

12

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 80104120.3

51 Int. Cl.<sup>3</sup>: **E 02 D 3/046**

22 Anmeldetag: 15.07.80

30 Priorität: 17.07.79 DE 2928870

71 Anmelder: **Koehring GmbH - Bomag Division, Postfach 180, D-5407 Boppard (DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 11.02.81  
Patentblatt 81/6

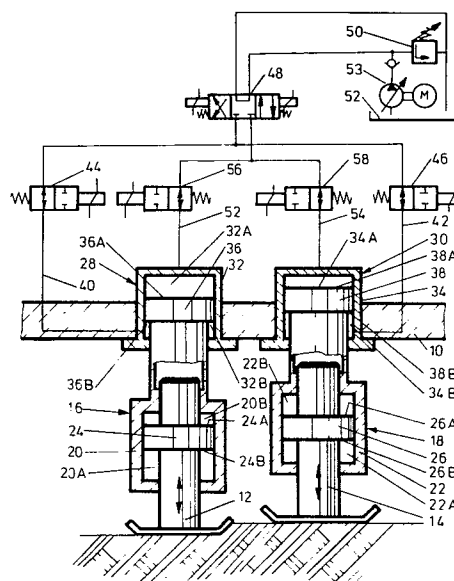
72 Erfinder: **Vural, Güleran, Tulpenstrasse 13, D-5401 Emmelshausen (DE)**  
Erfinder: **Carle, Udo, Schützenstrasse 53, D-5410 Höhr-Grenzhausen (DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH FR GB IT LI NL SE**

74 Vertreter: **Müller-Boré, Deufel, Schön, Hertel Patentanwälte, Postfach 86 07 20 Siebertstrasse 4, D-8000 München 86 (DE)**

54 **Massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem.**

57 Ein massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlag-system, wie eine Bodenverdichtungsmaschine für den Strassenbau oder Abbaumaschine für den Bergbau, umfasst mindestens ein Werkzeugpaar aus zwei Stampf- bzw. Schlagwerkzeugen, die mit einem gemeinsamen Werkzeugträger verbunden sind und im Gegentakt schwingen. Die bei solchen Systemen vorhandene Schwierigkeit der Übertragung von Kräften und Momenten auf den Werkzeugträger bzw. den Maschinenrahmen wird dadurch vermieden, dass jedes Stampf- bzw. Schlagwerkzeug einem Zweimassen-Schwingungserregersystem zugeordnet ist, dessen schwingende Massen im wesentlichen federungsfrei linear zwangsgeführt sind, und dass die Phasenbeziehung der schwingenden Massen so gewählt ist, dass die Resultierende aller Massenkräfte wenigstens angenähert zu Null wird.



- 1 -

Massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem

Die Erfindung betrifft ein massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem mit mindestens einem Werkzeugpaar aus zwei Stampf- bzw. Schlagwerkzeugen, die mit einem gemeinsamen Werkzeugträger verbunden sind und im Gegentakt  
5 schwingen.

Bei mit vibrierenden Werkzeugen ausgestatteten Maschinen, z.B. Bodenverdichtungsmaschinen für den Straßenbau, Abbaumaschinen für den Bergbau usw., tritt allgemein die Schwierigkeit auf, daß die schwingenden Massensysteme Vibrationen auf den Maschinenrahmen übertragen. Durch diese Vibrationen wird der Maschinenrahmen Belastungen ausgesetzt, die auf Dauer zu Materialermüdung und Schäden führen können. Es wurden daher bereits verschiedene Anstrengungen unternommen,  
15 um massenkompensierte Stampf- und/oder Schlagmaschinen zu schaffen. Bei den meisten bisherigen Vibrationsmaschinen sind die schwingenden Massen federnd aneinander gekoppelt, und das aus zwei schwingenden Massen bestehende System ist als solches wiederum federnd an einem Maschinenrahmen ange-  
20 koppelt. Derartige Lösungen sind grundsätzlich mit dem Mangel behaftet, daß die Kopplung der Feder-Massen-Systeme eine Anzahl störender Eigenfrequenzen beinhaltet. Im Falle, daß die Schwingungsfrequenz der Werkzeuge mit einer solchen Eigen-

frequenz zusammentrifft bzw. in deren Nähe gerät, so können infolge des Resonanzverhaltens des Systems unkontrollierbare Schwingbewegungen und Kräfte hervorge-  
rufen werden, wodurch ein Betrieb in diesen Bereichen  
5 vermieden werden muß. In der täglichen Praxis ist es jedoch erforderlich, die Schwingungsfrequenz der Werkzeuge an die jeweiligen vorherrschenden Verhältnisse anzupassen. z.B. an die Bodenbeschaffenheit, wenn Verdichtungs-  
10 Materialbeschaffenheit, wenn mit der Maschine Abtragungsarbeiten durchgeführt werden sollen.

Wenn eine Vielzahl von Werkzeugen mit einem gemeinsamen Werkzeugträger bzw. Maschinenrahmen zum Einsatz gelangen  
15 soll, so ist ein Massenausgleich bei federnd aneinander gekoppelten schwingenden Massen praktisch nicht zu beherrschen. Der Werkzeugträger kann dann unkontrollierbaren hohen Belastungen ausgesetzt werden.

20 Aufgabe der Erfindung ist es, ein massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem zu schaffen, mit dem ein optimaler Ausgleich der auf den Werkzeugträger bzw. Maschinenrahmen übertragenen Kräfte und Momente erreicht wird, insbesondere auch dann, wenn eine Vielzahl von Werk-  
25 zeugen an einem gemeinsamen Werkzeugträger vorgesehen ist.

Diese Aufgabe wird durch ein massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem der eingangs genannten Art gelöst, das gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet ist, daß  
30 jedes Stampf- bzw. Schlagwerkzeug einem Zweimassen-Schwingungserregersystem zugeordnet ist, dessen schwingende Massen im wesentlichen federungsfrei linear zwangsgeführt sind und daß die Phasenbeziehung der schwingenden Massen so gewählt ist, daß die Resultierende aller Massenkräfte wenigstens

angenähert zu Null wird.

Jedes Zweimassen-Schwingungserregersystem ist so abge-  
glichen, daß das Produkt aus Einzelmasse und zugehöriger  
5 Amplitude ihrer linearen Schwingungsbewegung gleich dem  
entsprechenden Produkt der Gegenseite ist, wobei die Werk-  
zeuge eines Werkzeugpaares jeweils im Gegentakt schwingen.  
Jedes einzelne Zweimassen-Schwingungserregersystem ist  
also in sich massenkompensiert. Hierbei besteht der phy-  
10 sikalische Zusammenhang, daß die Produkte aus jeweiliger  
Masse und zugehöriger Schwingwegamplitude, bezogen auf ei-  
nen raumfesten Gesamtsystems Schwerpunkt, stets gleich groß  
sind. Wollte man den Effekt der Selbstkompensierung der  
Massenkräfte eines Zweimassensystems voll nutzen, dann  
15 müßte man die Aufhängung im Systemschwerpunkt vornehmen.

Da dies in praktischer Ausgestaltung in den seltensten Fäl-  
len ausführbar sein wird, erfolgt die Lösung der Aufgaben-  
stellung solcherart, daß zur Massenkompensation mehrere  
20 gleiche Zweimassen-Schwingungserreger in besonderer Bezie-  
hung zueinander an einem gemeinsamen Maschinenrahmen ange-  
ordnet werden.

Das Werkzeug kann ein Bodenverdichtungswerkzeug oder ein  
25 Abtragungswerkzeug sein, während das Zweimassen-Schwingungs-  
erregersystem an dem gemeinsamen Werkzeugträger starr be-  
festigt oder federnd aufgehängt sein kann.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält  
30 jedes Schwingungserregersystem eine doppelt wirkende Kolben/  
Zylinder-Einrichtung mit einem Kolben, dessen beide Stirn-  
seiten vorzugsweise von einem Hydraulikfluid beaufschlagbar  
sind. Dieser Kolben treibt die eine schwingende Masse und  
der zugehörige Zylinder die andere schwingende Masse mit ei-

ner Linearbewegung an. Als Antrieb des Schwingungserreger-  
systems kann auch eine Anordnung mit zwei Exzentermassen  
vorgesehen sein, die jeweils um eine Achse gegenläufig zu-  
einander rotieren und parallel nebeneinander angeordnet sind,  
5 wodurch sie das sie umgebende Gehäuse mit angebautem Werk-  
zeug in lineare Schwingungen versetzen.

