

(19)



(11)

**EP 2 392 413 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.12.2011 Patentblatt 2011/49**

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

(21) Anmeldenummer: **11004220.7**

(22) Anmeldetag: **21.05.2011**

(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:  
• **Heichel, Christian**  
**63843 Niedernberg (DE)**  
• **Kleibl, Albrecht, Dr.**  
**02747 Grosshennersdorf (DE)**

(30) Priorität: **02.06.2010 DE 102010022468**

(74) Vertreter: **Dörner, Kötter & Kollegen**  
**Körnerstrasse 27**  
**58095 Hagen (DE)**

(71) Anmelder: **ABI Anlagentechnik-Baumaschinen-Industriebedarf**  
**Maschinenfabrik und Vertriebsgesellschaft mbH**  
**63843 Niedernberg (DE)**

### (54) **Vibrationsramme**

(57) Die Erfindung betrifft einen Schwingungserzeuger, umfassend zwei Wellengruppen, auf denen mindestens zwei Unwuchtgruppen angeordnet sind und die mit wenigstens einem Antrieb verbunden sind, durch den sie in Rotation versetzt werden, wobei die Wellengruppen (1, 2) derart mit dem wenigstens einem Antrieb verbunden sind, dass die Drehzahl der Wellengruppe (1) die

Hälfte der Drehzahl der Wellengruppe (2) beträgt und dass das Verhältnis der statischen Momente der mit den Unwuchtgruppen (101, 201) versehenen Wellengruppen (1, 2) zwischen sechs zu eins und zehn zu eins beträgt, wobei die Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz beträgt.

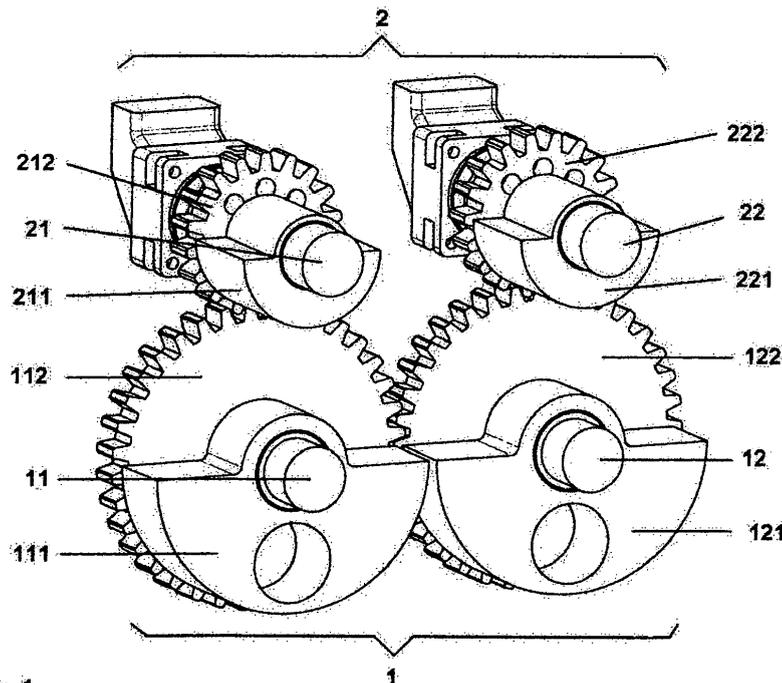


Fig. 1

**EP 2 392 413 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger, umfassend zwei, drei oder vier Wellengruppen, auf denen mindestens zwei Unwuchtgruppen angeordnet sind und die mit wenigstens einem Antrieb verbunden sind, durch den sie mit unterschiedlichen Drehzahlen in Rotation versetzt werden. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Einbringen eines Profils in einen Boden mittels einer Vibrationsramme.

**[0002]** Im Bauwesen werden Vibrationsrammen verwendet, um Objekte, wie beispielsweise Profile, in den Boden einzubringen oder aus dem Boden zu ziehen. Der Boden wird durch Vibration mit einer Frequenz oberhalb der Eigenfrequenz des Bodens angeregt und erreicht so einen "pseudoflüssigen Zustand". Durch statische Auflast kann das Rammgut dann in den Baugrund gedrückt werden. Die Vibration ist gekennzeichnet durch eine lineare Bewegung und wird durch paarweise gegenläufig rotierende Unwuchten generiert.

**[0003]** Die Schwingungserzeuger solcher Vibrationsrammen sind linear wirkende Schwingungserreger, deren Fliehkraft durch rotierende Unwuchten generiert wird. Diese Schwingungserreger bewegen sich mit veränderlicher Geschwindigkeit. Die Größe der Unwucht wird auch als statisches Moment benannt. Der Verlauf der Geschwindigkeit des linearen Schwingungserregers entspricht einer periodisch wiederkehrenden Funktion, insbesondere einer Sinusfunktion. Auf Grund des sinusförmigen Verlaufs der mittels der rotierenden Unwuchtmassen erzeugten Kraftwirkung wird eine zeitlich versetzt abwechselnd in und entgegen der Vortriebsrichtung wirkender Antrieb erzeugt. Diese wird letztlich durch statische Kräfte, insbesondere Eigengewicht und statische Auflasten bestimmt. Ohne die Überlagerung der Schwingung mit statischen Kräften würde sich das Rammgut nicht vorwärts bewegen, sondern lediglich vor- und zurückschwingen. Nachteilig an den vorbekannten Systemen ist, dass der Rammvorgang mit dem vorgenannten sinusförmigen Kraftverlauf einen erheblichen Energieverbrauch aufweist, der durch Reibung des Rammguts im Boden zusätzlich vergrößert ist. Die für den Schwingungserzeuger aufgewandte Energie bewirkt praktisch keinen Vortrieb.

**[0004]** Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger zu schaffen, der eine energieeffiziente gerichtete Kraftwirkung in Vortriebsrichtung ermöglicht. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0005]** Mit der Erfindung ist eine Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger geschaffen, der eine gerichtete Kraftwirkung in Vortriebsrichtung ermöglicht. Durch die Kopplung wenigstens zweier Wellengruppen mit einem Drehzahlverhältnis von 2 : 1 und einem Verhältnis des statischen Moments von zwischen 6 : 1 und

10 : 1 wird durch Überlagerung der durch die rotierenden Unwuchten erzeugten sinusförmigen Kraftkennlinien eine gerichtete Kennlinie in Vortriebsrichtung erzeugt. In Vortriebsrichtung ergibt sich eine wesentlich größere Maximalkraft im Vergleich zur entgegengesetzten Richtung. Da beim Rammprozess der Boden der großen Beschleunigung in Rammrichtung nicht folgen kann, reißt das Rammgut bei jedem Vortriebsimpuls vom mitschwingenden Boden ab. Auf Grund dieser periodischen Entkopplung von Boden und Rammgut wird dem Baugrund weniger Energie zugeführt. Hierdurch wird weiterhin auch die Vibrationsbelastung der Umgebung deutlich reduziert.

