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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. August 2009 (20.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/100543 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B06B 1/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2008/000360

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. August 2008 (27.08.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 008 802.1
12. Februar 2008 (12.02.2008) DE

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

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **AMMANN, Ulrich, Abdreas** [CH/CH]; Oberdorfstrasse 22, CH-4934 Madiswil (CH). **KAUFMANN, Kuno** [CH/CH]; Untere Neumattstrasse 3, CH-4563 Subingen (CH). **ANDEREGG, Roland** [CH/CH]; Im Kleinholz 67, CH-4600 Olten (CH). **HÖRSTER, Jochen** [DE/DE]; Höhenweg 28, 51465 Bergisch Gladbach (DE).

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

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

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: UNBALANCE EXCITER WITH ONE OR MORE SEVERAL ROTATABLE UNBALANCES

(54) **Bezeichnung**: UNWUCHTERREGER MIT EINER ODER MEHREREN ROTIERBAREN UNWUCHTEN

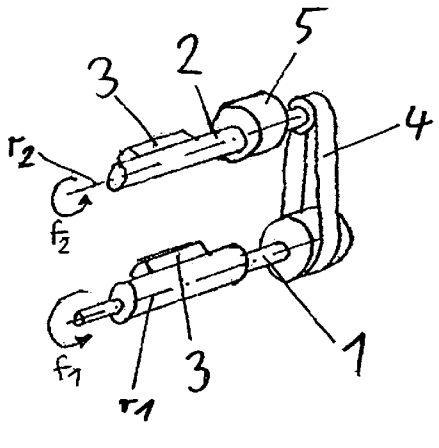


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to an unbalance exciter (16) for producing a time-variable bifrequent exciter force. The exciter force is produced by superimposing a basic exciter force, which is time-variable with a basic frequency (f1), onto an additional exciter force (f2) which is time-variable with a double base frequency. According to the invention, the unbalance exciter (16) is designed such that the phasing between the basic exciter force and the additional exciter force can be adjusted. It has been shown that the use of such unbalance exciters in compaction devices for soft or highly elastoplastic undergrounds, such as for example soil and asphalt, can result in a significant increase of the compaction power compared to corresponding compaction devices provided with currently known unbalance exciters. The result is a significant reduction of the weight of the machine whilst retaining the compaction power.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/100543 A1

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Die Erfindung betrifft einen Unwuchterreger (16) zur Erzeugung einer bifrequenten zeitveränderlichen Erregerkraft. Die Erregerkraft wird durch die Überlagerung einer Grunderregerkraft, welche mit einer Grundfrequenz (f1) zeitveränderlich ist, mit einer Zusatzerregerkraft (f2), welche mit der doppelten Grundfrequenz zeitveränderlich ist, erzeugt. Dabei ist der Unwuchterreger (16) derartig ausgebildet, dass die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und der Zusatzerregerkraft einstellbar ist. Es hat sich gezeigt, dass mit derartigen Unwuchterregern bei Verdichtungsgeräten für weiche bzw. stark elastoplastische Untergründe, wie z.B. Erdboden und Asphalt, eine erhebliche Steigerung der Verdichtungsleistung gegenüber entsprechenden Verdichtungsgeräten mit heute bekannten Unwuchterregern erzielt werden kann. Dies ermöglicht bei gleicher Verdichtungsleistung eine deutliche Reduzierung des Maschinengewichts.

UNWUCHTERREGER MIT EINER ODER MEHREREN ROTIERBAREN UNWUCHTEN

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft einen Unwuchterreger mit einer oder mehreren rotierbaren Unwuchten, eine Maschine umfassend den Unwuchterreger sowie ein Verfahren zum Betrieb der Maschine gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

STAND DER TECHNIK

Unwuchterreger mit rotierbaren Unwuchten dienen der Erzeugung zeitveränderlicher Erregerkräfte und kommen in vielen Bereichen der Technik zum Einsatz, z.B. in Vibrationsförderern, in Schwingsiebmaschinen, in Verdichtungsgeräten wie Rüttelplatten und Vibrationswalzen, in Vibrationsrammen und in vibrationserregten Bohr- und Fräsgeräten. Die heute bekannten monofrequenten Unwuchterreger, bei denen sämtliche Unwuchten mit der gleichen Drehzahl rotieren, lassen sich grundsätzlich nach dem Erregerprinzip einteilen in Kreisschwinger und Richtschwinger. Monofrequente Kreisschwinger erzeugen eine Erregerkraft, welche ausschliesslich hinsichtlich ihrer Richtung zeitlich veränderlich ist. Monofrequente Richtschwinger erzeugen eine Erregerkraft, deren Betrag sich zusammen mit ihrer Wirkrichtung zeitlich verändert, derart, dass über eine volle Drehung der Unwuchtmassen gesehen zwei Erregerkraftmaxima mit entgegengesetzten Wirkrichtungen ausgebildet werden. Während der Kreisschwinger mit einer rotierenden Unwuchtmasse auskommt, benötigt der Richtschwinger systembedingt mindestens zwei gegenläufig rotierende Unwuchtmassen. Da solche Unwuchterreger jeweils in entgegen gesetzten Wirkrichtungen dem Betrag nach gleich grosse Erregerkraftkomponenten erzeugen, ist die mit ihnen beim Einsatz in Verdichtungsgeräten und Rammen bereitstellbare maximale Verdichtungs- bzw. Rammkraft auf

das 2- bis 3-Fache des Maschinengewichts begrenzt, je nachdem, ob im Auflastbetrieb gearbeitet werden muss oder ein Betrieb mit vorübergehendem Abheben des Werkzeugs von der Arbeitsfläche zulässig bzw. gewünscht ist.

Neben den weitverbreiteten monofrequenten Unwuchterregern sind auch bifrequente Unwuchterreger bekannt, bei denen die zeitveränderliche Erregerkraft durch Überlagerung der Erregerkraft einer mit einer Grunddrehzahl rotierenden ersten Unwuchtmasse mit der Erregerkraft einer phasengleich mit der doppelten Drehzahl rotierenden zweiten Unwuchtmasse erzeugt wird. Diese Unwuchterreger erzeugen eine Erregerkraft mit einem einzigen Kraftmaximum in einer bestimmten Richtung.

In der Praxis haben sich derartige bifrequente Unwuchterreger in Vibrationsrammen für Spundwände bewährt, wo mit ihnen deutlich grössere Rammkräfte erzeugt werden können als mit vergleichbaren monofrequenten Unwuchterregern. Bei anderen Anwendungen hingegen, insbesondere bei Rüttelplatten und Vibrationswalzen zur Boden- und Asphaltverdichtung, konnten mit den bekannten bifrequenten Unwuchterregern bisher nur geringe Verbesserungen der Verdichtungsleistung gegenüber monofrequent erregten Vedichtungsgeräten erzielt werden, weshalb im Lichte des deutlich höheren apparatetechnischen Aufwands auf einen Einsatz solcher Unwuchterreger in der Verdichtungstechnik bisher verzichtet wurde.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es stellt sich deshalb die Aufgabe, einen Unwuchterreger und ein Betriebsverfahren zur Verfügung zu stellen, welche auch bei Verdichtungsgeräten für die Boden- oder Asphaltverdichtung eine deutliche Leistungssteigerung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Demgemäss betrifft ein erster Aspekt der Erfindung einen Unwuchterreger mit einer oder mehreren ro-

tierbaren Unwuchtmassen zur Erzeugung einer mehrfrequenten zeitveränderlichen Erregerkraft. Bei einer einzigen Unwuchtmasse vollführt diese mehrere überlagerte Rotationen, welche z.B. rotatorisch gleichgerichtet oder rotatorisch entgegengesetzt sein können. Bei mehreren Unwuchtmassen vollführen diese bevorzugterweise jeweils eine Einzelrotation, wobei es vorgesehen ist, dass gleiche und/oder entgegen gesetzte Rotationsrichtungen zum Einsatz kommen.

Die Erregerkraft wird durch die Überlagerung einer Grunderregerkraft, welche mit einer Grundfrequenz zeitveränderlich ist, mit einer oder mehreren Zusatzerregerkräften, welche mit Zusatzfrequenzen grösser als die Grundfrequenz zeitveränderlich sind, erzeugt. Dabei ist der Unwuchterreger derartig ausgebildet, dass die Phasenlage zwischen der zeitveränderlichen Grunderregerkraft und zumindest einer der zeitveränderlichen Zusatzerregerkräfte einstellbar ist, bevorzugterweise stufenlos.

Es hat sich gezeigt, dass mit den erfindungsgemässen mehrfrequenten Unwuchterregern bei Verdichtungsgeräten für weiche bzw. stark elastoplastische Untergründe, wie z.B. Erdboden und Asphalt, durch eine gezielte Einstellung der Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und der oder den Zusatzerregerkräften in Abhängigkeit vom zu verdichtenden Untergrund eine erhebliche Steigerung der Verdichtungsleistung gegenüber entsprechenden Verdichtungsgeräten mit den heute bekannten Unwuchterregern erzielt werden kann. Entsprechend ermöglicht die Erfindung bei gleicher Verdichtungsleistung eine deutliche Reduzierung des erforderlichen Maschinengewichts, was wiederum den Bau kostengünstigerer und einsatzfähigerer Verdichtungsgeräte begünstigt und eine Verringerung der Antriebsleistung möglich macht.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Unwuchterregers ist die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte während dem Betrieb einstellbar, so dass eine laufende

Anpassung an die jeweiligen Bodenverhältnisse zwecks Optimierung der Verdichtungsleistung möglich ist, ohne dass hierfür der Betrieb unterbrochen werden muss.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Unwuchterregers ist zumindest eine der Zusatzerregerkräfte mit einer einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz entsprechenden Zusatzfrequenz zeitveränderlich, und zwar bevorzugterweise mit einer Frequenz entsprechend dem Zweifachen der Grundfrequenz. Es hat sich gezeigt, dass bei ganzzahligen Frequenzverhältnissen die grössten Leistungsgewinne möglich sind.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Unwuchterregers weist dieser zur Erzeugung der Grunderregerkraft und der Zusatzerregerkräfte separate Unwuchtmassen auf, welche jeweils separate Rotationsbewegungen vollführen. Derartige Lösungen basieren auf relativ einfachen und erprobten Konstruktionsprinzipien und können zudem auch bei existierenden Mehrwellen-Unwuchterregern nachgerüstet werden.

In einer alternativen Ausführungsform des Unwuchterregers weist dieser zur Erzeugung der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte eine gemeinsame Unwuchtmasse auf, welche zumindest zwei überlagerte Rotationsbewegungen vollführt. Eine derartige Konstruktionsweise weist als potentielle Vorteile eine kompakte Bauweise, eine einfache Phasenlagenverstellung und minimale Lagerdrehzahlen auf.