Die Aufhängung jedes einzelnen Zweimassen-Schwingungserreger-  
systems an dem gemeinsamen Werkzeugträger bzw. Maschinenrah-  
10 men kann starr, federnd oder auch über eine hydraulische  
oder pneumatische Hub- und Ausgleicheinrichtung mit einer  
Kolben/Zylinder-Anordnung erfolgen. Letztere Ausführungs-  
form ist besonders günstig, denn sie ermöglicht gleichzeitig  
eine Anpassung der Höhe jedes einzelnen Werkzeugs und die  
15 Kompensation der von einem Zweimassensystem auf den Werkzeug-  
träger übertragenen Kräfte durch ein zweites Zweimassensystem,  
welches mit dem erstgenannten System gepaart ist und zu die-  
sem in Gegenphase schwingt. Gemäß einer bevorzugten Ausfüh-  
rungsform sind hierzu die Kolben/Zylinder-Anordnungen dop-  
20 pelt wirkend ausgebildet, und die entsprechenden Zylinder-  
kammern sind miteinander verbunden. Die in Richtung des  
Werkzeugträgers wirksamen Kolbenbewegungen verursachen dann  
eine Verschiebung des Hydraulikfluids jeweils zur entspre-  
chenden Zylinderkammer des anderen Systems, so daß diese  
25 Kräfte von dem Werkzeugträger ferngehalten werden.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist die  
Paarung von drei Zweimassensystemen vorgesehen. Hierbei  
beträgt die Phasenverschiebung der Schwingamplituden unter-  
30 einander  $120^\circ$ , denn bei dieser Anordnung wird die Addition  
der Momentanwerte bei sinusförmiger Schwingbewegung gleich  
Null.

Wenn während des Betriebes eine Verdrehung der Werkzeuge  
35 unerwünscht ist, kann eine Verdrehsicherung vorgesehen  
werden, die gemäß einer Ausführungsform eine an dem Werk-

zeugträger befestigte Führungsstange und eine am Werkzeug befestigte, auf der Führungsstange gleitend montierte Buchse umfaßt.

5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist der Werkzeugträger als Bearbeitungskopf einer Verdichtungs- bzw. Abtragungsmaschine ausgebildet, auf dem die Werkzeugpaare z.B. achsensymmetrisch oder rotationssymmetrisch angeordnet sind, wobei die Werkzeuge selber in einer zur Senkrechten, auf der Ebene des Werkzeugträgers geneigten Richtung schwingen können. Hierbei können eine Anzahl Werkzeuge kreisförmig am Umfang des Bearbeitungskopfes angeordnet sein, während der Bearbeitungskopf selber drehbar ausgebildet sein kann.

15

Bei einer anderen Ausführungsform sind wenigstens zwei Werkzeugpaare an einem gemeinsamen fahrbaren Maschinenrahmen in einer geraden Reihe angeordnet, wobei die Werkzeugpaare in Fahrtrichtung hintereinander angeordnet, beispielsweise drei Werkzeugpaare vorgesehen sein können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Werkzeug walzenförmig, wobei eine Walzentrommel auf der einen schwingenden Masse des Schwingungserregersystems drehbar gelagert ist. Hierbei kann die Walzentrommel mit Werkzeugringen zur Materialabtragung versehen sein.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

30

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teils eines massenkompensierten Stampfsystems mit zwei im Längsschnitt gezeigten Stampfwerkzeugen und den zugehörigen Schwingungserregern und Aufhängungsvorrichtungen und mit einem zugeordneten hydraulischen Steuerungssystem;
- 5
- Fig. 2 eine teilweise im Schnitt gezeigte Seitenansicht eines Stampfwerkzeugs und einer zugeordneten Verdrehsicherung;
- 10
- Fig. 3 eine teilweise im Schnitt gezeigte schematische Darstellung von zwei Stampfwerkzeugen mit den zugehörigen Schwingungserregern und Aufhängungsvorrichtungen, wobei als Schwingungserreger jeweils eine Anordnung von Exzentermassen zur Anwendung gelangt;
- 15
- Fig. 4 eine schematische Perspektivansicht einer besonderen Ausführungsform, bei der sechs meißelförmige Abtragungswerkzeuge von einem gemeinsamen, kreisscheibenförmigen Werkzeugträger getragen werden;
- 20
- Fig. 5 eine schematische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform, bei der eine Reihe von Stampfwerkzeugen und zugehörigen Schwingungserregern sowie Aufhängungsvorrichtungen in Fahrtrichtung hintereinander an einem fahrbaren Maschinenrahmen einer Bodenverdichtungsmaschine angeordnet ist;
- 25
- 30 Fig. 6 eine Ausführungsform mit einem abrollenden Werkzeug im Schnitt längs der Achse des Werkzeugs;
- Fig. 7 eine Seitenansicht der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform;

Fig. 8 eine schematische, teilweise im Schnitt gezeigte Darstellung einer anderen Ausführungsform mit einem abrollenden Werkzeug;

5 Fig. 9 eine weitere Ausführungsform mit einem abrollenden Werkzeug;

Fig. 10 eine Ausführungsform mit abrollendem Werkzeug und federnder Aufhängung desselben am Maschinenrahmen;

10

Fig. 11 eine weitere Ausführungsform mit abrollendem Werkzeug und federnder Aufhängung desselben am Maschinenrahmen;

15 Fig. 12 eine weitere Ausführungsform, bei der zwei seitliche Führungssäulen vorgesehen sind; und

Fig. 13 eine Ausführungsform mit einem von einem fahrbaren Maschinenrahmen geschleppten Werkzeug.

20

Die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform des massenkompensierten Stampfsystems enthält einen als Maschinenrahmen 10 ausgebildeten Werkzeugträger, an dem eine Mehrzahl von Stampfwerkzeugen aufgehängt ist, von denen in Fig. 1 ein Werkzeugpaar  
25 12, 14 gezeigt ist. Jedem Werkzeug 12, 14 ist ein allgemein mit 16 bzw. 18 bezeichnetes Zweimassen-Schwingungserregersystem zugeordnet. Dieses besteht im wesentlichen aus einer doppelt wirkenden hydraulischen Kolben/Zylinder-Einrichtung mit einem Zylinder 20, 22 und einem Kolben 24, 26. Beide  
30 Stirnseiten 24A, 24B bzw. 26A, 26B des Kolbens 24 bzw. 26 sind von einem Hydraulikfluid beaufschlagbar. Durch geeignete Steuerung des Hydraulikfluids in die beiden zwischen dem Kolben und dem Zylinder gebildeten Zylinderkammern 20A, 20B bzw. 22A, 22B werden die beiden Kolben 24, 26 mit 180°



Phasenverschiebung linear angetrieben. Die Stampfwerkzeuge 12, 14 werden dadurch mit einer linearen Schwingbewegung angetrieben, die dazu ausgenutzt wird, um den darunter liegenden Boden zu verfestigen bzw. verdichten.

5

Die Aufhängung jedes Werkzeugs und des zugeordneten Schwingungserregers ist mittels einer hydraulischen Kolben/Zylinder-Anordnung 28 bzw. 30 verwirklicht. Jede Kolben/Zylinder-Anordnung 28, 30 enthält einen fest mit dem Maschinenrahmen 10 verbundenen Zylinder 32 bzw. 34 und einen gleitend darin eingepaßten Kolben 36 bzw. 38. Auch die beiden Kolben/Zylinder-Anordnungen 28, 30 sind doppelt wirkend; der Kolben 36 bzw. 38 weist also zwei Stirnflächen 36A,36B bzw. 38A,38b auf, die von dem Hydraulikfluid beaufschlagbar sind.

10

15

Die beiden dem Werkzeug zugewandten Zylinderkammern 32B, 34B sind über eine Leitung 40 bzw. 42 und ein elektromagnetisch betätigtes Absperrventil 44 bzw. 46 miteinander verbunden; sie sind ferner über ein Wegventil 48 mit drei

20

Stellungen sowie über ein einstellbares Druckbegrenzungsventil 50 mit einer Druckquelle 53 verbunden, die als Pumpe ausgebildet ist, die von einem Motor angetrieben wird. Die beiden anderen Zylinderkammern 32A, 34A sind über Leitungen 52 bzw. 54 und Absperrventile 56 bzw. 58 miteinander verbunden und ferner über das Wegventil 48 mit der Druckquelle

25

53 direkt verbindbar. In Fig. 1 ist die mittlere Stellung des Wegventils 48 gezeigt, in der die Zylinderkammern von der Druckquelle 53 abgesperrt sind, wobei jedoch ein interner Ausgleich der Zylinderkammern 32A, 34A bzw. 32B, 34B über die geöffneten Ventile 44, 46 bzw. 56, 58 möglich ist.

