



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 411 348 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90113072.4

51 Int. Cl.⁵: **E01C 19/28**

22 Anmeldetag: 09.07.90

30 Priorität: 03.08.89 CH 2874/89
03.08.89 CH 2873/89
03.08.89 CH 2875/89

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.02.91 Patentblatt 91/06

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **AMMANN-DUOMAT VERDICHTUNG
AG**

Eisenbahnstrasse 25
CH-4900 Langenthal(CH)

72 Erfinder: **Leibundgut, Hans Ulrich
Weierhalten
CH-3128 Kirchenthurnen(CH)**

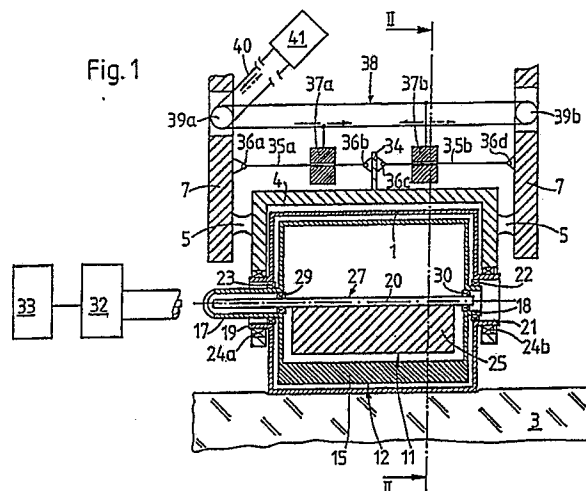
74 Vertreter: **Keller, René, Dr. et al
Patentanwälte Dr. René Keller & Partner
Postfach 12 12
CH-3000 Bern 7(CH)**

54 Verfahren zur Bodenverdichtung und Bodenverdichtungsvorrichtung.

57 Die Auslenkung eines Druckausübungsorgans (1) gegenüber einem zu verdichtenden Boden (3) wird je nach Bodenbeschaffenheit dadurch eingestellt, daß die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) verändert wird. In einer Ausführungsvariante werden mehrere mit unterschiedlichen Umdrehungszahlen schwingende Trägheitskörper (11, 12) verwendet, die auf das Druckausübungsorgan (1) einwirken. Durch geeignete Überlagerung der Umdrehungen wird zusätzlich die gegen den Boden (3) wirkende Kraft größer als in der entge-

gegengesetzten Richtung. Ebenfalls läßt sich die Größe der Kraft während des Betriebs verändern.

Mit den beschriebenen Ausführungsformen ist unabhängig voneinander die Größe der Vibrationskraft, sowie deren Richtung und deren Vibrationsfrequenz einstellbar. Auch kann in unterschiedliche Richtungen eine verschieden stark wirkende Vibrationskraft erzeugt werden. Durch diese Einstellvielfalt läßt sich eine Bodenverdichtung in Abhängigkeit von ihrer Bodenbeschaffenheit optimal verwirklichen.



EP 0 411 348 A1

VERFAHREN ZUR BODENVERDICHUNG UND BODENVERDICHUNGSVORRICHTUNG.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bodenverdichtung, insbesondere im Erd- und Straßenbau, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Bodenverdichtungs Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

Vorrichtungen dieser Art sind aus der DE-OS 1 634 474, AT-PS 250 423, US-PS 4,105,356, DE-PS 1 111 107 und DE-OS 1 634 246 bekannt. Bei den bekannten Vorrichtungen wirkt bzw. wirken ein oder mehrere rotierende Trägheitskörper periodisch auf ein Druckausübungsorgan, welches aufgrund seiner Vibrationsschwingungen den unter ihr liegenden Boden beim Darüberrollen oder Darübergleiten verdichtet. Die Verdichtungswirkung auf den Boden hängt einerseits von der Vibrationskraft und andererseits von der Vibrationsauslenkung des Druckausübungsorgans während seiner Schwingungen ab. Bei den oben bekannten Vorrichtungen sind Auslenkung des Druckausübungsorgans und Vibrationskraft bzw. Vibrationsfrequenz miteinander gekoppelt, sie können nicht voneinander getrennt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bodenverdichtung zu schaffen, bei dem bzw. bei der die periodische Vibrationsauslenkung des Druckausübungsorgans unabhängig von der Vibrationsfrequenz und/oder der Vibrationskraft veränderbar ist.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist hinsichtlich des Verfahrens Gegenstand des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich der Bodenverdichtungs Vorrichtung Gegenstand des Patentanspruchs 7.

Ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Bodenverdichtung, bei dem bzw. bei der vorteilhaft mit großen Vibrationskräften sowie einem niedrigen Gewicht des Druckausübungsorgans gearbeitet werden kann und wobei die in eine vorgegebene Raumrichtung, bevorzugt zum Boden gerichtete Trägheitskraft größer als in die entgegengesetzte Richtung eingestellt werden kann, ist durch die Gegenstände der Patentansprüche 4 und 5 bzw. 10 bis 12 beschrieben. Ferner ist in vorteilhafter Weise während des Betriebes die auf den zu verdichtenden Boden wirkende resultierende Vibrationskraft ohne Veränderung der Vibrationsfrequenz durch den Gegenstand des Patentanspruchs 6 bzw. 13 änderbar. Die Veränderung der Größe der Vibrationskraft während des Verdichtungsbetriebes und die Erzeugung einer in unterschiedliche Richtungen veränderbaren stark wirkenden Vibrationskraft ist gesamthaft Gegenstand der Patentansprüche 1 bis 6 bzw. 7 bis 13. Die Vibrationskraft, deren Vibrationsfrequenz und die Vibrationsauslenkung des Druck-

ausübungsorgans gegenüber dem Boden sind frei und unabhängig voneinander einstellbar.

