

(19)



(11)

EP 2 564 943 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.03.2013 Patentblatt 2013/10

(51) Int Cl.:
B06B 1/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12005082.8**

(22) Anmeldetag: **09.07.2012**

(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:
• **Schmidt, Christian**
56283 Halsenbach (DE)
• **Wagner, Jens**
56154 Boppard (DE)

(30) Priorität: **02.09.2011 DE 102011112316**

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

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

(54) Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung

(57) Die Erfindung betrifft einen Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung, insbesondere zum Einbau in einen Vibrationsverdichter, und eine Maschine mit einem solchen Schwingungserreger, mit wenigstens zwei entgegengesetzt zueinander rotierbaren und parallel verlaufenden Unwuchtwellen (10; 20), auf denen wenigstens jeweils eine feste Unwuchtmasse (12; 22) und wenigstens jeweils eine bewegbare Unwuchtmasse (14; 24) angeordnet sind, wo-

bei zur Amplitudenverstellung der Erregerschwingung die Positionen der bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) auf den Unwuchtwellen (10; 20) über eine Stelleinrichtung (2) veränderbar sind, und wobei die Stelleinrichtung (2) zur Amplitudenverstellung ein auf die bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) beider Unwuchtwellen (10; 20) einwirkendes zentrales Stellelement (4) aufweist, das koaxial zu einer Rotationsachse (A_S) angeordnet ist, um welche der Schwingungserreger (1) zur Vektorverstellung der Erregerschwingung drehbar ist.

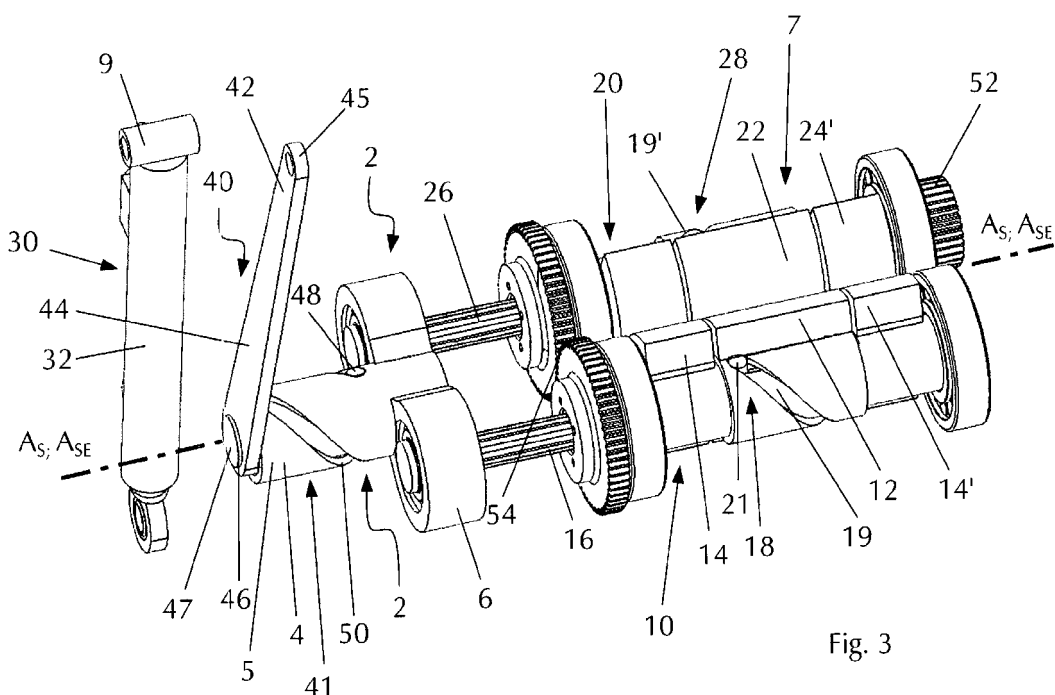


Fig. 3

EP 2 564 943 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung, insbesondere zum Einbau in einen Vibrationsverdichter, mit wenigstens zwei entgegengesetzt zueinander rotierbaren und parallel verlaufenden Unwuchtwellen, auf denen wenigstens jeweils eine feste Unwuchtmasse und jeweils wenigstens eine bewegbare Unwuchtmasse angeordnet sind, wobei zur Amplitudenverstellung der Erregerschwingung die Winkelpositionen der bewegbaren Unwuchtmassen auf den Unwuchtwellen über eine Stelleneinrichtung veränderbar sind.

[0002] Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Maschine und insbesondere eine Baumaschine wie beispielsweise einen Vibrationsverdichter mit einem Schwingungserreger der zuvor genannten Art.

[0003] Derartige Schwingungserreger sind aus dem Stand der Technik bekannt. Sie dienen dazu eine gerichtete Erregerschwingung zu erzeugen, die über geeignete Verdichtungsmittel, beispielsweise Verdichtungsplatten eines Verdichtungsgerätes, als alternierende Lastimpulse in einen Boden eingebracht werden können, um diesen zu verdichten.

[0004] Dazu verfügt der Schwingungserreger über zwei parallel zueinander verlaufende und gegenläufig rotierbare Unwuchtwellen auf denen wenigstens je eine bewegbare Unwuchtmasse angeordnet ist. Diese Unwuchtmasse bewirkt bei Rotation der Wellen einen Erregerimpuls in einer Erregerichtung mit einer bestimmten Erregeramplitude. Diese Amplitude steht im direkten Zusammenhang mit dem Verdichtungsergebnis während des Erregerbetriebes.

[0005] Mitunter besteht bei oben genannten Schwingungserregern der Bedarf, sowohl die Schwingungsamplitude mittels einer Amplitudenverstellung als auch den Vektor dieser Amplitude mittels einer Vektorverstellung zu verändern. Die Amplitudenverstellung bewirkt eine Reduzierung der Schwingungsamplitude und so beispielsweise eine Reduzierung der eingeleiteten Lastimpulse. Die Vektorverstellung bewirkt dagegen eine Veränderung der Richtung der Schwingungsamplitude, so dass ein mit einem solchen Schwingungserreger ausgerüsteter Vibrationsverdichter beispielsweise in einen Vorwärts- und einen Rückwärtsbetrieb bringbar ist.

[0006] Um eine Amplitudenverstellung bei dem eingangs genannten "Zweiwellenerreger" durchzuführen sind auf den Unwuchtwellen die bewegbaren Unwuchtmassen angeordnet, die relativ zu festen Unwuchtmassen an den Unwuchtwellen bewegbar und insbesondere auf diesen rotierbar sind. Durch eine solche Bewegung lässt sich die resultierende Gesamt-Unwuchtmasse so beeinflussen, dass die resultierende Erregeramplitude ab- oder zunimmt.

[0007] Eine solche Vorrichtung zeigt beispielsweise die DE 102 41 200 A1, bei der ebenfalls zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung zwei zueinander rotierbare und parallel verlaufende Unwuchtwellen in ei-

nem Vibrationsverdichter angeordnet sind. Auf den beiden Wellen sind bewegbare Unwuchtmassen angeordnet, die über eine Stelleinrichtung in ihrer Position relativ zu festen Unwuchtmassen veränderbar sind. Auf diese Weise lässt sich die Amplitude des Schwingungserregers beeinflussen.

[0008] Ähnliche Vorrichtungen zeigen auch die DE 100 57 807 und die DE 100 38 206.

[0009] Der Nachteil der aus dem Stand der Technik bekannten Schwingungserreger liegt zum einen in der aufwändigen Ausbildung einer Stelleinrichtung für die Verstellung der bewegbaren Unwuchtmassen auf beiden Unwuchtwellen, zum anderen in der fehlenden Möglichkeit einer effektiven Vektorverstellung bzw. der Möglichkeit eine solche Vektorverstellung auf einfache und technisch zuverlässige Weise zu ermöglichen.

[0010] Der Erfindung liegt folglich die Aufgabe zugrunde, einen Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine zuverlässige Amplitudenverstellung und eine Vektorverstellung der Erregerschwingung bei gleichzeitig widerstandsfähiger und preisgünstiger Ausführung gewährleistet ist.

[0011] Diese Aufgabe wird durch einen Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung, insbesondere zum Einbau in einen Vibrationsverdichter, gelöst, mit wenigstens zwei entgegengesetzt zueinander rotierbaren und parallel verlaufenden Unwuchtwellen, auf denen wenigstens jeweils eine feste Unwuchtmasse und wenigstens eine bewegbare Unwuchtmasse angeordnet sind, bei dem zur Amplitudenverstellung der Erregerschwingung bzw. zur Adaption der Erregerkraft die Positionen der bewegbaren Unwuchtmassen auf den Unwuchtwellen über eine Stelleinrichtung veränderbar sind, wobei die Stelleinrichtung zur Amplitudenverstellung ein auf die bewegbaren Unwuchtmassen beider Unwuchtwellen einwirkendes zentrales Stellelement aufweist, das koaxial zur einer Rotationsachse angeordnet ist, um welche der Schwingungserreger zur Vektorverstellung der Erregerschwingung drehbar ist.

[0012] Darüber hinaus wird diese Aufgabe durch eine Maschine und insbesondere eine Baumaschine, beispielsweise einen Vibrationsverdichter mit einem Schwingungserreger der zuvor genannten Art, gelöst.

[0013] Im Lichte der Erfindung wird dabei unter dem Begriff feste Unwuchtmasse, jede Unwuchtmasse verstanden, die auf der Unwuchtwellen angeordnet oder ausgebildet ist bzw. mit dieser in Wirkverbindung steht und nicht mit den bewegbaren Unwuchtmassen verstellbar ist.