30

Diese Ausführungsform arbeitet folgendermaßen:

35

Die Werkzeuge 12, 14 werden von den zugeordneten Kolben/Zylinder-Einrichtungen 16, 18 im Gegentakt zwangsgesteuert, wobei die Reaktionskräfte auf die Kolben 36, 38 übertragen werden. Bei der in Fig. 1 gezeigten Stellung der Ventile 44,46

und 56, 58 wird durch die Gegentaktbewegung der Kolben 36, 38 das Hydraulikfluid zwischen den einander entsprechenden Zylinderkammern 32A, 34A und 32B, 34B hin- und hergeschoben. Die Reaktionskräfte werden also von dem einen Schwingungserregersystem jeweils auf dem Umweg über die Kolben/Zylinder-Anordnung 28, 34 und die zwischen den Zylindern vorhandenen Verbindungen auf das andere Werkzeug umgeleitet. Der Maschinenrahmen 10 ist daher optimal gegen die Einwirkung von Reaktionskräften geschützt.

10

Je nach Bodenbeschaffenheit und Art der durchzuführenden Arbeit kann das Hydrauliksystem zur Steuerung der Kolben/Zylinder-Anordnungen 28, 30 unterschiedlich gesteuert werden. Bei ausweichendem Untergrund wird den Zylinderkammern 32A, 34A ein definierter Druck zugeführt, während die Zylinderkammern 32B, 34B entlastet sind. Dadurch wird eine definierte Auflast bewirkt, unter der die Werkzeugmassen schwingen. Durch die konstant wirkende Auflast werden die Werkzeuge dem Boden nachgeführt. Wenn hingegen der Untergrund in einem definierten Abstand vom Maschinenrahmen verbleiben soll, so werden zunächst die Kolben 36, 38 durch geeignete Steuerung der verschiedenen Ventile auf das gewünschte Niveau gebracht, und dann wird das Wegventil 48 geschlossen, also in die in Fig. 1 mittlere Stellung gebracht. Dadurch wird die hydraulische Nachführung unterbunden, während jedoch weiterhin ein Ausgleich zwischen den entsprechenden Zylinderkammern über die geöffneten Ventile 44, 46, 56, 58 erfolgt. Die Ventile 44, 46, 56, 58 dienen vornehmlich der Positioniermöglichkeit einer einzelnen Kolben/Zylinder-Anordnung 28 bzw. 30, denn durch Schließen der Ventile 44 und 56 kann z.B. die Einheit 28 vom Positioniervorgang (durch Schalten des Wegeventils 48) ausgeschlossen werden. In dem Hydrauliksystem kann eine Überdrucksicherung vorgesehen sein, um plötzlich auftretende Kräfte unschädlich zu machen, z.B. bei plötzlichen starken Bodenunebenheiten.

Das Wegeventil 48 kann auch bei entsprechender Ansteuerung als Regelventil ausgebildet sein, um z.B. eine bestimmte Schwingungsmittel der Werkzeuge konstant zu halten, oder eine bestimmte Nachführtrate zu gewähren.

5

Die Schwingungserregersysteme sind vorzugsweise mit einer Verdrehsicherung ausgerüstet, wenn das Werkzeug nicht rotationssymmetrisch ist. Eine solche Verdrehsicherung ist in Fig. 2 gezeigt. Fig. 2 zeigt nur die wesentlichen Teile eines einzelnen Werkzeugs, des zugehörigen Schwingungserregers und des Maschinenrahmens. Am Zylinder 20 greift seitlich ein Stutzen 60 an, der mit einer Führungsbuchse 62 starr verbunden ist. Die Führungsbuchse 62 ist auf einem Schaft 64 gleitend gelagert, der an seinem oberen Ende mit dem Maschinenrahmen 10 starr verbunden ist und an seinem unteren Ende in einer am Werkzeug 12 starr befestigten Buchse 66 geführt ist. Zur Abdichtung gegen das Eindringen von Schmutz und dgl. dienen Faltenbälge 66, 68, die den freien Teil des Schaftes 64 umschließen. Als weitere Möglichkeit zur Verdrehsicherung ist links in Fig. 2 eine Ausführung mit schubelastischem Gummielement 17 dargestellt. Die Federsteife in Schwingungsrichtung wird hierbei gering gewählt, damit die Rückstellkräfte vernachlässigbar sind.

25

Fig. 3 zeigt ähnlich wie Fig. 1 zwei Stampfwerkzeuge 12, 14 mit den zugeordneten Schwingungserregern 16, 18 und Kolben/Zylinder-Anordnungen 28, 30 zur Aufhängung der Werkzeuge am Maschinenrahmen 10. Die Schwingungserreger sind jedoch im Unterschied zu der Ausführungsform nach Fig. 1 nicht als Linearantrieb, sondern als Exzenterantrieb ausgebildet. Jeder Schwingungserreger enthält zwei zueinander parallele Wellen 70, 72 bzw. 74, 76, auf denen jeweils eine Exzentermasse 78, 80 bzw. 82, 84 gelagert ist. Die Drehbewegungen der Exzentermassen sind miteinander synchronisiert und er-

35

folgen mit verschiedener Drehrichtung gegenläufig innerhalb eines Schwingungssystems. Ferner schwingen benachbarte Systeme ebenfalls mit  $180^\circ$  Phasenverschiebung. Die Synchronisation zwischen zwei benachbarten Schwingungserregern kann z.B. mittels eines Zahnriemens 86 o. dgl. erfolgen, der jeweils zwei benachbarte Wellen 72, 74 zweier benachbarter Schwingungserreger 16, 18 miteinander verbindet. Dadurch wird erreicht, daß die Werkzeuge 14, 12 im Gegentakt schwingen. Die Steuerung der Kolben/Zylinder-Anordnungen 28, 30 erfolgt in derselben Weise wie bei Fig. 1.

Bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform sind sechs Abtragungswerkzeuge 88 mit den zugeordneten Schwingungserregern 90 auf einem gemeinsamen, kreisscheibenförmig ausgebildeten Werkzeugträger 92 angeordnet, der auch als Schild bezeichnet wird. Dieser Werkzeugträger ist am Ende eines drehbaren Auslegerarmes 94 befestigt. Die Ausbildung der Schwingungserreger 90 entspricht derjenigen nach den Fig. 1 und 2 und braucht daher nicht weiter erläutert zu werden. Die Werkzeuge 88 sind meißelförmig und dienen zur Materialabtragung für den Tunnel- oder Schachtvortrieb im Bergbau. Die Werkzeuge und zugehörigen Schwingungserreger sind am Umfang des Werkzeugträgers 92 angeordnet, und zwar derart, daß ihre Achsen zur Achse des drehbaren Auslegerarmes 94 geneigt sind. Diese Neigung bewirkt eine Aufteilung der Schlagkraft  $F$  in eine Axialkomponente  $F_A$  und eine Radialkomponente  $F_R$ . Die Komponenten  $F_R$  unterstützen die Drehbewegung des Werkzeugträgers und bewirken somit ein gleichmäßiges Abtragen des Gesteins.

Da jedes Werkzeugpaar in sich massenkompensiert ist, greifen an dem Werkzeugträger 92 außer dem Drehmoment und der durch das unterschiedliche Abplatzen des Gesteins hervorgerufenen Störkräfte keine dynamischen freien Kräfte an.

Bei der in Fig. 5 gezeigten Ausbildungsform ist eine Reihe von Stampfwerkzeugen 96 mit den zugehörigen Schwingungserregern 98 in einer geraden Linie hintereinander an einem gemeinsamen fahrbaren Maschinenrahmen 100 aufgehängt. Es sind  
5 beispielsweise sechs Stampfwerkzeuge vorgesehen, die wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ausgebildet sind. Die schematische Darstellung zeigt die Werkzeuge in Fahrtrichtung hintereinander; es können natürlich auch mehrere Werkzeuge nebeneinander angeordnet sein. Es können jeweils zwei  
10 benachtbarte Werkzeuge und Schwingungserreger ein Paar bilden. Es kann jedoch auch eine paarweise Kopplung nicht benachbarter Werkzeuge vorgenommen werden. Auch hier kann eine Neigung der Werkzeugachsen zur Senkrechten vorgesehen werden, um z.B. die Fortbewegung zu unterstützen.