Die in den Ansprüchen erwähnte wirksame Masse des Druckausübungsorgans, welches in der unten folgenden detaillierten Beschreibung ein Walzenkörper einer Straßenwalze ist, ist die Summe derjenigen Massen, welche starr und/oder gelenkig mit dem Druckausübungsorgan verbunden sind und durch die resultierenden Trägheitskräfte der sich bewegenden Trägheitsmassen synchron und ohne zeitliche Verschiebung der Auslenkungsmaxima mit dem Druckausübungsorgan angeregt werden. Die wirksame Masse ist somit im unten beschriebenen Beispiel die Summe der Masse des Druckausübungsorgans plus seine Lagerung und die dazu gehörenden Halterungen plus eine durch schwingungsdämpfende Elemente stark reduzierte, auf dem Druckausübungsorgan lastende Teilmasse der gesamten Straßenwalze plus ein prozentualer Anteil der Zusatzmassen, welche zwischen dem Schwerpunkt des Druckausübungsorgans und einem annähernd nicht schwingenden Teil des Maschinengestells bewegbar sind. Je nach dem Ort zwischen dem Maschinengestell und dem Schwerpunkt des Druckausübungsorgans wirken die Zusatzmassen zwischen null und einhundert Prozent ihres Gesamtgewichts.

Vibrationsfrequenz, Vibrationskraft und Vibrationsauslenkung bezeichnen die Frequenz bzw. das Frequenzgemisch, die Kraft und die Auslenkung des Druckausübungsorgans, mit denen es aufgrund der Anregung durch die resultierende Trägheitskraft auf den zu verdichtenden Boden wirkt.

Unter unwuchtigen Trägheitskörpern werden Trägheitskörper mit exzentrischer Masseverteilung in bezug auf deren Rotationsachse verstanden, wobei nur die durch die Unwucht verursachte Zentrifugalkraft als sog. Trägheitskraft wirkt. Als Trägheitskraft wird nur die auf das Druckausübungsorgan wirkende Kraft verstanden.

Die vom Druckausübungsorgan in Richtung zum Boden übertragene Vibrationskraft kann so gerichtet werden, daß sie einen beliebigen spitzen Winkel zur Senkrechten auf der Bodenoberfläche einnimmt.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Walzenkörpers einer Straßenwalze,

Fig. 2 einen Schnitt durch den Walzenkörper entlang der Linie II - II in **Figur 1**,

Fig. 3 eine zeitliche Darstellung der auf den Walzenkörper wirkenden resultierenden Kraft K_c , zusammengesetzt aus den Kräften K_a und K_b

von zwei Trägheitskörpern,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Variante mit einer Kolben-Zylinder-Einheit,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Getriebes zum Gegeneinanderverdrehen zweier exzentrisch angeordneter Massen der Trägheitskörper.

Das in **Figur 1** dargestellte Druckausübungsorgan ist ein hohlzylindrischer Walzenkörper **1**, auch Bandage genannt, einer nicht dargestellten Straßenwalze und liegt auf einem zu verdichtenden Boden **3**. Der Walzenkörper **1** ist über eine als Joch **4** ausgebildete Lagerhalterung mittels zweier nur schematisch dargestellter Dämpfungselemente **5** an einem Gestellteil **7** befestigt, der mit dem nicht dargestellten Chassis der Straßenwalze verbunden ist. Je nach Ausführungsart der Straßenwalze sind eine oder mehrere Walzenkörper **1**, die auch angetrieben werden können, vorhanden. Das Gewicht der Straßenwalze wird über jeden Gestellteil **7** pro Walzenkörper **1** auf diesen übertragen.

Innerhalb des Walzenkörpers **1** befinden sich zwei Trägheitskörper **11** und **12**, deren Querschnitt in **Figur 2** dargestellt ist. Der Trägheitskörper **12** ist als Hohlzylinder mit einer exzentrischen Verdickung **15** entlang einer Mantellinie ausgebildet. Die Länge des Hohlzylinders ist um eine Toleranz kleiner als die Innenlänge des Hohlzylinders des Walzenkörpers **1**. Mittels zweier hohler Wellenstücke **17** und **18** ist der Trägheitskörper **12** coaxial zur geometrischen Achse **20** des Walzenkörpers **1** mit zwei Lagern **22** und **23** innerhalb je eines Flansches **19** und **21** an beiden Stirnseiten des Walzenkörpers **1** gelagert. Die beiden Flansche **19** und **21** sind über je ein Wälzlager **24a** und **24b** im Joch **4** gelagert. Der Trägheitskörper **11** ist plattenförmig ausgebildet und an einer in der geometrischen Achse **20** liegenden Welle **27** exzentrisch befestigt. Die Länge der Platte **25** ist um eine Toleranz kleiner als die Innenlänge des Trägheitskörpers **12**. Der Trägheitskörper **11** ist innerhalb des Trägheitskörpers **12** und dieser innerhalb des Walzenkörpers **1** drehbar. Die Welle **27** ist mit zwei Lagern **29** und **30** in den Stirnseiten des Hohlzylinders des Trägheitskörpers **12** gelagert und wird innerhalb des hohlen Wellenstücks **17** mit diesem zusammen über ein Getriebe **32** durch einen Antrieb **33** angetrieben.