[0014] Grundsätzlich betrifft die Erfindung also einen Schwingungserreger, bei dem sowohl die Amplitude als auch der Vektor der Erregerschwingung bzw. der Erregerkraft einstellbar ist. Ein wesentlicher Punkt des erfindungsgemäßen Schwingungserregers ist dabei die Ausbildung einer Stelleinrichtung zur Amplitudenverstellung der Erregerkraft mit einem zentralen Stellelement, das

gleichzeitig auf beide Unwuchtmassen einwirkt, um deren Relativposition auf den Unwuchtwellen so zu verändern, dass sich die Schwingungsamplitude verändert. Vorzugsweise wirkt dabei die Stelleinrichtung so auf die Unwuchtmassen ein, dass sich diese relativ zu den ortsfest auf den Unwuchtwellen angeordneten festen Unwuchtmassen bewegen. In der Summe ergibt sich so eine veränderte bzw. veränderbare Schwingungsamplitude.

[0015] Von Vorteil ist bei obigem zentralen Stellelement darüber hinaus seine Ausbildung derart, dass der Schwingungserreger zur Vektorverstellung der Schwingungsamplitude bzw. der Erregerkraft um das zentrale Stellelement drehbar positionierbar ist. Das zentrale Stellelement fungiert also vorzugsweise nicht nur als Stellelement für die Amplitudenverstellung sondern auch als Rotationsachse bzw. -lager für die Vektorverstellung. Zur Vektorverstellung kann der Schwingungserreger um das zentrale Stellelement bzw. ein entsprechendes koaxial zum zentralen Stellelement angeordnetes Lageelement, insbesondere um 90° rotieren, so dass sich die Richtung der Schwingungsamplitude verändert. So kann auf diese Weise mit der Vektorverstellung u.a. eine orthogonal zur Bodenfläche gerichtete Verdichtungsamplitude in eine horizontal zur Bodenfläche wirkende Verdichtungsamplitude verändert werden.

[0016] Die Rotationsachse der Vektorverstellung verläuft dabei vorzugsweise koaxial mit der Haupterstreckungsachse des Stellelementes, wobei das zentrale Stellelement auch selbst als Lagerachse oder als Führungsschse für ein Lager etc. ausgebildet sein kann. Durch die Anordnung des Stellelements koaxial zur Rotationsachse der Vektorverstellung ergibt sich ein sehr kompakter und hinsichtlich der abzutragenden Lasten optimierter Schwingungserreger. Durch die Ausbildung des zentralen Stellelements als Rotationsachse oder als Lager für eine solche Achse selbst, wird dieser Vorteil weiter verstärkt.

[0017] Vorzugsweise steht das zentrale Stellelement über ein Jochelement mit einem ersten und einem zweiten Axialstellelement in Wirkverbindung, die parallel zu den beiden Unwuchtwellen verlaufen und mit den bewegbaren Unwuchtmassen der Unwuchtwellen in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff derart stehen, dass eine Axialbewegung des zentralen Stellelementes eine Rotationsbewegung der bewegbaren Unwuchtmassen um die jeweilige Unwuchtwelle und somit die Amplitudenverstellung bewirkt. Gerade die Ausbildung eines zentralen Stellelements, das über ein Jochelement mit den beiden Axialstellelementen in Verbindung steht, garantiert die platzsparende und lastoptimierte Ausbildung eines Schwingungserregers. Das Jochelement ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass es sowohl die axial wirkenden Stellkräfte zur Amplitudenverstellung als auch die tangential wirkenden Rotationskräfte bei der Vektorverstellung ableiten kann.

[0018] Die Axialstellelemente sind zur technisch kompakten Bauweise vorzugsweise innerhalb der Unwuchtwellen geführt, wobei sie dann mit einem Mitnehmerbolzen in eine Wendelnut eingreifen, die in direktem Kraftschluss mit der jeweiligen bewegbaren Unwuchtmasse stehen. Die Unwuchtwellen sind also vorzugsweise wenigstens teilweise als Hohlwellen ausgebildet. Auf diese Weise kann bei einer Axialbewegung der Axialstellelemente eine Rotationskraft auf die jeweils bewegbare Unwuchtmasse übertragen werden. Die bewegbare Unwuchtmasse ist dabei rotierbar insbesondere über ein Lageelement der Unwuchtwelle gelagert, sodass eine Rotation der Unwuchtmasse um die Längsachse der Unwuchtwelle möglich ist. Natürlich ist aber auch jede andere verstellbare Ausführung der bewegbaren Unwuchtmassen vorstellbar, die dann aber auch auf beiden Unwuchtwellen über das zentrale Stellelement initiiert werden kann. Im Zusammenspiel mit den ortsfest auf oder an den Unwuchtwellen angeordneten festen Unwuchtmassen ergibt sich so eine Stellmöglichkeit, die sehr einfach über das zentrale Stellelement bedient werden kann.

[0019] Eine optimale Lagerung des Schwingungserregers an bzw. in einer Maschine und insbesondere in einem Vibrationsverdichter ist dann gewährleistet, wenn das zentrale Stellelement wenigstens ein Rotationslageelement aufweist oder mit diesem in Wirkverbindung steht, über das der Schwingungserreger an wenigstens einem externen Fixpunkt an der Maschine anordbar ist. Auf diese Weise kann der Schwingungserreger relativ zur Maschine für die Vektorverstellung um das zentrale Stellelement bzw. um seine Haupterstreckungsachse rotiert werden.

[0020] Vorzugsweise verläuft die Haupterstreckungsachse des zentralen Stellelementes und somit auch die Rotationsachse der Vektorverstellung koaxial zu einer Symmetrieachse der beiden Unwuchtwellen. Auf diese Weise lässt sich sowohl die Längsverschiebung zur Axialverstellung als auch die Rotation zur Vektorherstellung spannungsoptimiert realisieren.

[0021] Bei einer besonderen Ausführungsform verfügt der Schwingungserreger über ein Rotationskraftelement zur Vektorverstellung und über ein Axialkraftelement zur Amplitudenverstellung. Diese beiden Kraftelemente sind dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass sie mit dem zentralen Stellelement in Wirkverbindung stehen bzw. bringbar sind, um die Vektor- bzw. die Amplitudenverstellung zu ermöglichen und insbesondere eine Rotation um die Achse des Stellelementes bzw. dessen Bewegung Parallel dazu auszulösen.

[0022] Beide Kraftelemente können sowohl aktive als auch passive Kraftelemente sein. So ist bei einer Ausbildung als aktive Kraftelemente insbesondere die Ausbildung als Stellmotor, Kettentrieb, Kraftzylinder, insbesondere Hydraulikzylinder etc. möglich. Als passives Kraftelement ist insbesondere, wie im Folgenden noch erläutert die Ausbildung eines Kopplungselementes, das das eine Kraftelement mit dem anderen Kraftelement in Wirkverbindung bringt denkbar.

[0023] Das Rotationskraftelement und das Axialkraftelement können zudem auf einer Seite des Schwingungserregers und insbesondere auf einer Seite des zentralen Stellelementes angeordnet sein. Dies ermöglicht eine kompakte und kostengünstige Bauweise.

[0024] Vorzugsweise sind das Rotationskraftelement und das Axialkraftelement derart funktional miteinander gekoppelt, dass bei einer Vektorverstellung und insbesondere bei der Aktivierung des Rotationskraftelementes insbesondere gleichzeitig oder zumindest damit gekoppelt eine Amplitudenverstellung und insbesondere die Aktivierung des Rotationskraftelementes erfolgt, oder umgekehrt.

[0025] Insbesondere sind das Rotationskraftelement und das Axialkraftelement derart funktional miteinander gekoppelt, dass bei einer Vektorverstellung der resultierenden Kraftkomponente der Erregerschwingung von einer Vertikalrichtung in Richtung einer Horizontaleinrichtung eine Amplitudenverstellung derart erfolgt, dass die resultierende Kraftkomponente reduziert wird bzw. in umgekehrter Verstellrichtung vergrößert wird. Das bedeutet, dass bei einer Richtungsänderung des Kraftvektors von vertikal in Richtung horizontal gleichzeitig auch eine Amplitudenverstellung, also eine betragsmäßige Veränderung der Kraftkomponente und insbesondere deren Reduzierung erfolgen. Eine solche Kombination trägt der Tatsache Rechnung, dass bei vertikaler Wirkrichtung der Kraftkomponente der Erregerschwingung eine starke Verdichtung des Untergrundes gewährleistet ist, ohne dass es zu großen Belastungen in der Maschine kommt. Dagegen kommt es bei einer horizontalen Wirkungsrichtung der resultierenden Kraftkomponente der Erregerschwingung zu starken Belastungen in der Maschine. Durch eine Kombination aus Vektorverstellung und Amplitudenverstellung wird diesem Problem Rechnung getragen, und insbesondere dann, wenn bei einer Änderung der Wirkrichtung von vertikal in horizontal gleichzeitig auch die Wirkstärke reduziert wird.

[0026] Selbstverständlich kann dieses Zusammenspiel auch in umgekehrter Weise realisiert werden, so dass sich die Kraftkomponente erhöht, wenn von der horizontalen Richtung in die vertikale Wirkrichtung verstellt wird. Hier sind sämtliche gewünschte Kopplungen realisierbar. Durch eine mechanische Kopplung zwischen Axialkraftelement und Rotationskraftelement kann diese Kopplung auf sehr einfache Weise erreicht werden.

[0027] Wie zuvor bereits angedeutet, kann unter einem Axialkraftelement im Umfang der Erfindung neben einem axial wirkenden aktiv betriebenen oder betreibbaren Kraftelement, beispielsweise einem Hydraulikzylinder oder einem Axialstellmotor, auch ein passives Kraftelement verstanden werden. Selbiges gilt auch für das Rotationskraftelement. Ein solches passives Kraftelement steht als geeignetes Kopplungselement mit wenigstens einem anderen aktiv betriebenen Kraftelement in Wirkverbindung, sodass es im "Schleppbetrieb" der Aktivierung des anderen aktiven Kraftelementes folgt. So kann beispielsweise das Axialkraftelement entspre-

chend als passives Axialkraftelement ausgebildet und mit dem Rotationskraftelement beispielsweise in Form eines Kopplungsarmes gekoppelt sein, sodass es in Abhängigkeit der Aktion des Rotationskraftelementes Passivbewegungen durchführt, die sich als Axialbewegungen auf das Stellmittel auswirken. Wie gesagt kann natürlich eine solche Ausführungsform auch umgekehrt, also mit passivem Rotationskraftelement und aktivem Axialkraftelement etc. realisiert werden.

