichtung der parallel liegenden Drehachsen vom Motor kommend zunächst einen Lagerring auf der Erregerwelle mit zur Drehachse der Erregerwelle exzentrischem Außenmantel umgreift und dahinter in Axialrichtung mit einem Zapfen, dessen Achse koaxial zur Längsachse des Lagerrings ist, in eine Bohrung an der baulichen Einheit aus Erregerwelle und Erregergewicht eingreift. Diese spezielle Anordnung verhindert besonders einfach ein axiales Verschieben des Umschlaggewichtes gegenüber der Baueinheit aus Erregerwelle und Erregergewicht und kann gleichzeitig durch Aufschieben des Umschlaggewichtes auf diese Baueinheit schnell und einfach montiert werden.

[0017] Um grundsätzlich die axiale Positionierung des Umschlaggewichtes am Erregergewicht zu gewährleisten, ist der Lagerring des Umschlaggewichtes in Axialrichtung der Drehachse der Erregerwelle unmittelbar zwischen einem antriebsseitigen Lager und einem Anschlag am Erregergewicht oder an der Erregerwelle angeordnet. In Axialrichtung wird das Umschlaggewicht somit zwischen dem Anschlag und dem antriebsseitigen Lager in seiner Lage fixiert. Diese Ausführungsform ist insofern vorteilhaft, als dass zusätzliche Fixiermittel zur axialen Sicherung der Umschlaggewichtes nicht erforderlich sind.

[0018] Es ist weiterhin bevorzugt, die Erregerwelle nicht durchgängig auszubilden, sondern mehrgliedrig. Zur Erregerwelle werden dabei diejenigen Teile der baulichen Einheit aus Erregerwelle und Erregergewicht gezählt, die unmittelbar auf der Drehachse dieser Einheit liegen. Bei einer mehrgliedrigen Ausbildung der Erregerwelle ist diese somit zwischen ihren beiden in Axialrichtung liegenden Außenenden wenigstens einmal unterbrochen, so dass zwischen den einzelnen Gliedern eine Freilassung erhalten wird. Die einzelnen Glieder der Erregerwelle sind dabei über das, gegebenenfalls ebenfalls mehrgliedrig ausgebildete, Erregergewicht miteinander verbunden. Diese Freilassung dient insbesondere auch der Vereinfachung der Montage, da dadurch ein Aufschieben des Umschlaggewichtes auf die bauliche Einheit aus Erregergewicht und Umschlaggewicht vereinfacht wird. Darüber hinaus ermöglicht diese Anordnung eine besonders günstige Gewichtsverteilung.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Umschlagwinkel für das Umschlaggewicht im Bereich von 120° bis 200° liegt und bevorzugt in etwa 130° beträgt. Der Umschlagwinkel bestimmt sich dabei in der Ebene senkrecht zur Drehachse des Umschlaggewichtes gegenüber der Erregerwelle bzw. gegenüber dem Erregergewicht und wird durch die beiden maximalen Schwenkstellungen des Umschlaggewichtes gegenüber dem Erregergewicht bzw. der Erregerwelle festgelegt.

[0020] Zum Antrieb der Erregerwelle ist beispielsweise ein Motor vorhanden, der direkt (z. B. über eine Flanschverbindung oder Keilwellenverbindung) oder indirekt (d. h. über wenigstens ein Antriebszwischenstück) mit der Erregerwelle verbunden ist. Ein solcher Motor ist insbesondere ein Hydraulikmotor. Bevorzugt ist ferner vorgesehen, dass die Drehachse des Motors mit der Drehachse der Erregerwelle fluchtet bzw. koaxial liegt, um eine möglichst unmittelbare und damit baulich einfache Übertragung der Antriebsleistung des Motors auf die Erregerwelle zu ermöglichen.

[0021] Die Lösung der Aufgabe erstreckt sich auch auf ein Bodenverdichtungsgerät, das wenigstens einen erfindungsgemäßen Schwingungserreger umfasst. Ein solches Bodenverdichtungsgerät ist z. B. eine Rüttelplatte, ein handgeführtes Walzengerät oder ein Walzengerät mit einem Fahrerstand, wobei wenigstens eine Verdichtungsbandage dieses Bodenverdichtungsgerät mittels wenigstens einem erfindungsgemäßen Schwingungserreger mit Schwingungen beaufschlagbar ist. Bei einem solchen Walzengerät kann es sich beispielsweise um eine sogenannte Grabenwalze handeln.

[0022] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft und in nicht einschränkender Weise anhand der Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Schwingungserreger in einer perspektivischen Ansicht;

Fig. 2 einen Schnitt durch den Schwingungserreger der Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht;

Fig. 3a das Umschlaggewicht des Schwingungserregers der Fig. 1;

Fig. 3b die bauliche Einheit aus Erregergewicht und Erregerwelle aus Fig. 1;

Fig. 4 eine schematische Ansicht zur Bestimmung des Abstands der Drehachsen;

Fig. 5a-c Schnittansichten entlang der Linien A-A, B-B und C-C aus Fig. 1.

[0023] Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Schwingungserreger 100 in einer perspektivischen Ansicht. Der Schwingungserreger 100 umfasst ein Erregergewicht 120, das einstückig mit einer zum Teil sichtbaren Erregerwelle 110 ausgebildet ist und ein Umschlaggewicht 130. Das Erregergewicht 120 und die Erregerwelle 110 bilden zusammen eine

bauliche Einheit. Der Schwingungserreger 100 umfasst ferner einen Motor 140, wobei es sich beim vorliegenden Ausführungsbeispiel konkret um einen Hydraulikmotor handelt. Der Motor 140 ist fluchtend an die Erregerwelle 110 angekoppelt. Die gemeinsame Drehachse ist mit D_g bezeichnet. Bezüglich dieser Drehachse D_g ist das Erregergewicht 120 bzw. die Erregermasse 120 exzentrisch angeordnet, so dass bei Rotation um die Drehachse D_g in gewollter Weise nutzbare Schwingungen erzeugt werden. Auf der dem Motor 140 gegenüberliegenden Seite ist die Erregerwelle 110 mit einem in Axialrichtung (entlang D_g) vorstehenden Lagerzapfen 125 in einem nicht näher gezeigten Lager aufgenommen. Der gesamte Schwingungserreger 100 kann über den Flansch 150 an einem nicht dargestellten Gehäuse oder dergleichen befestigt werden. Im Bereich des Flansches 150 ist die vom Motor 140 angetriebene Erregerwelle 110 durch ein Wälzlager 160 abgestützt, worüber auch eine rotatorische Entkopplung gegenüber dem feststehenden Gehäuse (nicht sichtbar) erfolgt.