Dabei kann es bevorzugt sein, dass der Unwuchterreger ein Gegengewicht aufweist, welches die durch die Unwuchtmasse bei der Rotation mit der Grundfrequenz erzeugten Unwucht verringert und somit die Grunderregerkraft reduziert. Hierdurch ist es möglich, das Verhältnis zwischen der Grunderregerkraft und der oder den Zusatzerregerkräften durch bauliche Massnahmen in weiten Bereichen zu beeinflussen.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Unwuchterregers sind die Grundfrequenz und/-oder die Zusatzfrequenzen bevorzugterweise stufenlos einstellbar, bevorzugterweise während dem Betrieb. Üblicherweise ist deren Verhältnis zueinander fix, d.h. dass eine Veränderung der Grundfrequenz automatisch zu einer entsprechenden Veränderung der Zusatzfrequenzen führt, wie sich dies bei einer Zwangkopplung über Zahnräder ergibt. Es ist jedoch ebenso vorgesehen, für spezifische Anwendungen variable Frequenzverhältnisse zu ermöglichen.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Unwuchterregers sind die Amplitude der Grunderregerkraft und/oder die Amplitude einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte bevorzugterweise stufenlos einstellbar, und zwar mit Vorteil während dem Betrieb. Zudem ist es weiter bevorzugt, dass die Amplituden unabhängig von der jeweiligen Erregerfrequenz einstellbar sind, z.B. indem der Schwerpunktsabstand der jeweiligen Unwuchtmasse vom Rotationszentrum verändert wird oder durch Überlagerung gleich schnell und gleichsinning rotierender Unwuchten.

Durch diese Massnahmen wird eine weitere Optimierung der Verdichtungsleistung möglich, insbesondere fortlaufend und automatisiert während dem Betrieb.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Maschine umfassend einen Unwuchterreger gemäss dem ersten Aspekt der Erfindung und ein mit dem Unwuchterreger zwecks Schwingungsanregung gekoppeltes Werkzeug zur Einwirkung auf eine Arbeitsfläche.

Bevorzugterweise handelt es sich bei der Maschine um eine vibrationsaktivierte Bohrmaschine, Strassenfräse oder Tunnelfräse, eine Vibrationsramme oder eine Maschine zur Bodenverdichtung, insbesondere eine Vibrationsplatte oder eine Vibrationswalze. Bei solchen Maschinen treten die Vorteile der Erfindung besonders deutlich zu Tage.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Maschine Mittel zur Ermittelung der Schwingungsantwort des Werkzeugs auf die Schwingungsanregung des Unwuchterregers beim bestimmungsgemässen Betrieb der Maschine. Solche Mittel umfassen typischerweise Beschleunigungssensoren und eine computergestützte Recheneinheit, welche die von den Sensoren gelieferten Signale auswertet. Hierdurch wird es möglich, die Auswirkungen einer Veränderung der Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und der mindestens einen Zusatzerregerkraft, welche zu einer Veränderung der resultierenden Gesamterregerkraft führt, auf die Schwingungsantwort des Werkzeugs, also auf dessen Bewegungsverlauf, objektiv zu beurteilen und so gezielt Einfluss auf diesen wichtigen Betriebsparameter durch gezieltes Verstellen der Phasenlage zu nehmen.

Noch bevorzugter ist es, dass die Maschine Mittel zur Ermittlung des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft beim bestimmungsgemässen Betrieb der Maschine, welcher sich aus einer Überlagerung des aus der Schwingungsantwort des Werkzeugs und dessen schwingender Masse sich ergebenden Bewegungskraftverlaufs des Werkzeugs mit dem Erregerkraftverlauf des oder der Erreger und der statischen Gewichtskraft der Maschine ergibt. Bei Maschinen zur Bodenverdichtung wird die Arbeitsflächen-Reaktionskraft auch als Bodenreaktionskraft bezeichnet. Solche Mittel zur Ermittlung des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft umfassen typischerweise Beschleunigungssensoren, Sensoren zur Positionserfassung der rotierenden Unwuchten und eine computergestützte Recheneinheit, welche die von den Sensoren gelieferten Signale auswertet. Hierdurch wird es möglich, die Auswirkungen einer Veränderung der Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und der mindestens einen Zusatzerregerkraft, welche zu einer Veränderung der resultierenden Gesamterregerkraft führt, auf die vom Werkzeug auf die Arbeitsfläche ausgeübte Kraft objektiv zu beurteilen und so eine Optimierung dieser Kraft und damit der Arbeits-

leistung der Maschine durch gezieltes Verstellen der Phasenlage vorzunehmen.

Dabei ist es bevorzugt, dass die Maschine zusätzlich eine Maschinensteuerung umfasst, mittels welcher die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und der mindestens einen Zusatzerregerkraft automatisch und bevorzugterweise fortlaufend während dem Betrieb derart einstellbar ist, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei welcher oder welchem der Quotient aus der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort in Werkzeugarbeitsrichtung und der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung oder der Quotient aus der maximalen Kraft des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft in Werkzeugarbeitsrichtung und der maximalen Kraft des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung für gegebene Frequenzen und Amplituden der Grund- und Zusatzerregerkräfte maximal ist. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Maschine jederzeit in einem guten Bereich oder im optimalen Bereich betrieben wird, d.h. immer eine relativ grosse bzw. die maximal mögliche Kraft vom Werkzeug auf die Arbeitsfläche übertragen werden kann.

Weiter ist es von Vorteil, dass die Maschine eine Maschinensteuerung umfasst, mittels welcher die Phasenlage, die Frequenz und/oder die Amplitude der Grunderregerkraft und/oder einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte automatisch und bevorzugterweise fortlaufend während dem Betrieb derartig einstellbar sind, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei der oder dem die maximale Amplitude der Schwingungsantwort in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs an die Arbeitsfläche oder die maximale Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs an die Arbeitsfläche

einen bestimmten Maximalwert nicht übersteigt, zur Verhinderung eines zeitweiligen Kontaktverlusts zwischen dem Werkzeug und der Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb. Dies ist insbesondere bei Vibrationswalzen für die Verdichtung von Asphalt wichtig, welche im Auflastbetrieb betrieben werden müssen, da ein zeitweilige Abheben der Walze von der zu verdichtenden Asphaltoberfläche zu einer schlechten Oberflächenqualität (Rattermarken) führen würde, was es zu vermeiden gilt.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Maschine zudem Mittel zur insbesondere fortlaufenden Ermittlung der Resonanzfrequenz des Systems Maschine-Werkzeug-Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb auf. Diese Mittel weisen typischerweise Beschleunigungssensoren, Sensoren zur Positionserfassung des oder der Erreger und eine computergestützte Recheneinheit auf, welche die von den Sensoren gelieferten Signale auswertet, und sind bevorzugterweise gemeinsam mit Mitteln zur Ermittlung der Schwingungsantwort des Werkzeugs und/oder zur Ermittlung des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ausgebildet.

Dabei ist es weiter bevorzugt, dass die Maschine zudem eine Maschinensteuerung umfasst, mit welcher die Grundfrequenz automatisch und bevorzugterweise fortlaufend während dem Betrieb auf eine Frequenz geringfügig oberhalb der ermittelten Resonanzfrequenz einstellbar ist, und zwar bevorzugterweise auf eine Frequenz im Bereich zwischen 105% und 130%, noch bevorzugter zwischen 110% und 120% der ermittelten Resonanzfrequenz. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Grundfrequenz fortlaufend in einem Bereich geringfügig oberhalb der Resonanzfrequenz gehalten werden kann, was eine weitere Leistungsoptimierung ermöglicht.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb der Maschine gemäss dem zweiten Aspekt der Erfindung. Erfindungsgemäss wird die Maschine derartig betrieben, dass das mit dem Unwuchterreger zu

Schwingungen angeregte Werkzeug bestimmungsgemäss auf eine Arbeitsfläche einwirkt, also eine bestimmungsgemässe Arbeit ausführt. Dabei wird die Schwingungsantwort des Werkzeugs auf die Schwingungsanregung des Unwuchterregers und/oder der Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ermittelt und diese bzw. dieser mit einer angestrebten Soll-Schwingungsantwort bzw. einem angestrebten Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf verglichen. Wie die Schwingungsantwort bzw. der Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf messtechnisch ermittelt werden kann, ist dem Fachmann bekannt und muss deshalb hier nicht genauer erläutert werden.

Weiter wird die Phasenlage zwischen der zeitveränderlichen Grunderregerkraft und zumindest einer der zeitveränderlichen Zusatzerregerkräfte zur Veränderung der Gesamterregerkraft und damit der Schwingungsanregung derart eingestellt, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, welche oder welcher eine verbesserte und bevorzugterweise grösstmögliche Übereinstimmung mit der Soll-Schwingungsantwort bzw. dem Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf aufweist. Auf diese Weise wird eine Optimierung der Bewegung des Werkzeugs bzw. der vom Werkzeug auf die Arbeitsfläche ausgeübten Kraft und damit der Arbeitsleistung der Maschine erzielt.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird die Phasenlage zwischen der zeitveränderlichen Grunderregerkraft und zumindest einer der zeitveränderlichen Zusatzerregerkräfte während dem Betrieb der Maschine eingestellt bzw. verändert, was einen unterbruchsfreien Betrieb ermöglicht und bevorzugterweise als automatisierter Regeleingriff mit einem erneuten Vergleich der resultierenden Schwingungsantwort oder des resultierenden Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft mit der Soll-Schwingungsantwort bzw. dem Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf erfolgt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Phasenlage derartig eingestellt, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs oder ein Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf ergibt, bei welcher oder welchem der Quotient aus der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs in Werkzeugarbeitsrichtung und der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung oder der Quotient aus der maximalen Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in Werkzeugarbeitsrichtung und der maximalen Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung für gegebene Frequenzen und Amplituden der Grund- und Zusatzerregerkräfte maximal ist. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Maschine jederzeit in einem guten bzw. im optimalen Bereich betrieben wird, also immer eine relativ grosse bzw. die maximale Kraft vom Werkzeug auf die Arbeitsfläche übertragen wird.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die Phasenlage, die Frequenz und/oder die Amplitude der Grunderregerkraft und/-oder einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte bevorzugterweise unabhängig voneinander derartig eingestellt, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei der oder dem die maximale Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs an die Arbeitsfläche oder die maximale Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs an die Arbeitsfläche einen bestimmten Maximalwert nicht übersteigt, zur Verhinderung eines zeitweiligen Kontaktverlusts zwischen dem Werkzeug und der Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb. Dies ist, wie bereits erwähnt wurde, insbesondere bei Vibrationswalzen für die Verdichtung von Asphalt wichtig, da diese im Auflastbetrieb betrieben werden müssen, um ein zeitweiliges

Abheben der Walze von der zu verdichtenden Asphaltoberfläche sicher zu verhindern.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Resonanzfrequenz des Systems Maschine-Werkzeug-Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb insbesondere fortlaufend ermittelt und die Grundfrequenz insbesondere fortlaufend auf eine Frequenz geringfügig oberhalb der ermittelten Resonanzfrequenz eingestellt, bevorzugterweise auf eine Frequenz typischerweise im Bereich zwischen 105 % und 130 %, bevorzugterweise zwischen 110 % und 120% der ermittelten Resonanzfrequenz. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Grundfrequenz gezielt in einem Bereich geringfügig oberhalb der Resonanzfrequenz gehalten werden kann, was eine weitere Leistungsoptimierung ermöglicht.

