

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 293 314 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.03.2003 Patentblatt 2003/12

(51) Int Cl.7: **B28B 1/087**

(21) Anmeldenummer: **02019204.3**

(22) Anmeldetag: **27.08.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Bombien, Frank**
99441 Kromsdorf (DE)
• **Kuch, Helmut**
99425 Weimar (DE)
• **Schwabe, Jörg-Henry**
99427 Weimar (DE)

(30) Priorität: **17.09.2001 DE 10147224**

(71) Anmelder: **Institut für Fertigteilechnik und
Fertigbau Weimar e.V.**
99423 Weimar (DE)

(74) Vertreter: **Niestroy, Manfred et al**
Patentanwälte
Geyer, Fehners & Partner (G.b.R.),
Sellierstrasse 1
07745 Jena (DE)

(54) **Verfahren und Anordnung zur Verdichtung von Gemenge**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge, bevorzugt von Betongemenge, in einer das Gemenge aufnehmenden Aufnahmeform. Die Erfindung ermöglicht die Herstellung großflächiger Betonfertigteile mit gleichmäßigen Schwingungsenergieeintrag in das Betongemenge bei kurzer Fertigungszeit.

Bei einem solchen Verfahren wird dem Boden der Aufnahmeform die Bewegung einer transversalen Welle aufgeprägt.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Anordnung zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge, bevorzugt von Betongemenge. Mit gleichmäßigem Schwingungs-

energieeintrag in das Betongemenge ermöglicht die Erfindung die Herstellung großflächiger Betonfertigteile bei kostengünstiger Arbeitsweise und kurzer Fertigungszeit.

Eine solche Anordnung umfaßt eine Aufnahmeform mit zumindest biegeweichem Formboden 1, eine oder mehrere parallel zu einer Achse angeordnete Reihen von je mindestens zwei miteinander verbundenen Mitteln zur Kraftübertragung in den Formboden 1 zwecks elastischer Verformung desselben, wobei die Mittel periodisch kraftübertragend angetrieben sind und alle Mittel mit der gleichen Periode angetrieben sind, und die Kraftübertragung durch einander benachbarte Mittel zeitlich fortschreitend erfolgt.

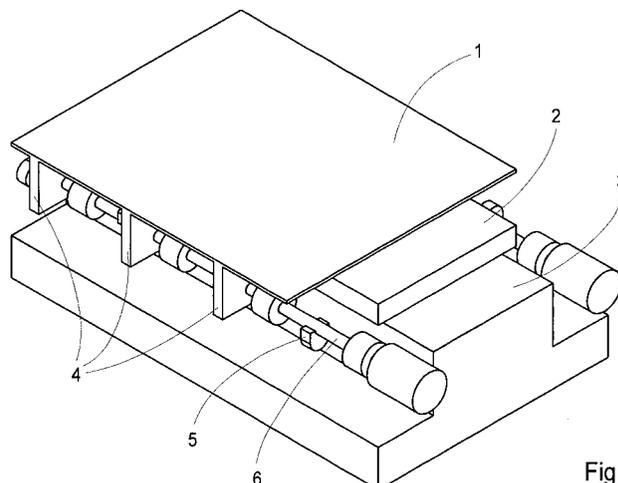


Fig.1

EP 1 293 314 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge, bevorzugt von Betongemenge, in einer das Gemenge aufnehmenden Aufnahmeform. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Anordnung zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge und bezieht sich auf das Problem einer gleichmäßigen Verdichtung des Gemenges.

[0002] Die Verdichtung von Gemengen ist in zahlreichen Gebieten der Technik verbreitet. Dabei kann es sich zum Beispiel um Schüttgüter wie Sand oder Getreide handeln, deren Volumen zur Lagerung verringert werden soll. Von herausragender Bedeutung ist sie jedoch bei der Herstellung von Bauteilen aus Betongemenge. Hier kommt es auf eine gleichmäßige und hohe Dichte des Gemenges an, diese ist für eine hohe Druckfestigkeit und gute Materialqualität unerlässlich. Aus diesem Grund sind zahlreiche Verfahren und Anordnungen zur Verdichtung von Betongemenge entwickelt worden und aus dem Stand der Technik bekannt. Die wesentliche Idee bei all diesen Verfahren ist, der Aufnahmeform eine oszillierende oder umlaufende Bewegung aufzuprägen, die zu Schwingungseinwirkungen auf das Betongemenge führt. Letztendlich werden dadurch Reibungs- und Adhäsionskräfte verringert, und im Gemenge wird ein Fließvorgang induziert, der in Zusammenarbeit mit der Gravitationskraft dazu führt, daß eingeschlossene Luft nach oben entweicht und eine dichtere Anordnung der Bestandteile des Gemenges ermöglicht - so werden bei einer Mischung von Bestandteilen unterschiedlicher Größe zum Beispiel größere Zwischenräume zwischen Bestandteilen großen Volumens von solchen mit kleinerem Volumen aufgefüllt.