[0024] Das Umschlaggewicht 130 ist über zwei in Axialrichtung der Drehachsen D_g und D_u hintereinander liegende Lager 131 und 132 relativ zum Erregergewicht 120 drehbeweglich an der einstückigen Einheit aus Erregerwelle 110 und Erregergewicht 120 angeordnet. Die Lager 131 und 132 können bezüglich des Motors 140 in Axialrichtung als vorderer Lagerpunkt 131 und hinterer Lagerpunkt 132 bezeichnet werden. Weitere Details der beiden Lager 131 und 132 sind in den Figuren 3a und 3b ersichtlich. Fig. 3a zeigt konkret das Umschlaggewicht 130 und Fig. 3b die bauliche Einheit aus Erregergewicht 120 und Erregerwelle 110. Die gestrichelten Pfeile in den Figuren 3a und 3b geben an, wie das Umschlaggewicht 130 auf die bauliche Einheit aus Erregergewicht 120 und Erregerwelle 110 in der Vormontage aufgeschoben wird.

[0025] Das Umschlaggewicht 130 umfasst eine im Querschnitt ringsegmentartige Umschlagmasse 137 mit einem Flächenanschlag 134, einen Mitnehmer 133 mit einem dem Flächenanschlag 134 in Rotationsrichtung D_u gegenüberliegenden Flächenanschlag 136, und einen Lagerring 135 im Bereich des vorderen Lagers 131, wobei der Lagerring 135 einen koaxial zur Drehachse D_u ausgebildeten hohlzylinderförmigen Innenmantel 172 aufweist. Im Bereich des hinteren Lagers 132 ist ferner ein zylinderförmiger Lagerzapfen 180 vorhanden, wobei die Zylinderachse des Lagerzapfens 180 ebenfalls koaxial zur Drehachse D_u liegt.

[0026] Die bauliche Einheit aus Erregergewicht 120 und Erregerwelle 110 weist gemäß Fig. 3b die ebenfalls ringsegmentartig ausgebildete Erregermasse 120 auf. Im Bereich des vorderen Lagers 131 ist ferner eine zylinderförmige Lagerfläche 128 vorhanden, dessen Zylinderachse neben der Drehachse D_g und koaxial zur Drehachse D_u verläuft. In Axialrichtung schließt sich zum Motor 140 hin ein vorderer Antriebszapfen 126 an, der letztendlich an den Motor 140 angeschlossen ist und im eingebauten Zustand im Wälzlager 160 gelagert ist. Die Achse dieses zylinderförmigen Lagerzapfens verläuft im Gegensatz zur Lagerfläche 128 koaxial zur Drehachse D_g . In die in Axialrichtung entgegengesetzte Richtung schließt sich an die Lagerfläche 128 ein ringförmiger Anschlag 129 auf der Erregerwelle 110 an, der in Radialrichtung über die Lagerfläche 128 vorsteht. Im Bereich des hinteren Lagers 132 ist entlang der Erregerwelle 110 zunächst eine Aufnahmeauge (in Fig. 3b nicht sichtbar) in Form einer Bohrung vorhanden. Daran schließt sich schließlich der koaxial zur Drehachse D_g ausgebildeter Lagerzapfen 125 an. Ferner ist eine Anschlagfläche 121 und eine dieser Anschlagfläche 121 in Rotationsrichtung der Erregerwelle 110 gegenüberliegende Anschlagfläche 124 vorhanden.

[0027] Fig. 3b verdeutlicht ferner, dass die Erregerwelle 110 nicht entlang der Drehachse D_g durchgängig ausgebildet ist, sondern ein vorderes Glied 110a und ein hinteres Glied 110b aufweist, die durch eine Freilassung F in Axialrichtung voneinander getrennt sind. Diese Freilassung F erleichtert erheblich das Zusammensetzen des Umschlaggewichtes 130 mit der baulichen Einheit aus Erregergewicht 120 und Erregerwelle 110, wie nachstehend noch näher beschrieben werden wird. Die Freilassung F führt ferner dazu, dass im axialen Zwischenraum zwischen dem vorderen Lagerpunkt 131 und dem hinteren Lagerpunkt 132 im Wesentlichen keine Masse angeordnet ist, wodurch zudem eine hinsichtlich der Schwingungsgenerierung vorteilhafte Gewichtsverteilung erhalten wird.

[0028] Wird das Umschlaggewicht 130 entlang der gestrichelten Pfeile in den Figuren 3a und 3b in die Einheit aus Erregerwelle 110 und Erregergewicht 120 eingeschoben, ergeben sich dadurch insgesamt das vordere Lager 131 und das hintere Lager 132. Durch die Freilassung F kann der Lagerzapfen 180 dabei in Bezug auf die Axialrichtung auf ungefähre Höhe der Erregerwelle 110 vor die Bohrung gebracht werden und anschließend in die Bohrung eingeschoben werden, ohne dass die Erregerwelle 110 dabei im Weg ist. Das vordere Lager 131 umfasst im zusammengebauten Zustand den einstückig mit der Erregerwelle 110 ausgebildeten Lagerzapfen mit dem zylinderförmigen Außenmantel 128. Die Längsachse D_u dieses Außenmantels 128 ist achsversetzt zur Rotationsachse D_g der Erregerwelle 110. Am Umschlaggewicht 130 ist mit dem Lagerring 135 am Außenmantel 128 gelagert, so dass der Außenmantel 128 in Kontakt mit dem Innenmantel 172 steht. Die Erregerwelle 110 ist in diesem Bereich somit durch das Umschlaggewicht 130 hindurch geführt. Gegen eine axiale Verschiebung ist das Umschlaggewicht 130 zum Motor 140 hin unmittelbar durch das daran angrenzende Wälzlager 160 gesichert. Vom Motor weg ist in Axialrichtung an der Erregerwelle 120 der ringförmige Anschlag 126 vorhanden, der in Axialrichtung radial gegenüber der Ausnehmung im Umschlaggewicht 130 vorsteht, so dass das Umschlaggewicht bei einer Verschiebung in Axialrichtung vom Motor weg unmittelbar gegen den Anschlag 126 der Erregerwelle 110 anschlägt. Separate Sicherungsmittel gegen eine axiale Verschiebung des Umschlaggewichtes 130 gegenüber der Einheit aus Erregerwelle 110 und Erregergewicht 120 sind somit nicht erforderlich.