**[0006]** Durch die größere Maximalkraft in Vortriebsrichtung ist eine Beschleunigung des Rammprozesses erzielt. Während also bei den Vibrationsrammen des Standes der Technik der pseudoflüssige Zustand des Bodens zwingend erforderlich ist, so muss dieser Zustand bei der Verwendung der erfindungsgemäßen Vibrationsramme vermieden werden. Es handelt sich folglich vorliegend um ein Verfahren mit anderen physikalischen Wirkprinzipien. Durch die erheblich geringere Drehzahl ist zum einen ein energieeffizienter Betrieb ermöglicht, zum anderen sind die Drehzahlen der schneller laufenden Unwuchtgruppen für Wälzlager unproblematisch. Entsprechend den Eigenfrequenzen der regelmäßig vorliegenden Böden, welche sich im Bereich von 20 Hz bis 28 Hz befinden, wird die vorliegende Vibrationsramme bei einer Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers von weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz betrieben.

**[0007]** Vorteilhaft ist das statische Moment der ersten Wellengruppe acht Mal so groß wie das statische Moment der zweiten Wellengruppe. Hierdurch ist eine ausgeprägte Kraftspitze in Vortriebsrichtung bewirkt.

**[0008]** Die vorliegende Aufgabe wird weiterhin durch die Merkmale des Patentanspruchs 3 gelöst. Durch den Einsatz von drei Wellengruppen, auf denen mindestens drei Unwuchtgruppen angeordnet sind, wobei die Wellengruppen ein Drehzahlverhältnis von 1 : 2 : 3 aufweisen und das Verhältnis der statischen Momente der Wellengruppen zueinander im Wesentlichen 100 : 16,64 : 3,68 beträgt, wird die maximal wirkende Kraft durch eine weiter ausgeprägte Kraftspitze in Vortriebsrichtung erhöht. Hierdurch ist eine weitere Steigerung der Energieeffizienz, verbunden mit einer Beschleunigung des Rammprozesses, bewirkt. Auch diese Vibrationsramme weist die Vorteile der vorgenannten Ausgestaltung einer Vibrationsramme auf und ist bei einer Drehzahl zu betreiben, die einer Frequenz entspricht, die deutlich unterhalb der Eigenfrequenz des Bodens liegt.

**[0009]** Die gestellte Aufgabe wird weiterhin durch die Merkmale des Patentanspruchs 4 gelöst. Durch den Einsatz von vier Wellengruppen, auf denen mindestens vier Unwuchtgruppen angeordnet sind, wobei das Drehzahlverhältnis der Wellengruppen zueinander im Wesentlichen 1 : 2 : 3 : 4 beträgt und das Verhältnis der statischen Momente der Wellengruppen zueinander im Wesentli-

chen 100 : 18,72 : 5,6 : 1,38 beträgt, ist eine weitere Ausprägung des Kraftverlaufs in Vortriebsrichtung erzielt. Auch diese Vibrationsramme weist die Vorteile der vorgenannten Ausgestaltung einer Vibrationsramme auf und ist bei einer Drehzahl zu betreiben, die einer Frequenz entspricht, die deutlich unterhalb der Eigenfrequenz des Bodens liegt. Durch die spezifische Anordnung von Wellen- und Unwuchtgruppen ist eine sehr feine Einstellung der gewünschten Kraftkennlinie ermöglicht.

**[0010]** In Weiterbildung der Erfindung sind Mittel zur Verstellung der Wirkrichtung des Schwingungserzeugers vorgesehen. Hierdurch ist eine Anpassung des Schwingungserzeugers an unterschiedliche Prozessanforderungen wie beispielsweise Rammen und Ziehen ermöglicht.

**[0011]** In Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Mittel zur Verstellung der Wirkrichtung einen Schwenkmotor, über den die Phasenlage wenigstens zweier mit unterschiedlicher Drehzahl rotierender Unwuchtgruppen zueinander veränderbar ist. Hierdurch ist eine Umstellung der Wirkrichtung ohne erforderliche Umbaumaßnahmen ermöglicht.

**[0012]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die wenigstens zwei Unwuchtgruppen über Zahnräder mit dem Schwenkmotor verbunden, wobei wenigstens eine Unwuchtgruppe mit dem Stator und wenigstens eine Unwuchtgruppe mit dem Rotor des Schwenkmotors verbunden ist. Hierdurch ist eine direkte Verstellung der Unwuchtgruppen über den Schwenkmotor ermöglicht.

**[0013]** Vorteilhaft ist der Schwenkmotor ein Drehflügelgeschwenkmotor mit einem Flügel. Dieser zeichnet sich gegenüber den 180 Grad verstellbaren Schwenkmotoren durch mehrfach höheres Drehmoment und geringere Reibung aus. Alternativ kann der Schwenkmotor auch ein Schwenkmotor mit Steilgewinde sein.

**[0014]** Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zu Grunde, ein energieeffizientes Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Boden mittels einer Vibrationsramme zu schaffen. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 9 gelöst. Überraschend wurde herausgefunden, dass durch die Ausgestaltung der Vibrationsramme nach einem der Patentansprüche 1 bis 8 und den Betrieb der langsamsten Wellengruppe mit einer Drehzahl, die einer Frequenz unterhalb der Eigenfrequenz des Bodens entspricht, eine Beschleunigung der Profilbewegung bei gleichzeitiger Verringerung des Energieeintrags bewirkt wird. Andere Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend im Einzelnen beschrieben. Es zeigten:

Figur 1 die schematische Darstellung eines Getriebes eines Schwingungserzeugers einer Vibrationsramme für gerichtetes Vibrieren mit zwei Wellengruppen;

Figur 2 das Vibrationsgetriebe aus Figur 1 mit zusätzlichem Schwenkmotor zur Richtungsumschaltung;

Figur 3 die schematische Darstellung eines gerichtet wirkenden Getriebes mit zwei Wellengruppen, jeweils bestehend aus drei Wellen;

Figur 4 die schematische Darstellung verschiedener Varianten gerichtet wirkender Vibratorgetriebe mit:

- a) sechswelliger, kurzer Bauform;
- b) siebenwelliger, einfacher Bauform;
- c) siebenwelliger, kurzer Bauform;

10

15

Figur 5 die schematische Darstellung gerichtet wirkender, richtungsumschaltbarer Vibratorgetriebe mit

- a) sechswelliger, einfacher Bauform;
- b) sechswelliger, kurzer Bauform;

20

Figur 6 die Darstellung des Vibratorgetriebes aus Figur 5 in kompakter Ausführung und

Figur 7 die schematische Darstellung eines richtungsumschaltbaren Vibratorgetriebes mit acht Wellen.