[0003] Einen guten Überblick über Verfahren und Vorrichtungen zum Verdichten von Betongemenge mittels Schwingungen der Aufnahmeform - auch als Rütteln oder Vibrieren bezeichnet und hier synonym verwendet - gibt zum Beispiel das Buch "Außenrüttler - Grundlagen und praktische Anwendungen der Rütteltechnik", von S. Wambach und W. Schneider, erschienen im "verlag moderne industrie", Landsberg 1992. Bei den dort beschriebenen Vorrichtungen werden harmonische Schwingungen erzeugt und über die Aufnahmeform auf das Gemenge übertragen. Die Schwingungen werden dabei mittels einer oder mehrerer rotierender Unwuchten erzeugt, die mit der Aufnahmeform mechanisch gekoppelt sind.

[0004] Für eine gleichmäßige und hohe Verdichtung des Betongemenges ist dabei entscheidend, daß in alle Bereiche zum einen eine genügend hohe Schwingungsenergie - jedoch nicht so hoch, daß Schäden an der Vorrichtung auftreten oder das Gemenge sich entmischt - eingeleitet wird und dies zum anderen auch gleichmäßig über die gesamte Kontaktfläche zwischen Aufnahmeform und Betongemenge geschieht. Je größer die Aufnahmeform ist, desto aufwendiger wird es, diese Bedingungen zu erfüllen, und desto größer ist auch der da-

mit verbundene Lärmpegel bei der Erzeugung der Schwingungen und bei der Vibration der Aufnahmeform.

[0005] Ein weiterer, konstruktionsbedingter Nachteil bei größeren Anordnungen dieser Art ist allgemein, daß die Beschleunigungsamplitude - die zweite Ableitung der Schwingungsfunktion nach der Zeit und ein Maß für den Energieeintrag in das Gemenge - nicht überall gleichmäßig im Boden der Aufnahmeform verteilt ist, und somit Unregelmäßigkeiten in der Verdichtung zwangsläufig die Folge sind. Diese werden mit steigender Ausdehnung der Bodenfläche der Aufnahmeform, unter der die Rüttler angebracht sind, größer, da die Aufnahmeform immer weniger einem starren Körper gleicht, was zu Problemen führt, da Unterschiede in den Beschleunigungsamplituden bei geringen Amplituden zu einer lokal unzureichenden Verdichtung führen, bei hohen Amplituden jedoch zu Schädigungen des verdichteten Gemenges oder zu Entmischungerscheinungen. Bei höheren Frequenzen und bei größerer Ausdehnung der Form spielen daher die Biegeeigenschaften des Formbodens eine immer größere Rolle. Bei den induzierten Biegeschwingungen handelt es sich um Schwingungsformen der erzwungenen Schwingungen in Form von stehenden Wellen, die also lokale Schwingungsbäuche und -knoten besitzen, was einer ungleichmäßigen Verteilung der Beschleunigungsamplitude entspricht und damit den Nachteil eines ungleichmäßigen Energieeintrags eher noch verstärkt. Theoretische Untersuchungen, wie sie in "Betonwerk + Fertigteil-Technik", Ausgabe 8, 1999, Seite 52 bis 59, beschrieben sind, kommen jedoch zu dem sehr naheliegenden Schluß, daß auch mit biegeweichen Aufnahmeformen eine gleichmäßige Verdichtung erreicht werden kann, sofern die Beschleunigungsamplituden statistisch zeitlich und örtlich gleichmäßig verteilt sind. Im Stand der Technik finden sich jedoch keine Angaben über eine Umsetzung dieser Tatsache.

[0006] Ein anderer Weg wird mit Vorrichtungen beschrieben, die im Bereich niedriger Frequenzen von bis zu 15 Hz arbeiten, die außerhalb des für den Menschen akustisch wahrnehmbaren Bereichs liegen und Schwingungen in der horizontalen Ebene erzeugen. So wird zum Beispiel in der Schrift DE 43 41 387 A1 eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei der die Aufnahmeform zu kreisförmigen Rüttelbewegungen in der horizontalen Ebene angeregt wird. In der Zeitschrift "Hochbau", 3. Ausgabe von 1996, S. 18 bis 21, wird ebenfalls eine Vorrichtung, die mit kreisförmigen Rüttelbewegungen arbeitet, vorgestellt. Die mit diesen Anordnungen erreichten Schalldruckpegel liegen zwar tiefer als bei den anderen Anordnungen, jedoch weisen diese Anordnungen andere Nachteile auf. Neben hoher Herstellungskosten durch eine aufwendige Konstruktion sind auch Materialbeanspruchung und Verschleiß recht hoch: Um eine ausreichende Verdichtung zu erzielen, muß eine hohe übertragbare Schwingungsenergie zur Verfügung stehen, wozu Wellen mit hoher Energiedichte in der Beton-