In noch einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Ermitteln der Schwingungsantwort und/oder des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs und gegebenenfalls der Resonanzfrequenz, das Vergleichen mit einer angestrebten Soll-Schwingungsantwort und/oder einem Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf und das Einstellen der Phasenlage und gegebenenfalls der Frequenz und/oder Amplitude automatisiert mittels einer Maschinensteuerung durchgeführt, und zwar bevorzugterweise fortlaufend während dem Betrieb der Maschine. Hierdurch kann zu jederzeit ein Betrieb mit optimalen Betriebsparametern sichergestellt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

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

die Figuren 1 und 2 zwei grundlegende Konstruktionsprinzipien für erfindungsgemässe Unwuchterreger;

Fig. 3 eine perspektivische Prinzipdarstellung eines Unwuchterregers gemäss dem in Fig. 2 gezeigten Konstruktionsprinzips;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer erfindungsgemässen Vibrationswalze;

Fig. 5 eine perspektivische Draufsicht auf den erfindungsgemässen Unwuchterreger der Vibrationswalze aus Fig. 4;

Fig. 6 einen Längsschnitt durch den Unwuchterreger aus Fig. 5;

Fig. 7 eine Prinzipdarstellung der Phasenverstellung des Unwuchterregers aus den Figuren 5 und 6;

die Figuren 8a bis 8d die Position der rotierenden Unwuchten und den Verlauf der Erregerkraft des Unwuchterregers, die Schwingungsantwort der Walzen sowie den Verlauf der Bodenreaktionskraft beim schwingungsantwortoptimierten Betrieb der Grabenwalze aus Fig. 4;

die Figuren 9a bis 9d die Phasenlage der rotierenden Unwuchten und den Verlauf der Erregerkraft des Unwuchterregers, die Schwingungsantwort der Walzen sowie den Verlauf der Bodenreaktionskraft bei einem bodenreaktionskraftoptimierten Betrieb der Grabenwalze aus Fig. 4;

Fig. 10 eine perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemässen Unwuchterreger gemäss der Prinzipdarstellung in Fig. 3;

die Figuren 11a und 11b die Position der Unwuchtmasse des Unwuchterregers aus Fig. 10 in verschiedenen Winkelpositionen der Grundrotation bei zwei verschiedenen Phasenlagen;

Fig. 12 eine Draufsicht auf das Unterteil einer mit zwei Unwuchterregern gemäss Fig. 10 ausgerüsteten Vibrationsplatte; und

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Zwei grundlegende Konstruktionsprinzipien für erfindungsgemässe Unwuchterreger sind in den Figuren 1 und 2 in perspektivischer Darstellung gezeigt.

Das in Fig. 1 gezeigte Funktionsprinzip beruht auf der Verwendung zweier rotierender Wellen 1, 2, welche jeweils ein Unwuchtgewicht 3 tragen und um parallele Rotationsachsen r1, r2 herum synchronisiert, z.B. über ein Zahnradgetriebe oder einen Zahnriemen 4, mit unterschiedlichen Drehzahlen f1, f2 angetrieben werden. Dabei ist die Phasenlage zwischen den beiden rotierenden Wellen 1, 2 einstellbar, z.B. über ein Differentialgetriebe 5.

Das in Fig. 2 gezeigte Funktionsprinzip beruht auf der Verwendung einer einzigen geführten Masse 3, welche zwei überlagerte Drehungen vollführt. Die Masse 3 wird mit einer ersten Drehzahl f1 beabstandet um eine erste Rotationsachse r1 rotiert, wobei sie gleichzeitig mit einer zweiten Drehzahl f2, welche grösser ist als die erste Drehzahl f1 und mit dieser synchronisiert ist, um eine zweite Rotationsachse r2 rotiert wird, welche ihrerseits mit der ersten Drehzahl f1 und mit einem festen Abstand um die erste Rotationsachse r1 rotiert. Aufgrund der zweiten überlagerten Rotation ändert sich der Abstand der Masse 3 zur ersten Rotationsachse r1 laufend. Die Rotation um die zweite Rotationsachse r2 wird dadurch hervorgerufen, dass ein die Masse 3 tragendes und um die zweite Rotationsachse r2 rotierbares Bauteil mit einem Zahnrad 6 im Eingriff mit einem feststehenden, konzentrisch zur ersten Rotationsachse r1 angeordneten Zahnrad 7 steht und an dessen Aussenumfang abrollt. Die Phasenlage zwischen der ersten und der zweiten Rotation kann durch ein Verdrehen des mit der ersten Rotationsachse r1 konzentrischen Zahnrads 7 verändert werden.

Fig. 3 zeigt eine perspektivische Prinzipdarstellung eines weiterentwickelten Unwuchterregers gemäss dem in Fig. 2 gezeigten Konstruktionsprinzip. Wie zu erkennen ist, weist der Unwuchterreger einen kurbelwellenartigen Hauptkörper 8 auf, der um zwei endseitig angeordneten Lagerzapfen 10 rotierbar um eine erste Rotationsachse r1 herum gelagert ist und mit einem Antriebsmotor 9 verbun-

den ist, mit welchem er mit einer ersten Drehzahl f1 antreibbar ist. Der Kurbelzapfen wird von einer Welle 11 gebildet, die ein Unwuchtgewicht 3 trägt. Die Welle 11 ist an ihren Enden rotierbar um eine zweite Rotationsachse r2 gelagert. An einem Ende weist die Welle 11 einen Überstand mit einem Ritzel 6 auf, welches am Aussenumfang eines feststehenden und mit der Rotationsachse r1 des Hauptkörpers 8 konzentrischen Zahnrads 7 abläuft. Wie zu erkennen ist, wird bei einer Rotation des Hauptkörpers 8 um die erste Rotationsachse r1 herum die Welle 11 mit der daran befestigten Unwuchtmasse 3 mit einem festen Abstand um die Rotationsachse r1 herum rotiert. Dabei wird infolge des Ablaufens des Ritzels 6 am Umfang des Zahnrads 7 die Welle 11 gleichzeitig um die zweite Rotationsachse r2 rotiert, so dass das Unwuchtgewicht 3 eine Bewegung aus zwei überlagerten Rotationen vollführt. Infolge der unterschiedlichen Umfänge von Ritzel 6 und Zahnrad 7 rotiert die Welle 11 hier mit einer Drehzahl f2, welche grösser ist als die Antriebsdrehzahl f1 des Hauptkörpers 8. Zur Verstellung der Phasenlage zwischen den beiden Rotationen um die Rotationsachsen r1, r2 herum kann das Zahnrad 7 mittels eines Betätigungshebels 12 und eines zugeordneten Antriebs, z.B ein Hydraulikzylinder 13, um sein Zentrum und damit um die erste Rotationsachse r1 herum um einen bestimmten Winkel α verdreht werden.

Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht einer erfindungsgemässen Grabenwalze mit einem erfindungsgemässen Unwuchterreger, welcher das Konstruktionsprinzip gemäss Fig. 1 verwirklicht. Die Grabenwalze besteht aus einem Unterwagen 14 mit den Walzen 15 und dem Unwuchterreger 16 und einem Oberwagen 17 mit dem Antriebsmotor (nicht gezeigt), welcher gegenüber dem Unterwagen schwingungsmässig isoliert ist.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf den erfindungsgemässen Unwuchterreger der Grabenwalze aus Fig. 4. Der Unwuchterreger 16 weist zwei übereinander angeordnete Unwuchtwellen (nicht sichtbar) auf, welche je-

weils um eigene Rotationsachsen r1, r2 rotiert werden. An einem Ende des Unwuchterregers 16 ist ein Hydromotor 9 angeordnet, mit welchem die untere Unwuchtwelle mit der Grundfrequenz f1 um die Rotationsachse r1 rotiert werden kann.

Ein Längsschnitt durch den Unwuchterreger aus Fig. 5 ist in Fig. 6 gezeigt. Wie hier zu erkennen ist, sind die beiden Unwuchtwellen 1, 2 des Unwuchterreger 16, welche die Unwuchtmassen 3 tragen, über ein Zahnriemengetriebe umfassend eine untere Zahnriemenscheibe 18, eine obere Zahnriemenscheibe 19 und einen Zahnriemen 4 rotatorisch miteinander gekoppelt, derart, dass die obere Unwuchtwelle 2 bei Rotation der unteren Unwuchtwelle 1 mit der Grundfrequenz f1 zwangssynchron und gleichsinnig mit einer Frequenz f2, welche der doppelten Grundfrequenz f1 entspricht, angetrieben wird.

Wie in Zusammenschau mit Fig. 7 ersichtlich wird, welche das Prinzip der Zahnriemenkopplung zwischen den beiden Unwuchtwellen 1, 2 stark vereinfacht zeigt, kann die Phasenlage der Rotationen f1, f2 der beiden Wellen 1, 2 zueinander dadurch verstellt werden, dass eine Anordnung aus zwei Hilfsriemenscheiben 28a, 28b, deren Lagerstellen über eine Brücke 29 miteinander verbunden sind, in einer Richtung V quer zu einer Geraden durch die Rotationszentren der unteren 18 und der oberen Zahnriemenscheibe 19 mittels eines Antriebs, z.B. eines Hydraulikzylinders 13, verschoben wird. Durch diese Verschiebung ändert sich das Verhältnis von der freien Zahnriemenlänge zwischen der oberen und der unteren Zahnriemenscheibe 18, 19 auf der Lastseite (Seite, an welcher die Hilfsriemenscheibe 28b am Zahnriemen 4 angreift) zu der freien Zahnriemenlänge zwischen der unteren und der oberen Zahnriemenscheibe 18, 19 auf der lastfreien Seite (Seite, an welcher die Hilfsriemenscheibe 28a am Zahnriemen 4 angreift), so dass die untere und die obere Riemenscheibe 18, 19 und damit die Unwuchtwellen 1, 2 relativ zueinander verdreht werden. Damit der Zahnriemen 4 einen mög-

lichst grossen Umschlingungswinkel an der unteren und der oberen Riemenscheibe 18, 19 bildet, was wünschenswert ist um die Zahnbelastung möglichst gering zu halten, sind hier zusätzlich Umlenkrollen 30 vorgesehen, welche zudem auch als Spannrollen dienen können. Ebenso ist es aber auch vorgesehen, die Brücke 29 als Spannelement auszubilden, welches im Betrieb zusätzlich die beiden Hilfsriemenscheiben mit einer bestimmten Vorspannkraft voneinander weg und gegen den Zahnriemen 4 drückt.