[0028] Obige passive Ausführungsform eines Axialkraftelementes ist beispielsweise durch ein Kopplungselement und insbesondere durch einen Kopplungsarm gekennzeichnet, der zwischen dem Schwingungserreger und einem externen Fixpunkt einer Maschine und insbesondere einem Vibrationsverdichter anordbar ist, wobei das Kopplungselement bzw. der Kopplungsarm mit dem zentralen Stellelement in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff derart stehen, dass eine durch das Rotationskraftelement auf den Schwingungserreger initiierte Rotationsbewegung über das Kopplungselement in eine Axialbewegung des Stellelementes umgesetzt wird. Der Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff weist beispielsweise eine Wendelnut an einem wenigstens teilweise als Hohlwelle ausgebildeten zentralen Stellelement auf, in die das Kopplungselement mit einem komplementären Mitnehmer eingreift. Bei einer Rotation des Schwingungserregers um die Achse des zentralen Stellelementes, bewirkt dieser Eingriff eine Axialbewegung des zentralen Stellelementes in Richtung seiner Haupterstreckungsachse und somit die zur Amplitudenverstellung nötige Axialverschiebung des zentralen Stellelementes bzw. der beiden damit gekoppelten Axialstellelemente.

[0029] Das zentrale Stellelement ist, wie bereits erwähnt in diesem Zusammenhang vorzugsweise wenigstens teilweise als Hohlwelle ausgebildet, die als Rotationswelle oder als Rotationslagerwelle für die Vektorverstellung ausgebildet ist. In der Wandung dieser Hohlwelle ist vorzugsweise wenigstens eine Wendelnut ausgebildet, in die ein Mitnehmer des Kopplungselementes eingreift. Das Kopplungselement umfasst bei einer solchen Ausführungsform vorzugsweise einen Kopplungsbolzen, der coaxial zum zentralen Stellelement und insbesondere zu dessen Hohlwelle angeordnet und innerhalb geführt ist. Der insbesondere radial aus dem Kopplungsbolzen hervorstehende Mitnehmer greift dabei so in die Wendelnut ein, dass bei einer Rotation des Schwingungserregers und somit der Hohlwelle eine Axialkraft in Richtung der Achse des Stellelementes resultiert. Dazu wird erfindungsgemäß das Kopplungselement und insbesondere der Kopplungsbolzen vorzugsweise so rotationsfest an der Maschine befestigt, dass er sich der Rotation des Stellelementes entgegenstellt und so die Axialbewegung verursacht.

[0030] Vorzugsweise umfasst das Rotationskraftelement einen längenveränderbaren Hubzylinder oder ein dergleichen längenveränderbares Kraftmittel, das derart exzentrisch zur Haupterstreckungsachse des zentralen Stellelementes am Schwingungserreger und an einem

externen Fixpunkt der Maschine und insbesondere einem Vibrationsverdichter anordbar ist, dass es mit einer Längenveränderung eine Rotationsbewegung des Schwingungserregers um die Achse des zentralen Stellelementes bewirkt.

[0031] Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0032] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben, die durch die beiliegenden Zeichnungen erläutert sind. Hierbei zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine isometrische Darstellung einer Ausführungsform eines Schwingungserregers;
- Fig. 2 die Ausführungsform gemäß Fig. 1 mit teilweise geschnittenem Erregergehäuse;
- Fig. 3 die Ausführungsform gemäß Fig. 1 mit vollständig entfernten Erregergehäuse;
- Fig. 4 die Ausführungsform gemäß Fig. 3 als isometrische Explosionsdarstellung
- Fig. 5 die Ausführungsform gemäß Fig. 4 aus einem anderen Sichtwinkel;
- Fig. 6 - 8 isometrische Darstellungen der Ausführungsform gemäß Fig. 1 während der Amplituden und Vektorverstellung; und
- Fig. 9 eine isometrische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schwingungserregers.

[0033] Im Folgenden werden für gleiche und gleich wirkende Bauteile dieselben Bezugsziffern verwendet, wobei zur Unterscheidung bisweilen Hochindizes ihre Anwendung finden.

[0034] Fig. 1 zeigt eine isometrische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schwingungserregers 1.

[0035] Der Schwingungserreger 1 umfasst ein Erregergehäuse 3 mit einem Gehäusekopf 5 die einen Aufnahmeraum für Erregermittel 7 bilden, die das Erzeugen einer gerichteten Erregerschwingung erlauben. Der dargestellte Schwingungserreger kann in eine Baumaschine und insbesondere einen Vibrationsverdichter eingebaut werden.

[0036] Fig. 2 zeigt die Ausführungsform gemäß Fig. 1, wobei das Erregergehäuse 3 teilweise entfernt wurde, sodass nun die Erregermittel 7 deutlich zu sehen sind. Es handelt sich bei den Erregermitteln 7 um zwei Unwuchtwellen 10, 20, auf denen sowohl bewegbare Unwuchtmassen 12, 22 als auch fest Unwuchtmassen 14, 24 angeordnet sind.

[0037] Die bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 sind dabei über eine Stelleinrichtung 2, umfassend ein Axial-

kraftelement 40 derart relativ zu den festen Unwuchtmassen 14, 24 bewegbar und insbesondere um die jeweilige Unwuchtwellen 10, 20 rotierbar, dass sich bei einer Rotation der beiden Unwuchtwellen 10, 20 die Amplitude der Erregerschwingung verändert.

[0038] Darüber hinaus verfügt der Schwingungserreger 1 über ein Rotationskraftelement 30, das hier als Hubzylinder 32 ausgeführt und derart exzentrisch am Gehäusekopf 5 angeschlagen ist, dass er bei einer Längenveränderung eine Rotation des Schwingungserregers 1 um eine Achse A_{SE} erlaubt, die hier coaxial zur Haupterstreckungsachse eines Stellelementes 4 (siehe Fig. 3) verläuft.

[0039] Mit den hier dargestellten Kraftelementen, also dem Rotationskraftelement 30 und dem Axialkraftelement 40 kann folglich eine Vektorverstellung (durch eine Rotation des Schwingungserregers 1) um die Achse A_{St} und eine Amplitudenverstellung (durch eine Verstellung der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22) erfolgen. Zur Initiierung dieser Bewegung sind die Kraftelemente 30, 40, wie sie im Folgenden noch detailliert beschrieben werden, an wenigstens einem Fixpunkt 8 (hier nur schematisch dargestellt) an einer Baumaschine angeschlagen. Bei einer durch die Kraftelemente 30, 40 initiierten Bewegung bleibt dieser Fixpunkt 8 ortsfest.

[0040] Fig. 3 zeigt die Darstellung aus Fig. 2 nun mit vollständig entferntem Erregergehäuse und im Sinne der Übersichtlichkeit geringfügig verschobenem Kraftelement 30.

[0041] Deutlich dargestellt sind die beiden Unwuchtwellen 10, 20, die über die bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 und die festen Unwuchtmassen 14, 24 verfügen. In Rotation gesetzt bewirken diese Unwuchtmassen die gerichtete Erregerschwingung. Der Antrieb der beiden Unwuchtwellen 10, 20 erfolgt über ein Antriebselement und insbesondere Antriebszahnrad 52, das mit einem Motor (nicht dargestellt) in Wirkverbindung bringbar ist. Über eine Zahnradkämmung 54 stehen dabei die beiden Unwuchtwellen 10, 20 derart miteinander in Wirkverbindung, dass über das Antriebszahnrad 52 eine gegenläufige Rotationsbewegung in die Unwuchtwellen 10, 20 einleitbar ist.

[0042] Zur Verstellung der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 ist, wie bereits erwähnt, das Axialkraftelement 40 vorgesehen, das eine Axialbewegung entlang einer Symmetrieachse A_S , die zwischen den beiden Unwuchtwellen 10, 20 verläuft, in zwei Axialstellelemente 16, 26 einleitet. Diese Axialstellelemente 16, 26 stehen mit den bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff, sodass bei einer Axialbewegung der Axialstellelemente 16, 26 eine Rotationsbewegung der beweglichen Unwuchtmassen 12, 22 relativ zu den festen Unwuchtmassen 14, 24 resultiert.

[0043] Die dazu nötige Koppelung gründet sich bei diesem Ausführungsbeispiel auf je eine Wendelnut 19 in die kraftschlüssig ein Mitnehmerbolzen 21 eingreift, der seinerseits kraftschlüssig mit den jeweiligen Axialkraftelementen 16 bzw. 26 verbunden ist. Bei einer Axialbewe-

gung der Axialstellelemente 16, 26 erfolgt so eine Rotation der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 relativ zu den festen Unwuchtmassen 14, 24 bzw. zur Unwuchtwelle 10, 20.

[0044] Erfindungsgemäß sind dabei die Axialstellelemente 16, 26 über ein Jochelement 6 mit dem zuvor bereits erwähnten zentralen Stellelement 4 verbunden, so dass über dieses zentrale Stellelement 4 eine synchronisierte Axialbewegung der beiden Axialstellelemente 16, 26 und somit eine synchronisierte Verstellung der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 möglich ist. Relevant ist in diesem Zusammenhang, dass die auf den beiden Unwuchtwellen 10, 20 ausgebildeten Wendelnuten 19 gegenläufig ausgebildet sind, wodurch über die Axialstellelemente eine gegenläufige Verstellung der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 erreicht wird.