masse erzeugt werden müssen. Die Energiedichte ist einerseits proportional zum Quadrat der Frequenz, andererseits proportional zum Quadrat der Amplitude. Bei niedrigen Frequenzen muß daher die Aufnahmeform in eine Schwingung mit genügend hoher Amplitude versetzt werden, was zu den oben genannten Nachteilen führt. Ein weiterer Nachteil bei niederfrequenten horizontalen Schwingungsanregungen ist die Tatsache, daß nur leicht zu verarbeitende Betongemenge, d. h. Gemenge mit weicher bis fließfähiger Konsistenz, qualitätsgerecht verdichtet werden können. Außerdem ist die zu verarbeitende Betonhöhe begrenzt, da bei größeren Betonhöhen die niederfrequente horizontale Schwingung nicht gleichmäßig übertragen wird, woraus wiederum Unterschiede in der Verdichtung resultieren.

[0007] Während also bei kleineren, starr konstruierten Aufnahmeformen gute Ergebnisse bezüglich eines gleichmäßigen Energieeintrags in das Betongemenge erzielt werden, muß man bei der Herstellung größerer Bauteile in Aufnahmeformen mit ausgedehntem Formboden entweder eine ungleichmäßige Verdichtung oder lange Fertigungszeiten bei höheren Herstellungskosten in Kauf nehmen.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem bei der Herstellung von großflächigen Betonfertigteilen ein gleichmäßiger Eintrag von Schwingungsenergie in das Betongemenge bei kurzen Fertigungszeiten erreicht werden kann. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Herstellung großflächiger Betonfertigteile zu entwickeln, mit der bei kostengünstiger Arbeitsweise und kurzer Fertigungszeit ein gleichmäßiger Eintrag von Schwingungsenergie in das Betongemenge erreicht wird.

[0009] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß dem Boden der Aufnahmeform die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt wird, wodurch das Gemenge verdichtet wird.

[0010] Indem dem Boden der Aufnahmeform eine fortlaufende und transversale Welle aufgeprägt wird, die Materialteilchen des Bodens also senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle ausgelenkt werden, wird an allen Stellen des Bodens der Aufnahmeform die gleiche Schwingungsenergie in das Betongemenge eingeleitet. Während die Beschleunigungsamplitude bei einem herkömmlichen Rüttelverfahren ortsabhängig ist und bei konstanter Frequenz zeitlich konstant, variiert die Beschleunigungsamplitude im erfindungsgemäßen Verfahren im Auftreten zeitlich und ist ortsunabhängig. Im zeitlichen Mittel ergibt sich daher eine im Boden der Aufnahmeform gleichverteilte Beschleunigungsamplitude, wie sie für eine gleichmäßige Verdichtung notwendig ist. Da vertikale Schwingungen erzeugt werden, sind die Fertigungszeiten zudem kurz.

[0011] Um die Welle zu erzeugen, werden zweckmäßigerweise in Bereiche des Bodens der Aufnahmeform,

die in vorgegebenen Abständen zueinander liegen, periodisch und jeweils um eine Phase zeitlich versetzt, Kräfte zur elastischen Verformung der Bodenfläche eingeleitet. Die Phase hängt dabei nur vom Abstand der Bereiche zueinander und von der Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle im Material des Bodens der Aufnahmeform ab.

[0012] Bei der Wahl der Wellenlänge und der Kräfte spielen verschiedene Parameter eine Rolle: Die Art des Gemenges, die Konstruktion der Aufnahmeform und ihre Eigenschwingungen, die Beladung der Vibrationsform, die die Schwingungseigenschaften ändern, machen eine Anpassung der Wellenlängen an die jeweiligen Gegebenheiten notwendig. Die Erregerfrequenzen können dabei zwischen 5 und 300 Hz liegen. Für das bei der Herstellung großflächiger Betonfertigteile üblicherweise verwendete Gemenge ist es jedoch zweckmäßig, die Beschleunigungen und die Phase so zu wählen, daß die Frequenzen der Welle im Bereich von 30 bis 150 Hz liegen und die Beschleunigungen im Bereich des Drei- bis Zehnfachen der Erdbeschleunigung. Damit werden die besten Verdichtungsergebnisse erzielt.