Das Getriebe **32** dreht den Trägheitskörper **11** mit doppelter Umdrehungszahl zum Trägheitskörper **12**. Der Wert der einfachen Umdrehungszahl ergibt sich aus der gewünschten Bodenverdichtung, welche hauptsächlich von der Beschaffenheit des Bodens **3** abhängt. Da die Masseverteilung der Trägheitskörper **11** und **12**, wie in **Figur 2** dargestellt, exzentrisch ist, ergeben sich hierdurch umlaufende Kräfte (Zentrifugalkräfte) zur Welle **27**, die über die Lager **22**, **23**, **29** und **30** als resultierende

Kraft K_c (Trägheitskraft) auf den Walzenkörper **1** wirken. Die zeitliche Zuordnung der Drehbewegungen der beiden Trägheitskörper **11** und **12** ist durch das Getriebe **32** so eingestellt, daß die Platte **25** bei jeder zweiten Umdrehung und die Verdickung **15** bei jeder Umdrehung an ihrem bodennächsten Punkt zusammen auf einer Geraden durch die Achse **20** liegen. Die exzentrische Masseverteilung der beiden Trägheitskörper **11** und **12** ist nun so gewählt, daß bei einer Normdrehzahl die Zentrifugalkraft K_a des Trägheitskörpers **11** gleich groß ist, wie die Zentrifugalkraft K_b des Trägheitskörpers **12** bei der doppelten Normdrehzahl. Die hierzu benötigten Masseverteilungen, sowie deren jeweiliger exzentrischer Abstand von der Achse **20** lassen sich mit den Gesetzen der technischen Mechanik bestimmen. Die beiden Zentrifugalkräfte K_a und K_b der Trägheitskörper **11** und **12** überlagern sich, wie in **Figur 3** dargestellt, wobei pro Periode eine maximale resultierende Kraft K_c zum Boden und zwei etwa halb so große resultierende Kräfte K_c von ihm weg gerichtet sind.

In **Figur 3** sind über der Zeitachse t als Abszisse der zeitliche Verlauf während einer Periode P die jeweiligen zum Boden **3** gerichteten Kräfte K_a , K_b , und K_c als Ordinate aufgetragen. Eine nach unten, gegen den Boden **3** wirkende Kraft K zeigt auch hier nach unten. Die strichpunktierte Linie **a** gibt den Kraftverlauf der durch den Trägheitskörper **12** hervorgerufenen Kraft K_a , und die gestrichelte Linie **b**, denjenigen K_b hervorgerufen durch den Trägheitskörper **11** an. Die ausgezogene Linie **c** gibt den auf den Walzenkörper **1** wirkenden Kraftverlauf der resultierenden Kraft K_c als Trägheitskraft an.

Die vom Boden **3** weg gerichteten resultierende Kraft K_c kann so groß gewählt werden, daß sie bis auf eine Toleranz kleiner ist als die Gewichtskraft (wirksame Masse des Druckausübungsorgans) der Summe der Gewichte des Walzenkörpers **1**, des Jochs **4** und die dazu gehörenden Lager **22**, **23**, **24a**, **24b**, **29** und **30**, sowie eine durch die Dämpfungselemente **5** sehr stark reduzierte Gewichtskraft der Straßenwalze, aber ohne die Trägheitskörper **11** und **12**, ohne ein Abheben des Walzenkörpers **1** vom Boden **3** befürchten zu müssen.

In der Mitte zwischen seinen beiden Flanschen **19** und **21** an der der Welle **27** abgewandten Seite des Jochs **4** hat dieses eine Stütze **34**, von der je eine Führungsschiene **35a** und **35b** horizontal mit dem Gestellteil **7** verbunden sind. Beide Führungsschienen **35a** und **35b** sind sowohl an der Stütze **34**, wie auch am Gestellteil **7** mit Gelenken **36a**, **36b**, **36c** und **36d**, wie in **Figur 1** schematisch angedeutet, beweglich befestigt. Zwei Zusatzkörper **37a** und **37b** sind auf den Führungsschienen **35a** und **35b** mit einem in sich geschlossenen Zahnrie-

men **38** verschiebbar angeordnet. Der Zahnriemen **38** wird über zwei an den Gestellteilen **7** befestigten Rollen **39a** und **39b** umgelenkt, wobei der eine Zusatzkörper **37a** mit dem einen Teil des Zahnriemens **38** und der andere Zusatzkörper **37b** mit dem umgelenkten Teil des Zahnriemens **38** verbunden ist. Die Rolle **39a** wird über einen weiteren Zahnriemen **40** von einer schematisch dargestellten Verstelleinrichtung **41** angetrieben. Die Zusatzkörper **37a** und **37b** sind derart ausgebildet, daß sie mit ihrem ganzen Gewicht auf den Führungsschienen **35a** und **35b** lasten; der Zahnriemen **38** dient nur zur horizontalen Verschiebung. Sie sind so am Zahnriemen **38** befestigt, daß ihre Bewegung gegenläufig erfolgt. Die Führungsschienen **35a** und **35b** sind so ausgebildet, daß sie während des Vibrationsbetriebs nicht in Eigenschwingung kommen.

Werden die Zusatzkörper **37a** und **37b** mittels der Verstelleinheit **41** gegen die Gelenke **36a** und **36d** geschoben, so wirken sie nur mit einer vernachlässigbaren Gewichtskraft auf den Walzenkörper **1**, während sie bei einem Anschlag an den Gelenken **36b** und **36c** mit ihrem gesamten Gewicht als Zusatzmasse wirken. Zwischen diesen beiden Extrema lassen sich alle Werte über die Lage der Zusatzkörper **37a** und **37b** auf den Führungsschienen **35a** und **35b** einstellen. Die Auslenkung ist umgekehrt proportional zur wirksamen Masse des Walzenkörpers **1** - (Druckausübungsorgan) und direkt proportional der resultierenden Zentrifugalkraft K_c (Trägheitskraft) der exzentrischen Massen **15** und **25**. Die wirksame Masse des Walzenkörpers **1** ergibt sich als Summe der Massen des Walzenkörpers **1**, des Jochs **4**, der Stütze **34**, zweimal der halben Masse der Führungsschienen **35a** und **35b** und dem auf den Walzenkörper **1** wirkenden prozentualen Gewichtsanteil der Zusatzkörper **37a** und **37b**.