[0045] Erfindungsgemäß ist darüber hinaus das zentrale Stellelement 4 derart ausgebildet, dass eine Rotation des Schwingungserregers 1 (siehe insbesondere Fig. 1) um die Achse A_{SE} des zentralen Stellelementes A_{SE} möglich ist, sodass über das zentrale Stellelement 4 also nicht nur eine Amplitudenverstellung (durch eine Bewegung der bewegbaren Unwuchtmassen 10, 20) sondern auch eine Vektorverstellung (durch eine Rotation der Erregermittel 7 bzw. des Schwingungserregers 1 um die Achse A_{SE}) erfolgen kann.

[0046] Wie bereits in Bezug auf Fig. 2 erläutert, ist zu dieser Vektorverstellung ein Rotationskraftelement 30 mit einem Hubzylinder 32 am Schwingungserreger 1 angeordnet, und zwar derart exzentrisch zur Achse A_{SE} des zentralen Stellelementes 4, dass bei einer Verlängerung bzw. Verkürzung des Hubzylinders 32 eine Rotation des Schwingungserregers 1 um diese Achse A_{SE} resultiert. Dazu ist der Hubzylinder 32 mit einem Montageende 9 an einem Fixpunkt der Maschine, in der der Schwingungserreger eingebaut wird, angeschlagen. Bei dieser Ausführungsform ist direkt mit der Vektorverstellung, die durch das Rotationskraftelement 30 bzw. den Hubzylinder 32 initiiert ist, das Axialkraftelement 40 gekoppelt, das hier als passives Axialkraftelement 40 ausgebildet ist und in direkter Wirkverbindung mit dem Rotationskraftelement 30 steht.

[0047] Dazu weist das Axialkraftelement 40 ein Kopplungselement 42 auf, das zwischen dem Schwingungserreger 1 und einem weiteren oder demselben externen Fixpunkt an der Maschine (nicht dargestellt) anordbar ist. Das Kopplungselement 42 steht mit dem zentralen Stellelement 4 in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff 41 derart, dass eine durch das Rotationskraftelement 30 auf den Schwingungserreger 1 initiierte Rotationsbewegung um die Achse A_{SE} in eine Axialbewegung des zentralen Stellelementes 4 parallel zur Achse A_{SE} umgesetzt wird.

[0048] Dazu ist das zentrale Stellelement 4 wenigstens teilweise als Hohlwelle 38 ausgebildet, wobei es in seiner Wandung eine Wendelnut 50 aufweist, in die ein Mitnehmer 48 kraftschlüssig eingreift. In den Innenraum der Hohlwelle 38 greift ein komplementär ausgebildeter

Kopplungsbolzen 46 ein. Auf diesem Kopplungsbolzen 46 ist der Mitnehmer 48 angeordnet, der mit der Wendelnut 50 in Wirkverbindung steht.

[0049] Am freien Ende 47 des Kopplungsbolzens 46 ist ein Kopplungsarm 44 angeordnet, der mit seinem freien Ende 45 am Fixpunkt der Maschine (nicht dargestellt) angeschlagen ist. Durch die statische Kopplung zwischen dem Kopplungselement 42 bzw. dem Kopplungsarm 44 und dem Fixpunkt kommt es bei einer Rotation des Schwingungserregers 1 um die Achse A_{SE} des zentralen Stellelementes 4 zu einer Axialverschiebung des zentralen Stellelementes 4 entlang der Achse A_{SE} . Das bedeutet, dass bei einer Vektorverstellung (verursacht die Rotation um die Achse A_{SE}) gleichzeitig auch eine Amplitudenverstellung erfolgt. Das wiederum hat zur Folge, dass bei einer vertikal gerichteten Erregerschwingung, wie sie beispielsweise in den Fig. 1 - 5 auftritt, eine maximale Schwingungsamplitude bzw. eine maximale Erregerkraft wirkt, während bei einer im Wesentlichen horizontal gerichteten Schwingungsamplitude bzw. Erregerkraft, wie sie beispielsweise in Fig. 8 wirkt, gleichzeitig auch die Schwingungsamplitude selbst reduziert und so die Belastungen auf den Schwingungserreger 1 und die Maschine reduziert werden.

[0050] Die Fig. 4 und 5 zeigen die Ausführungsform wie sie in Fig. 3 dargestellt ist in einer teilgeschnittenen Darstellung, wobei auf die Darstellung des Hubzylinders 32 verzichtet wurde. Deutlich erkennbar ist die Ausführung des zentralen Stellelementes 4 als Hohlwelle 38 und die darin angeordnete Wendelnut 50, die mit dem Kopplungsbolzen 46 bzw. dessen Mitnehmer 48 in Wirkverbindung steht.

[0051] Ebenfalls dargestellt ist die Ausführung der Wendelnut-Mitnehmer-Eingriffe 18, 28 bei denen ebenfalls jeweils eine Wendelnut 19 an der bewegbaren Unwuchtmasse 12, 22 mit einem Mitnehmerbolzen 21 in Wirkverbindung steht.

[0052] Um eine rotation Axialstellelemente 16, 26 relativ zum Jochelement 6 zu erlauben, sind in entsprechenden Aufnahmebereichen 11 Lagerelemente 13 vorgesehen, in denen die Axialstellelemente 16, 26 rotierbar gelagert, jedoch in Axialrichtung parallel zur Achse A_{SE} fixiert sind.

[0053] Die Fig. 6 - 8 zeigen den Ablauf der kombinierten Amplituden- und Vektorverstellung.

[0054] In Fig. 6 sind die beiden Unwuchtwellen 10, 20 im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene angeordnet. Die bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 sind darüber hinaus derart relativ zu den festen Unwuchtmassen 14, 24 so angeordnet, dass sich eine maximale Schwingungsamplitude bzw. eine maximale Erregerkraft F_V in vertikaler Richtung ergibt.

[0055] Über das Rotationskraftelement 30 bzw. den Hubzylinder 32 kann der Schwingungserreger 1 um die Achse A_{SE} so gedreht werden, dass die Unwuchtwellen 10, 20 nicht mehr in einer horizontalen sondern in einer vertikalen Ebene verlaufen. Dies ist in Fig. 8 dargestellt.

[0056] Dazu wird der Hubzylinder 32 aktiviert und in

seiner Länge verändert und insbesondere verlängert, so dass er über seinen Eingriff am Exenterbolzen 34 am Gehäuse Kopf 5 (siehe Fig. 2) den Schwingungserreger 1 um die Achse A_{SE} verdreht.

[0057] Zeitgleich mit dieser Vektorverstellung erfolgt über die funktionale Kopplung zwischen dem Rotationskraftelement 30 und dem Axialkraftelement 40 auch eine Amplitudenverstellung, indem die bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 relativ zu den festen Unwuchtmassen 14, 24 verdreht werden. Das Resultat ist eine im Wesentlichen horizontal gerichtete, reduzierte Schwingungsamplitude bzw. Erregerkraft F_H , die bei diesem Ausführungsbeispiel einem Bruchteil der vertikal wirkenden Erregerkraft F_V entspricht.

[0058] In der Zusammenschau der Fig. 6 - 8 wird deutlich, wie die Kopplung des Rotationskraftelementes 30 und des Axialkraftelementes 40 die zeitgleiche Vektor- und Amplitudenverstellung ermöglicht. Durch die durch den Hubzylinder 32 verursachte Rotation des Schwingungserregers 1 um das zentrale Stellelement 4, kommt es aufgrund des Wendelnut-Mitnehmer-Eingriffs 41 zu einer Axialbewegung des zentralen Stellelementes 4 entlang der Achse A_{SE} auf dem Kopplungsbolzen 46, welche ihrerseits aufgrund der Wendelnut-Mitnehmer-Eingriffe 18 bzw. 28 zu einer Rotation der bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 führt.

[0059] Fig. 9 zeigt eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schwingungserregers, der in seinem Grundaufbau im Wesentlichen dem zuvor beschriebenen Schwingungserreger gemäß den Fig. 1 - 8 entspricht. Auch hier sind zwei Unwuchtwellen 10, 20 koaxial zueinander und symmetrisch um eine Symmetrieachse A_S angeordnet und derart miteinander gekoppelt, dass sie gegenläufig zueinander rotieren. Die Verstellung der auf den Unwuchtwellen 10, 20 angeordneten bewegbaren Unwuchtmassen 12, 22 erfolgt ebenfalls wieder über zwei Axialstellelemente 16, 26, die über ein Jochelement 6 miteinander gekoppelt sind und mit einem zentralen Stellelement 4 zentral bedienbar sind.

[0060] Bei der hier dargestellten Ausführungsform sind am zentralen Stellelement 4 zwei getrennt voneinander ausgebildete Kraftelemente angeordnet, nämlich ein Axialkraftelement 40 und ein Rotationskraftelement 30, die jedes für sich für die Amplitudenverstellung bzw. die Vektorverstellung aktiviert werden können. So ermöglicht das Axialkraftelement 40 beispielsweise mittels eines integrierten Hydraulikzylinders (nicht dargestellt) die Axialverschiebung des zentralen Stellelementes 4 entlang seiner Haupterstreckungsachse A_{SE} , die koaxial zur Symmetrieachse A_S verläuft.

[0061] Das Rotationskraftelement 30 dagegen erlaubt die Rotation des zentralen Stellelementes 4 und somit die Rotation der Erregermittel 7 bzw. des Schwingungserregers 1.

[0062] Erfindungsgemäß sind dabei beide Kraftelemente 30, 40 auf einer Seite des Schwingungserregers 1 angeordnet. Dies führt zu einem sehr kompakten und preisgünstigen Schwingungserreger.

[0063] Über eine geeignete Steuereinrichtung ist auch bei dieser Ausführungsform die Kopplung zwischen Amplitudenverstellung und Vektorverstellung herstellbar, wobei diese Steuereinrichtung insbesondere so ausgebildet ist, dass sie bei Ansteuerung der Vektorverstellung bzw. des Rotationskraftelementes 30 zeitgleich oder in Abhängigkeit die Amplitudenverstellung bzw. das Axialkraftelement 40 regelt, oder umgekehrt.