15

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform mit einem abrollenden, vibrierenden Werkzeug in Form eines Trommelmantels 102. Ein solcher Trommelmantel 102 mit glatter Oberfläche dient z.B. zur Verfestigung von Schüttgut. In Fig. 6 sind ferner gestrichelt Werkzeugringe 106, 108 gezeigt, die anstelle  
20 einer glatten Trommeloberfläche vorgesehen sein können und z.B. zur Abtragung von Gestein oder dgl. dienen. Der Trommelmantel 102 ist an zwei diametral einander gegenüberliegenden Stellen über Wälzlager 104 auf jeweils einem Joch  
25 110 gelagert, das mit einem Stirnende eines Kolbens 112 starr verbunden ist. Der Kolben 112 ist gleitend in einen Zylinder 114 eingepaßt, der im Inneren einer Achse 116 in radialer Richtung gebildet ist. Die Achse 116 ist in einem am Maschinenrahmen 118 befestigten Gestell 120 drehbeweglich  
30 gelagert. Wie die Seitenansicht dieser Ausführungsform in Fig. 7 zeigt, ist auf einem Ende der Achse 116 eine Kurbel 122 festgeschlossen, an der eine Kolbenstange 124 angelenkt ist. Diese Kolbenstange 124 ist mit dem Kolben 126 eines doppelt wirkenden Verstellzylinders 128 verbunden, der an  
35 einer Halterung 130 angelenkt ist, die starr mit dem Maschinenraum 118 verbunden ist. Mittels des Verstellzylinders

128 kann die Achse 116 um einen Winkel  $2\alpha$  verschwenkt  
werden. Dabei wird folglich die Schwingrichtung des  
Kolbens 112 mit verschwenkt, so daß sie gegenüber der  
Senkrechten einen Winkel  $\alpha$  bildet. Auf diese Weise wird  
5 aus der Schlagkraft eine Vortriebskomponente gewonnen.

Bei dieser Ausführungsform ist die eine Masse des Schwin-  
gungssystems, nämlich die Achse 116 und der Zylinder 114,  
starr am Maschinenrahmen 118 gelagert. Es werden daher die  
10 vollen Reaktionskräfte der Schwingbewegung des Kolbens 112  
und der davon angetriebenen Teile auf den Maschinenrahmen  
118 übertragen. Es sind daher mindestens zwei derartige  
Werkzeuge an demselben Maschinenrahmen 118 vorgesehen, die  
mit  $180^\circ$  Phasenverschiebung schwingen. Der Maschinenrahmen  
15 118 verarbeitet dann die Reaktionskräfte als innere Kräfte,  
so daß keine äußeren Kräfte entstehen. Gemäß einer bevor-  
zugten Ausführungsform werden die verbleibenden Momente,  
die die Tendenz haben, den Maschinenrahmen 118 zu verschwen-  
ken, dadurch ausgeschaltet, daß ein weiteres Werkzeugpaar  
20 an demselben Maschinenrahmen 118 angeordnet wird, wobei die  
Anordnung der Werkzeugpaare spiegelbildlich erfolgt. Um das  
von einem Werkzeugpaar verursachte Moment möglichst klein  
zu halten, werden die Werkzeuge eines Paares vorzugsweise  
dicht nebeneinander bzw. hintereinander am Maschinenrahmen  
25 118 angeordnet. Es können dann von einem Verstellzylinder  
128 gleichzeitig zwei Achsen 116 eines Werkzeugpaares ver-  
schwenkt werden. Zu diesem Zweck können die beiden Kurbeln  
122 durch eine Schubstange gekoppelt bzw. können die bei-  
den Achsen langgekuppelt und mit einer gemeinsamen Kurbel  
30 geschwenkt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden mehrere Werk-  
zeugpaare auf dem Vortriebsschild einer Tunnel-Vortriebsma-  
schine o. dgl. angeordnet, ähnlich wie bei der Ausführungs-  
35 form nach Fig. 4.

Auch bei der in den Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsform ist eine Verdrehsicherung vorgesehen, die durch eine die beiden Joche 110 verbindende Stange 132 verwirklicht ist, welche in einer zylindrischen Bohrung 134 der Achse 116  
5 gleitend gelagert ist. Zum Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern sind Dichtelemente 136 vorgesehen, die das abrollende Werkzeug stirnseitig verschließen.

Zur Speisung des Zylinders 114 sind Hydraulikleitungen 138,  
10 140 in Form von axialen Bohrungen durch die Achse 116 hindurchgeführt.

Bei den in den Fig. 8 und 9 gezeigten Ausführungsformen sind ebenfalls abrollende Werkzeuge vorgesehen. Bei der  
15 Ausführungsform nach Fig. 8 ist ein walzenförmiges Werkzeug 142, das mit Werkzeugringen 144 versehen sein kann, drehbar über Gleit- oder Wälzlager 146 auf einer Achse 148 gelagert. Die Achse 148 ist starr in einer gabelförmigen Halterung 150 gelagert. Die Halterung 150 ist starr mit  
20 dem Kolben 152 eines doppelt wirkenden Hydraulikzylinders 154 verbunden, der den Linearantrieb des Werkzeugs darstellt. Der Zylinder 154 ist starr mit dem Werkzeugträger 156 verbunden. Zur Verdrehsicherung ist ein Joch 158 mit dem Kolben 152 starr verbunden und weist an seinen gegen-  
25 überliegenden Enden zum Werkzeugträger 156 hin gerichtete Führungsbolzen 160 auf, die in Buchsen 162 gleitend geführt sind, die am Werkzeugträger 156 befestigt sind. Diese Verdrehsicherung kann entfallen, wenn ein rotationssymmetrisches Werkzeug verwendet wird. Als weitere Verdrehsicherung  
30 ist die Anordnung schubelastischer Gummielemente zwischen dem Rahmen 156 und dem Joch 158 ähnlich der Ausführungsform gemäß Fig. 2 denkbar.

Die Ausführungsform nach Fig. 9 unterscheidet sich von derjenigen nach Fig. 8 dadurch, daß zwei abrollende Werkzeuge 164 vorgesehen sind, die auf den äußeren Enden einer Achswelle 166 drehbar gelagert sind, die in ihrem mittleren Bereich von einer stangenförmigen Halterung 168 getragen wird.

Bei den beiden Ausführungsformen nach Fig. 8 und Fig. 9 werden wie bei der Ausführungsform nach den Fig. 6 und 7 Reaktionskräfte auf den Maschinenrahmen 156 übertragen. Daher werden immer mindestens zwei Werkzeuge gepaart und mit 180° Phasenverschiebung am Werkzeugträger 156 angeordnet. Zur Beseitigung der restlichen Momente sind vorzugsweise zwei Werkzeugpaare mit spiegelbildlicher Anordnung vorgesehen.

Eine starre Aufhängung des Schwingungserregersystems am Maschinenrahmen hat den Vorteil, daß der gesamte Kolbenhub für die Werkzeugbewegung zur Verfügung steht. Für zahlreiche Anwendung ist jedoch eine elastische Aufhängung des Schwingungserregers und des davon angetriebenen Werkzeugs am Maschinenrahmen vorteilhaft. Entsprechende Ausführungsformen sind in den Fig. 10 und 11 dargestellt. Die Ausführungsform nach Fig. 10 gleicht derjenigen nach Fig. 6, so daß nur die gegenüber Fig. 6 unterschiedlichen Merkmale erläutert werden. Das Joch 110 ist auf beiden Stirnseiten mit einer ringförmigen Aufhängplatte 168 verbunden, an deren Stirnseite eine ebenfalls ringförmige Befestigungsplatte 170 befestigt ist. Eine entsprechende Befestigungsplatte 172 ist parallel dazu mit dem Maschinenrahmen 174 verbunden. Zwischen den Befestigungsplatten 170, 172 befindet sich ein einvulkanisiertes, ringförmiges, elastisches Aufhängungselement 176, durch welches das Werkzeug mit dem zugehörigen Schwingungserreger am Maschinenrahmen aufgehängt ist. Durch das ringförmige Aufhängungselement 176 wird gleichzeitig das Innere des Werkzeuges nach außen



verschlossen und somit vor dem Eindringen von Verunreinigungen bewahrt. Allgemein sind abrollende Verdichtungswerkzeuge bei Verdichtungsmaschinen für den Erd- und Straßenbau mit rotierenden Unwuchten zur Schwingungserzeugung versehen. Diese Unwuchten verursachen eine sogenannte ungerichtete Schwingbewegung des zylinderförmigen Werkzeugs, d.h., die Schwingwegamplitude ist umlaufend um ein Zentrum. Das bedeutet, daß die Vibrationsbewegung nicht nur senkrecht zu der zu verdichtenden Oberfläche verläuft, sondern auch parallel dazu, d.h. in Fahrtrichtung der Maschine. Da die Verdichtungswerkzeuge solcher Maschinen meist auch Antriebs- und Lenkfunktionen erfüllen müssen, wirken sich die horizontalen Komponenten der Schwingbewegung ungünstig auf die Aufhängung im Maschinenrahmen aus. Die elastischen Elemente zur Aufhängung sollen einerseits möglichst geringe Federsteife aufweisen, damit der Maschinenrahmen weitgehend vor dynamischen Rüttelkräften verschont bleibt. Andererseits erfordert die Antriebs- und Lenkfunktion des abrollenden Werkzeuges jedoch in horizontaler Richtung eine relativ harte Federung, damit Instabilitäten im Traktions- und Kurvenfahrverhalten verhindert werden, was aber wiederum eine höhere Erschütterungsbelastung des Maschinenrahmens und damit des gesamten Gerätes einschließlich des Bedieners zur Folge hat.