Anstatt die beiden Zusatzkörper **37a** und **37b** nur im Raum zwischen den beiden Gestellteilen **7** zu bewegen, kann die Befestigung der Führungsschienen **35a** und **35b** derart gewählt werden, daß sie auch in den Raum außerhalb der Gestellteile **7** verschoben werden können. Befinden sich die Zusatzkörper **37a** und **37b** außerhalb der Gestellteile **7**, so wird die wirksame Masse des Druckausübungsorgans **1** reduziert.

Anstelle rotierende exzentrische Massen zur Erzeugung von auf den Boden **3** übertragbaren Kräften (Vibrationskräften) zu verwenden, können auch zwei Kolben-Zylinder-Einheiten **43a** und **43b**, wie in **Figur 4** dargestellt, verwendet werden, wobei jeweils eine Zusatzmasse **44a** bzw. **44b** auf einem der Kolben **45a** bzw. **45b** angebracht ist. Die Kolben **45a** und **45b** werden in je einem Zylinder **46a** und **46b** mittels Hydraulikflüssigkeit, die durch je zwei Leitungen **47/48** und **49/50** von einem Hy-

drauliksteuergerät **52** periodisch hin und her gepreßt werden, bewegt. Nach dem physikalischen Prinzip $actio = reactio$ ergibt sich bei einem nach oben beschleunigten Kolben **45a** bzw. **45b** durch das eingepumpte Hydrauliköl eine nach unten gerichtete Gegenkraft auf die untere Stirnfläche **53a** bzw. **53b** des Zylinders **46a** bzw. **46b**. Die im oberen Teil des Zylinders **46a** bzw. **46b** über dem Kolben **45a** bzw. **45b** befindliche Hydraulikflüssigkeit kann frei durch die Hydraulikleitung **48** bzw. **50** abfließen, wodurch sich nur eine geringe Gegenkraft ergibt, welche auf den Reibungswiderstand in den Rohren **48** und **50** zurückgeht. Die Kraft auf die untere Stirnfläche **53a** bzw. **53b** wird über den Zylinder **46a** bzw. **46b** auf den mit ihm verbundenen Walzenkörper **1** übertragen. Die Überlagerung der Kräfte erfolgt analog zu den rotierenden exzentrischen Massen **15** (Verdickung) und **25** (Platte) der Trägheitskörper **11** und **12**. Ist die Zusatzmasse **44b** nur halb so groß wie die Zusatzmasse **44a** und ihre Schwingungsfrequenz doppelt so groß wie die der Zusatzmasse **44a**, ergibt sich das in **Figur 3** dargestellte Bild.

Anstelle die Zusatzmassen **44a** und **44b** auf den Kolben **45a** und **45b** zu befestigen, können auch die Kolben **45a** bzw. **45b** mit dem betreffenden Gewicht ausgebildet werden. Auch können die Zusatzmassen **44a** und **44b** vom jeweiligen Kolben **45a** bzw. **45b** entfernt werden und über je eine nicht dargestellte Pleuelstange und einen nicht dargestellten Hebelarm durch den Kolben **45a** bzw. **45b** bewegt werden. Hierdurch läßt sich die Richtung und die Größe der Kraftwirkung frei wählen.

Anstelle zwei Kolben **45a** und **45b** mit einer harmonischen Schwingung schwingen zu lassen, kann auch nur ein einziger Kolben verwendet werden, der mit einer erzwungenen Bewegung, deren Beschleunigung in Aufwärtsrichtung größer als in Abwärtsrichtung ist, gearbeitet werden. Nachteilig ist hierbei der größere Energieaufwand einer sog. erzwungenen Schwingung, welche im Gegensatz zur harmonischen Schwingung, die bis auf eine Deckung ihrer Reibungs- und andere Verluste (Bodenverdichtung), eine zusätzlich zugeführte Energie zur Aufrechterhaltung der Bewegung benötigt.

Anstelle zweier Massen können je nach Platzbedarf beliebig viele bewegte Massen, welche mit unterschiedlichen Umdrehungszahlen, welche ganzzahlige Vielfache einer gewünschten Grundschwingung des Druckausübungsorgans **1** sind, verwendet werden. Als Antrieb lassen sich sowohl rotierende und hydrodynamische Antriebe, sowie auch Kolben-Zylinder-Einheiten, in denen ein Gasgemisch durch Entzündung zur Krafterzeugung gebracht wird, verwenden. Die optimalen Umdrehungszahlen, sowie deren Zuordnungen lassen sich bei Vorgabe des gewünschten Kraftzeitdia-

gramms mit bekannten mathematischen Näherungsverfahren, wie z. B. einer "angenäherten harmonischen Analyse", dargelegt in Bronstein-Semendjajew, "Taschenbuch der Mathematik", B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1963, Seite 480 ff berechnen. Bei der Berechnung ergeben sich unendlich lange trigonometrische Reihen, welche aber mit hinreichender Genauigkeit für die erstrebte Bewegungsform schon nach den ersten Gliedern abgebrochen werden können.

Als Druckausübungsorgan kann außer einem Walzenkörper **1** auch eine Platte oder ähnliches verwendet werden.

Anstelle die Kräfte senkrecht auf die Oberfläche des zu verdichtenden Bodens **3** wirken zu lassen, kann auch ein beliebiger Winkel gewählt werden. Der Winkel der maximalen Kraftwirkung hängt nur vom Winkel ab, bei dem sich die Kräfte der einzelnen Schwingungen maximal überlagern. Über das Getriebe **32** läßt sich dieser Winkel einstellen.