Fig. 8a zeigt die obere und die untere Unwuchtwelle des Unwuchterregers aus den Figuren 5 und 6 bei der Rotation mit einer ersten Phasenlage zueinander. Wie zu erkennen ist, weisen die Unwuchtmassen der beiden Unwuchtwellen 1, 2 in der dargestellten Situation einen Verdrehwinkel ϕ von 105° zueinander auf. Bei dieser Phasenlage erzeugen die Unwuchtwellen 1, 2 die in Fig. 8b dargestellten Erregerkraftverläufe (Erregerkraft F_{err} in kN über der Zeit t dargestellt), welche zusammen den Gesamterregerkraftverlauf (nicht dargestellt) ergeben. Die sich bei entsprechendem Betrieb der Grabenwalze gemäss Fig. 4 mit diesem Unwuchterreger auf sandigem Boden ergebende Schwingungsantwort der Walzen (Schwingungsamplitude der Walzen Amp in mm über der Zeit t dargestellt) ist in Fig. 8c dargestellt und der sich ergebende Verlauf der Bodenreaktionskraft (Bodenreaktionskraft F_{rea} in kN über der Zeit t) in Fig. 8d.

Wie zu erkennen ist, ergibt sich bei dieser Phasenlage auf sandigem Boden eine Schwingungsantwort der Walzen 15, bei welcher der Quotient aus der maximalen Amplitude Amp der Schwingungsantwort der Walzen in Arbeitsrichtung (hier Schwerkraftrichtung) zur maximalen Amplitude Amp der Schwingungsantwort der Walzen in Richtung entgegen der Arbeitsrichtung maximal ist. Es handelt sich also um einen schwingungsantwortoptimierten Betrieb der Grabenwalze, bei welchem im vorliegenden Fall, wie aus Fig. 8d hervorgeht, ein Bodenreaktionskraftverlauf resultiert, der sowohl in Arbeitrichtung der Walzen als

auch entgegengesetzt etwa gleich grosse Kraftmaxima aufweist.

Die Figuren 9a bis 9d zeigen Darstellungen wie die Figuren 8a bis 8d mit dem Unterschied, dass hier eine zweite Phasenlage der Unwuchtwellen vorliegt, bei der die Unwuchtmassen der beiden Unwuchtwellen 1, 2 in der dargestellten Situation einen Verdrehwinkel ϕ von lediglich 15° zueinander aufweisen. Wie aus einem Vergleich von Fig. 9b mit Fig. 8b zu erkennen ist, sind die Verläufe der Erregerkräfte F_{err} entsprechend verschoben, so dass ein anderer Gesamterregerkraftverlauf (nicht gezeigt) resultiert.

Wie aus den Figuren 9c und 9d zu erkennen ist, ergibt sich bei dieser Phasenlage auf sandigem Boden eine Schwingungsantwort der Walzen 15, bei welcher sowohl in Arbeitrichtung der Walzen als auch entgegengesetzt praktisch gleich grosse Schwingungsamplitudenmaxima resultieren, während sich ein Bodenreaktionskraftverlauf einstellt, bei welchem der Quotient aus der maximalen Kraft des Verlaufs der Bodenreaktionskraft in Arbeitsrichtung zur maximalen Kraft des Verlaufs der Bodenreaktionskraft in Richtung entgegen der Arbeitsrichtung maximal ist. Es handelt sich hier also um einen bodenreaktionskraftoptimierten Betrieb der Grabenwalze.

Fig. 10 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf einen erfindungsgemässen Unwuchterreger, welcher das Konstruktionsprinzip gemäss Fig. 2 in der Konzeption gemäss Fig. 3 verwirklicht. Wie zu erkennen ist, weist hier der Hauptkörper 8 zwei kreisrunde Scheiben 20 auf, welche um ihr Zentrum herum um eine erste Rotationsachse r1 herum rotiert werden können. Die Lagerstellen sind hier nicht sichtbar. An einer Position an ihrem Umfang bilden die Scheiben 20 jeweils eine Lagerstelle 21, an welcher jeweils eines der Enden einer Unwuchtwelle bestehend aus einer Welle 11 und einer Unwuchtmasse 3 rotierbar um eine zweite Rotationsachse r2 gelagert ist. An diesen Lagerstellen gegenüberliegenden Umfangspositionen

weisen die Scheiben 20 Gegengewichte 31 auf, welche die durch die Unwuchtmassen 3 bei der Rotation mit der Grundfrequenz um die erste Rotationsachse r1 erzeugten Unwucht verringern und dadurch gezielt die Grunderregerkraft derart reduzieren, dass bei bestimmungsgemässem Betrieb ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Grunderregerkraft und der Zusatzerregerkraft vorliegt.

An einem ihrer Enden weist die Welle 11 ein Ritzel 6 auf, welches am Aussenumfang eines im Betrieb feststehenden, mit der Rotationsachse r1 des Hauptkörpers 8 bzw. mit dem Zentrum der Scheiben 20 konzentrischen Zahnrads 7 abläuft. Wie zu erkennen ist, wird beim Rotieren des Hauptkörpers 8 um die erste Rotationsachse r1 herum die Welle 11 mit der daran befestigten Unwuchtmasse 3 mit einem festen Abstand um die Rotationsachse r1 herum rotiert. Gleichzeitig wird infolge des Ablaufens des Ritzels 6 am Umfang des Zahnrads 7 die Welle 11 um die zweite Rotationsachse r2 rotiert. Infolge der unterschiedlichen Umfänge von Ritzel 6 und Zahnrad 7 rotiert die Welle 11 hier mit einer Drehzahl f2, welche der doppelten Antriebsdrehzahl f1 entspricht. Zur Verstellung der Phasenlage zwischen den beiden Rotationen um die Rotationsachsen r1, r2 herum kann das Zahnrad 7, z.B. mittels einer Zahnstange (nicht gezeigt), um sein Zentrum und damit um die erste Rotationsachse r1 herum verdreht werden.

Die Figuren 11a und 11b zeigen schematisch die Position der Unwuchtmasse des Unwuchterregers aus Fig. 8 in verschiedenen Winkelpositionen bezüglich der Grundrotation bei zwei verschiedenen Phasenlagen, wobei Fig. 11a eine erste Phasenlage zeigt und Fig. 11b eine zweite, gegenüber der ersten um 45° verdrehte Phasenlage. Wie zu erkennen ist, vollführt das Unwuchtgewicht 3 jeweils bei einer Grundrotation des Erregers von 90° um die erste Rotationsachse r1 herum eine Rotation von 180° um die zweite Rotationsachse r2 herum und eine resultierende Gesamtrotation von 270°.

Fig. 12 zeigt eine schematische Draufsicht auf das Unterteil einer mit zwei Unwuchterregern 16 gemäss Fig. 10 ausgerüsteten Vibrationsplatte. Das Oberteil mit dem Antriebsmotor ist nicht dargestellt. Das Gehäuse 27 der Erregeranordnung ist starr mit der Arbeitsplatte 26 des Vibrationsplatte verbunden. Die Scheiben 20 der Unwuchterreger 16 sind rotierbar um die erste Rotationsachse r1 gelagert und je Unwuchterreger 16 über eine zentrale Hülse 22 drehsteif miteinander verbunden. Eine der beiden Hülsen 22 ist von einer Achse (nicht gezeigt) durchsetzt, die das Zahnrad 7 trägt und dieses mit einem aussen liegenden Zahnrad 24 verbindet. Die Unwuchtmassen 3 beider Unwuchterreger 16 werden von einer gemeinsamen Welle 11 getragen, welche an zentraler Position das Ritzel 6 trägt, welches bei Rotation der Unwuchterreger 16 am Umfang des Zahnrads 7 abläuft. Auf einer Seite der Anordnung erfolgt der Antrieb der Unwuchterreger 16 über eine Riemenscheibe 23 und auf der anderen Seite erfolgt die Verdrehung des Zahnrads 7 zwecks Verstellung der Phasenlage über eine Zahnstange 25, die in das Zahnrad 24 eingreift.

PATENTANSPRÜCHE

1. Unwuchterreger mit einer oder mehreren rotierbaren Unwuchten (3) zur Erzeugung einer mehrfrequenten zeitveränderlichen Erregerkraft, welche durch Überlagerung einer mit einer Grundfrequenz (f1) zeitveränderlichen Grunderregerkraft und einer oder mehrerer mit Zusatzfrequenzen (f2) grösser als die Grundfrequenz zeitveränderlichen Zusatzerregerkräften gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte insbesondere stufenlos einstellbar ist.

2. Unwuchterreger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte während dem Betrieb einstellbar ist.

3. Unwuchterreger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Zusatzerregerkräfte mit einer einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz (f1) entsprechenden Zusatzfrequenz (f2) zeitveränderlich ist, insbesondere mit einer Frequenz (f2) entsprechend dem Zweifachen der Grundfrequenz.

4. Unwuchterreger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Grunderregerkraft und der Zusatzerregerkräfte separate Unwuchtmassen (3) vorhanden sind, welche jeweils separate Rotationsbewegungen vollführen.

5. Unwuchterreger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte eine gemeinsame Unwuchtmasse (3) vorhanden ist, welche zumindest zwei überlagerte Rotationsbewegungen vollführt.

6. Unwuchterreger nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Erreger (16) ein Gegengewicht (31) aufweist, zur Verringerung der durch die

Unwuchtmasse (3) bei der Rotation mit der Grundfrequenz (f1) erzeugten Unwucht.

7. Unwuchterreger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundfrequenz (f1) und/oder die Zusatzfrequenzen (f2) insbesondere stufenlos und insbesondere während dem Betrieb einstellbar sind.

8. Unwuchterreger nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der Grunderregerkraft und/oder die Amplitude einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte insbesondere stufenlos und insbesondere während dem Betrieb einstellbar sind, insbesondere unabhängig von der jeweiligen Frequenz.

9. Maschine umfassend einen Unwuchterreger (16) nach einem der vorangehenden Ansprüche und ein mit dem Unwuchterreger zwecks Schwingungsanregung gekoppeltes Werkzeug (15, 26) zur Einwirkung auf eine Arbeitsfläche.