[0029] Das hintere Lager 132 weist einen abweichenden Aufbau auf. Dort ist der Lagerzapfen 180 des Umschlagge-

wichtiges 130 in der Bohrung (in Fig. 3b nicht sichtbar) gelagert und ragt in diesem Bereich somit in die bauliche Einheit aus Erregerwelle 110 und Erregermasse 120 hinein.

[0030] Die Funktion des Umschlaggewichts 130 wird nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert.

[0031] Im Betrieb wird das Erregergewicht 120 über die Erregerwelle 110 durch den Motor 140 rotatorisch angetrieben.

Die Figuren 1 und 2 spiegeln dabei die Anlaufsituation des Schwingungserregers 100 in der in den Figuren 1 und 2 angegebenen Umdrehungsrichtung U der Drehachse D_g wieder, also in einem Betriebszustand, in dem die Unwucht des Umschlaggewichts 130 der Unwucht des Erregergewichtes 120 entgegen wirkt (= kleine Amplitude). Ausgehend von der in beispielsweise den Figuren 1 und 2 gezeigten Situation treibt der Motor 140 im Modus "kleine Amplitude" die Rotation der Erregerwelle 110 um die Drehachse D_g in Rotationsrichtung U an. Hierbei wird das Erregergewicht aus der in den Figuren gezeigten Position in der Drehrichtung U verschwenkt, wobei das Umschlaggewicht 130 schwerkraftbedingt bis zu einem unteren Totpunkt (T) zunächst in Drehrichtung U mit- bzw. nachschwenkt. Erreicht das Umschlaggewicht seinen unteren Totpunkt (T), schwenkt es solange nicht mehr mit dem Erregergewicht 120 mit, bis der Flächenanschlag 121 des Erregergewichtes 120 bei einem bestimmten Drehwinkel (Umdrehungswinkel der Erregerwelle) an der Anschlagfläche 136 am Mitnehmer 133 des Umschlaggewichts 130 anschlägt, woraufhin das Umschlaggewicht 130 aus seinem unteren Totpunkt heraus entgegen der Schwerkraft in die Umdrehungsrichtung U mitgenommen bzw. mitverschwenkt wird. Dieser Vorgang wird bis zum Erreichen eines oben liegenden Umschlagpunktes O fortgesetzt, an dem das Umschlaggewicht 130 schwerkraftbedingt überschlägt bzw. überkippt, dem Erregergewicht dadurch vorläuft und unter Umständen sogar von der Gegenseite mit seinem Anschlag 134 gegen die Flanke 124 des Erregergewichtes 130 anschlagen kann. Diese Abfolge wiederholt sich üblicherweise fortdauernd, bis die physikalischen Kräfte ein labiles Gleichgewicht erreichen, das bestimmt ist aus den Massenträgheiten, den Reibkräften und den Stoßparametern. Beim Betrieb entgegen der Rotationsrichtung U (= Modus "große Amplitude") treten prinzipiell die gleichen Phänomene entsprechend an den jeweils in Rotationsrichtung gegenüberliegenden Seiten auf, wobei sich in diesem Fall Unwucht des Umschlaggewichtes 130 der Unwucht des Erregergewichtes 120 hinzuaddiert.

[0032] Erfolgt nun eine Umschalten vom Betriebsmodus "kleine Amplitude" (in Umdrehungsrichtung U) in den Betriebsmodus "große Amplitude" (entgegen der Umdrehungsrichtung U), schlägt das Erregergewicht zunächst mit seinem Anschlag 124 gegen den Anschlag 134 des Umschlaggewichtes an und stößt dadurch das Umschlaggewicht entgegen Umdrehungsrichtung U vom Erregergewicht 120 weg.

[0033] Der Effekt der Erfindung liegt nun darin, dass die relative Positionierung des Umschlaggewichtes 130 gegenüber dem Erregergewicht 120 durch den erfindungsgemäßen Achseversatz der Drehachsen D_g und D_u stabilisiert wird und einer indifferenten Positionierung des Umschlaggewichtes entgegen wirkt. Das Umschlaggewicht 130 weist somit eine andere bzw. versetzte Drehachse D_u auf, als die Erregerwelle D_g . Der Versatz erfolgt dabei in einer Ebene senkrecht zu den beiden Drehachsen D_g und D_u bezogen auf die Linie der neutralen Lage (= Winkelhalbierende) in die von der Seite des Massekörpers am Umschlaggewicht 130 weg weisende Richtung. Dieser spezielle Versatz ermöglicht im Ergebnis ein eindeutiges Umschlagen des Umschlaggewichts 130 und wirkt dem Wegstoßen des Umschlaggewichtes 130 durch das Erregergewicht 120 beim Umschalten entgegen. Dazu weist das Umschlaggewicht 130 die von der Erregerwelle 110 bzw. von dem Erregergewicht 120 verschiedene Drehachse D_u auf, die relativ zur Drehachse D_g achsversetzt ist bzw. neben dieser liegend verläuft. Die beiden Drehachsen D_g und D_u verlaufen somit nicht koaxial zueinander. Die beiden Drehachsen D_g und D_u sind ferner parallel zueinander.