[0013] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe betreffend Vorrichtungen der eingangs beschriebenen Art durch eine Anordnung gelöst, die eine Aufnahmeform, bei der zumindest der Formboden biegeweich gestaltet ist, zur Aufnahme des Gemenges umfaßt, weiterhin eine oder mehrere parallel zu einer Achse unter dem Formboden angeordnete Reihen von je mindestens zwei miteinander verbundenen Mitteln zur Kraftübertragung in den Formboden zwecks Verformung desselben, wobei die Mittel periodisch kraftübertragend angetrieben sind und alle Mittel mit der gleichen Periode angetrieben sind, und die Kraftübertragung durch einander benachbarte Mittel zeitlich fortschreitend erfolgt, wodurch dem Formboden die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt ist.

[0014] Indem Mittel zur Kraftübertragung entlang einer Achse angeordnet werden, wird die mögliche Ausbreitungsrichtung der Welle vorgegeben, und bei Aufnahmeformen mit großflächigem Boden sorgt eine parallele Anordnung der Achsen dafür, daß die Welle im wesentlichen nur eine Ausbreitungsrichtung hat. Die Mittel sind miteinander verbunden und periodisch angetrieben. Indem in den Bereichen, unter denen die Mittel angeordnet sind, Kräfte in den Formboden eingeleitet werden, wird dieser gezielt elastisch verformt und ihm eine Schwingung aufgezwungen. Da alle Mittel mit der gleichen Periode Kraft übertragen, diese Kraftübertragung jedoch zeitlich fortlaufend erfolgt, d. h. erst beim ersten, dann beim zweiten, dann beim dritten Mittel auf einer Achse etc., wird dem Formboden die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt. Deren Amplitude verlagert sich mit der Zeit, und so werden alle Bereiche des Gemenges zeitlich versetzt mit der gleichen Beschleunigungsamplitude verdichtet.

[0015] Dabei ist es zweckmäßig, die Zeitpunkte, zu denen jeweils fortlaufend Kraft übertragen wird, so zu

wählen, daß zwischen den Zeitpunkten maximaler Kraftübertragung je zweier Mittel eine Beziehung derart besteht, daß der Betrag des Quotienten aus der Differenz der Zeitpunkte maximaler Kraftübertragung und der Differenz der auf die Achse bezogenen Entfernung der Mittel zueinander mit dem größten ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge, welche die Entfernung der Mittel zueinander entlang der Achse nicht überschreitet, konstant und bei verschiedenen Zeitpunkten für alle Paare von Mitteln gleich ist. Dadurch wird die Phase der Welle explizit festgelegt. Soll die Wellenbewegung des Formbodens von den Schwingungseigenschaften der Schalhaut unabhängig sein, so muß die Entfernung zweier benachbarter Mittel entlang der Achse deutlich kleiner als die Wellenlänge sein. Da die Entfernung zweier beliebiger Mittel zueinander entlang der Achse allerdings größer als die Wellenlänge sein kann, wird sie modulo der Wellenlänge betrachtet, d. h. von der Entfernung wird das größte ganzzahlige Vielfache der Wellenlänge $n\lambda$ - mit der Wellenlänge λ und n einer natürlichen Zahl einschließlich der "Null" -, welches die Entfernung nicht überschreitet, abgezogen und nur der Rest betrachtet. Der gleiche Zeitpunkt entspricht in dieser Betrachtungsweise also dem gleichen Ort. Die Welle genügt dann einer einfachen, ungedämpften Wellengleichung, die als Lösung eine Funktion der Form

$$a(x, t) = \hat{a} \sin \left[\Omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right]$$

hat, wobei \hat{a} die Amplitude ist, Ω die Kreisfrequenz, t die Zeit, c die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle und x der Ort, hier eine eindimensionale Koordinate, da die Mittel entlang einer Achse angeordnet sind. Der Zeitpunkt maximaler Kraftübertragung wird im allgemeinen bei einem Nulldurchgang der Ableitung liegen. Durch die Konstruktion von Aufnahmeform und Mitteln kann sich der Zeitpunkt verschieben, wird jedoch periodisch wiederholt. Er dient hier als Referenz, ebenso gut kann jeder andere Zeitpunkt herangezogen werden, z. B. der Zeitpunkt kleinster, im Abfallen begriffener Beschleunigung.