Patentansprüche

1. Schwingungserreger zur Erzeugung einer gerichteten Erregerschwingung, insbesondere zum Einbau in einen Vibrationsverdichter, mit wenigstens zwei entgegengesetzt zueinander rotierenden und parallel verlaufenden Unwuchtwellen (10; 20), auf denen wenigstens jeweils eine feste Unwuchtmasse (12; 22) und wenigstens jeweils eine bewegbare Unwuchtmasse (14; 24) angeordnet sind, wobei zur Amplitudenverstellung der Erregerschwingung die Winkelpositionen der bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) auf den Unwuchtwellen (10; 20) über eine Stelleinrichtung (2) veränderbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stelleinrichtung (2) zur Amplitudenverstellung ein auf die bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) beider Unwuchtwellen (10; 20) einwirkendes zentrales Stellelement (4) aufweist, das koaxial zu einer Rotationsachse (A_S) angeordnet ist, um welche der Schwingungserreger (1) zur Vektorverstellung der Erregerschwingung drehbar ist.
2. Schwingungserreger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zentrale Stellelement (4) als Rotationslagerelement für den Schwingungserreger (1) ausgebildet ist, so dass der Schwingungserreger (1) zur Vektorverstellung der Erregerschwingung um die Haupterstreckungsachse (A_{SE}) des Stellelementes (4) drehbar positionierbar ist.
3. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zentrale Stellelement (4) über ein Jochelement (6) mit einem ersten und einem zweiten Axialstellelement (16; 26) in Wirkverbindung steht, die parallel zu den beiden Unwuchtwellen (10; 20) verlaufen und mit den bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) der Unwuchtwellen (10; 20) in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff (18; 28) derart stehen, dass eine Axialbewegung des zentralen Stellelementes (4) eine Rotationsbewegung der bewegbaren Unwuchtmassen (12; 22) um die jeweilige Unwuchtwelle (10; 20) und somit die Amplitudenver-

stellung bewirkt.

4. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zentrale Stellelement (4) wenigstens ein Rotationslagerelement aufweist, über das der Schwingungserreger (1) an wenigstens einem externen Fixpunkt einer Maschine und insbesondere einem Vibrationsverdichter anordbar und lagerbar ist. 5
5. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Haupterstreckungsachse (A_{SE}) des zentralen Stellelementes (4) koaxial zu einer Symmetrieachse (A_S) der beiden Unwuchtwellen (10; 20) verläuft. 10 15 20
6. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Vektorverstellung ein Rotationskraftelement (30) und zur Amplitudenverstellung ein Axialkraftelement (40) vorgesehen sind, die beide mit dem zentralen Stellelement (4) in Wirkverbindung stehen. 25
7. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rotationskraftelement (30) und das Axialkraftelement (40) auf einer Seite des Schwingungserregers (1) angeordnet sind. 30 35
8. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rotationskraftelement (30) und das Axialkraftelement (40) derart funktional miteinander gekoppelt sind, dass bei einer Vektorverstellung auch eine Amplitudenverstellung erfolgt. 40
9. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rotationskraftelement (30) und das Axialkraftelement (40) derart funktional miteinander gekoppelt sind, dass bei einer Vektorverstellung der resultierenden Erregerkraft der Erregerschwingung von einer Vertikalrichtung in Richtung einer Horizontalrichtung eine Amplitudenverstellung derart erfolgt, dass die resultierende Erregerkraft reduziert wird. 45 50 55
10. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden

den Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Axialkraftelement (40) ein Koppelungselement (42) aufweist, dass zwischen dem Schwingungserreger (1) und einem externen Fixpunkt einer Maschine und insbesondere einem Vibrationsverdichter anordbar ist, wobei das Koppelungselement (42) mit dem zentralen Stellelement (4) in einem Wendelnut-Mitnehmer-Eingriff (41) derart steht, dass eine durch das Rotationskraftelement (30) auf den Schwingungserreger (1) initiierte Rotationsbewegung in eine Axialbewegung des Stellelementes (4) umgesetzt wird.

11. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

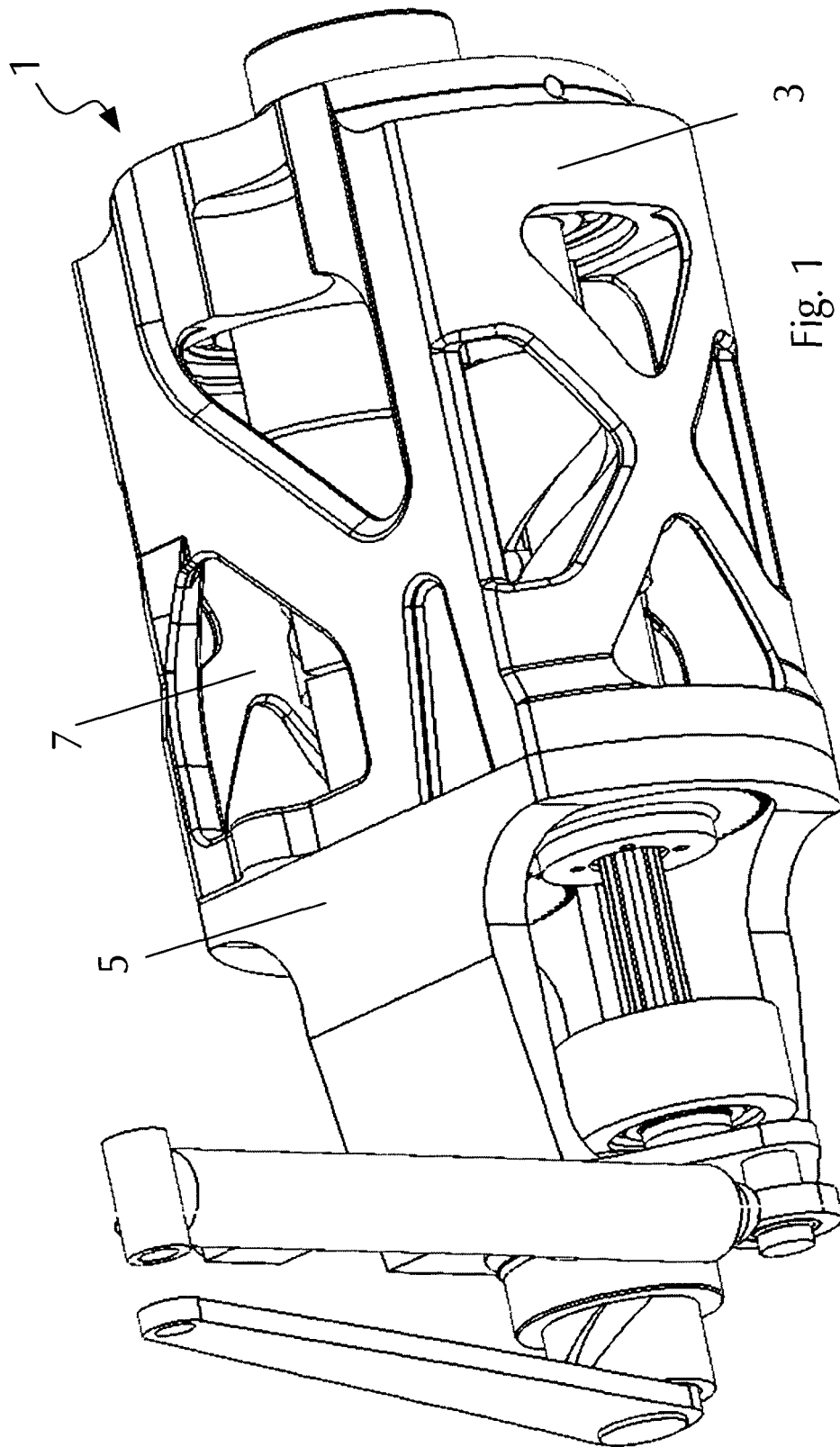
dass das zentrale Stellelement (4) wenigstens teilweise als Hohlwelle (38) ausgebildet ist, die als Rotationswelle oder Rotationslagerwelle für die Vektorverstellung ausgebildet ist.

12. Schwingungserreger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere einem der Ansprüche 6 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Rotationskraftelement (30) einen längenveränderbaren Hubzylinder (32) umfasst, der derart exzentrisch zum zentralen Stellelement (4) am Schwingungserreger (1) und einem externen Fixpunkt einer Maschine und insbesondere einem Vibrationsverdichter anordbar ist, dass er mit einer Längenveränderung eine Rotationsbewegung des Schwingungserregers (1) koaxial zur Haupterstreckungsachse (A_{SE}) des zentralen Stellelementes (4) bewirkt.

13. Maschine und insbesondere Baumaschine wie beispielsweise Vibrationsverdichter mit einem Schwingungserreger gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 12.