Die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe - d.h. weitgehendes Freihalten des Maschinenrahmens von dynamischen Kräften aus der Werkzeugbewegung - wird bei den Ausführungen nach Fig. 10 und 11 dadurch erreicht, daß das verwendete Zweimassen-Linearerregersystem Schwingungen nur in einer Richtung erzeugt. Dadurch kann die Federsteife der Aufhängungselemente 176 in den Hauptachsen unterschiedlich ausgebildet werden. So wird z.B. in Richtung der Schwingung eine relativ geringe, in Richtung senkrecht zur Schwingung jedoch eine relativ große Federsteife vorgesehen, und damit werden die beschriebenen Nachteile vermieden.

Die Ausführungsform nach Fig. 11 unterscheidet sich im wesentlichen von derjenigen nach Fig. 10 dadurch, daß der Schwingungserreger des Werkzeugs drehbar am Maschinenrahmen gelagert ist. Die beiden äußeren Befestigungsplatten 172  
5 sind mit einem Flansch 178 einer Lagerungsnabe 180 verbunden, die auf Wälzlagern 182 in einer zylindrischen Bohrung des Maschinenrahmens 174 gelagert ist.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 11 ist die Verdrehsicherung 10 132, 134 der Ausführungen nach Fig. 6 und 10 der Einfachheit halber nicht dargestellt, jedoch vorzugsweise ebenfalls vorhanden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 11 kann die Schwingrichtung 15 des Werkzeuges dadurch eingestellt werden, daß die Achse 116 verschwenkt wird, wobei zur Verschwenkung ein ähnlicher Steuermechanismus wie bei der Ausführungsform nach den Fig. 6 und 7 vorgesehen sein kann, der an einer der Lagerungsnaben 180 angreift.

20 Bei der Ausführungsform nach Fig. 12 sind statt einer elastischen Aufhängung am Maschinenrahmen zwei seitliche Führungssäulen 184, 186 vorgesehen. In einem Zylinder 114, der gleichzeitig als Obermasse dient, ist ein Kolben 112 mit  
25 Werkzeugfuß 188 gelagert, der die Untermasse bildet. Die Zylinderräume 114A, 114B werden abwechselnd beaufschlagt, und beide Massen schwingen nach dem Gesetz der Erhaltung des Systemschwerpunktes gegeneinander, wobei die relativ schwerere Obermasse die geringere Schwingamplitude aus-  
30 führt. In der gezeigten Mittelstellung eines Wegeventils 190, welches von einer Druckquelle 192 gespeist wird, sind die Kammern 184A, 184B bzw. 186A, 186B der beiden Führungszylinder 184, 186 miteinander verbunden, so daß die Obermasse frei gegenüber dem Maschinenrahmen 194 ohne Erzeugung von  
35 Abstützkräften schwingen kann. Die Führungszylinder 184, 186 sind mit ihren Mänteln am Maschinenrahmen 194 und mit ihren

Kolbenstangen an der Obermasse befestigt. Zwischen  
Obermasse und Werkzeugfuß 188 kann eine Verdrehsicherung  
nach Fig. 2 angeordnet sein. Je nach Schaltstellung des  
Ventils 190 kann die ganze Einheit gehoben oder gesenkt  
5 werden, bzw. bei Verwendung des Ventils 190 als Regel-  
ventil kann eine bestimmte Auflast oder Nachführtrate vor-  
gegeben werden (s.S. 10!).

In Fig. 13 ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der ein  
10 Stampfsystem aus einem Zylinder 196 und Kolben 198 mit da-  
ran befestigtem Stampfwerkzeug 200 über zwei Längslenker  
202, 204 an einem Maschinenrahmen 206 angelenkt ist. Der  
Anlenkpunkt 208 des Längslenkers 202 am Maschinenrahmen  
206 liegt fest, während der Längslenker 204 am Maschinen-  
15 rahmen über eine horizontal verschiebbare Lagerung 210  
angelenkt ist, die mittels eines Verstellzylinders 212  
verschoben bzw. blockiert werden kann. Dadurch kann die  
Werkzeugachse je nach Bedarf zum Boden hin geneigt werden.

20 Bei einer Weiterbildung der in Fig. 13 dargestellten Aus-  
führungsform ist der Verstellzylinder 212 periodisch antreib-  
bar, wobei die Frequenz einstellbar ist und zwar derart,  
daß der Werkzeugbewegung eine horizontale Komponente über-  
lagert ist, die die Relativbewegung eines fahrbaren Werk-  
25 zeugträgers zum Boden im Kontaktbereich zwischen Werkzeug  
und Boden ausgleicht. Hierdurch wird erreicht, daß im  
Augenblick des Auftreffens des Werkzeuges auf den Boden  
das Werkzeug nur eine vertikale Komponente in seiner Be-  
wegung relativ zum Boden aufweist und somit die Oberfläche  
30 des bearbeiteten Bodens in horizontaler Richtung nicht  
beansprucht wird. Somit ist selbst bei sehr schubempfind-  
lichen Oberflächen gewährleistet, daß bei der Verdichtung  
keine Risse aufgrund von horizontalen Bewegungskomponenten  
der Werkzeuge entstehen können.

Patentansprüche

1. Massenkompensiertes Stampf- und/oder Schlagsystem mit mindestens einem Werkzeugpaar aus zwei Stampf- bzw. Schlagwerkzeugen, die mit einem gemeinsamen Werkzeugträger verbunden sind, dadurch g e k e n n -  
5 z e i c h n e t , daß jedes Stampf- bzw. Schlagwerk-  
zeug (12, 14, 88, 96, 102) einem Zweimassen-Schwin-  
gungserregersystem (16, 18, 90, 98) zugeordnet ist,  
dessen schwingende Massen im wesentlichen federungs-  
10 frei linear zwangsgeführt sind, und daß die Phasenbe-  
ziehung der schwingenden Massen so gewählt ist, daß  
die Resultierende aller Massenkräfte wenigstens an-  
genähert zu Null wird.
  
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
15 mehrere Zweimassen-Schwingungserregersysteme (16, 18,  
90, 98) je einen Werkzeugsatz bilden, die an einem  
gemeinsamen Werkzeugträger befestigt sind, wobei die  
Zweimassen-Schwingungserregersysteme mit jeweils sol-  
cher Phasenverschiebung zueinander schwingen, daß die  
20 Addition der Momentanwerte der dynamischen Kräfte über  
eine Periode von 360° zu Null wird.
  
3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß jedes Zweimassen-Schwingungserregersystem (16, 18,  
25 90) über eine doppelt wirkende Hydraulik-Kolben/Zylinder-  
Einrichtung (28, 30) mit dem gemeinsamen Werkzeugträger  
(10, 92), und zwar der Zylinder (32, 34) starr mit dem  
gemeinsamen Werkzeugträger (10), und der Kolben (36, 38)  
starr mit dem Zweimassen-Schwingungserregersystem (16, 18),  
30 verbunden ist.