[0034] Die Schnittansicht in Fig. 2 verdeutlicht die Lage der beiden Drehachsen D_g und D_u zueinander, wobei der Schnitt im Bereich des vorderen Lagerpunkts 131 verläuft (Schnittebene senkrecht zu den Drehachse D_g und D_u). Das Umschlaggewicht 130 ist an diesem Lagerpunkt 131 im Bereich seines vorderen (ersten) axialen Endes auf der gegenüber der Drehachse D_g der Erregerwelle 110 exzentrischen Drehachse D_u über seinen Lagerring 135 mit der Innengleitfläche 172 drehbeweglich auf der Erregerwelle 110 gelagert. Mit dem Kreis K ist die Lage des in dieser Darstellung eigentlich nicht sichtbaren Antriebszapfens 126 bezüglich der zylindrischen Lagerfläche 128 angedeutet. Gut erkennbar ist, dass die Drehachse D_g der Erregerwelle 110 bzw. des Antriebszapfens 126 und die Drehachse D_u des Umschlaggewichtes 130 nicht fluchtend, sondern achsversetzt sind.

[0035] Die nebeneinander liegende bzw. achsversetzte Anordnung der Drehachsen D_g und D_u führt im Betrieb letztendlich dazu, dass sich die Drehachse D_u des Umschlaggewichtes 130 auf einer Kreisbahn um die ortsfeste Drehachse D_g der Erregerwelle 110 bewegt. Durch die definierte Beabstandung der beiden Drehachsen D_g und D_u (d. h. die beiden Drehachsen D_g und D_u sind um einen definierten Wert versetzt) wird insbesondere sichergestellt, dass ab einem bestimmten Drehwinkel das Umschlaggewicht 130 nach dem Umschlagen zuverlässig an den Flächenanschlag 124 (bei großer Amplitude) und an den Flächenanschlag 121 (bei kleiner Amplitude) des Erregergewichtes 120 gedrückt wird. Hierdurch wird ein eindeutiges Umschlagen und ein damit einhergehender Amplitudenwechsel gewährleistet, auch dann, wenn das Umschlaggewicht 130 nach dem Anschlagen noch zurückprallen sollte. Die definierte Beabstandung der beiden Drehachsen D_g und D_u ist als nach innen weisender Abstand auf der Winkelhalbierenden des Umschlagwinkels bemessen, wie untenstehend im Zusammenhang mit der Fig. 4 näher erläutert.

[0036] Um zu gewährleisten, dass das Umschlaggewicht 130 ab einem bestimmten Drehwinkel mit der Anschlagfläche 134 zuverlässig an den Flächenanschlag 124 des Erregergewichtes 120 gedrückt wird, ist dessen Drehachse D_u auf der

EP 2 390 416 A2

Linie der neutralen Lage (Winkelhalbierende des Umschlagwinkels) somit um einen definierten Wert versetzt, wie nachfolgend im Zusammenhang mit der Fig. 4 erläutert.

[0037] Der Masseschwerpunkt m des Umschlaggewichts 130 bewegt sich auf einer Kreisbahn K um den Drehpunkt bzw. um die Drehachse D_u . Der Umschlag des Umschlaggewichts 130 erfolgt zwischen O und T . Der Umschlagwinkel beträgt beispielhaft ca. 180° . Die gestrichelt dargestellte Winkelhalbierende des Umschlagwinkels ist mit N angegeben. Die Drehachse D_u ist auf der Winkelhalbierenden N gegenüber der Drehachse D_g um den Wert e nach innen (bezüglich der Öffnung des Umschlagwinkels; d. h. gemäß der Darstellung nach links) versetzt. Der Wert e kann mit den nachfolgend angegebenen Formeln einzelfallabhängig bestimmt werden. Die Berechnungen basieren auf der Annahme, dass auf das Umschlaggewicht 130 bzw. dessen Masse m zwei maßgebliche Kräfte und daraus resultierende Momente $M_{Rück}$ und M_{Reib} einwirken. Sobald das Rückstellmoment $M_{Rück}$ größer als das Reibmoment M_{Reib} wird, geht das Umschlaggewicht 130 unaufhaltsam an seinen jeweiligen Anschlag.

[0038] Der Wert e lässt sich durch die nachfolgend angegebenen Formeln ermitteln:

$$M_{Reib} = M_{Rück} \quad (1)$$

$$F_R \cdot \mu \cdot r_{Nabe} = F_T \cdot r_U \quad (2)$$

$$\cos \gamma \cdot F_Z \cdot \mu \cdot r_{Nabe} = \sin \gamma \cdot F_Z \cdot r_U \quad (3)$$

$$\frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = \tan \gamma = \frac{\mu \cdot r_{Nabe}}{r_U} \quad (4)$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{\mu \cdot r_{Nabe}}{r_U}\right) \quad (5)$$

$$\alpha = 180^\circ - ((\beta - \varepsilon) + \gamma) \quad (6)$$

$$\beta = 0,5 \cdot \delta \quad (7)$$

$$e = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} \cdot r_U \quad (8)$$

wobei gilt:

e	(exzentrischer) Abstand
M_{Reib}	Reibmoment
$M_{Rück}$	Rückstellmoment
F_R	Kraft (gemäß Fig. 4)
F_T	Kraft (gemäß Fig. 4)
F_Z	Kraft (gemäß Fig. 4)
μ	Reibwert im Drehpunkt des Umschlaggewichts (z. B. 0,5)
r_U	Schwerpunktastand (Radius) der Masse m zum Drehpunkt D_u

r_{Ndbe}	Radius der Erregerwelle, um den das Umschlaggewicht dreht
α	Winkel gemäß Fig. 4
β	Winkel gemäß Fig. 4
γ	Winkel gemäß Fig. 4
5 δ	Umschlagwinkel
ε	Sicherheitsabstand zur Berücksichtigung des Rückprallwinkels (z. B. 8°)