10. Maschine nach Anspruch 9, des Weiteren umfassend Mittel zur Ermittlung der Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) auf die Schwingungsanregung des Unwuchterregers (16) beim bestimmungsgemässen Betrieb der Maschine.

11. Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 10, des Weiteren umfassend Mittel zur Ermittlung des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft beim bestimmungsgemässen Betrieb der Maschine.

12. Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 11, weiter umfassend eine Maschinensteuerung mittels welcher die Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte automatisch und insbesondere fortlaufend während dem Betrieb derart einstellbar ist, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei welcher oder welchem der Quotient aus der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs zur maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs in Richtung entgegen der Werkzeugarbeits-

richtung oder der Quotient aus der maximalen Kraft des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft in Werkzeugarbeitsrichtung zur maximalen Kraft des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung für gegebene Frequenzen (f1, f2) und Amplituden der Grund- und Zusatzerregerkräfte maximal ist.

13. Maschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12, weiter umfassend eine Maschinensteuerung mittels welcher die Phasenlage, die Frequenz (f1, f2) und/oder die Amplitude der Grunderregerkraft und/oder einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte automatisch und insbesondere fortlaufend während dem Betrieb derartig einstellbar sind, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) oder ein Verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei der oder bei dem die maximale Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs oder die maximale Kraft des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs (15, 26) an die Arbeitsfläche einen bestimmten Maximalwert nicht übersteigt, zur Verhinderung eines zeitweiligen Kontaktverlusts zwischen dem Werkzeug (15, 26) und der Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb.

14. Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 13, des Weiteren umfassend Mittel zur insbesondere fortlaufenden Ermittelung der Resonanzfrequenz des Systems Maschine-Werkzeug-Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb.

15. Maschine nach Anspruch 14, weiter umfassend eine Maschinensteuerung mittels welcher die Grundfrequenz (f1) automatisch und insbesondere fortlaufend während dem Betrieb auf eine Frequenz geringfügig oberhalb der ermittelten Resonanzfrequenz einstellbar ist, insbesondere auf eine Frequenz im Bereich zwischen 105 % und 130 %, insbesondere zwischen 110 % und 120 % der ermittelten Resonanzfrequenz.

16. Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine eine Bohrmaschine, eine Strassenfräse, eine Tunnelfräse, eine Ramme oder eine Maschine zur Bodenverdichtung ist, insbesondere eine Vibrationsplatte oder eine Vibrationswalze.

17. Verfahren zum Betrieb der Maschine nach einem der Ansprüche 9 bis 16, gekennzeichnet durch die Schritte

a) Betreiben der Maschine derartig, dass das mit dem Unwuchterreger (16) zu Schwingungen angeregte Werkzeug (15, 26) bestimmungsgemäss auf eine Arbeitsfläche einwirkt;

b) Ermitteln der Schwingungsantwort des Werkzeugs auf die Schwingungsanregung des Unwuchterregers (16) oder des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft beim bestimmungsgemässen Betrieb;

c) Vergleichen der ermittelten Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) mit einer angestrebten Soll-Schwingungsantwort oder des ermittelten Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs mit einem angestrebten Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf; und

d) Einstellen der Phasenlage zwischen der Grunderregerkraft und zumindest einer der Zusatzerregerkräfte zur Veränderung der Schwingungsanregung derart, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) ergibt, welche eine verbesserte, insbesondere grösstmögliche Übereinstimmung mit der Soll-Schwingungsantwort aufweist oder dass sich ein Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf ergibt, welcher eine verbesserte, insbesondere grösstmögliche Übereinstimmung mit dem Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage während dem Betrieb eingestellt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage derartig eingestellt wird, dass sich eine Schwingungsantwort des

Werkzeugs (15, 26) oder ein Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf ergibt, bei welcher oder welchem der Quotient aus der maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs zur maximalen Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung oder der Quotient aus der maximalen Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in Werkzeugarbeitsrichtung zur maximalen Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in Richtung entgegen der Werkzeugarbeitsrichtung für gegebene Frequenzen (f1, f2) und Amplituden der Grund- und Zusatzerregerkräfte maximal ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage, die Frequenz (f1, f2) und/oder die Amplitude der Grunderregerkraft und/oder einer oder mehrerer der Zusatzerregerkräfte insbesondere unabhängig voneinander derartig eingestellt werden, dass sich eine Schwingungsantwort des Werkzeugs (15, 26) oder ein verlauf der Arbeitsflächen-Reaktionskraft ergibt, bei der oder bei dem die maximale Amplitude der Schwingungsantwort des Werkzeugs oder die maximale Kraft des Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlaufs in einer Richtung entgegen der Anpressrichtung des Werkzeugs (15, 26) an die Arbeitsfläche einen bestimmten Maximalwert nicht übersteigt, zur Verhinderung eines zeitweiligen Kontaktverlusts zwischen dem Werkzeug (15, 26) und der Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonanzfrequenz des Systems Maschine-Werkzeug-Arbeitsfläche beim bestimmungsgemässen Betrieb insbesondere fortlaufend ermittelt wird und die Grundfrequenz (f1) insbesondere fortlaufend auf eine Frequenz geringfügig oberhalb der ermittelten Resonanzfrequenz eingestellt wird, insbesondere auf eine Frequenz im Bereich zwischen 105 % und 130 %, insbesondere

zwischen 110 % und 120 % der ermittelten Resonanzfrequenz.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Ermitteln der Schwingungsantwort des Werkzeugs oder des Verlaufs der Arbeitsflächen-Reaktionskraft und gegebenenfalls der Resonanzfrequenz, das Vergleichen mit einer angestrebten Soll-Schwingungsantwort oder mit einem angestrebten Soll-Arbeitsflächen-Reaktionskraftverlauf und das Einstellen der Phasenlage und gegebenenfalls der Frequenz (f1, f2) und/oder Amplitude automatisiert mittels einer Maschinensteuerung durchgeführt wird, insbesondere fortlaufend während dem Betrieb der Maschine.