4. System nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß zwischen einander entsprechenden Zylinderkam-  
mern (32A, 34A; 32B, 34B) der doppelt wirkenden  
Kolben/Zylinder-Einrichtungen (28, 30) eines Werk-  
zeugpaares Verbindungsleitungen (40, 42; 52, 54)  
angeordnet sind, in die Absperrventile (44, 46,  
56, 58) eingeschaltet sind, und daß die Verbindungs-  
leitungen (40, 42; 52, 54) über ein Wegeventil (48)  
mit der Druckquelle bzw. der Rücklaufleitung verbind-  
bar sind.
5. System nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß jedes Zweimassen-Schwingungserregersystem  
als Antrieb eine doppelt wirkende Hydraulik-Kolben/Zy-  
linder-Einrichtung (16, 18, 114, 112) enthält.
6. System nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeich-  
net, daß die Werkzeuge (88, 102) in einer zur Senkrech-  
ten auf der Ebene des Werkzeugträgers geneigten Richtung  
schwingen.
7. System nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeich-  
net, daß der Werkzeugträger als Bearbeitungskopf (92) ei-  
ner Verdichtungs- bzw. Abtragungsmaschine ausgebildet ist,  
auf dem die Werkzeugsätze solcherart angeordnet sind, daß  
die Addition der Momentanwerte der dynamischen Kräfte  
und Momente in Bezug auf die Rotationsachse annähernd zu  
Null wird.
8. System nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeich-  
net, daß wenigstens zwei Werkzeugpaare (96) an einem ge-  
meinsamen fahrbaren Maschinenrahmen (100) in einer gera-  
den Reihe angeordnet sind.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug walzenförmig ist, mit einer Walzentrommel (102), die auf der einen schwingenden Masse (112, 110) des Schwingungserregersystems drehbar gelagert ist, und mit einer Achse (116), die eine zylindrische Bohrung (114) aufweist, in der ein auf beiden Stirnseiten durch ein Fluid beaufschlagbarer Kolben (112) gleitend eingepaßt ist, wobei die Achse (116) am Maschinenrahmen (120) starr gelagert ist.
10. System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse (116) derart schwenkbar ist, daß der Kolben (112) in einer zur Senkrechten auf der Ebene des Werkzeugträgers (118) geneigten Richtung schwingt.
11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein abrollendes Werkzeug vorgesehen ist, das auf einer Achse (148) drehbar gelagert ist, welche in einer gabelförmigen Halterung (150) gehalten und zusammen mit dem Kolben (152) einer Kolben/Zylinder-Einrichtung (152, 154) die eine schwingende Masse des Erregersystems darstellt.
12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwei walzenförmige bzw. ablaufende Werkzeuge (164, 165) im Abstand voneinander auf einer gemeinsamen Achse (166) drehbar gelagert sind und daß die Achse (166) durch eine zwischen den Werkzeugen angreifende faustförmige Halterung (168) starr mit dem Kolben (152) verbunden ist.
13. System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die eine schwingende Masse des Zweimassen-Schwingungserregersystems, die mit dem Kolben (112) starr verbunden ist, federnd an dem Werkzeugträger (174) aufgehängt ist.

14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,  
daß die federnde Aufhängung durch ein hohlzylinderförmiges, elastisches Aufhängungselement (176) verwirklicht ist, das mit seiner einen ringförmigen  
5 Stirnfläche an der einen schwingenden Masse (112) konzentrisch zu der Achse (116) und mit seiner anderen Stirnfläche am Werkzeugträger (174) angreift.
15. System nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 5-8, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Zweimassen-Schwingungserregersystem über wenigstens jeweils einen  
10 Längslenker (204) mit dem gemeinsamen Werkzeugträger (206) verbunden ist.
- 15 16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Zweimassen-Schwingungserregersystem mittels einer am Längslenker angreifenden pneumatischen oder hydraulischen Kolben/Zylinder-Einrichtung (212) mit  
20 seiner Arbeitsachse gegenüber der Lotrechten verschwenkbar ist.
17. System nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolben/Zylinder-Einrichtung periodisch antreibbar ist, derart, daß der Werkzeugbewegung eine horizontale  
25 Komponente überlagert ist, die die Relativbewegung eines fahrbaren Werkzeugträgers zum Boden im Kontaktbereich zwischen Werkzeug und Boden ausgleicht.