Oftmals ist es wünschenswert, die Kraft, mit der das Druckausübungsorgan **1** auf den Boden **3** einwirkt, unter Beibehaltung der Vibrationsfrequenz zu verändern. In diesem Fall wird, wie in **Figur 5** dargestellt, eine resultierende Zentrifugalkraft hervorgerufen durch die Verstellung des Zentriwinkels der Unwuchten (exzentrische Masseverteilung) zweier rotierender Trägheitskörper. Es sind nur die beiden Trägheitskörper mit ihren exzentrischen Masseverteilung **73** und **75** und ein sie antreibendes Planetengetriebe **60** (es kann auch ein Differentialgetriebe mit Kegelrädern verwendet werden) dargestellt; weitere mit anderen Umdrehungszahlen rotierende Massen sind weggelassen worden, um die **Figur 5** nicht zu überladen. Über eine Welle **65** wird ein Getriebeteil **62** und eine Zahnriemenscheibe **63** des Planetengetriebes **60** vom Getriebe **32** angetrieben. Der Getriebeteil **62** besitzt drei miteinander kämmende Zahnräder **62a**, **62b** und **62c**. Die Achsen der Zahnräder **62a** und **62c**, sowie die Achsen **65** und **76** liegen auf einer Geraden und die Achse des Zahnrads **62b** schneidet diese Gerade. Die Achse **76** des Zahnrads **62c** ist mit einem analog dem Trägheitskörper **11** aufgebauten Trägheitskörper mit der exzentrischen Masseverteilung **75** verbunden und ist durch sie in Umdrehungen versetzbar. Die Zahnriemenscheibe **63** treibt über einen Zahnriemen **66** eine Zahnriemenscheibe **64**, welche über eine Welle **67** ein Zahnrad **69** bewegt, welches mit einem Zahnrad **71** kämmt. Das Zahnrad **71** ist mit einem zum Trägheitskörper **12** analog gestalteten Trägheitskörper mit der exzentrischen Masseverteilung **73** verbunden. Im Betrieb ist die Achse des Zahnrads **62b** fest, kann aber um die Achse **76** verdreht werden. Erfolgt eine Verdrehung, so werden die beiden exzentrischen Massen **73** und **75** der Trägheitskörper, d. h. ihre Masse-

schwerpunkte je nach Drehrichtung aufeinander zu oder voneinander weg gedreht, d.h. ihr Zentriwinkel wird verkleinert bzw. vergrößert. Die resultierende, exzentrisch wirkende Zentrifugalkraft verringert oder vergrößert sich hierdurch in den Grenzen zwischen der Summe und der Differenz der Zentrifugalkräfte der einzelnen exzentrischen Masseverteilungen **73** und **75**, wie aufgrund der Gesetzmäßigkeiten der technischen Mechanik leicht einzusehen ist. Der Zentriwinkel der beiden exzentrischen Masseverteilungen **73** und **75**, (Unwuchten) läßt sich kontinuierlich oder schrittweise im gesamten Bereich zwischen 0° entsprechend einer maximalen resultierenden Zentrifugalkraft und 180° entsprechend einer minimalen oder keiner resultierenden Zentrifugalkraft verstellen. Die Verstellung ist während des Betriebs möglich, d.h. während der Rotation der beiden Trägheitskörper mit den exzentrischen Massen **73** und **75**.

Die Auslenkung des Walzenkörpers **1** - (Druckausübungsorgan) läßt sich somit einmal durch Verstellen der Exzentrizität, wie bereits oben beschrieben und durch Verschieben der Zusatzkörper **37a** und **37b** verändern. Da eine Veränderung der Exzentrizität die Amplitude verändert, kann diese Veränderung durch Verschieben der Zusatzkörper **37a** und **37b** rückgängig gemacht werden.

Durch die oben beschriebenen Vorrichtungen ist durch Veränderung der Masse des Druckausübungsorgans dessen Auslenkung gegenüber dem Boden verstellbar.

Ferner ist eine Veränderung der wirksamen Zentrifugalkräfte möglich, indem die exzentrischen Masseschwerpunkte mehrere Trägheitskörper gegeneinander oder der Masseschwerpunkt des Trägheitskörpers in bezug auf dessen Rotationsachse mittels eines Planetengetriebes verstellt werden.

Außerdem ist es möglich, gleichzeitig zur Veränderung der Masse des Druckausübungsorgans gezielt in eine bestimmte Richtung, in der Regel in Richtung zum zu verdichtenden Boden, eine größere Kraft als in die entgegengesetzte Richtung wirken zu lassen.

Das erfindungsgemäße Verfahren erhöht die zur Verdichtung verwendbare Auslenkung des Druckausübungsorgans **1** und reduziert die gesamte Antriebsleistung der Straßenwalze bei gleicher Verdichtungswirkung. Auch lassen sich nicht nur vertikale Kräfte auf den Boden aufbringen, sondern Kräfte unter jedem beliebigen Winkel.

Mit den oben beschriebenen Ausführungsformen ist unabhängig von einander die Größe der Vibrationskraft, die Richtung der maximalen wirkenden Vibrationskraft, deren Vibrationsfrequenz und deren Amplitude einstellbar, sowie eine in unterschiedlichen Richtungen verschieden stark wirkende Vibrationskraft erzeugbar. Durch diese Einstell-

vielfalt ist eine Bodenverdichtung in Abhängigkeit von ihrer Bodenbeschaffenheit optimal zu verwirklichen.