25

30

**[0015]** Die als Ausführungsbeispiel gewählten Schwingungserzeuger einer Vibrationsramme sind als Vibratorgetriebe ausgeführt. Solche Vibratoren bestehen im Wesentlichen aus einem Gehäuse, in dem mit Zahnrädern versehene Wellen drehbar gelagert sind. Die Zahnräder sind jeweils mit Unwuchtmassen versehen. Derartige Vibratorgetriebe mit drehbar gelagerten Unwuchtmassen sind dem Fachmann beispielsweise aus der DE 20 2007 006 283 U1 bekannt. Die nachfolgende Erläuterung der Ausführungsbeispiele beschränkt sich im Wesentlichen auf die Anordnung von Wellen und Unwuchtmassen.

35

40

**[0016]** Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 sind zwei Wellengruppen 1, 2 angeordnet. Die Wellen 11, 12 der Wellengruppe 1 sind mit Zahnrädern 112, 122 versehen, an denen Unwuchtmassen 111, 121 angeordnet sind. Die Unwuchtmassen 111, 121 sind im Ausführungsbeispiel gleichartig ausgeführt. Die Wellen 21, 22 der Wellengruppe 2 sind gleichsam mit Zahnrädern 212, 222 versehen, an denen gleichartige Unwuchtmassen 211, 221 angeordnet sind. Die Zahnräder 112, 122, 212, 222 sind derart ausgeführt, dass bei Rotation die Drehzahl der Wellen 21, 22 der Wellengruppe 2 doppelt so groß ist, wie die Drehzahl der Wellen 11, 12. Die Unwuchtmassen 111, 121, 211, 221 sind derart angeordnet, dass das statische Moment der Wellengruppe 1 acht Mal so groß ist wie das statische Moment der Wellengruppe 2.

45

50

55

**[0017]** Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 ist zusätzlich ein Schwenkmotor 5 angeordnet, dessen Stator ein Zahnrad 51 und dessen Rotor ein Zahnrad 52 aufweist. Die Wellengruppen 1, 2 sind derart über den

Schwenkmotor 5 miteinander verbunden, dass das Zahnrad 112 der Welle 11 mit dem Zahnrad 52 des Schwenkmotors 5 im Eingriff steht; die Zahnräder 212, 222 der Wellengruppe 2 stehen mit dem Zahnrad 51 des Schwenkmotors 5 im Eingriff. Durch relative Verschwenkung des Rotors gegenüber dem Stator ist nun die Einstellung einer Phasenverschiebung der Schwingungen der Wellengruppe 2 relativ zu den Schwingungen der Wellengruppe 1 ermöglicht, wodurch eine Richtungsänderung einstellbar ist. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Schwenkmotor 5 um einen Drehflügel-schwenkmotor mit einem Flügel.

**[0018]** Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 sind die Wellengruppen 1, 2 aus jeweils drei Wellen 11, 12, 13, 21, 22, 23 gebildet, welche jeweils mit Unwuchtmassen 111, 121, 131, 211, 221, 231 versehen sind. Die Unwuchtmassen 111, 121 und 131 bilden die Unwuchtgruppe 101, die Unwuchtmassen 211, 221 und 232 bilden die Unwuchtgruppe 201. Die Zahnräder 112, 122, 132, 212, 222, 232 der

**[0019]** Wellen 11, 12, 13, 21, 22, 23 sind wiederum derart gewählt, dass bei Rotation die Wellen der Wellengruppe 2 die doppelte Drehzahl aufweisen, wie die Wellen der Wellengruppe 1. Durch Versatz der Wellen 21, 22, 23 der Wellengruppe 2 ist eine kompaktere Bauweise erzielbar (vgl. Figur 4 a)). Die Anzahl an Wellen der Wellengruppen 1, 2 kann auch unterschiedlich gewählt sein. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 b) ist eine zusätzliche Welle 24 mit entsprechender Unwuchtmasse 241 hinzugefügt. Durch versetzte Anordnung der Wellen 21, 22, 23, 24 der Wellengruppe 2 ist wiederum eine kompakte Bauweise erzielbar (vgl. Figur 4 c)).

**[0020]** Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 ist zwischen den Wellen 11, 12, 13 der Wellengruppe 1 und den Wellen 21, 22, 23 der Wellengruppe 2 ein Schwenkmotor 5 angeordnet. Die Unwuchtmassen 111, 121 und 131 bilden die Unwuchtgruppe 101, die Unwuchtmassen 211, 221 und 232 bilden die Unwuchtgruppe 201. Dabei sind die Zahnräder 112, 122, 132 der Wellengruppe 1 mit dem Zahnrad 51 des Stators des Schwenkmotors 5 im Eingriff und die Zahnräder 212, 222, 232 der Wellengruppe 2 sind mit dem Zahnrad 52 des Rotors des Schwenkmotors 5 im Eingriff. Durch relative Verdrehung von Stator und Rotor des Schwenkmotors 5 ist so wiederum eine Umschaltung der Wirkrichtung ermöglicht. Durch versetzte Anordnung der Wellen der Wellengruppe 2 ist wiederum eine kompaktere Bauhöhe erzielbar (vgl. Figur 5 b)). Im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Schwenkmotor 5 um einen Drehflügelschwenkmotor mit drei Flügeln.

**[0021]** In Figur 6 ist ein veränderter Aufbau der vorgenannten Anordnung gemäß Figur 5 gezeigt, der eine deutliche Verkürzung der Baulänge zulässt, bei dem jedoch an Stelle von sechs Wellen acht Wellen erforderlich sind, was sich aber in einer geringeren Belastung der Wellenlager niederschlägt und Vorteile hinsichtlich der erzielbaren Fliehkraft, der Eignung für hohe Drehzahlen sowie einer geringeren Empfindlichkeit gegenüber gro-

ßen Winkelbeschleunigungen mit sich bringt.