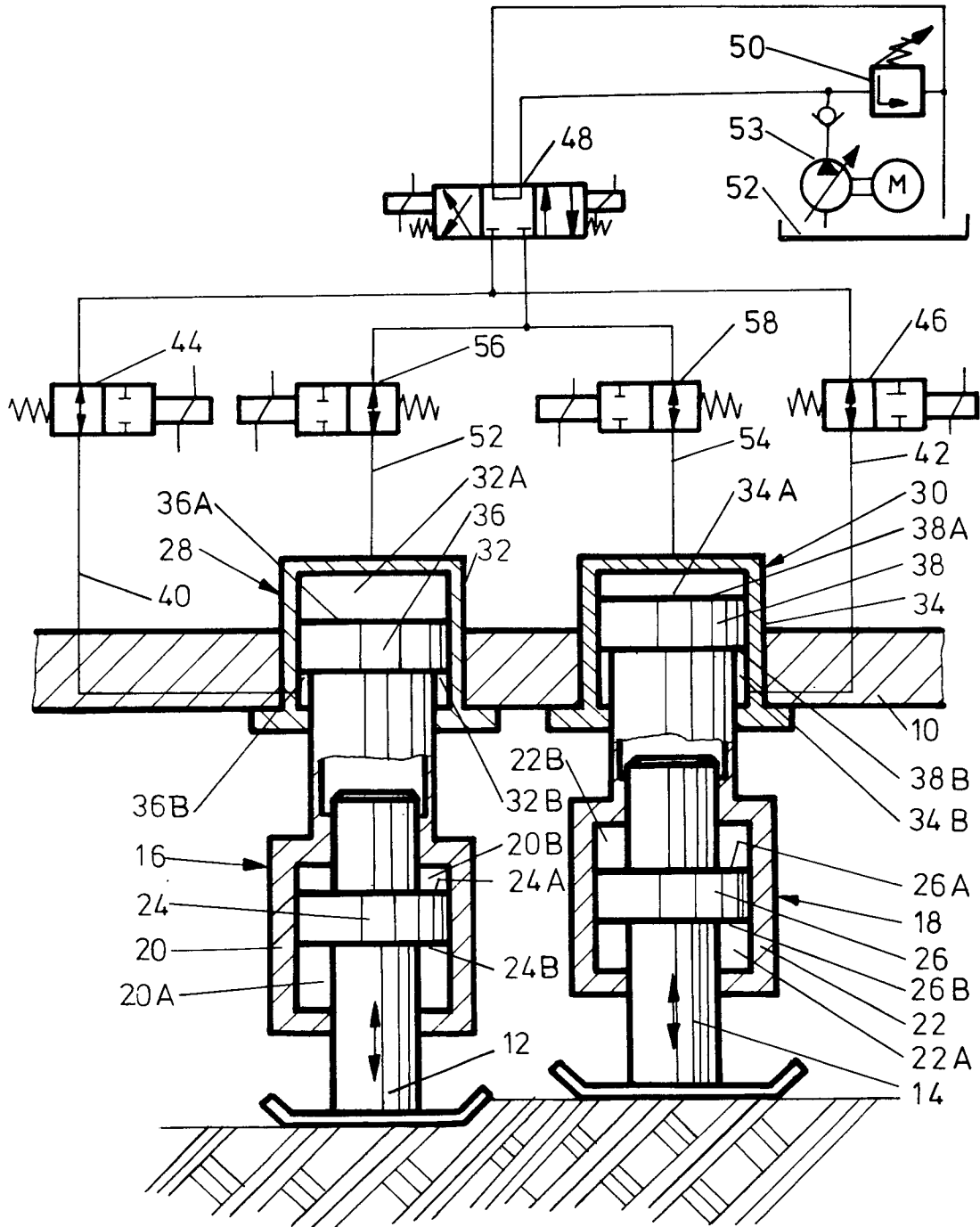


Fig.1



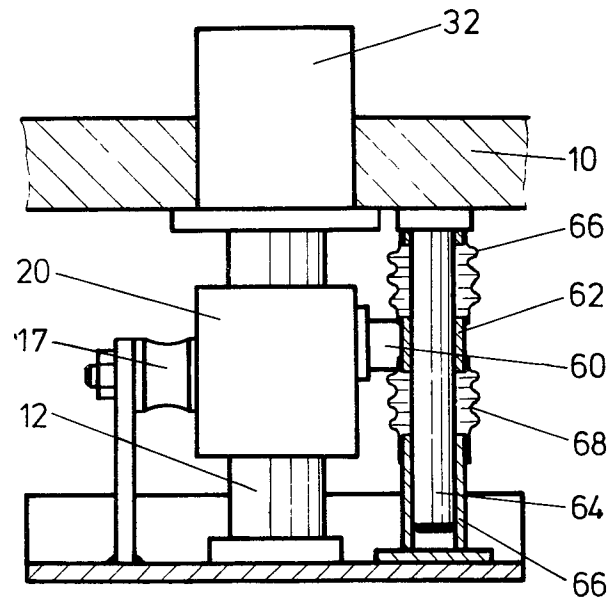


Fig. 2

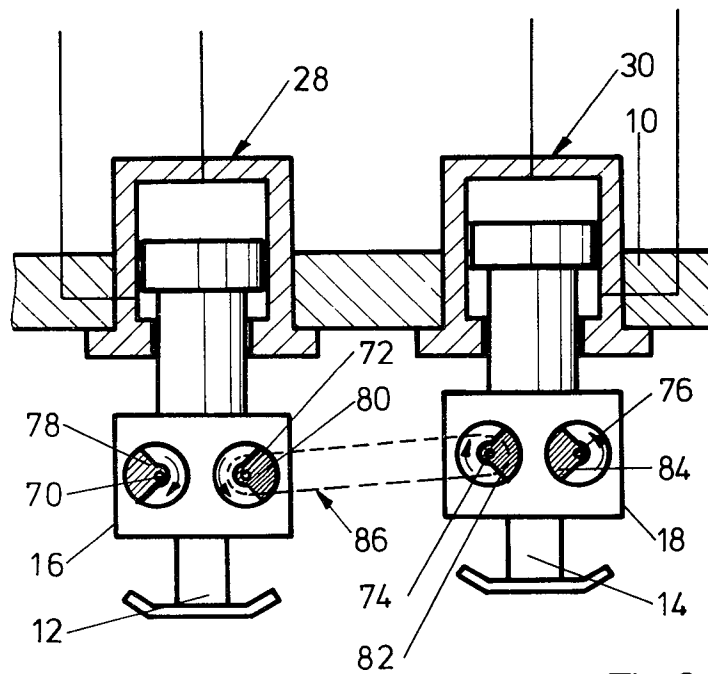


Fig. 3

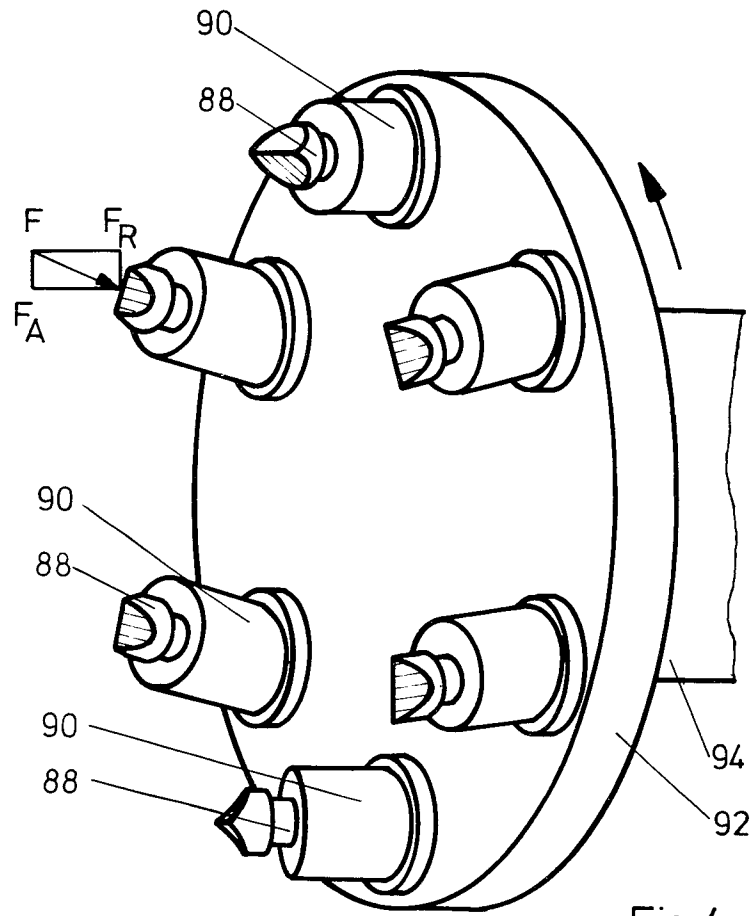


Fig.4

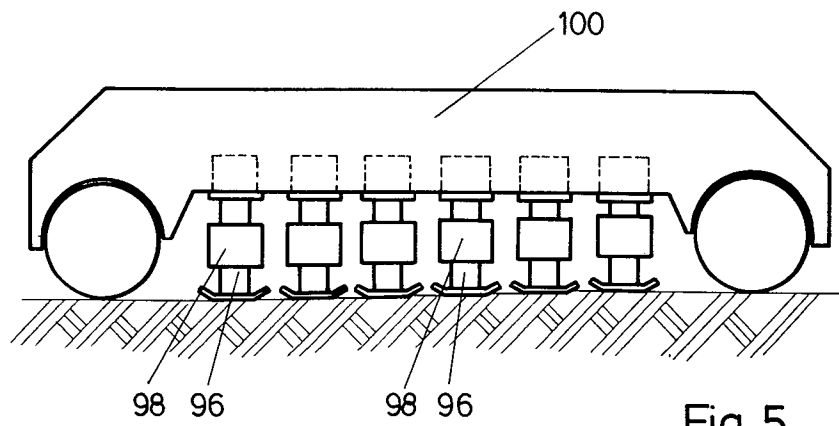


Fig. 5

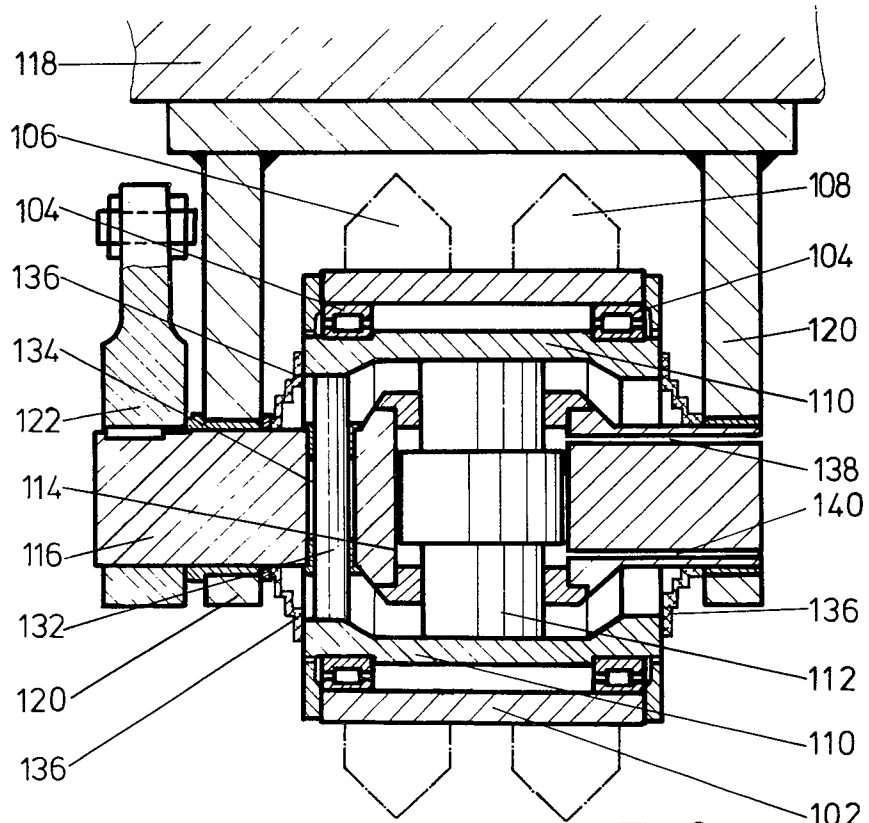


Fig.6

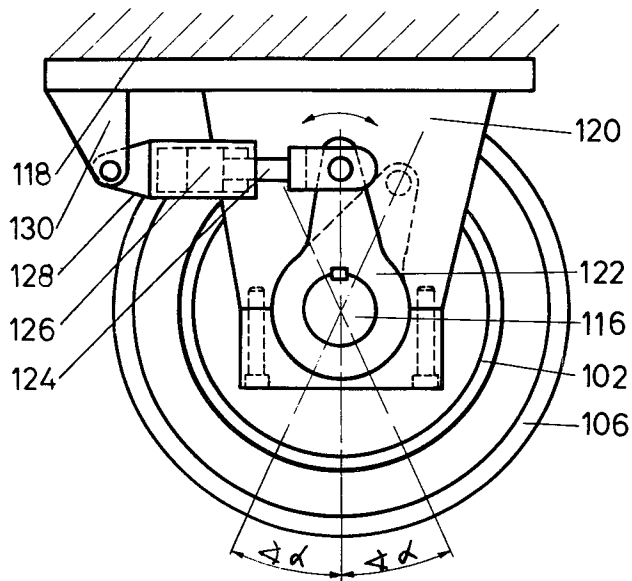