[0016] In jedem der Fälle ergibt sich eine Phasenbeziehung der folgenden Art für zwei Phasen ϕ_1 , ϕ_2 zu zwei Zeiten t_1 , t_2 , wenn bei allen Mitteln die Periode gleich ist:

$$t_2 - t_1 = \frac{\phi_2 - \phi_1}{\Omega}$$

[0017] Da eine Phase ϕ das Produkt der Kreisfrequenz Ω mit dem Quotienten aus Ort x bezogen auf einen Bezugspunkt und Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Welle ist, folgt, daß der konstante Quotient aus Zeit-

differenz ($t_2 - t_1$) und dem Abstand ($x_2 - x_1 - n\lambda$) zweier Mittel, von dem das größte ganzzahlige Vielfache der Wellenlänge λ , $n\lambda$, welches die Entfernung der Mittel zueinander entlang der Achse nicht überschreitet, abgezogen wurde, gleich dem Kehrwert der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle ist. Der Abstand zweier Mittel bezieht sich hier explizit nur auf den auf eine Achse projizierten Abstand entlang der Achsrichtung und nicht auf Richtungen quer dazu.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind am Formboden in vorgegebenen Abständen quer zur Achse den Formboden versteifende Elemente angebracht. Wird durch die parallele Anordnung der Reihen und die Wahl der Phasen schon im wesentlichen die Form einer ebenen Welle vorgegeben, so wird dieser Effekt durch die versteifenden Elemente noch verstärkt und der Welle aufgezwungen.

[0019] Zur Sicherung der ebenen Lagerung der Aufnahmeform wird diese zweckmäßig auf elastischen Elementen gelagert, deren Schwingungseigenschaften so gewählt werden müssen, daß die Frequenzen der Eigenschwingungen sich im wesentlichen nicht mit den durch die Welle induzierten Schwingungen überlagern. Als elastische Elemente kommen vorzugsweise Federn in Frage, insbesondere Gummi-, Luft- oder Stahlfedern, aber auch elastische Schichten wie beispielsweise isolierende Matten werden bevorzugt benutzt.

[0020] Zur Erzeugung der zu übertragenden Kräfte in einer Reihe sind in einer vorteilhaften, einfach zu realisierenden Ausführung auf einer Antriebswelle entlang der Ausbreitungsrichtung der Welle angeordnete Unwuchten vorgesehen. Durch die Rotation der Welle und eine Anordnung entsprechend der oben genannten Ausführungen übertragen die Unwuchten in einer Reihe nacheinander die von der Welle vermittelte Kraft auf den Formboden und verformen diesen dabei elastisch.

[0021] Eine Übertragung der Kraft kann z. B. zweckmäßig erreicht werden, wenn die Antriebswelle aus einzelnen, miteinander elastisch verbundenen Segmenten besteht, jedem Segment eine Unwucht zugeordnet ist und in jedem Segment als Mittel zur Kraftübertragung ein oder mehrere mit dem Formboden verbundene Kopplungselemente zur Einleitung der Kräfte in den Formboden vorgesehen sind. Diese Kopplungselemente können zum Beispiel mit den versteifenden Elementen quer zur Achse identisch sein. Durch die elastische Kopplung der Segmente werden diese entsprechend der Unwuchtbewegung aus der Rotationsachse der Antriebswelle ausgelenkt, wobei Kräfte in die Kopplungselemente zum Formboden eingeleitet werden und dieser verformt wird. Durch die phasenverschobene Anordnung der einzelnen Unwuchten bildet sich eine Welle aus, deren Wellenlänge von der Phasenverschiebung und dem Abstand der Segmente abhängt. Dabei kann vorgesehen sein, die Frequenz der Welle während des Betriebs zu ändern, wobei sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle entsprechend ändert. Da in dieser Anordnung die zu übertragende Kraft von der Dreh-

zahl abhängt, ist auch die Amplitude drehzahl- bzw. frequenzabhängig, womit eine Änderung des Energieeintrags realisiert werden kann. Weiterhin ist es möglich, bei mehreren Reihen die Antriebswellen jeweils paarweise gegenläufig synchron rotieren zu lassen. Auf diese Weise können die entstehenden horizontalen Kräfte leicht eliminiert werden und brauchen nicht oder nur geringfügig durch andere dämpfende Konstruktionen aufgefangen zu werden.

[0022] In einer anderen, vorteilhaften Ausführung der Erfindung sind als Mittel zur Kraftübertragung auf einer Antriebswelle entlang der Ausbreitungsrichtung der Welle angeordnete Exzenter vorgesehen. Gegenüber der Anordnung von elastisch gekoppelten Unwuchtsegmenten hat diese Anordnung den Vorteil, daß die Wegamplitude frequenz- und massenunabhängig ist, wodurch die flexible Fertigung unterschiedlicher Bauteile mit unterschiedlicher Masse bei gleichem Eintrag von Schwingungsenergie möglich ist. Die geometrische Form der Exzenter legt dabei die bei einer Frequenz maximal erreichbare Amplitude fest, die Frequenz kann über die Drehzahl variiert werden. In einer vorteilhaften einfachen Ausgestaltung stehen die Exzenter bei der Rotation zumindest zeitweise in Kontakt mit dem Formboden, aber auch indirekte kraft- oder formschlüssige, dauerhafte Verbindungen sind denkbar, wobei erstere weniger Lärm verursachen.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften, besonders lärmarmen Ausführung sind zur Erzeugung der Kräfte und als Mittel zur Kraftübertragung Piezoaktuatoren, Hydraulikoder Pneumatikelemente vorgesehen, und sind diese mit einer Ansteuereinrichtung zur zeitlich aufeinanderfolgenden Kraftereinwirkung auf den Formboden verbunden.