[0039] Figuren 5a bis 5c zeigen verschiedene Schnittansichten des Schwingungserregers 100. Der Schnitt entlang der Linie A-A erfolgt durch das hintere Lager 132 hindurch und senkrecht zu den Drehachsen D_g und D_u , so dass die Drehachsen D_g und D_u lediglich als Punkte sichtbar sind. Gut erkennbar ist der exzentrische Abstand e zwischen den Drehachsen D_g und D_u . Der Schnitt entlang der Linie B-B erfolgt durch das vordere Lager 131 hindurch und senkrecht zu den Drehachsen D_g und D_u . Damit entspricht die in Fig. 5b gezeigte Ansicht der in Fig. 2 gezeigten perspektivischen Schnittansicht. Schließlich zeigt Fig. 5c eine Schnittansicht entlang der Linie C-C, wobei die Schnittebene ebenfalls senkrecht zu den Drehachsen D_g und D_u , verläuft und in axialer Richtung betrachtet, d. h. in Richtung der Drehachsen D_g und D_u , unmittelbar zwischen dem einen axialen Ende des Umschlaggewichtes 130 und dem Wälzlager 160 angeordnet ist. Der vom Wälzlager 160 aufgenommene Antriebszapfen 126 der Erregerwelle 110 bzw. des Erregergewichtes 120 wird unmittelbar von der Antriebseinheit, d. h. dem Motor 140 (hier nicht sichtbar), rotierend angetrieben, wobei die Drehrichtung des Motors 140 und somit der Erregerwelle 110 maßgeblich für die Höhe der erzeugten Unwucht ist.

20

Patentansprüche

1. Schwingungserreger (100) für ein Bodenverdichtungsgerät, umfassend:
 - 25 - eine um eine Drehachse (D_g) rotierbare Erregerwelle (110) mit wenigstens einem daran angeordneten Erregergewicht (120), und
 - wenigstens ein Umschlaggewicht (130), das relativ zu dieser Erregerwelle (110) drehbeweglich angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

30 **dass** das wenigstens eine Umschlaggewicht um eine Drehachse (D_u) rotierbar ist, wobei die Drehachse (D_g) der Erregerwelle (110) und die Drehachse (D_u) des wenigstens einen Umschlaggewichts (130) zueinander achsversetzt sind.
2. Schwingungserreger (100) nach Anspruch 1,

35 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Drehachsen (D_g ; D_u) von Erregerwelle (110) und des wenigstens einen Umschlaggewichts (130) parallel zueinander liegen.
3. Schwingungserreger (100) nach Anspruch 1 oder 2,

40 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Drehachse (D_u) des wenigstens einen Umschlaggewichts (130) bezüglich der Drehachse (D_g) der Erregerwelle (110) um einen definierten Wert (e) versetzt ist, wobei dieser Wert (e) als nach innen weisender Abstand auf der Winkelhalbierenden des Umschlagwinkels bemessen ist.
4. Schwingungserreger (100) nach Anspruch 3,

45 **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Abstand (e) im Bereich weniger Millimeter und bevorzugt im Bereich von 1 mm bis 15 Millimeter und insbesondere im Bereich von 1,5 bis 10 Millimeter liegt.
5. Schwingungserreger (100) nach einem der vorausgehenden Ansprüche,

50 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das Erregergewicht (120) einstückig mit der Erregerwelle (110) ausgebildet ist.
6. Schwingungserreger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

55 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das wenigstens eine Umschlaggewicht wenigstens an einem axialen Ende (132) über einen Lagerzapfen (180) am Erregergewicht (120) gelagert ist.

EP 2 390 416 A2

7. Schwingungserreger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das wenigstens eine Umschlaggewicht wenigstens an einem axialen Ende (131) über einen Lagerring (135) unmittelbar am Erregergewicht (120) gelagert ist.
8. Schwingungserreger (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Lagerring (135) des Umschlaggewichtes (130) in Axialrichtung der Drehachse (D_g) der Erregerwelle (110) unmittelbar zwischen einem antriebsseitigen Lager (160) und einem Anschlag (129) am Erregergewicht angeordnet ist.
9. Schwingungserreger (100) nach einem der vorausgehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Umschlagwinkel für das Umschlaggewicht (130) im Bereich von 120° bis 200° liegt und bevorzugt in etwa 130° beträgt.
10. Bodenverdichtungsgerät, umfassend wenigstens einen Schwingungserreger (100) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