Ansprüche

1. Verfahren zur Bodenverdichtung, insbesondere im Erd- und Straßenbau, bei dem mindestens ein Trägheitskörper (11) in Bezug auf ein Druckausübungsorgan (1) in rotierende Bewegung versetzt wird, um dieses periodisch gegen den Boden (3) zu drücken, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auslenkung des Druckausübungsorgans (1) gegen den Boden (3) je nach Bodenbeschaffenheit unabhängig von der Wirkung der Trägheitskraft des Trägheitskörpers bzw. der resultierenden Trägheitskraft der Trägheitskörper (11, 12, 44a, 44b, 73, 75) auf das Druckausübungsorgan (1) dadurch eingestellt wird, daß die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet** daß, zwischen einer Lagerhalterung (4) zur Halterung des Druckausübungsorgans (1) und einem gegenüber der Lagerhalterung (4) bewegungsgedämpften Gestellteil (7) mindestens eine Zusatzmasse (37a, 37b) bei Änderung der Bodenbeschaffenheit derart verschoben wird, daß sich die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) ändert.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei Zusatzmassen (37a, 37b) bis zur Mitte des Druckausübungsorgans (1) synchron aufeinander zu bzw. voneinander weg bewegt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der bzw. die Trägheitskörper (11, 12, 44a, 44b, 73, 75) so angetrieben wird bzw. werden, daß die von ihm bzw. ihnen auf das Druckausübungsorgan (1) übertragene Trägheitskraft bzw. resultierende Trägheitskraft (K_c) in eine vorgegebene Raumrichtung, bevorzugt in Richtung zum Boden (3) größer ist als in entgegengesetzter Richtung.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens zwei Trägheitskörper (11, 12) mit exzentrischer Masseverteilung (25, 15) und mit zueinander unterschiedlichen Umdrehungszahlen in rotierende Bewegung versetzt werden, welche derart eingestellt werden, daß sie ganzzahlige Vielfache der gewünschten Grundschwingung der periodischen Bewegung des Druckausübungsorgans (1) sind, und die Umdrehungszahlen derart synchronisiert werden, daß jeweils im Zeitpunkt, in dem die Zentrifugalkraft (K_a) des oder der mit der niedrigeren Umdrehungszahl rotierenden Trägheitskörper in die vorgegebene Raumrichtung, bevorzugt in Richtung zum Boden

(3) gerichtet ist, auch die Zentrifugalkraft (K_b) des oder der mit der höheren Umdrehungszahl rotierenden Trägheitskörper in dieselbe Richtung gerichtet ist, wobei die resultierende Trägheitskraft (K_c) durch die Summe der Zentrifugalkräfte der Trägheitskörper (11, 12) erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens zwei zweite unwuchtige Trägheitskörper (73, 75) mit gleicher Umdrehungszahl angetrieben werden, und der Zentriwinkel der beiden Unwuchten kontinuierlich oder schrittweise auf einen je nach dem jeweils gewünschten Verdichtungsgrad gewählten Wert im gesamten Bereich zwischen 0° entsprechend einer maximalen resultierenden Zentrifugalkraft und 180° entsprechend einer minimalen oder keiner resultierenden Zentrifugalkraft eingestellt wird, um die auf das Druckausübungsorgan (1) zu übertragende, resultierende Trägheitskraft K_c der Bodenbeschaffenheit des zu verdichtenden Bodens (3) anzupassen.

7. Bodenverdichtungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit mindestens einem mit einem Druckausübungsorgan (1) verbundenen, durch eine Antriebseinrichtung (33) rotierend antreibbaren Trägheitskörper, **dadurch gekennzeichnet**, daß die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) veränderbar ist, damit dessen Auslenkung, hervorgerufen durch den bzw. die bewegten Trägheitskörper (11, 12, 44a, 44b, 73, 75), gegenüber dem Boden (3) verstellbar ist.

8. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** eine Lagerhalterung (4) zur Halterung des Druckausübungsorgans (1), welche bewegungsgedämpft mit einem tragenden Gestellteil (7) verbunden ist, und mindestens eine mit dem Gestellteil (7) und der Lagerhalterung (4) gelenkig verbundene Führungsschiene (35a, 35b), auf der eine Zusatzmasse (37a, 37b) verschiebbar angeordnet ist, um die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) zu erhöhen bzw. zu erniedrigen.

9. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei auf der Lagerhalterung (4) symmetrisch zur Mitte des Druckausübungsorgans (1) und an gegenüberliegenden Orten des Gestellteils (4) angebrachte Führungsschienen (35a, 35b) mit je einer Zusatzmasse (37a, 37b) und eine Verschiebeeinrichtung (38, 39a, 39b, 40, 41), mit der auf den Führungsschienen (35a, 35b) symmetrisch zur Mitte des Druckausübungsorgans (1) die Zusatzmassen (37a, 37b) aufeinander zu oder voneinander weg verschiebbar sind, um die wirksame Masse des Druckausübungsorgans (1) zu erhöhen bzw. zu erniedrigen.