**[0022]** Zur Erzielung einer möglichst ausgeglichenen Kennlinienform kann eine zusätzliche Drehzahlstufe, deren Unwuchten mit dreifacher Drehzahl rotieren, eingesetzt werden. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 ist eine solche Anordnung basierend auf der Getriebekonzeption gemäß Figur 5 dargestellt. Diese fällt geringfügig breiter aus, da das untere große Zahnrad 132, das die beiden nebeneinander angeordneten Wellen 31, 32 antreibt, gegenüber der Getriebemitte verschoben ist. Bei der Verstellung der Wirkrichtung bleibt die Winkelstellung der langsamen Unwuchten 111, 121, 131 und schnellen Unwuchten 311, 321 zueinander unverändert. Durch den Schwenkmotor 5 ist die Verstellung der Unwuchten 211, 221, 231 mittlerer Geschwindigkeit gegenüber den Anderen ermöglicht.

**[0023]** Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 beträgt das Verhältnis der Drehzahlen der Wellengruppen 1, 2, 3 zueinander etwa 1 : 2 : 3; das statische Moment der Wellengruppen 1, 2, 3 zueinander beträgt im Wesentlichen 100 : 16,64 : 3,68.

**[0024]** Mit Hilfe vorgenannten und beanspruchten Verhältnisse der Drehzahlen beziehungsweise der statischen Momente zueinander ist eine sehr effektive Kraftwirkung in Vorschubrichtung erzielbar. Diese Wirkung lässt sich auch bei geringer Abänderung der Verhältniszahlen im Bereich bis zu zehn Prozent erzielen, jedoch unter Effizienzeinbuße. Derartige Modifikationen der Verhältnisse der Drehzahlen beziehungsweise der statischen Momente zueinander sind von den Patentansprüchen, in denen die Verhältniszahlen mit dem Zusatz "im Wesentlichen" angegeben sind, ebenfalls umfasst.

## 35 Patentansprüche

1. Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger, umfassend zwei Wellengruppen, auf denen mindestens zwei Unwuchtgruppen angeordnet sind und die mit wenigstens einen Antrieb verbunden sind, durch den sie in Rotation versetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellengruppen (1, 2) derart mit dem wenigstens einem Antrieb verbunden sind, dass die Drehzahl der Wellengruppe (1) die Hälfte der Drehzahl der Wellengruppe (2) beträgt und dass das Verhältnis der statischen Momente der mit den Unwuchtgruppen (101, 201) versehenen Wellengruppen (1, 2) zwischen sechs zu eins und zehn zu eins beträgt, wobei die Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz beträgt.
2. Vibrationsramme nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das statische Moment der Wellengruppe (1) acht Mal so groß ist wie das statische Moment der Wellengruppe (2).

3. Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger, umfassend drei " Wellengruppen, auf denen mindestens drei Unwuchtgruppen angeordnet sind und die mit wenigstens einen Antrieb verbunden sind, durch den sie in Rotation versetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellengruppen (1, 2, 3) derart mit dem wenigstens einem Antrieb verbunden sind, dass Drehzahl der Wellengruppe (1) die Hälfte der Drehzahl der Wellengruppe (2) und ein Drittel der Drehzahl der Wellengruppe (3) beträgt und dass das Verhältnis der statischen Momente der mit den Unwuchtgruppen (101, 201, 301) versehenen Wellengruppen (1, 2, 3) zueinander im Wesentlichen  $100 : 16,64 : 3,68$  beträgt, wobei die Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz beträgt.
4. Vibrationsramme mit einem Schwingungserzeuger, umfassend vier Wellengruppen, auf denen mindestens vier Unwuchtgruppen angeordnet sind und die mit wenigstens einen Antrieb verbunden sind, durch den sie in Rotation versetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wellengruppen (1, 2, 3, 4) derart mit dem wenigstens einem Antrieb verbunden sind, dass das Verhältnis der Drehzahlen der Wellengruppen (1, 2, 3, 4) zueinander im Wesentlichen  $1 : 2 : 3 : 4$  beträgt und dass das Verhältnis der statischen Momente der mit den Unwuchtgruppen (101, 201, 301, 401) versehenen Wellengruppen (1, 2, 3, 4) zueinander im Wesentlichen  $100 : 18,72 : 5,6 : 1,38$  beträgt, wobei die Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz beträgt.
5. Vibrationsramme nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel zur Verstellung der Wirkrichtung des Schwingungserzeugers vorgesehen sind.
6. Vibrationsramme nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Verstellung der Wirkrichtung einen Schwenkmotor (5) umfassen, über den die Phasenlage wenigstens zweier mit unterschiedlicher Drehzahl rotierender Unwuchtgruppen (101, 201) zueinander veränderbar ist.
7. Vibrationsramme nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Unwuchtgruppen (101, 201) über Zahnräder (232, 112) mit dem Schwenkmotor (5) verbunden sind, wobei eine Unwuchtgruppe (13) mit dem Stator und wenigstens eine Unwuchtgruppe (101) mit dem Rotor des Schwenkmotors (5) verbunden ist.
8. Vibrationsramme nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwenkmotor (5) ein Drehflügelschwenkmotor oder ein Schwenkmotor mit Steilgewinde ist.
9. Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Boden mittels einer Vibrationsramme, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vibrationsramme einen Schwingungserzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst, wobei dessen langsamste Wellengruppe mit einer Drehzahl betrieben wird, die einer Frequenz entspricht, die kleiner ist als die Eigenfrequenz des Bodens, wodurch ein pseudoflüssiger Zustand des Bodens vermieden wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenz der resultierenden Kraftkennlinie des Schwingungserzeugers weniger als 20 Hz, bevorzugt weniger als 18 Hz beträgt.