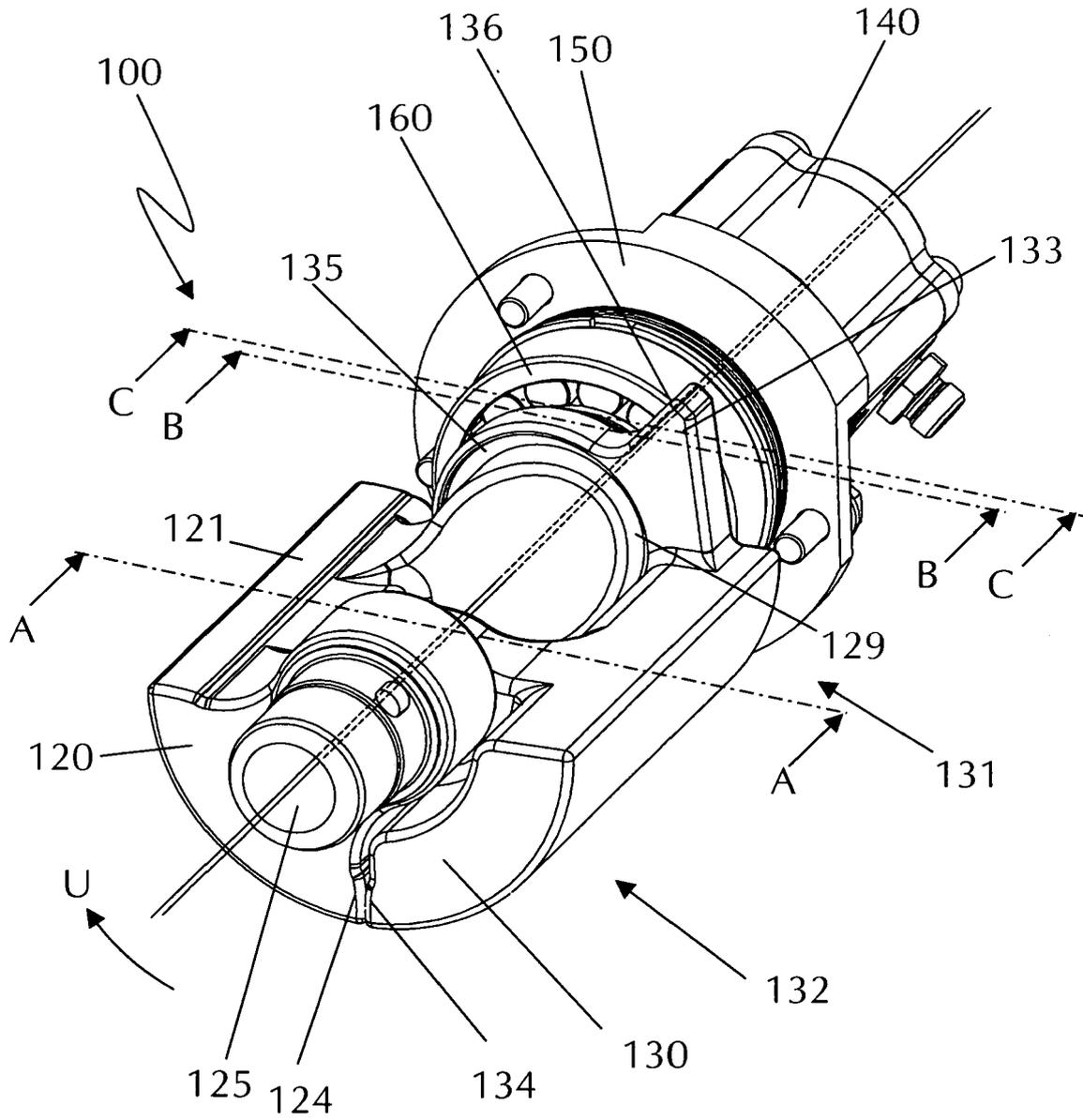
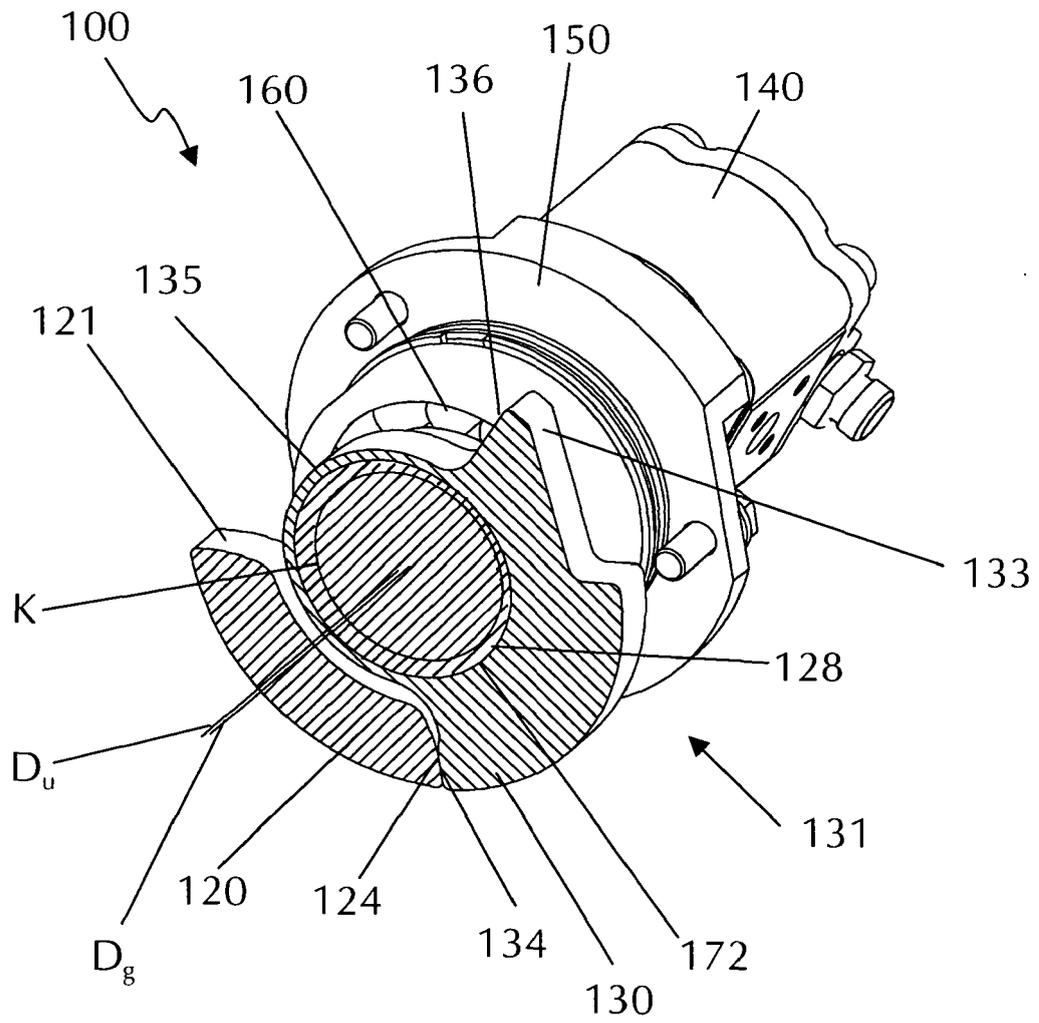