[0024] Die Erfindung soll im folgenden an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigt

Fig.1 die Gesamtansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig.2 die Ansicht einer mit Unwuchten versehenen Antriebswelle.

[0025] Fig.1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Vorrichtung, mit der einem Formboden 1 die Bewegung einer Welle aufgeprägt werden kann. Der Formboden 1 ist dabei auf elastischen Elementen 2 gelagert, die hier als eine zusammenhängende Schicht ausgestaltet sind. Diese Schicht wiederum ist mit einem Fundament 3 verbunden, welches zur Aufnahme und Lagerung der gesamten Vorrichtung dient. Am Formboden 1 sind versteifende Elemente 4 angebracht. Mit Unwuchten 5, die auf einer Antriebswelle 6 angeordnet sind, werden die zur Verformung nötigen Kräfte erzeugt und über die versteifenden Elemente 4, die ebenfalls mit der Antriebswelle 6 verbunden sind und wodurch der Welle die Form einer ebenen Welle aufgeprägt ist, in den Formboden 1 eingeleitet.

[0026] Fig.2 zeigt den Aufbau einer solchen, mit vier Unwuchten 5 versehenen Antriebswelle 6. Die Unwuchten sind dabei in gleichen Abständen zueinander so angeordnet, daß ihre Massenschwerpunkte sich jeweils an anderen Stellen außerhalb der Rotationsachse befinden, jedoch regelmäßig, so daß bei Rotation der Antriebswelle 6 die Massenschwerpunkte der Unwuchten 5 nacheinander in gleichen Zeitabständen ihren zum Formboden 1 nächsten Punkt erreichen. Die Antriebswelle 6 besteht hier aus einzelnen, miteinander über Verbindungselemente 7 elastisch gekoppelten Segmenten, von denen jedem eine Unwucht zugeordnet ist. Durch die elastische Verbindung der Segmente werden diese entsprechend der Unwuchtbewegung aus der Rotationsachse der Antriebswelle 6 ausgelenkt, wobei Kräfte in die Kopplungselemente 4 zum Formboden 1 eingeleitet werden und dieser verformt wird. Durch die phasenverschobene Anordnung der einzelnen Unwuchten 5 bildet sich eine Welle aus, deren Wellenlänge von der Phasenverschiebung und dem Abstand der Segmente abhängt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge, bevorzugt von Betongemenge, in einer das Gemenge aufnehmenden Aufnahmeform, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Boden der Aufnahmeform die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt wird, wodurch das Gemenge verdichtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bewegung erzeugt wird, indem in Bereiche des Bodens der Aufnahmeform, die in vorgegebenen Abständen zueinander liegen, periodisch und jeweils um eine Phase zeitlich versetzt, Kräfte zur elastischen Verformung der Bodenfläche eingeleitet werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Frequenz der Welle im Bereich von 30 bis 150 Hz gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** Beschleunigungen erzeugt werden, die im Bereich des Drei- bis Zehnfachen der Erdbeschleunigung liegen.
5. Anordnung zur Verdichtung und Formgebung von Gemenge, bevorzugt von Betongemenge, umfassend
 - eine Aufnahmeform, bei der zumindest der Formboden (1) biegeweich gestaltet ist, zur Aufnahme des Gemenges,
 - eine oder mehrere parallel zu einer Achse unter