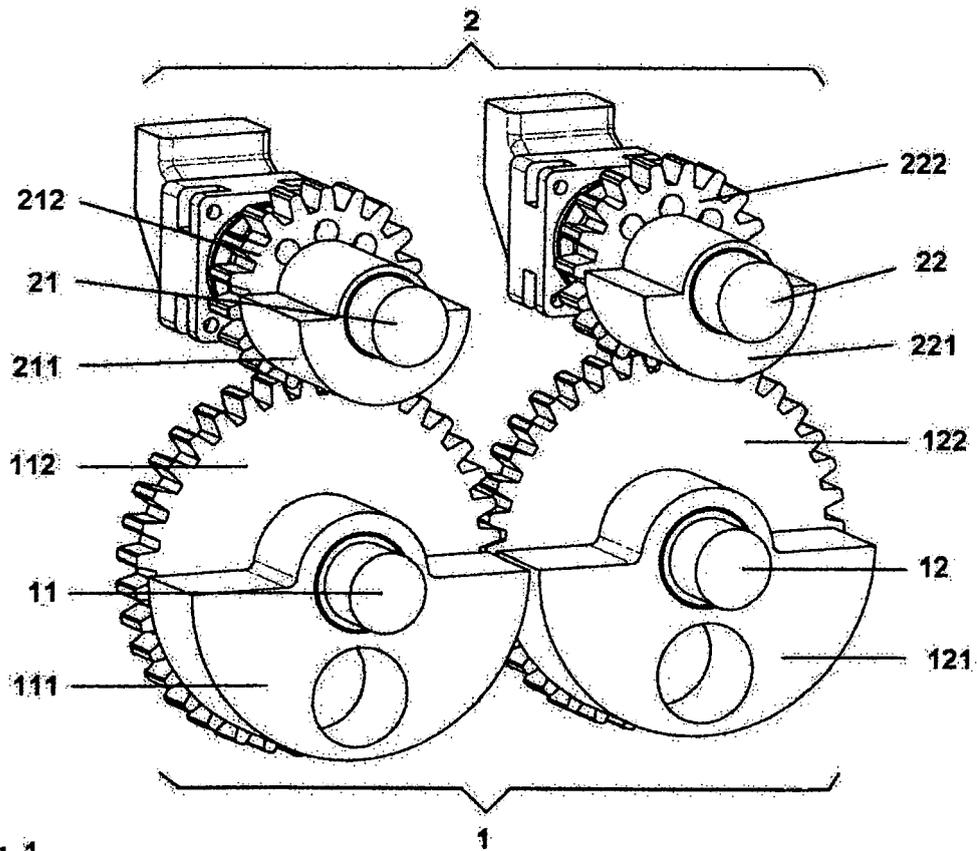


Fig. 1

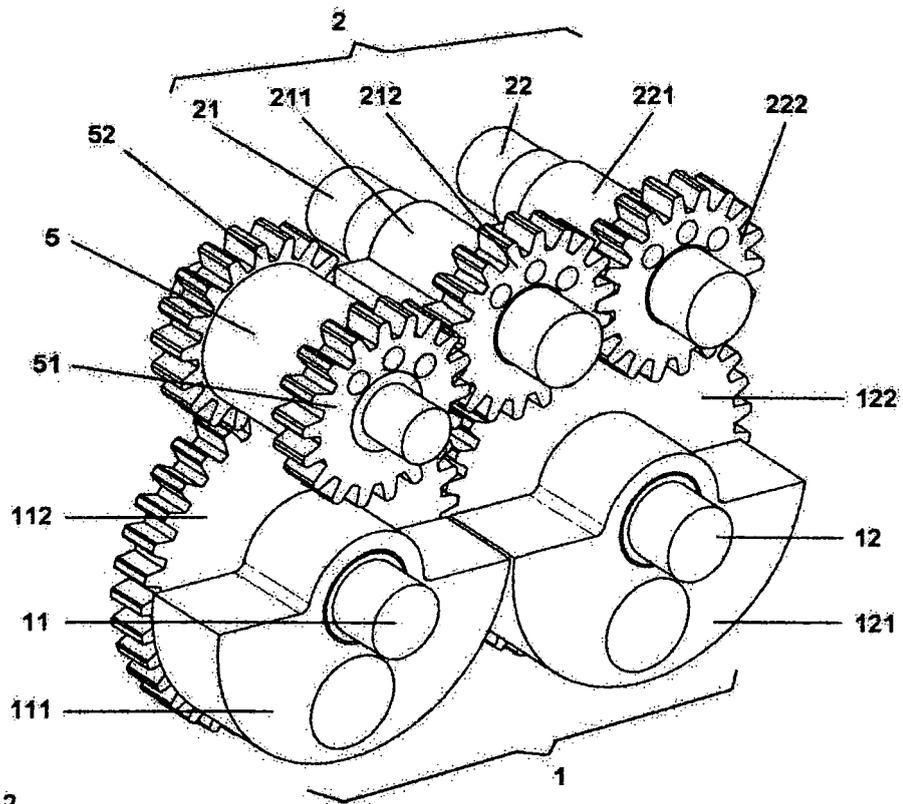


Fig. 2