Fig. 2



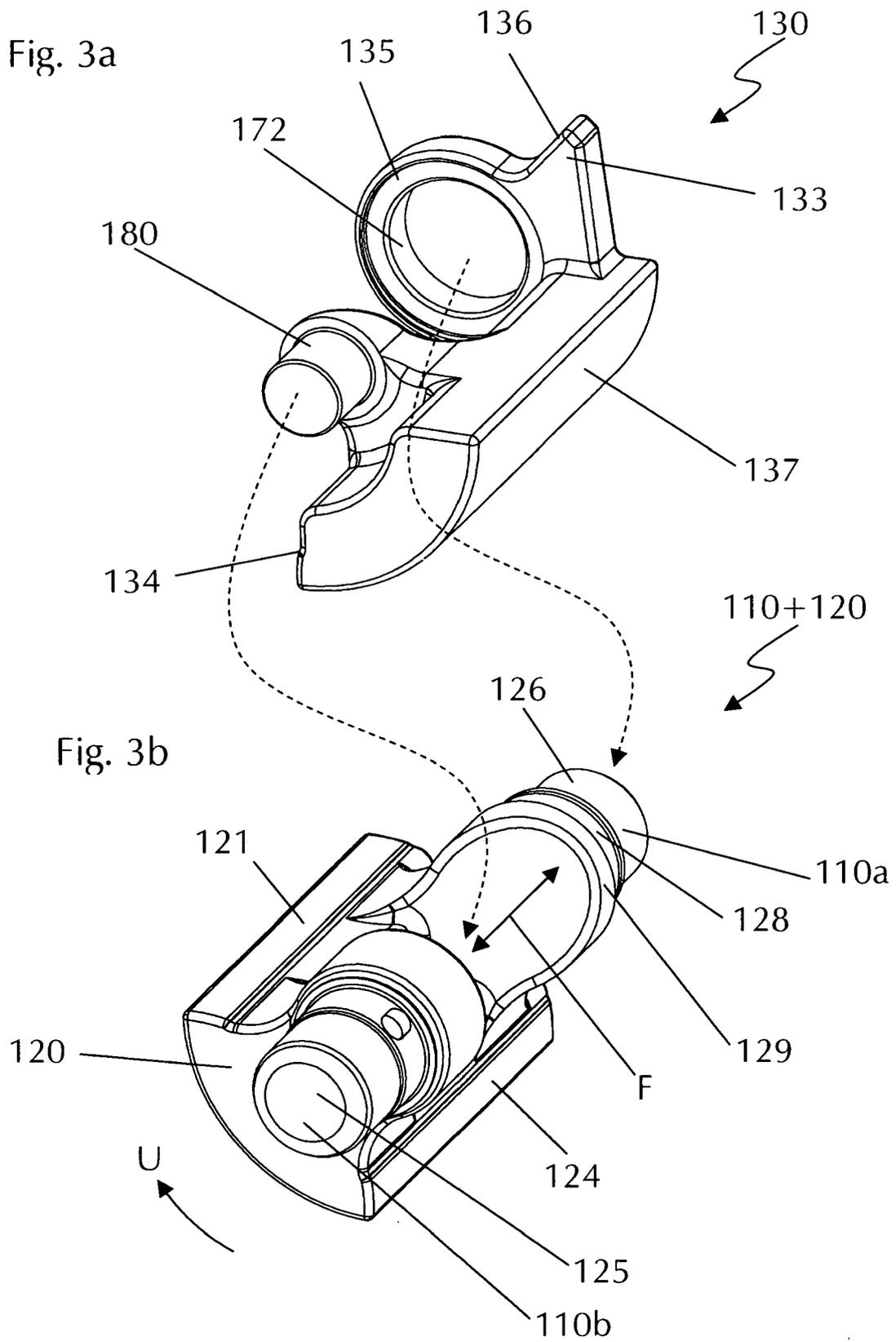
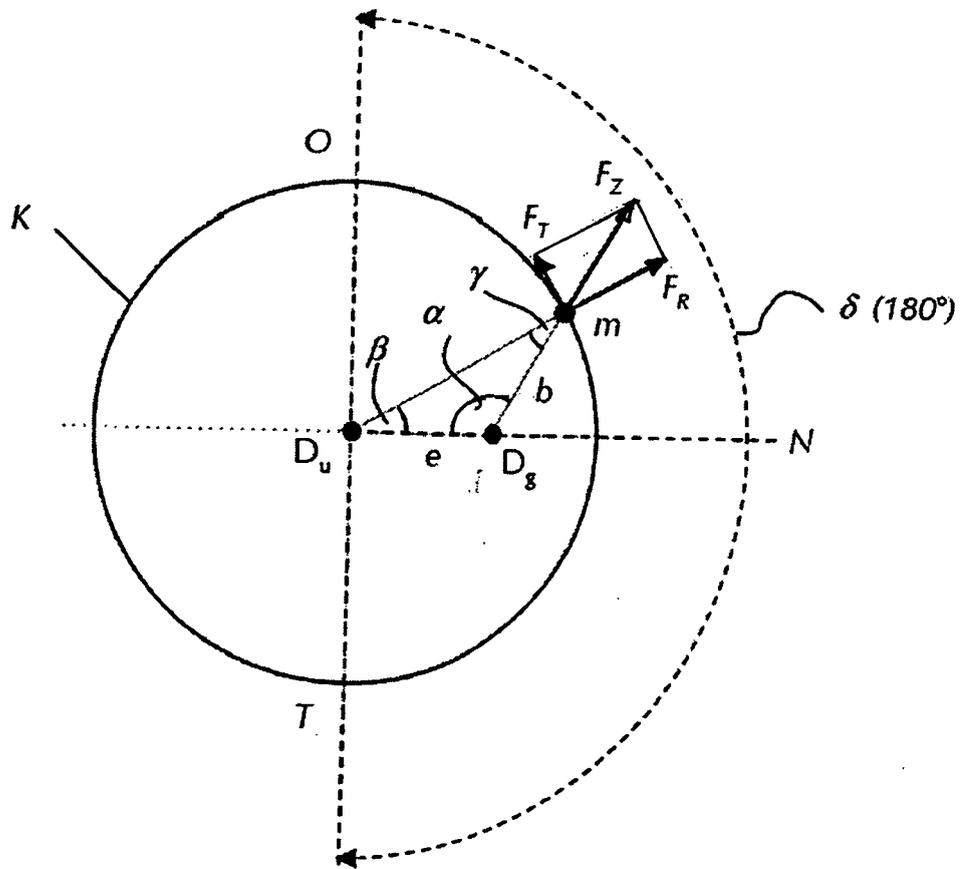
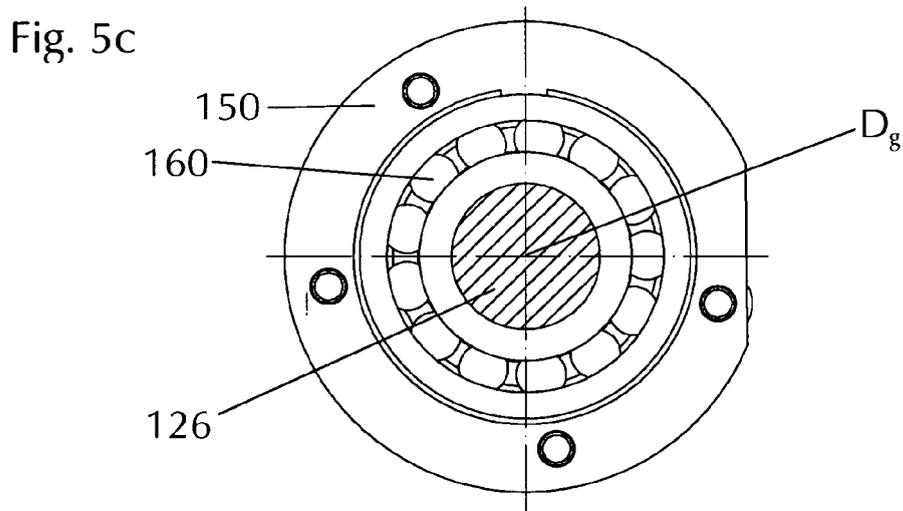
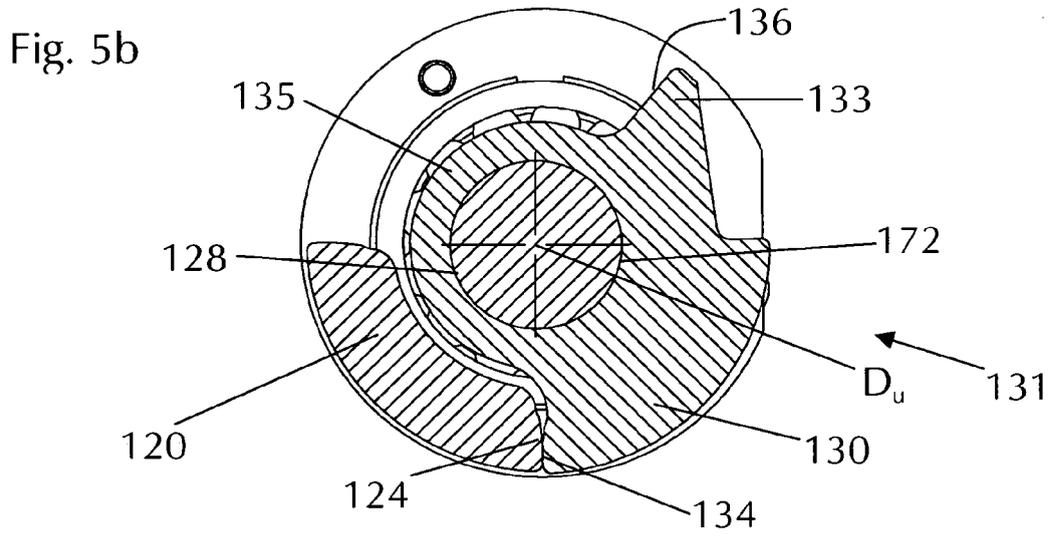