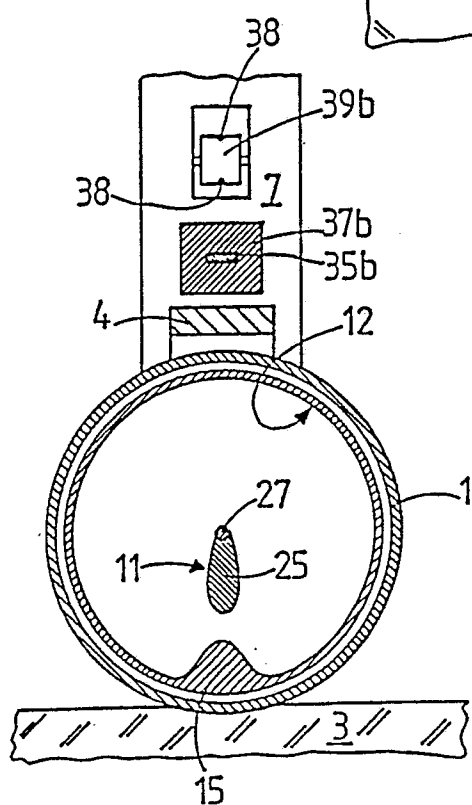
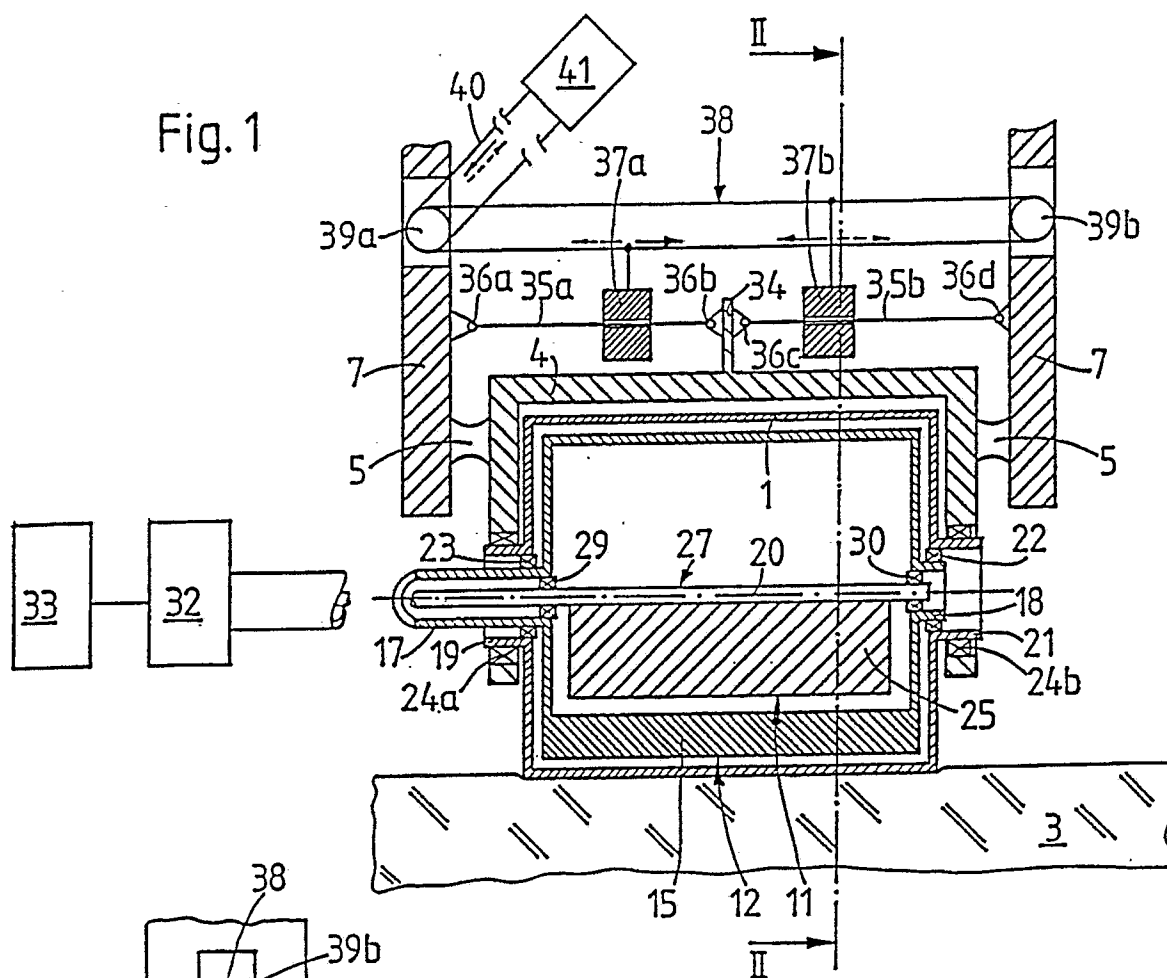
10. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet** daß,

der bzw. die Trägheitskörper (11, 12) durch die Antriebseinrichtung (33) so antreibbar ist bzw. sind, daß die vom Trägheitskörper bzw. den Trägheitskörpern (11, 12) auf das Druckausübungsorgan (1) übertragende Trägheitskraft (K_c) in einer vorgegebenen Raumrichtung, bevorzugt in Richtung zum Boden (3) größer ist als in entgegengesetzt.

11. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet** daß die Trägheitskörper (11, 12) eine exzentrische Masseverteilung (25, 15) zur Erzeugung einer Zentrifugalkraft (K_a , K_b) haben, und ein Getriebe (32), insbesondere ein Zahnradgetriebe, durch welches die Trägheitskörper (11, 12) synchronisiert in Umdrehungen versetzbar sind, vorhanden ist, damit mindestens zwei Trägheitskörper (11, 12) mit unterschiedlichen Umdrehungszahlen antreibbar sind, die ganzzahlige Vielfache einer auf das Druckausübungsorgan (1) zu übertragenden Grundschiwingung der gewünschten periodischen Bewegung sind und die Umdrehungen mit dem Getriebe derart synchronisierbar sind, daß jeweils zum Zeitpunkt, in dem die Zentrifugalkraft (K_a) des oder der mit der niedrigen Umdrehungszahl rotierenden Trägheitskörper (11) in die vorgegebene Richtung, bevorzugt zum Boden (3) gerichtet ist, auch die Zentrifugalkraft (K_b) des oder der mit der höheren Umdrehungszahl rotierenden Trägheitskörper (12) in die vorgegebene Raumrichtung, bevorzugt in Richtung zum Boden (3) gerichtet ist.

12. Bodenverdichtungsvorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet** daß, eine erste Welle (17/21) mit doppelter Umdrehungszahl gegenüber einer zweiten Welle (27) durch das Getriebe (32) synchronisiert antreibbar ist und mit jeder Welle (17/21, 27) mindestens einer der Trägheitskörper (11, 12) verbunden ist.

13. Bodenverdichtungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei zweite unwuchtig in Umdrehungen versetzbare Trägheitskörper (73, 75) und ein Planetengetriebe (60), durch das die zweiten Trägheitskörper (73, 75) mit gleicher Umdrehungszahl antreibbar sind und durch das der Zentriwinkel der Unwuchten der zweiten Trägheitskörper in einem Bereich zwischen mindestens 0° , entsprechend einer minimalen oder keiner resultierenden Zentrifugalkraft, und 180° , entsprechend einer maximalen Zentrifugalkraft, kontinuierlich oder schrittweise verstellbar ist.



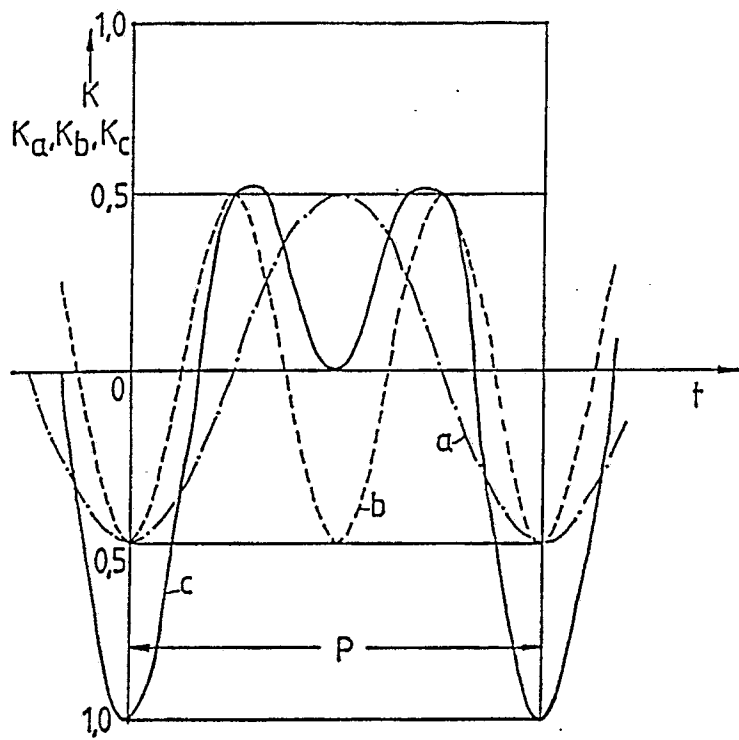


Fig. 3

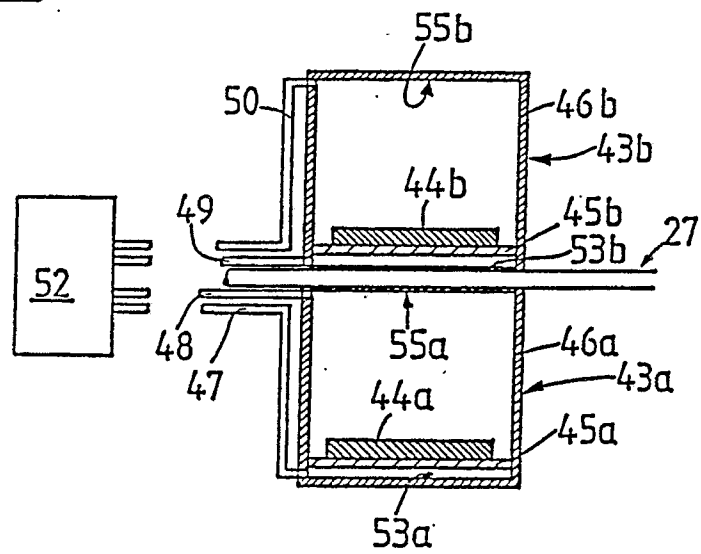


Fig. 4

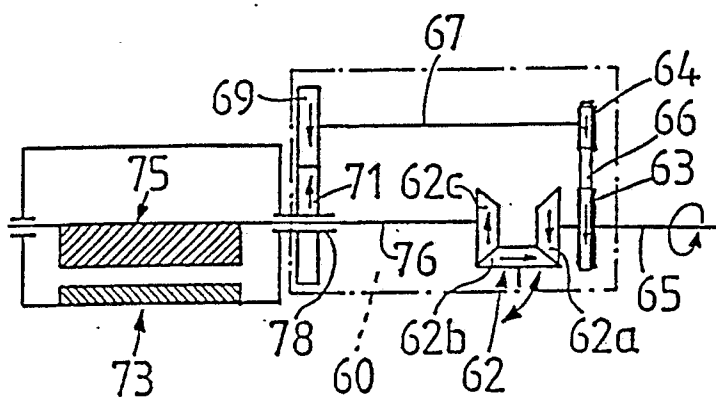


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 11 3072

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
D,A	US-A-3 721 129 (P.C. WALLICK) * Spalte 6, Zeilen 28 - 29; Figur 4 * - - - -	1,7	E 01 C 19/28
A	DE-A-1 634 246 (BOMAG) * Seite 2, Absatz 2 ** Seite 3, Absatz 1 @ Seite 4, Absatz 5 - Seite 5, Absatz 2 @ Seite 6, Absatz 1; Figuren 1c, 5 * - - - -	4-6,10-13	
D,A	AT-B-2 504 23 (MASCHINENFABRIK BUCKAU R. WOLF) * Seite 2, Zeilen 7 - 47; Figuren 1-6 * - - - -	4-6,11,13	
D,A	DE-A-1 634 474 (MASCHINENFABRIK BUCKAU R. WOLF) * Seite 2, Absatz 2 ** Seite 4, Absätze 1 - 2; Figuren 1, 2 * - - - -	4,6,13	
D,A	DE-B-1 111 107 (DINGLERWERKE) * das ganze Dokument * - - - -	11,13	
D,A	US-A-4 105 356 (H.L. LOVELESS) - - - - -		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			E 01 C E 02 D B 06 B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		06 November 90	VERVEER D.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			