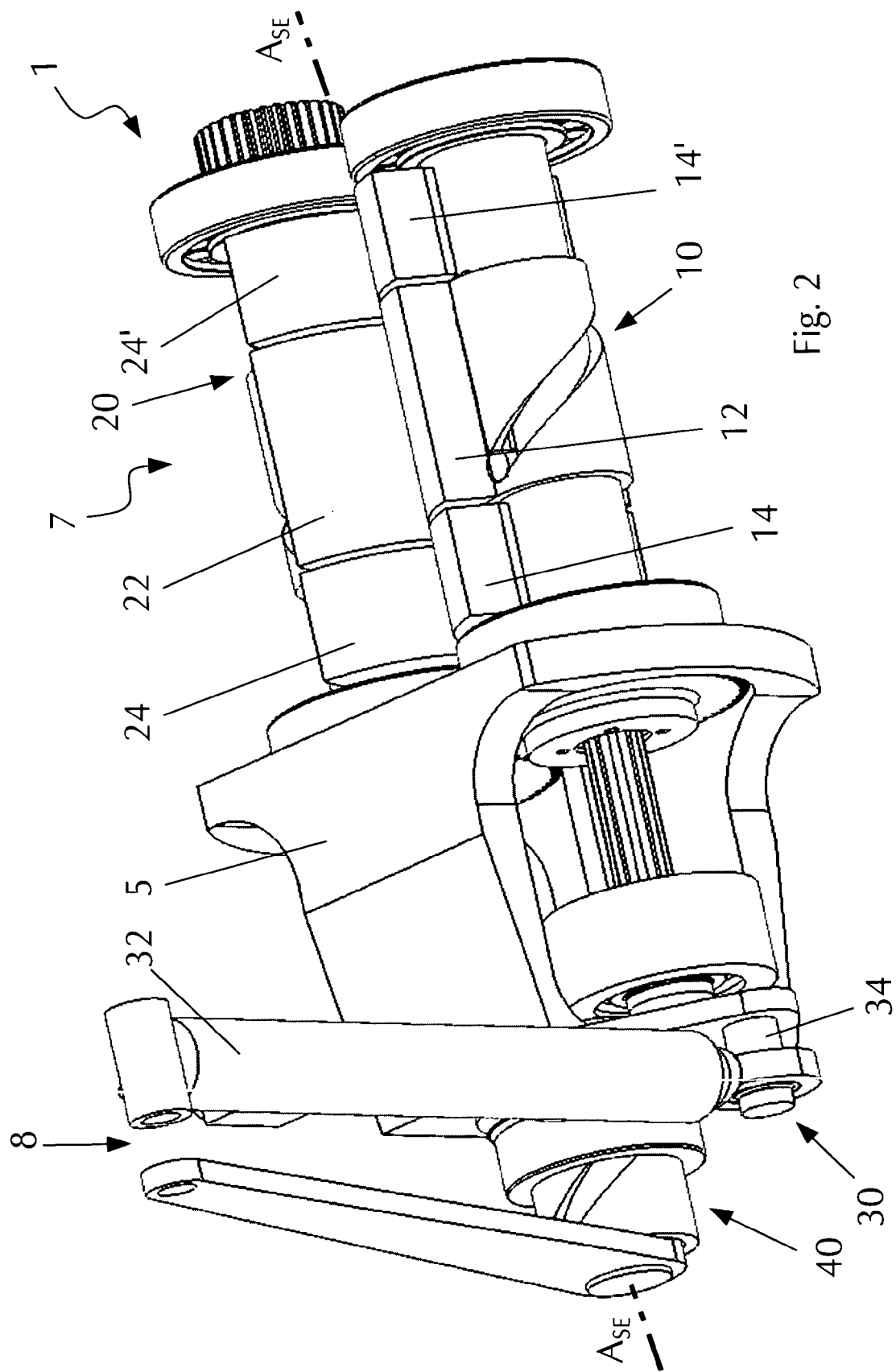


Fig. 2

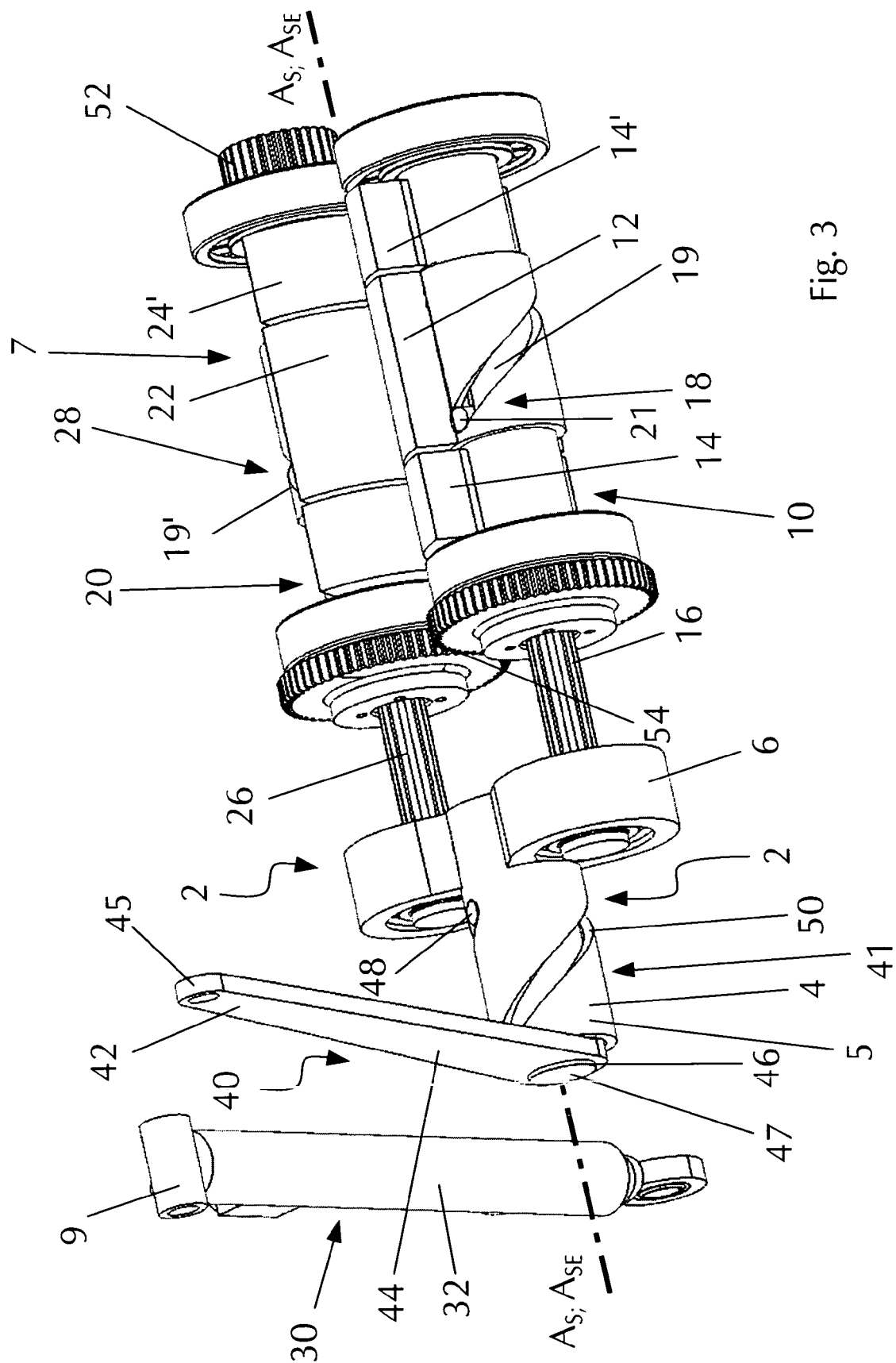


Fig. 3

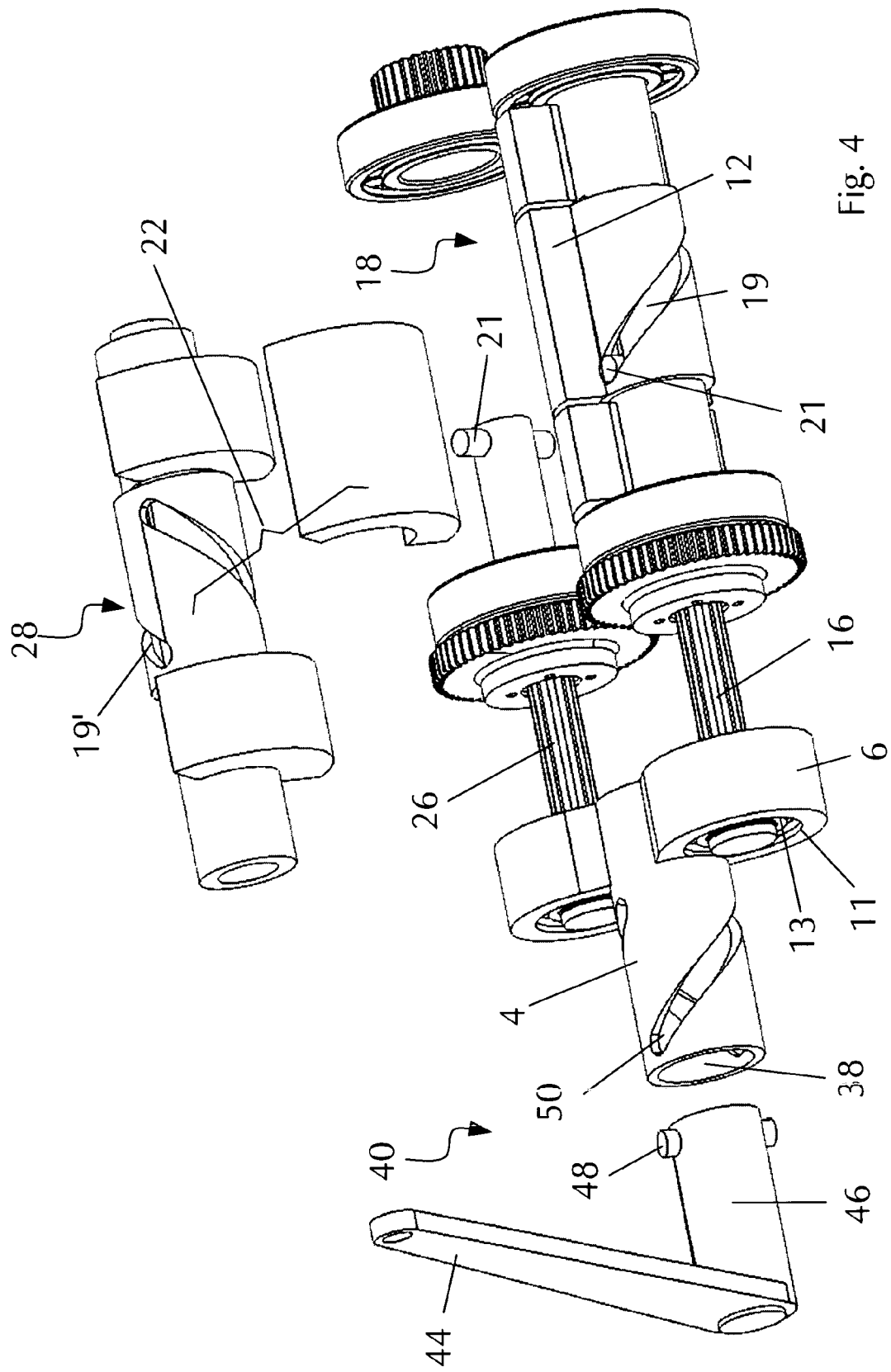


Fig. 4