Fig. 1

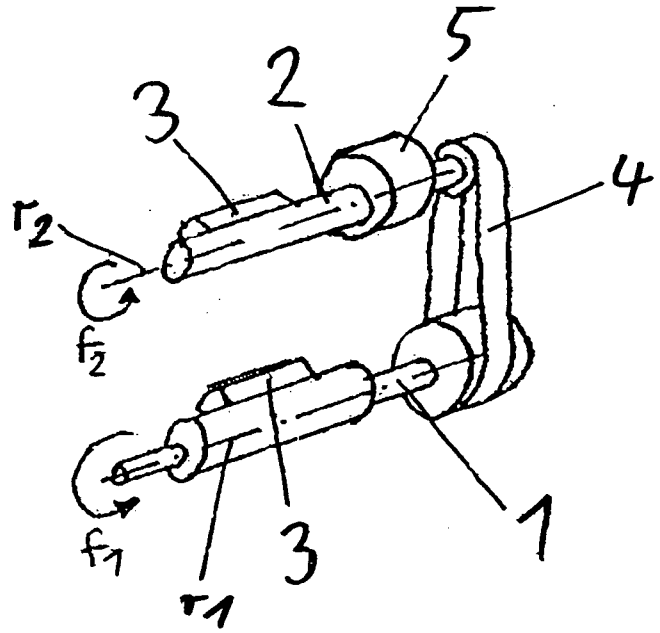


Fig. 2

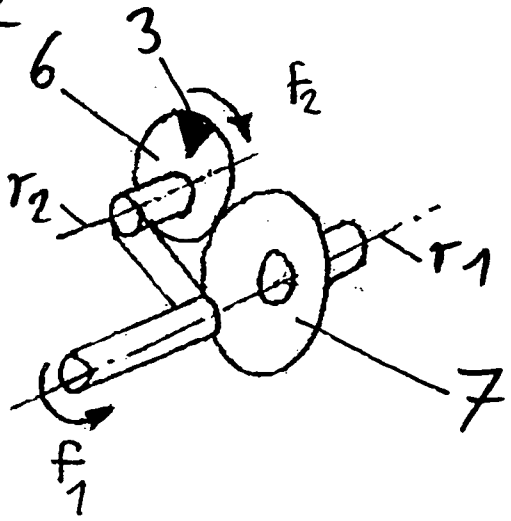


Fig. 3

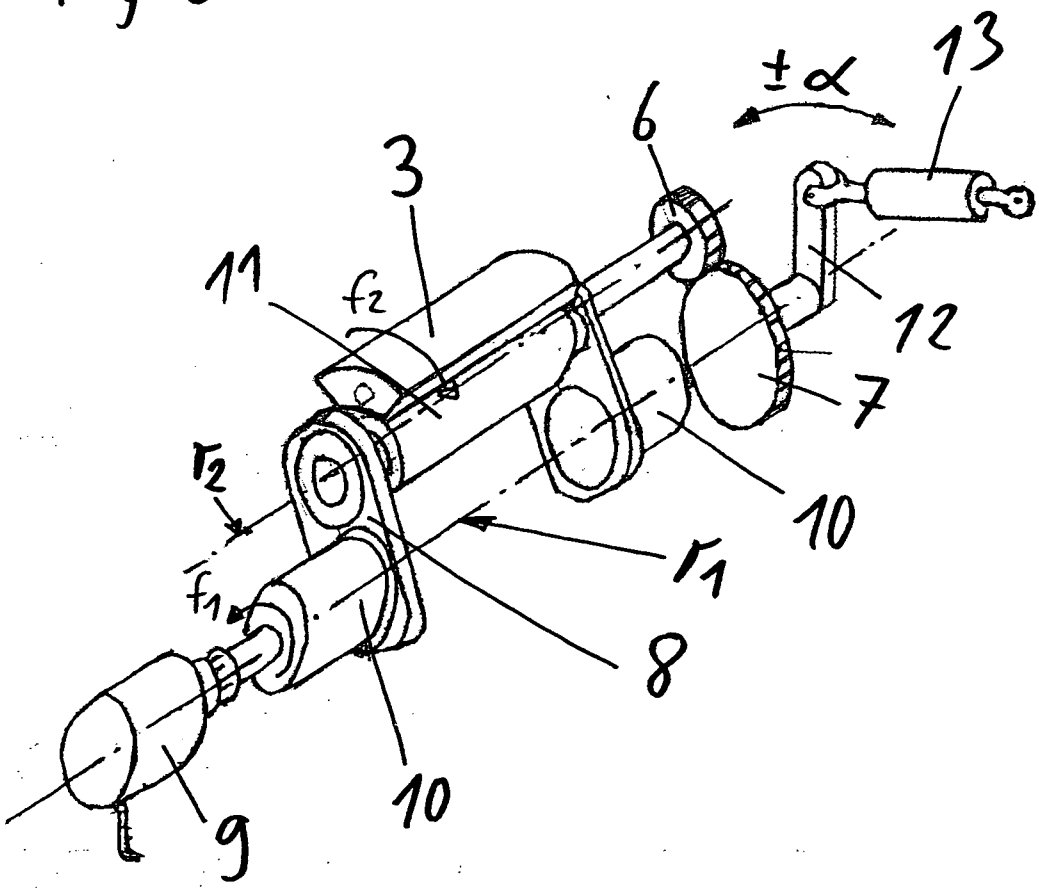


Fig. 4

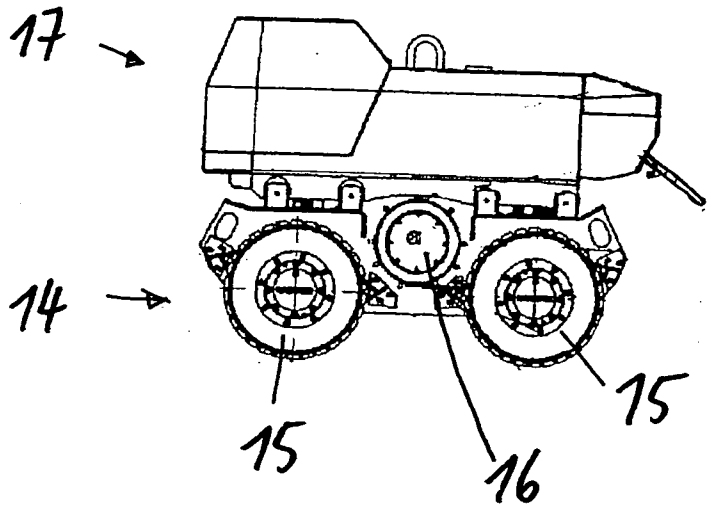
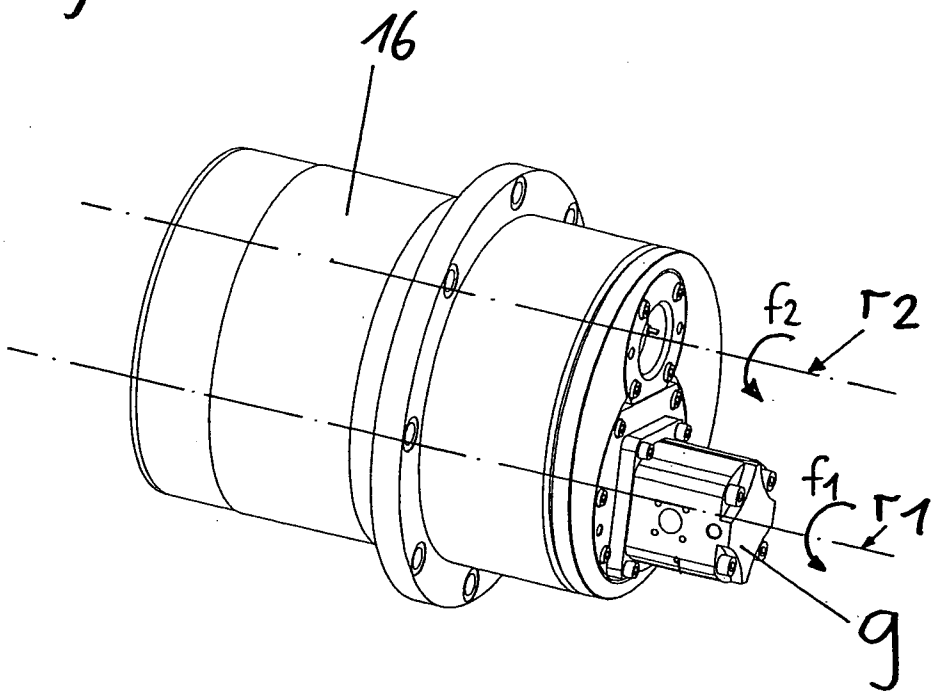