- dem Formboden (1) angeordnete Reihen von je mindestens zwei miteinander verbundenen Mitteln zur Kraftübertragung in den Formboden (1) zwecks elastischer Verformung desselben, wobei
- die Mittel periodisch kraftübertragend angetrieben sind und alle Mittel mit der gleichen Periode angetrieben sind, und
 - die Kraftübertragung durch einander benachbarte Mittel zeitlich fortschreitend erfolgt, wodurch dem Formboden (1) die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt ist.
- 5
- 10
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Mittel zur Kraftübertragung auf einer Antriebswelle (6) entlang der Ausbreitungsrichtung der Welle angeordnete Exzenter vorgesehen sind.
12. Anordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Exzenter zumindest zeitweise mit dem Formboden (1) in Berührung stehen.
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erzeugung der Kräfte und als Mittel zur Kraftübertragung Piezoaktuatoren, Hydraulik- oder Pneumatikelemente vorgesehen sind, und diese mit einer Ansteuereinrichtung zur zeitlich aufeinanderfolgenden Krafteinwirkung auf den Formboden (1) verbunden sind.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Zeitpunkten maximaler Kraftübertragung je zweier Mittel eine Beziehung besteht derart, daß der Betrag des Quotienten aus der Differenz der Zeitpunkte maximaler Kraftübertragung und der Differenz der auf die Achse bezogenen Entfernung der Mittel zueinander mit dem größten ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge, welche die Entfernung der Mittel zueinander entlang der Achse nicht überschreitet, konstant und bei verschiedenen Zeitpunkten für alle Paare von Mitteln gleich ist, wodurch dem Formboden (1) die Bewegung einer fortlaufenden transversalen Welle aufgeprägt ist, deren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kehrwert des Quotienten ist.
7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Formboden (1) in vorgegebenen Abständen quer zur Achse den Formboden (1) versteifende Elemente (4) angebracht sind, wodurch die Welle die Form einer ebenen Welle hat.
8. Anordnung nach Anspruch 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufnahmeform auf elastischen Elementen (2), vorzugsweise auf Gummifedern, Luftfedern, Stahlfedern oder elastischen Schichten, gelagert ist.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erzeugung der zu übertragenden Kräfte in einer Reihe auf einer Antriebswelle (6) entlang der Ausbreitungsrichtung der Welle angeordnete Unwuchten (5) vorgesehen sind.
10. Anordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antriebswelle (6) aus einzelnen, miteinander elastisch verbundenen Segmenten besteht, jedem Segment eine Unwucht (5) zugeordnet ist und in jedem Segment als Mittel zur Kraftübertragung ein oder mehrere mit dem Formboden (1) verbundene Kopplungselemente zur Einleitung der Kräfte in den Formboden (1) vorgesehen sind.