Fig.7

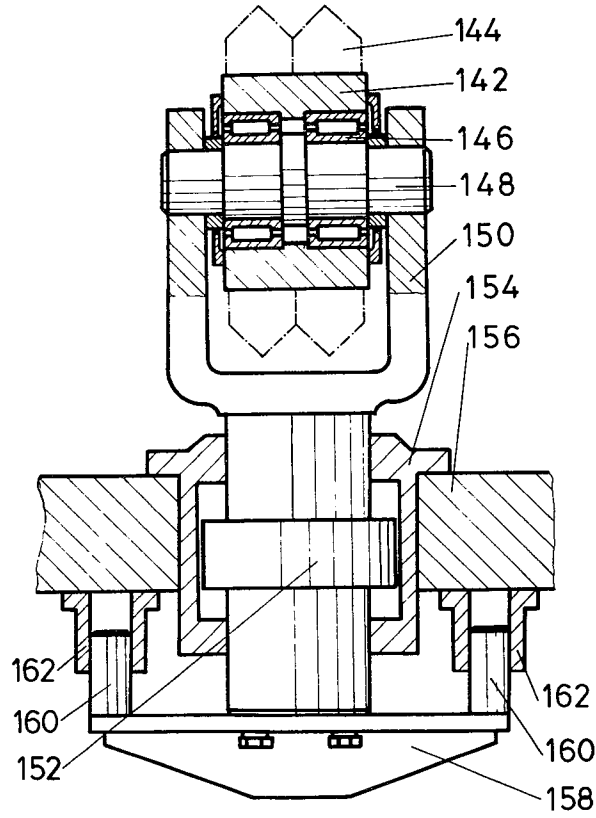


Fig.8

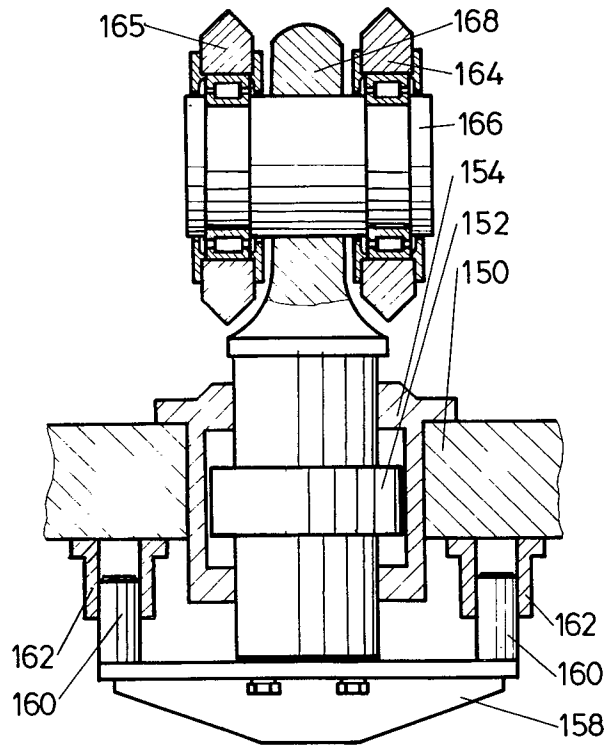


Fig.9

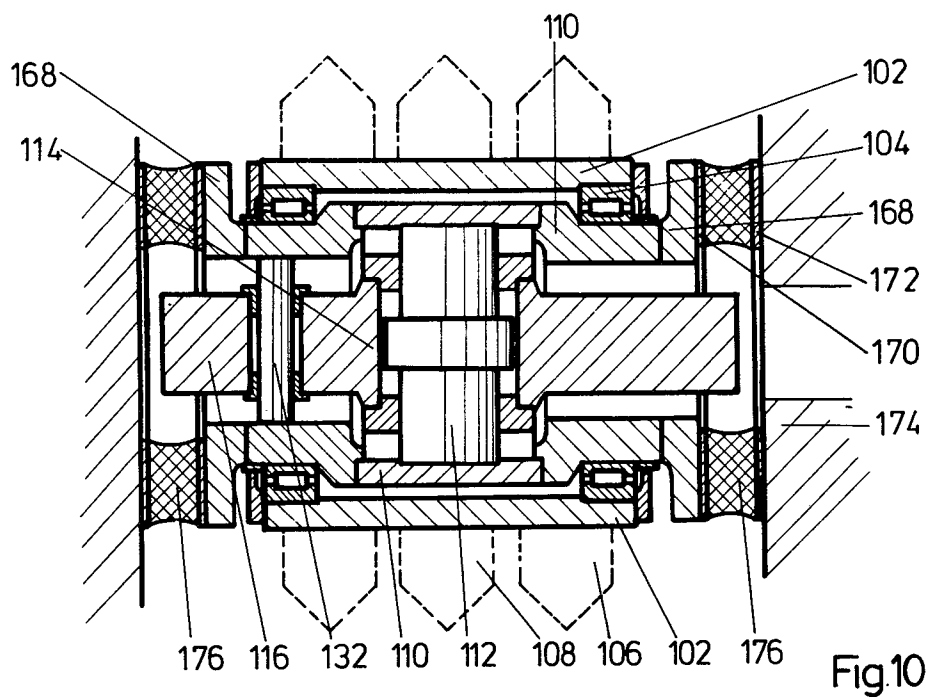


Fig.10

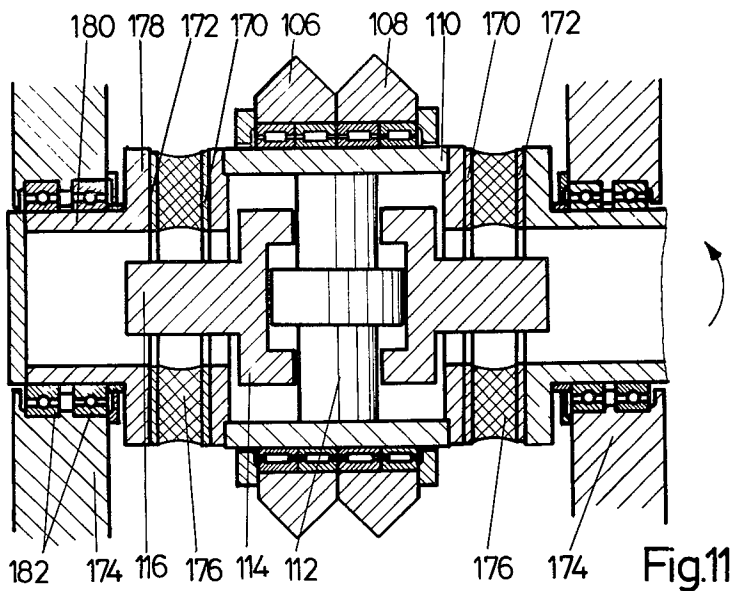


Fig.11

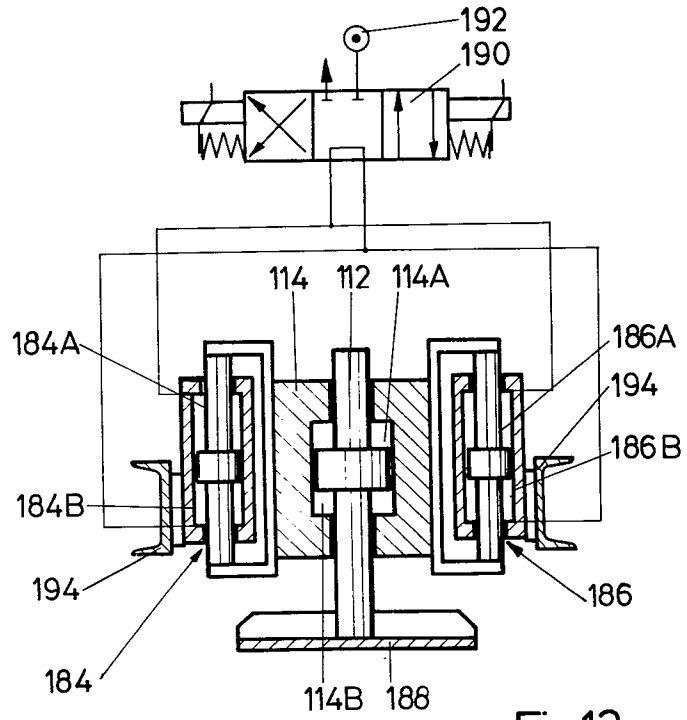


Fig.12

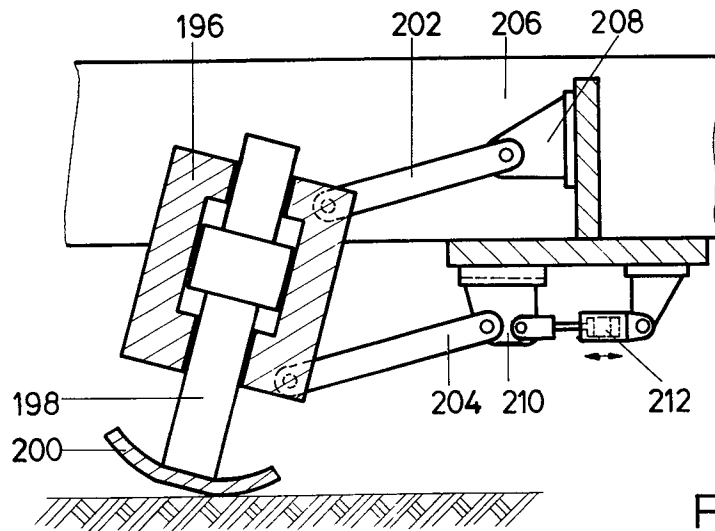


Fig.13