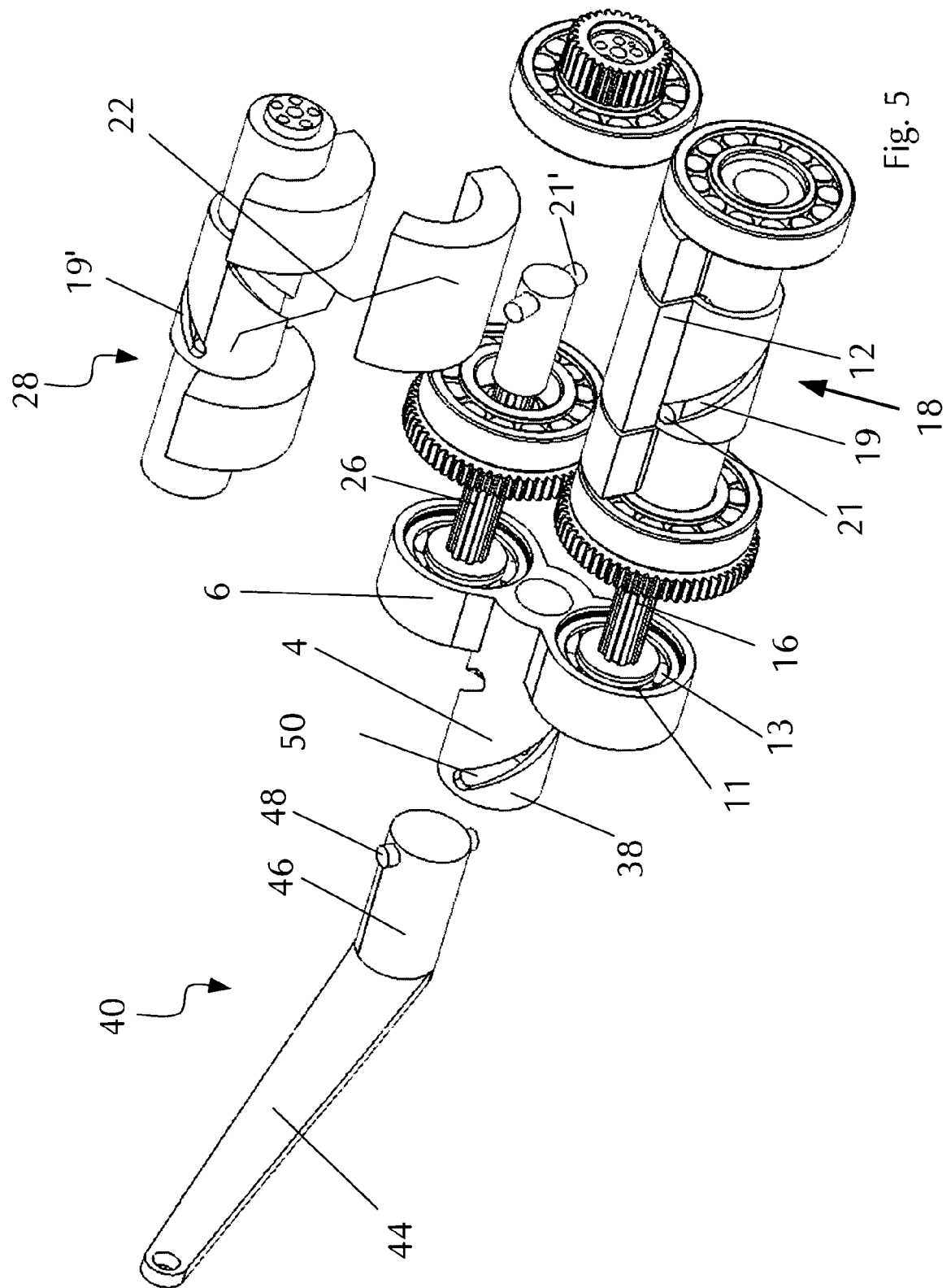


Fig. 5

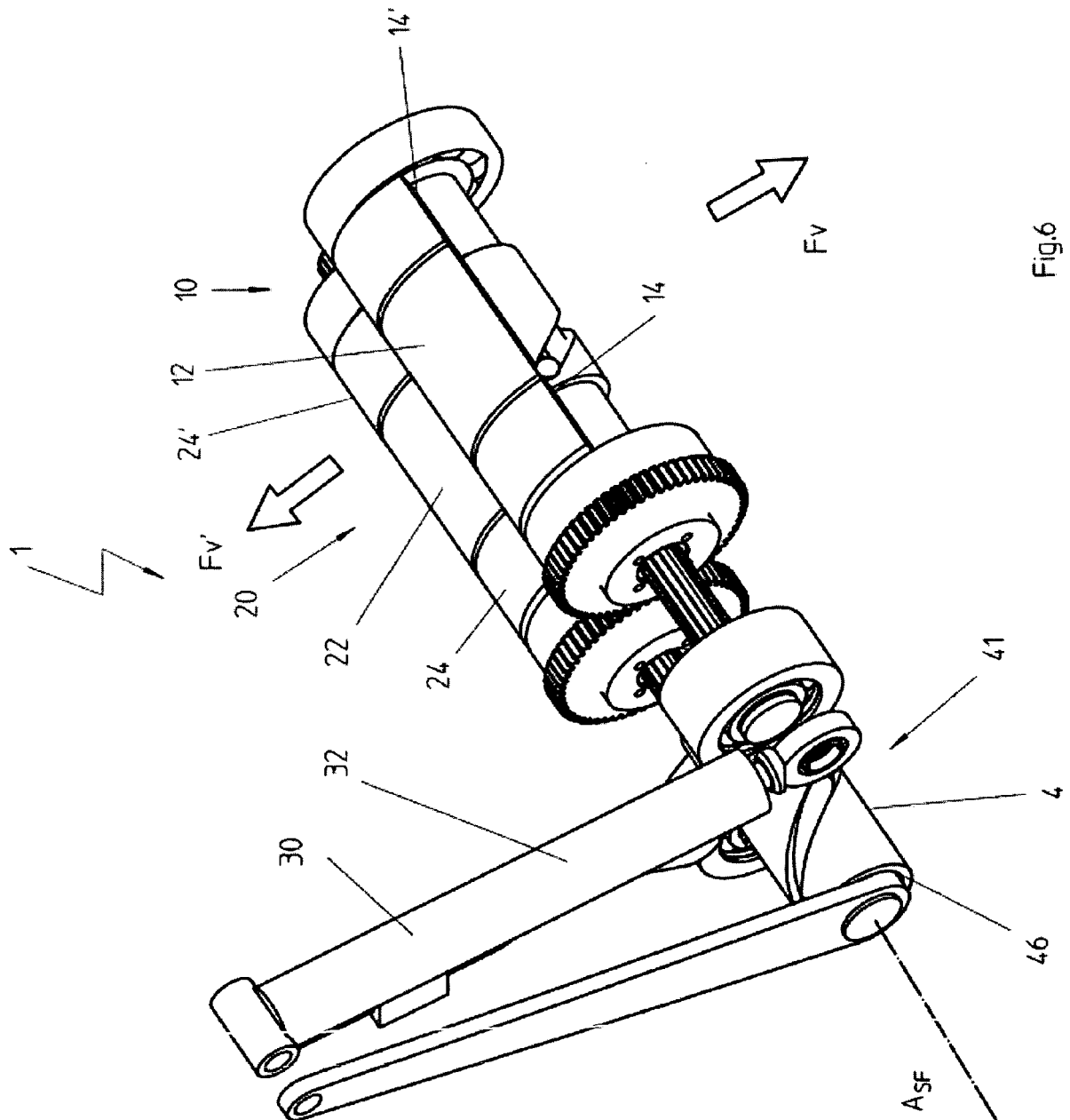


Fig.6

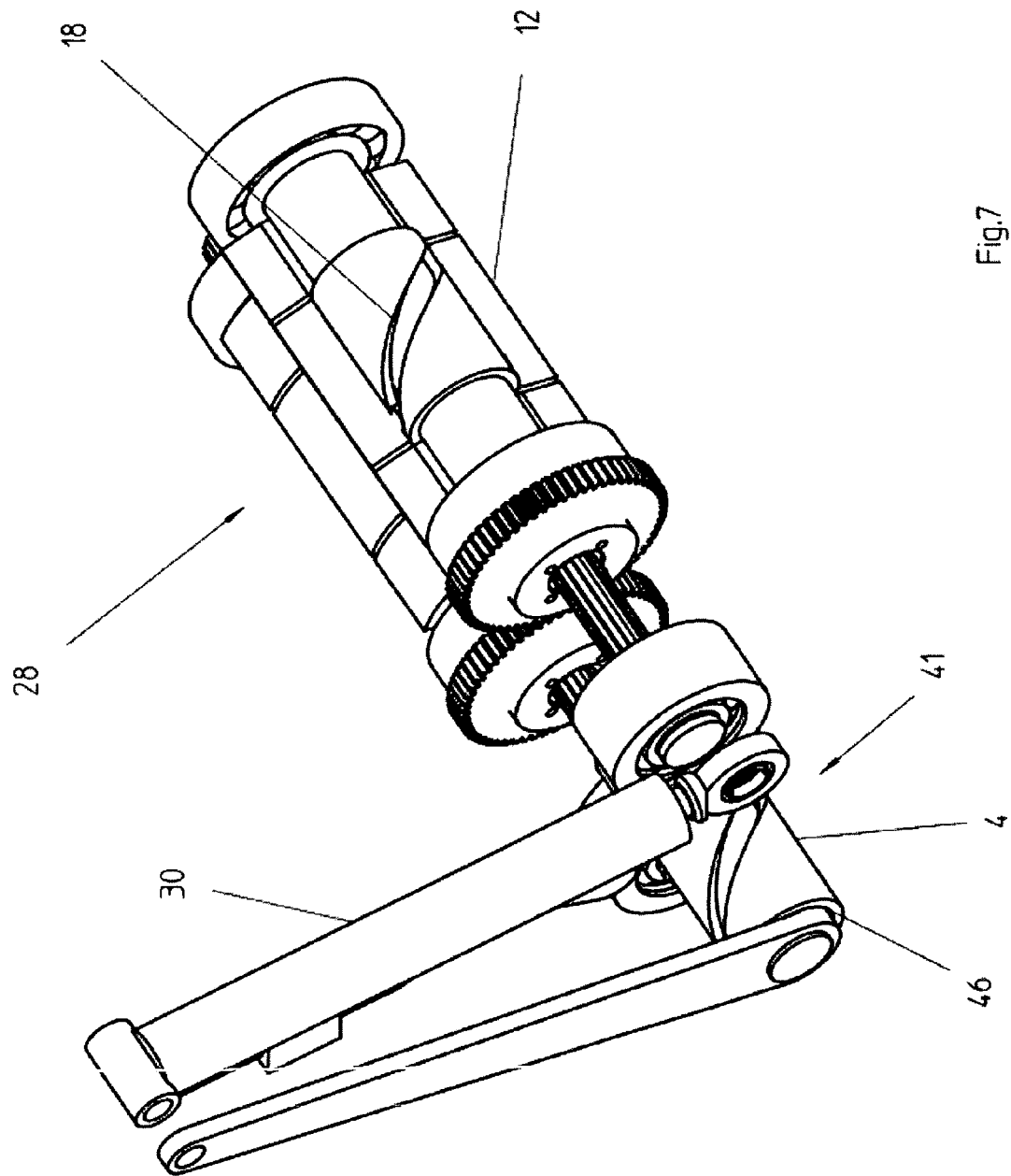


Fig. 7

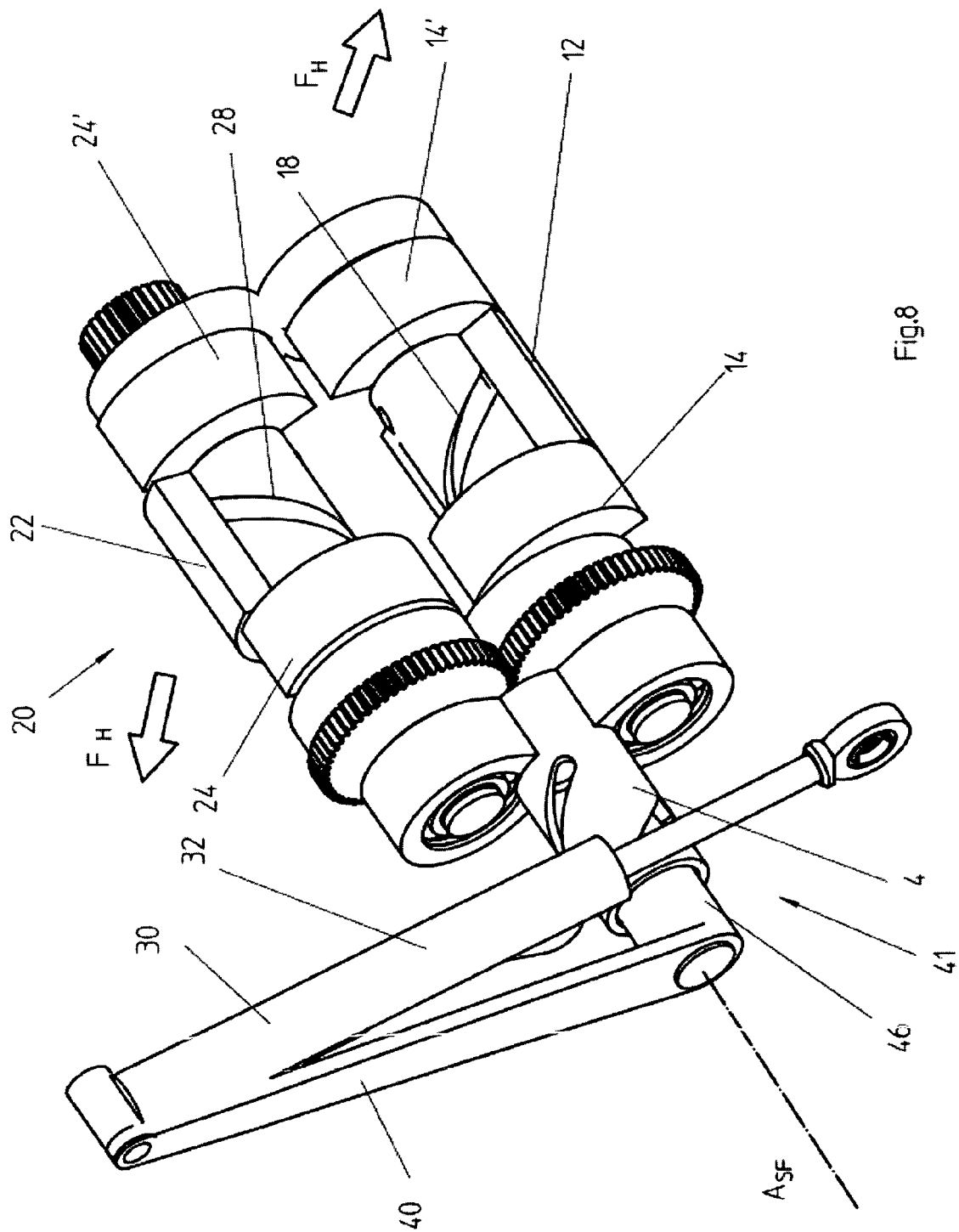