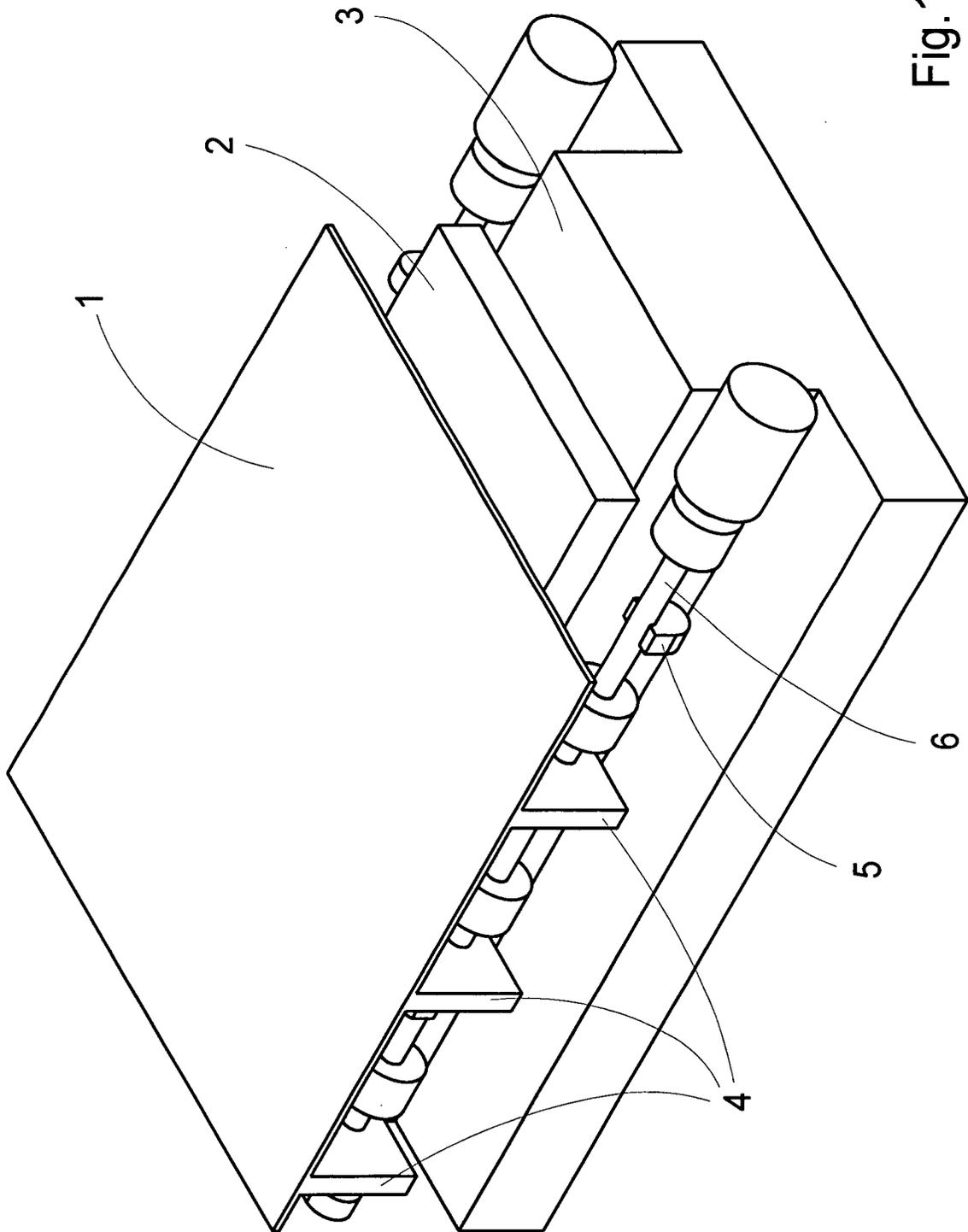


Fig.1

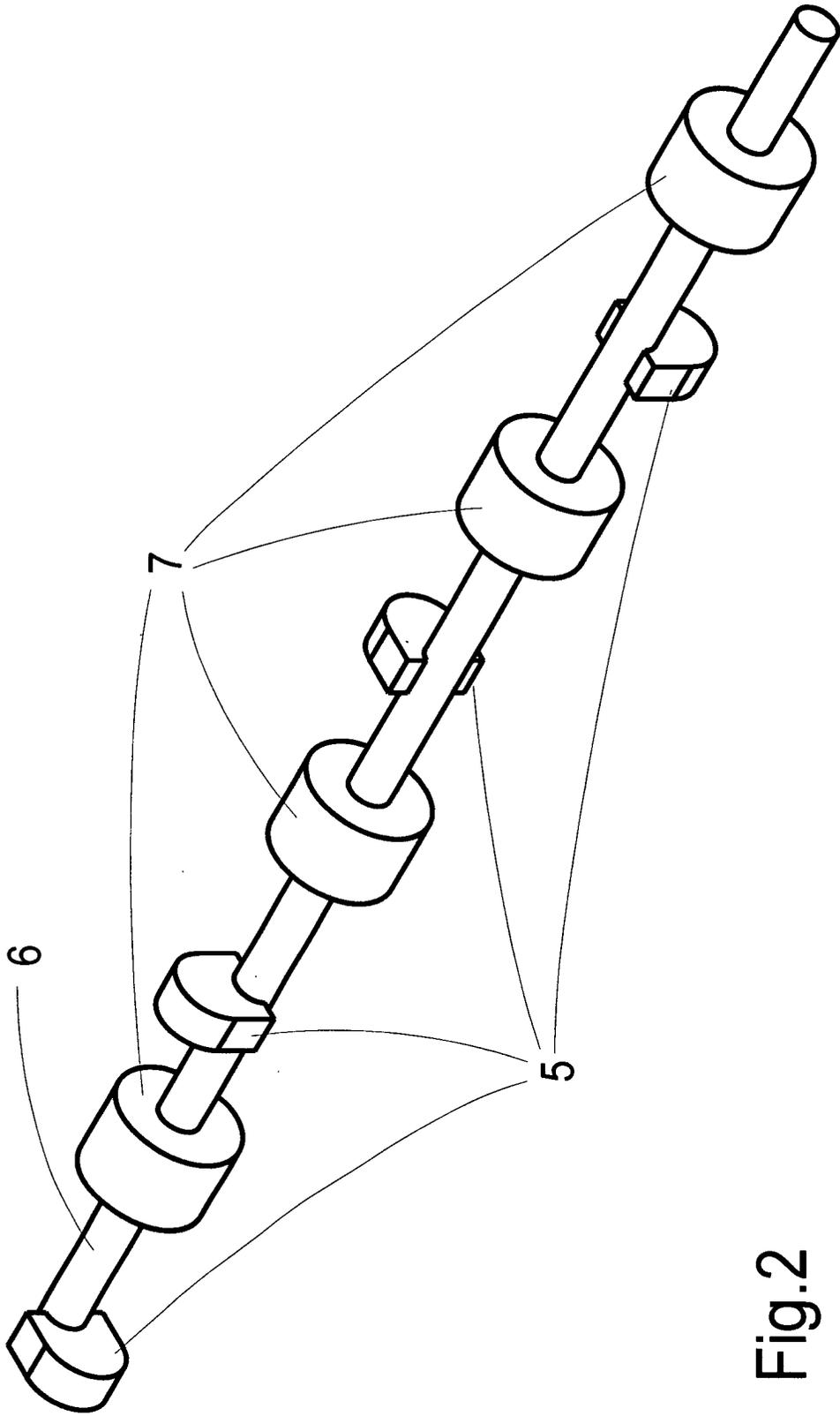


Fig.2