Fig. 5



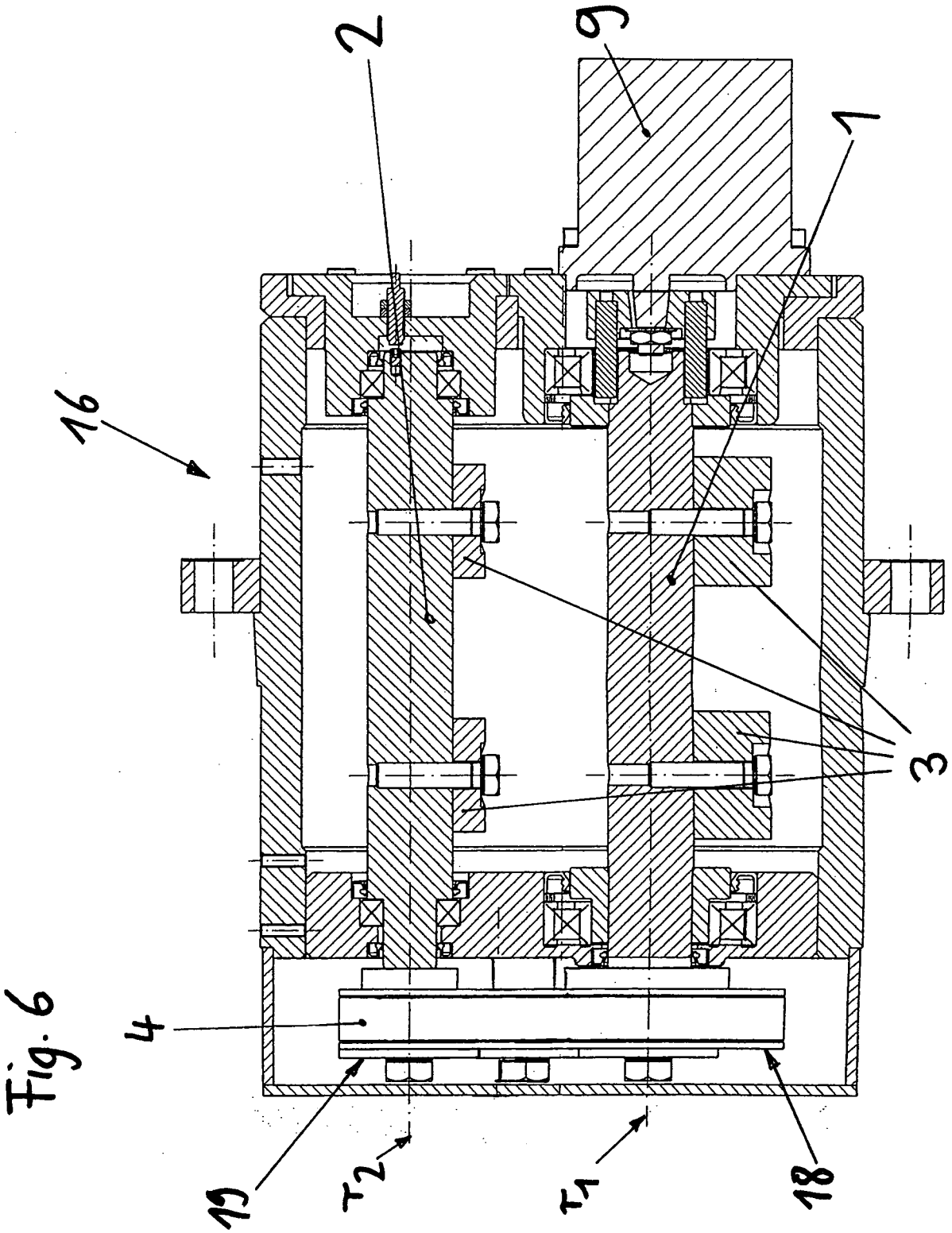


Fig. 6

Fig. 7

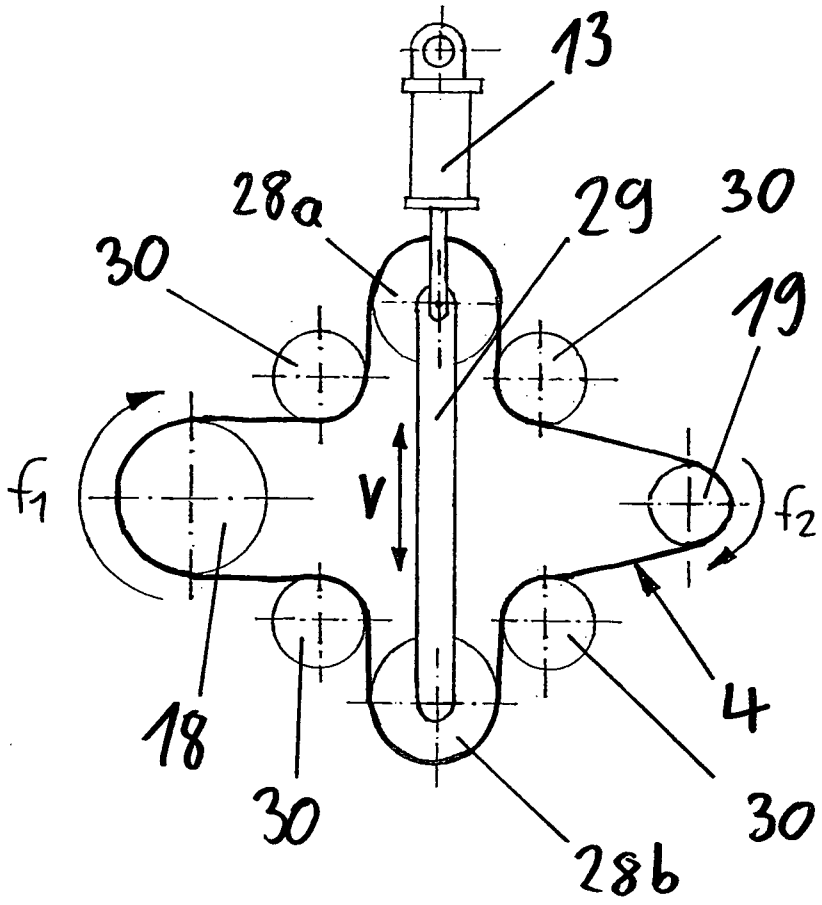


Fig. 8a

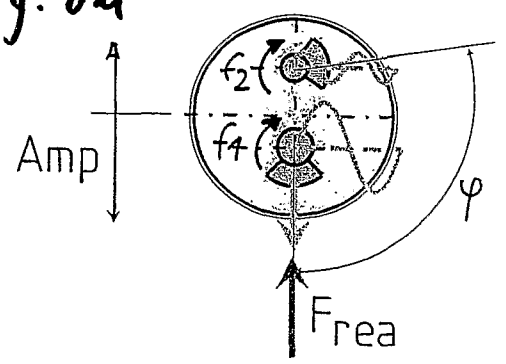


Fig. 8b

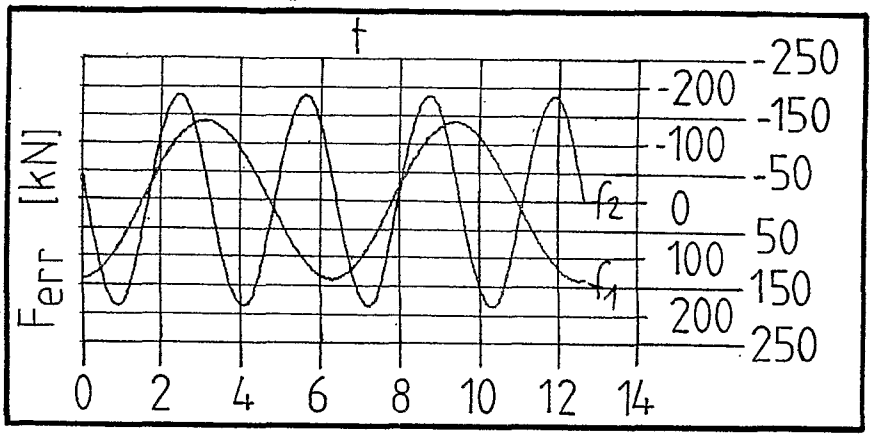


Fig. 8c

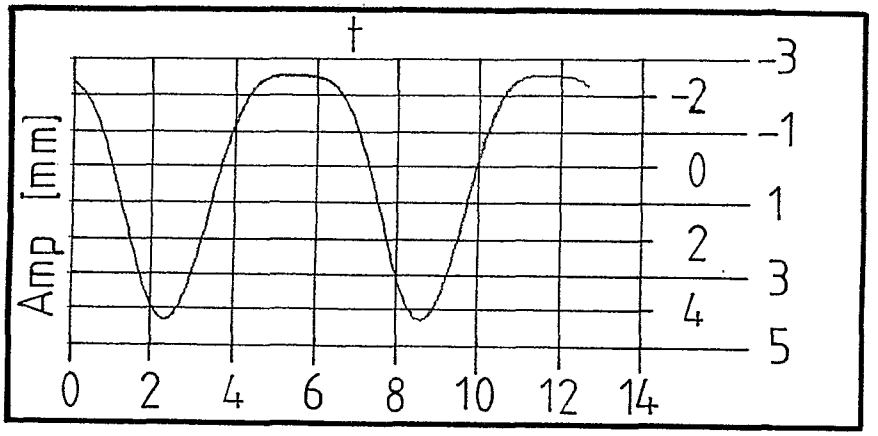


Fig. 8d

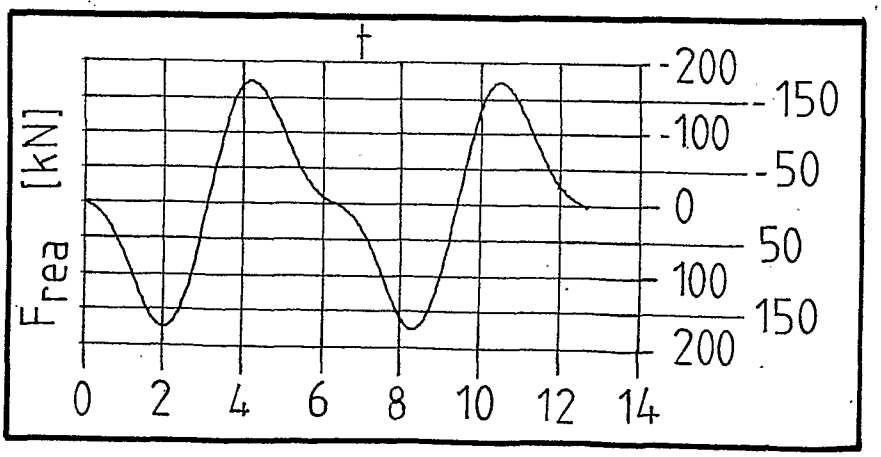


Fig. 9a

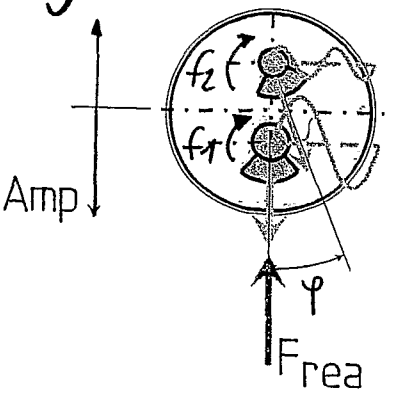


Fig. 9b

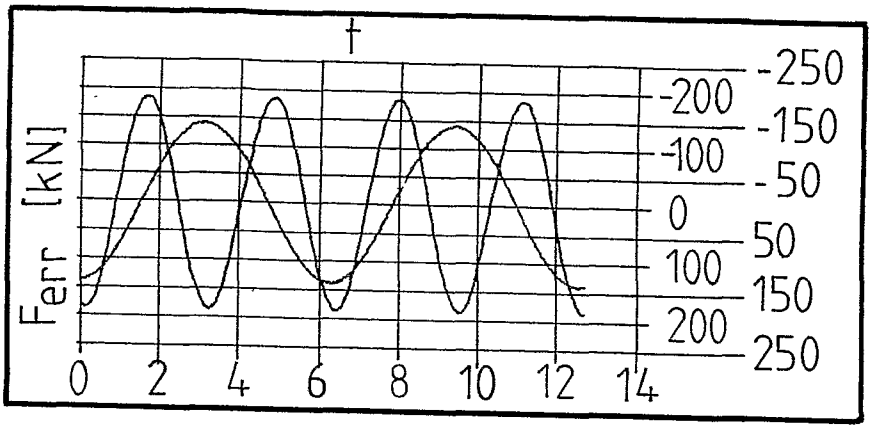


Fig. 9c

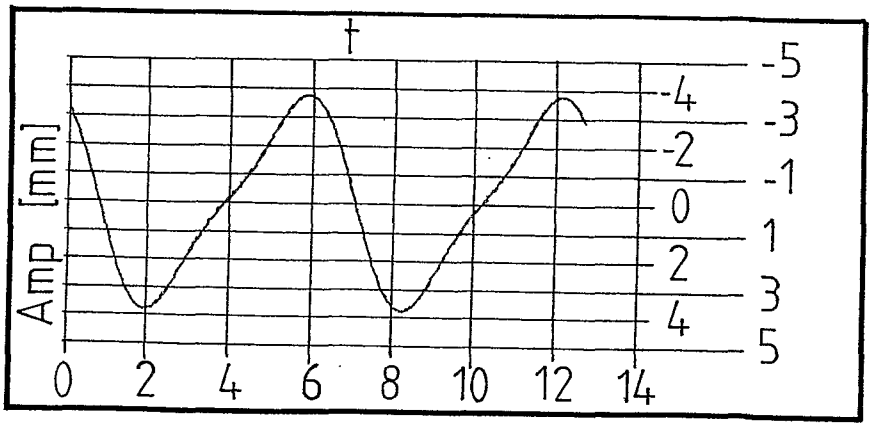


Fig. 9d

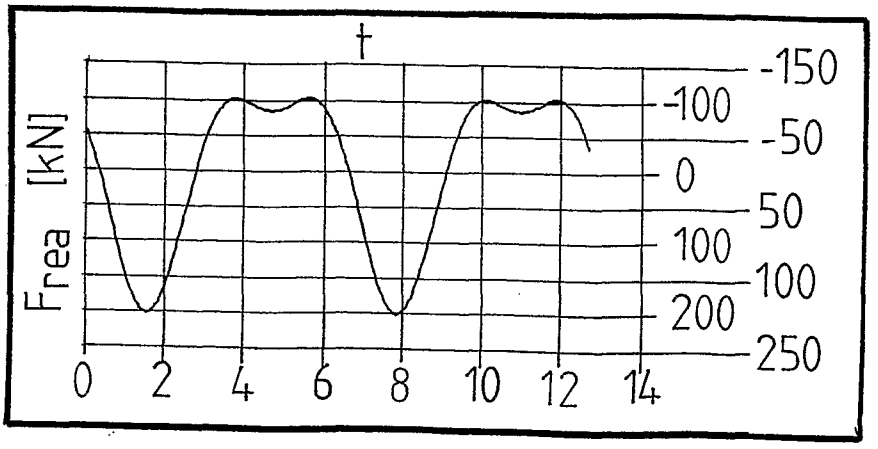


Fig. 10

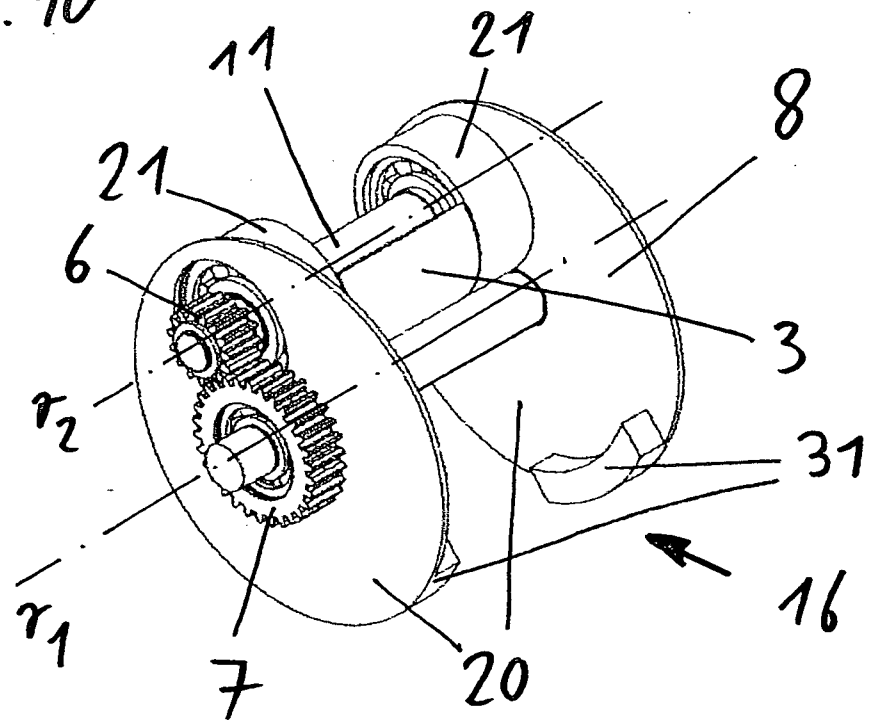


Fig. 11a

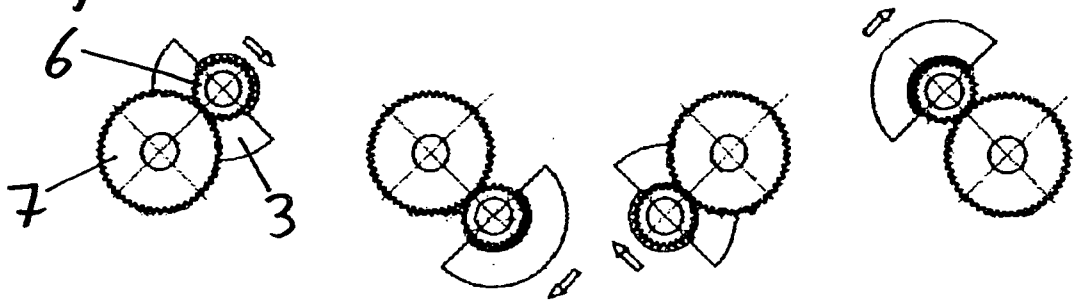


Fig. 11b

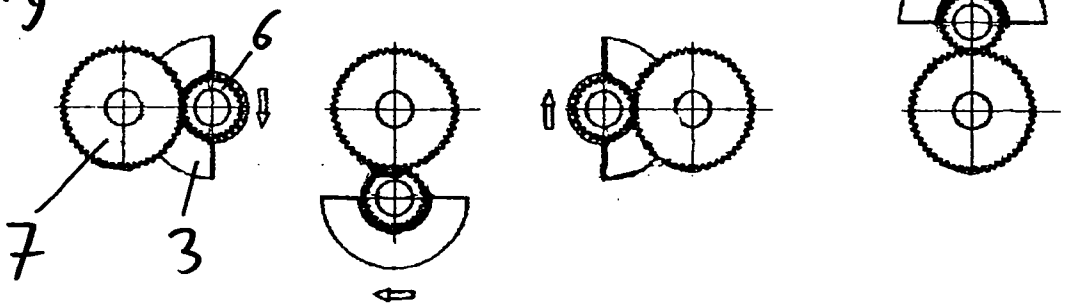
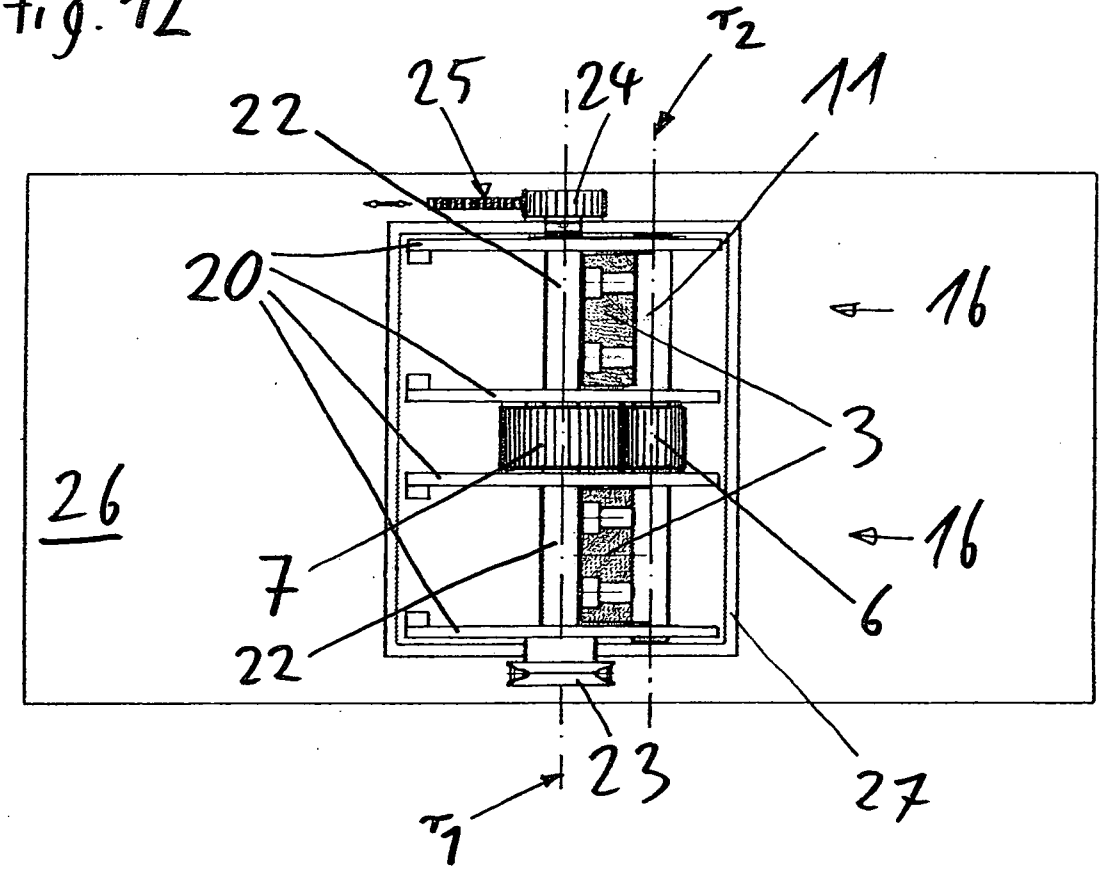


Fig. 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/CH2008/000360

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B06B1/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B06B E01C B65G B07B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SU 1 119 738 A1 (OD G PED I IM K D USHINSK0GO [SU]) 23 October 1984 (1984-10-23) abstract; figure	1,2,4,7
X	GB 1 439 455 A (SECRETARY INDUSTRY BRIT) 16 June 1976 (1976-06-16) page 2, line 35 - page 3, line 18; figures 1,2	1,3,4,7, 8
X Y A	EP 0 411 349 A (AMMANN DUOMAT VERDICHTUNG AG [CH] AMMANN VERDICHTUNG AG [CH]) 6 February 1991 (1991-02-06) column 4, line 28 - column 7, line 44 claim 1; figures 1-3	1-4,7-9, 16 10,11,14 17

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 Juni 2009	03/07/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Häusser, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/CH2008/000360

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2005 009095 A1 (INST FERTIGTEILTECHNIK UND FER [DE]) 31 August 2006 (2006-08-31) paragraphs [0001], [0016] - [0022]; figures 1,3	1,2,4,7, 8
X	US 2 309 172 A (DE KANSKI LEON M) 26 January 1943 (1943-01-26) page 2, left-hand column, line 65 - page 3, right-hand column, line 53; figures 1-4,1a,1b page 4, left-hand column, line 73 - right-hand column, line 75; figures 5-8	1,5,6
Y	EP 1 516 961 A (AMMANN AUFBEREITUNG AG [CH]) 23 March 2005 (2005-03-23)	10,11,14
A	paragraphs [0014], [0015], [0024], [0025]; claims 1-4,10	17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CH2008/000360

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International application No.
PCT/CH2008/000360

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-4, 7, 8

Unbalance exciter with additional frequency that is a whole-number multiple of the basic frequency.

---

2. Claims 5, 6

Unbalance exciter with an unbalance mass that carries out two superimposed rotational movements.

---

3. Claims 9-22

Machine with an unbalance exciter and tool coupled thereto.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/CH2008/000360

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
SU 1119738 A1	23-10-1984	NONE	
GB 1439455 A	16-06-1976	NONE	
EP 0411349 A	06-02-1991	AT 123319 T	15-06-1995
		DE 59009174 D1	06-07-1995