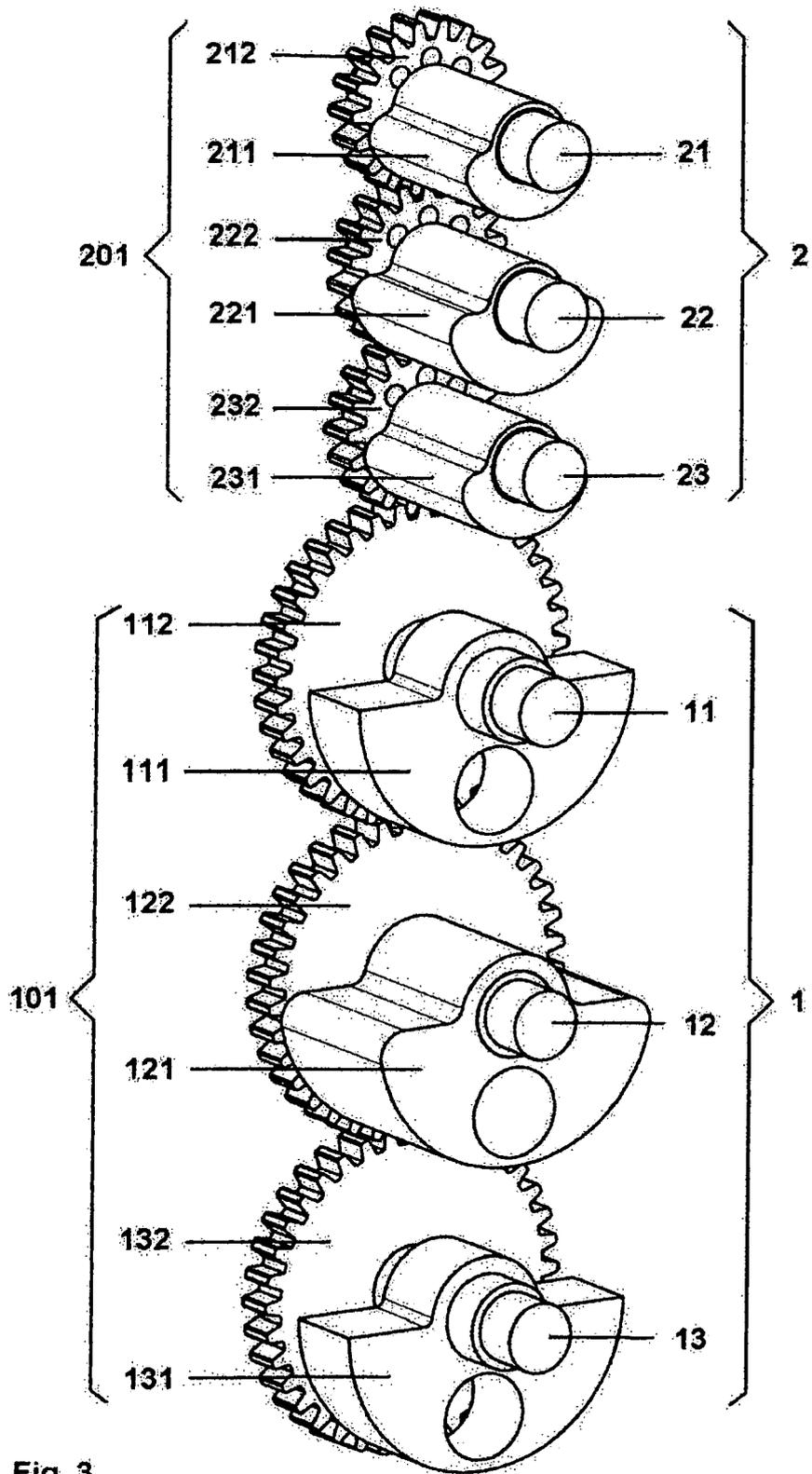


Fig. 3

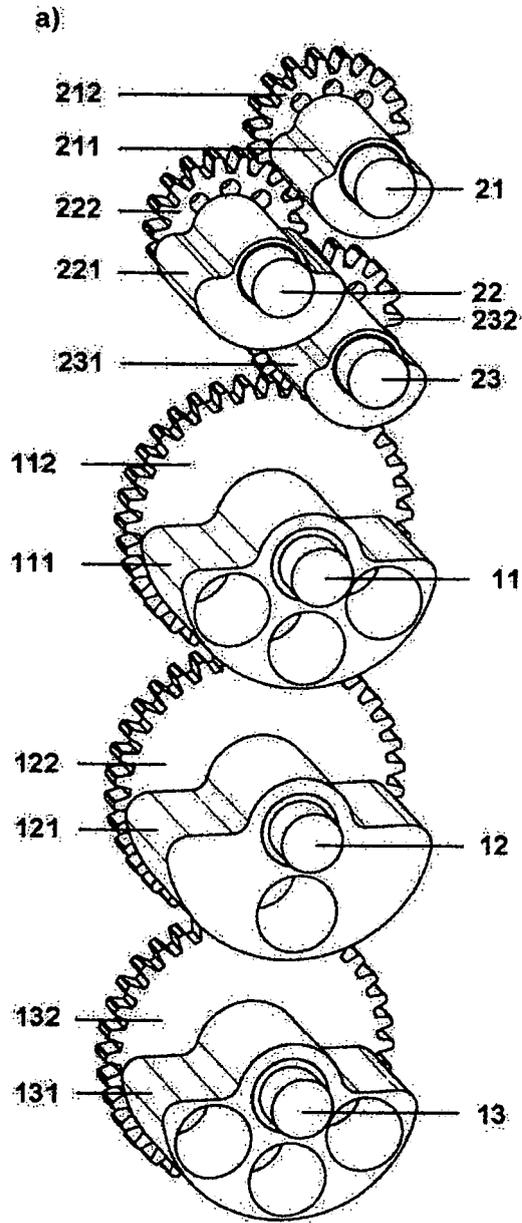


Fig. 4

b)