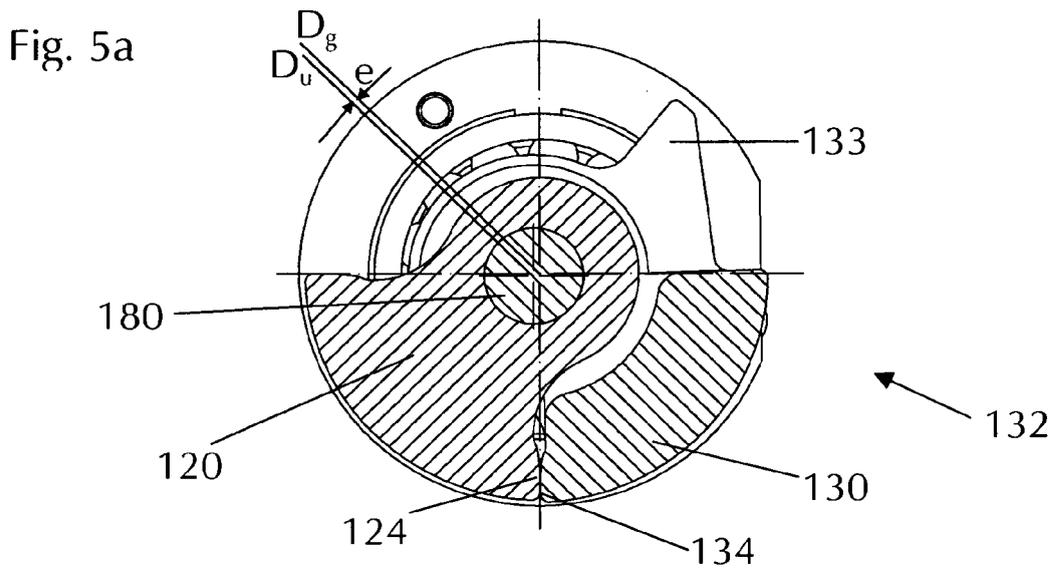


Fig. 4





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

- US 7059802 B1 [0002] [0005]