Fig. 8

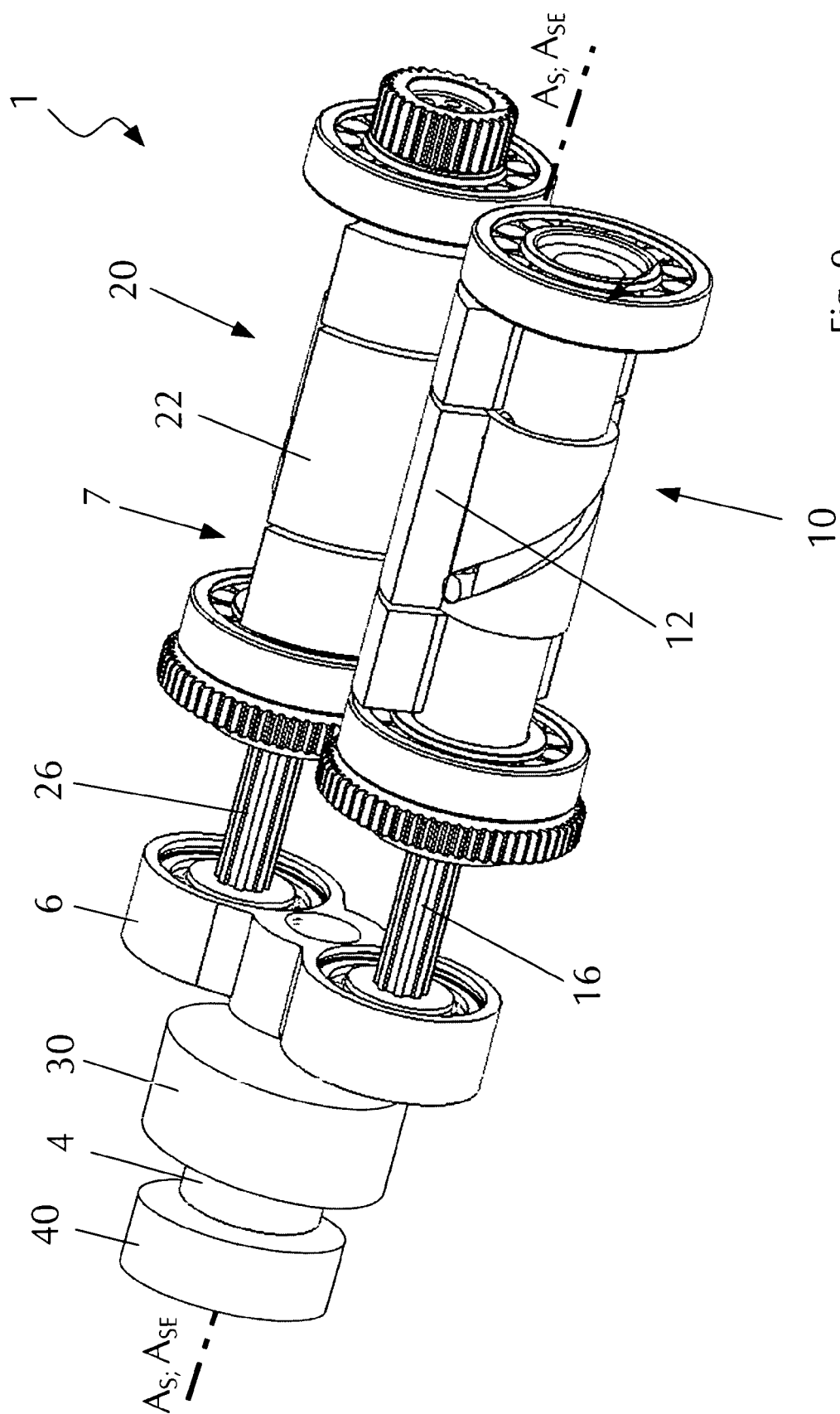


Fig. 9

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10241200 A1 [0007]
- DE 10057807 [0008]
- DE 10038206 [0008]