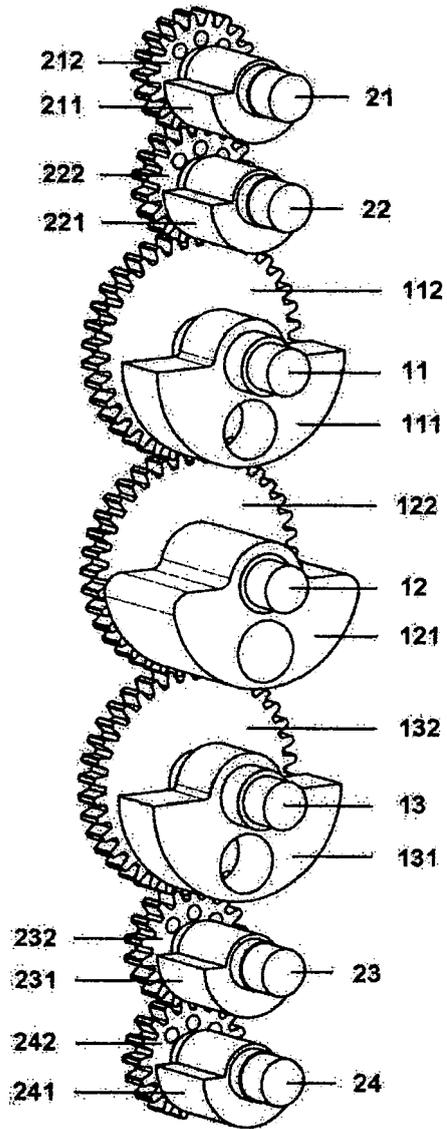


Fig. 4

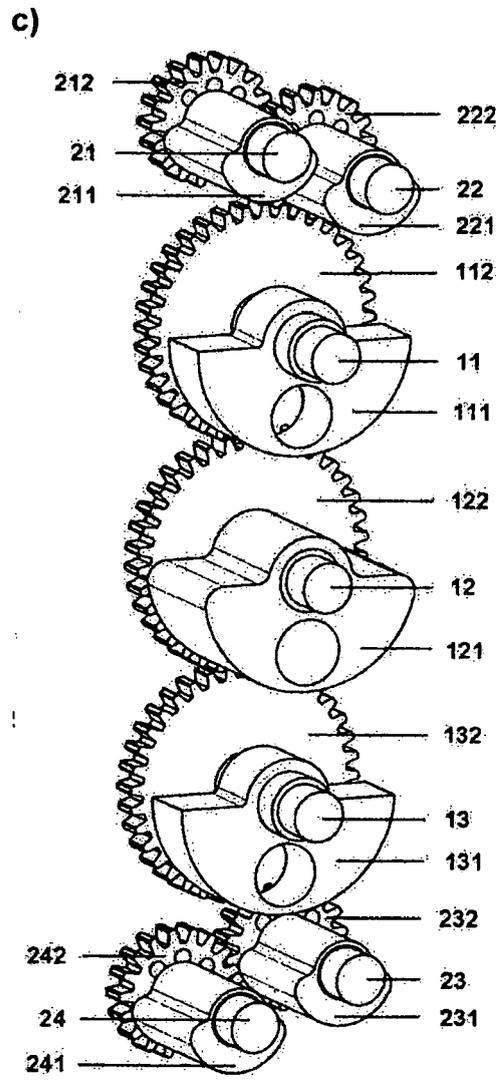
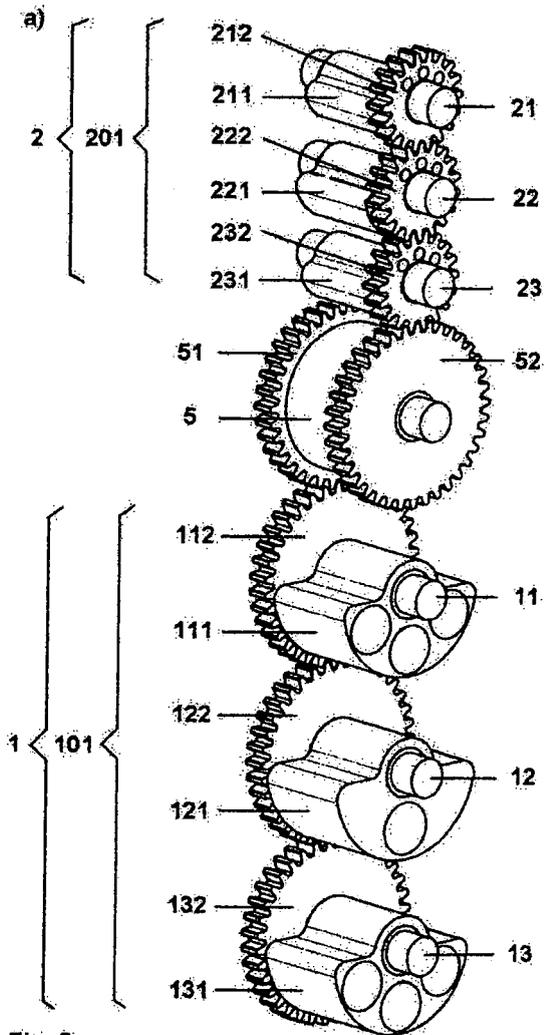