		EP 0411348 A1	06-02-1991
DE 102005009095 A1	31-08-2006	NONE	
US 2309172 A	26-01-1943	NONE	
EP 1516961 A	23-03-2005	WO 2005028755 A1	31-03-2005
		CN 1853017 A	25-10-2006
		EP 1673508 A1	28-06-2006
		US 2007276602 A1	29-11-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2008/000360

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B06B1/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B06B E01C B65G B07B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SU 1 119 738 A1 (OD G PED I IM K D USHINSKOGO [SU]) 23. Oktober 1984 (1984-10-23) Zusammenfassung; Abbildung	1,2,4,7
X	GB 1 439 455 A (SECRETARY INDUSTRY BRIT) 16. Juni 1976 (1976-06-16) Seite 2, Zeile 35 - Seite 3, Zeile 18; Abbildungen 1,2	1,3,4,7, 8
X	EP 0 411 349 A (AMMANN DUOMAT VERDICHTUNG AG [CH] AMMANN VERDICHTUNG AG [CH]) 6. Februar 1991 (1991-02-06)	1-4,7-9, 16
Y	Spalte 4, Zeile 28 - Spalte 7, Zeile 44	10,11,14
A	Anspruch 1; Abbildungen 1-3	17

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
22. Juni 2009	03/07/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Häusser, Thomas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2008/000360

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2005 009095 A1 (INST FERTIGTEILTECHNIK UND FER [DE]) 31. August 2006 (2006-08-31) Absätze [0001], [0016] - [0022]; Abbildungen 1,3	1,2,4,7, 8
X	US 2 309 172 A (DE KANSKI LEON M) 26. Januar 1943 (1943-01-26) Seite 2, linke Spalte, Zeile 65 - Seite 3, rechte Spalte, Zeile 53; Abbildungen 1-4,1a,1b Seite 4, linke Spalte, Zeile 73 - rechte Spalte, Zeile 75; Abbildungen 5-8	1,5,6
Y	EP 1 516 961 A (AMMANN AUFBEREITUNG AG [CH]) 23. März 2005 (2005-03-23)	10,11,14
A	Absätze [0014], [0015], [0024], [0025]; Ansprüche 1-4,10	17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2008/000360

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☒ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchengebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.

☐ Die zusätzlichen Recherchengebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.

☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN **PCT/ISA/** 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-4,7,8

   Unwuchterreger mit Zusatzfrequenz, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz ist.

   ---

2. Ansprüche: 5,6

   Unwuchterreger mit einer Unwuchtmasse, die zwei überlagerte Rotationsbewegungen vollführt.

   ---

3. Ansprüche: 9-22

   Maschine mit Unwuchterreger und damit gekoppeltem Werkzeug.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2008/000360

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
SU 1119738 A1	23-10-1984	KEINE	
GB 1439455 A	16-06-1976	KEINE	
EP 0411349 A	06-02-1991	AT 123319 T	15-06-1995
		DE 59009174 D1	06-07-1995
		EP 0411348 A1	06-02-1991
DE 102005009095 A1	31-08-2006	KEINE	
US 2309172 A	26-01-1943	KEINE	
EP 1516961 A	23-03-2005	WO 2005028755 A1	31-03-2005
		CN 1853017 A	25-10-2006
		EP 1673508 A1	28-06-2006
		US 2007276602 A1	29-11-2007