Fig. 4



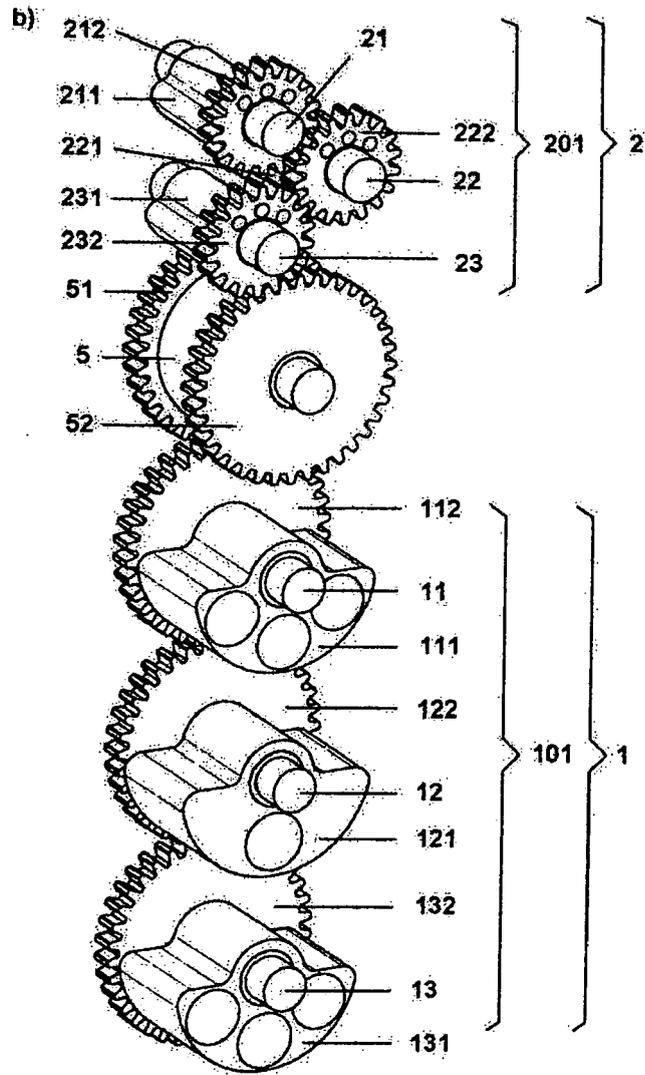


Fig. 5

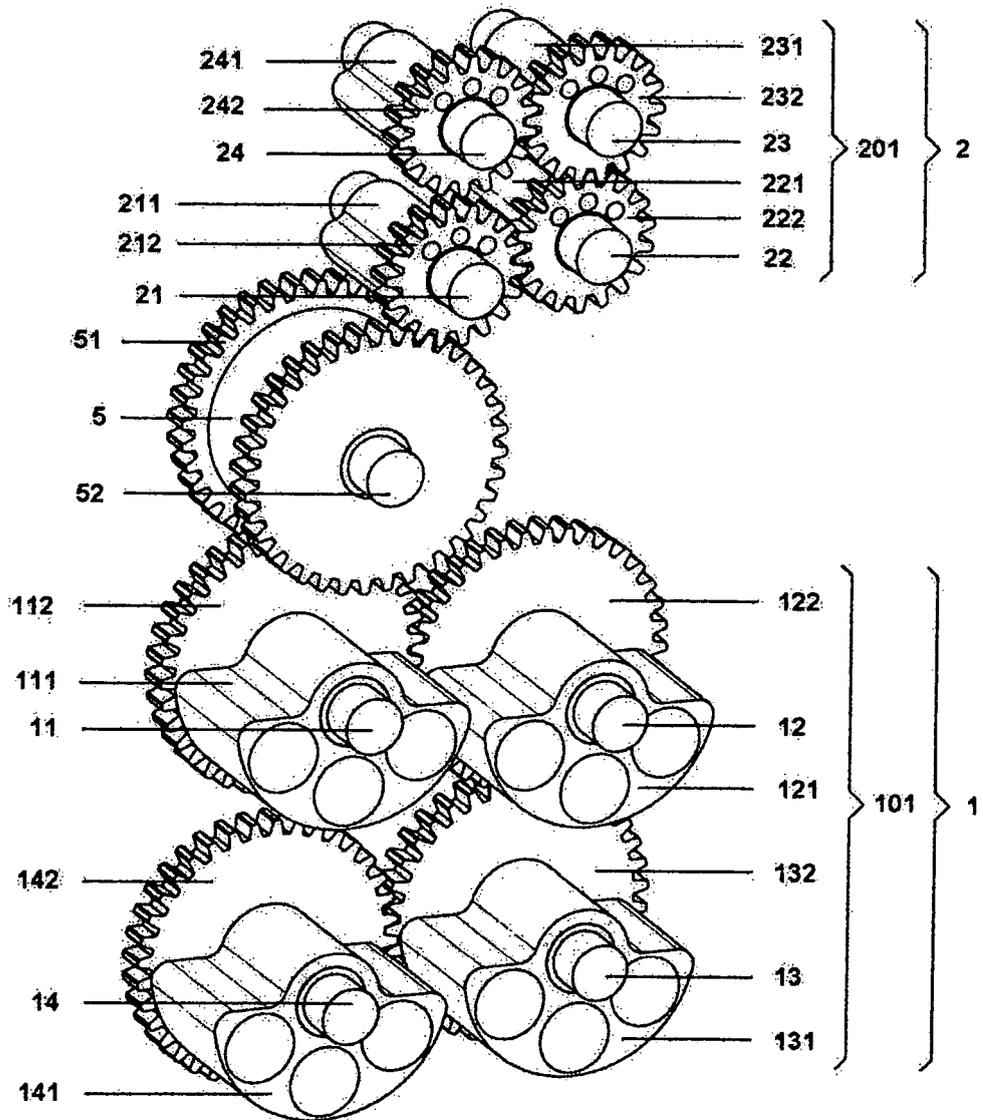


Fig. 6

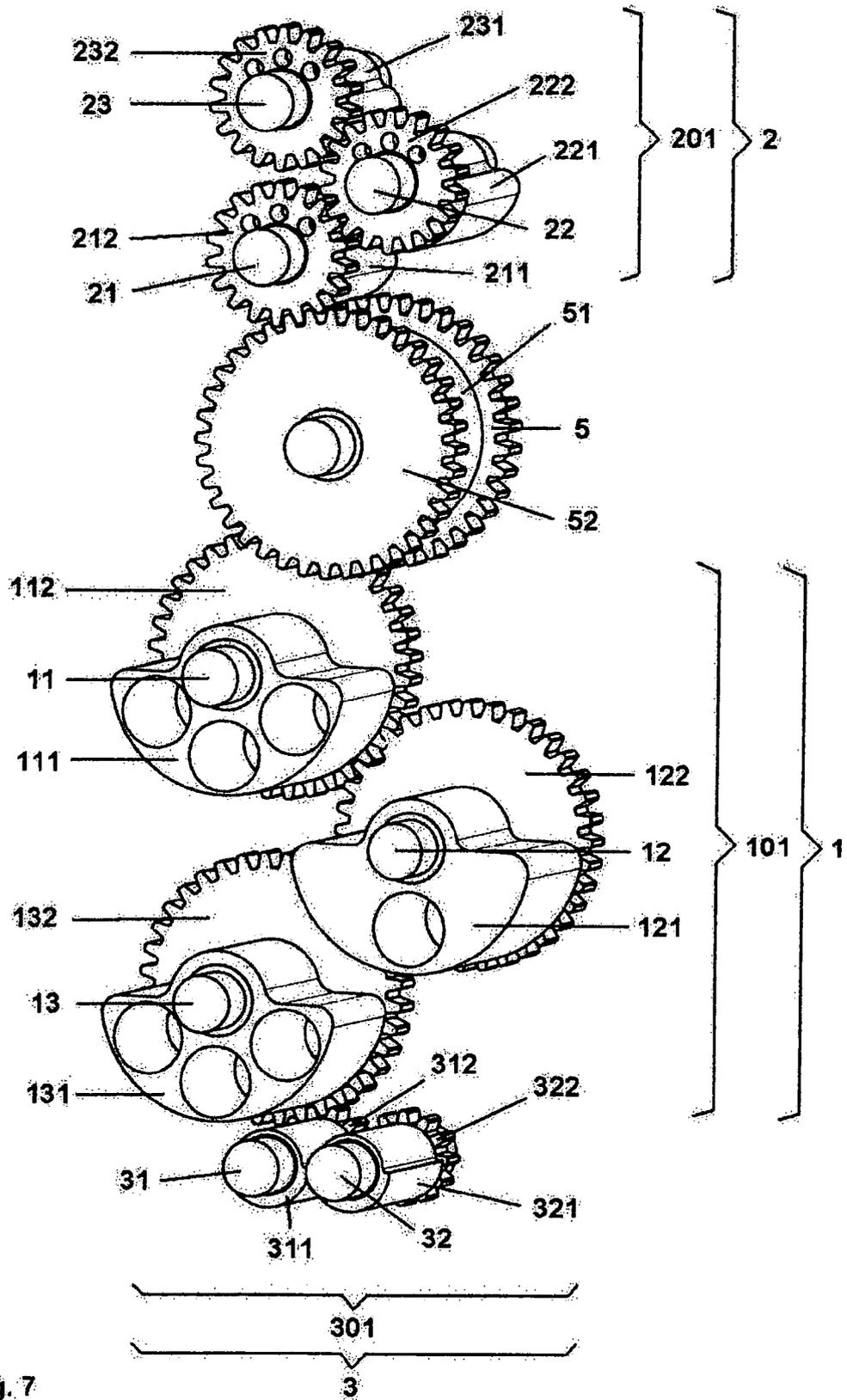


Fig. 7

**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 202007006283 U1 [0015]