



(11)

EP 3 147 406 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.12.2017 Patentblatt 2017/51

(51) Int Cl.:
E01C 19/28^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15186942.7**

(22) Anmeldetag: **25.09.2015**

(54) **MESSSYSTEM UND VERFAHREN ZUR VERDICHTUNGSKONTROLLE EINES BELAGES UND COMPUTERPROGRAMM MIT EINEM PROGRAMMCODE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

MEASURING SYSTEM AND METHOD FOR COMPRESSION CONTROL AND COMPUTER PROGRAM WITH A PROGRAM CODE FOR EXECUTION OF THE METHOD

SYSTÈME DE MESURE ET PROCÉDÉ DESTINÉS AU CONTRÔLE DE COMPRESSION D'UN REVÊTEMENT ET PROGRAMME D'ORDINATEUR AVEC UN CODE DE PROGRAMME POUR EXÉCUTER LA PROCÉDURE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.2017 Patentblatt 2017/13

(73) Patentinhaber: **MOBA Mobile Automation AG**
65555 Limburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Marx, Bernhard**
65555 Limburg (DE)
• **Ligier, Agata**
65555 Limburg (DE)
• **Ullah, Habib**
65555 Limburg (DE)

(74) Vertreter: **Zimmermann, Tankred Klaus**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radtkoferstrasse 2
81373 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
• **S. Werner Roth: "Qualitätssicherung bei der Bodenverdichtung", , Bd. 10/1991 9. Januar 2004 (2004-01-09), Seiten 444-448, XP055242823, Wien [AT] Gefunden im Internet: URL:- [gefunden am 2016-01-19]**
• **Geodynamik AB: "Dokumentationssystem für flächendeckende Verdichtungskontrolle", CDS-012-051D/9408, 9. Januar 2004 (2004-01-09), XP055242845, Stockholm [SE] Gefunden im Internet: URL:- [gefunden am 2016-01-19]**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 147 406 B1

Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Verfahren zur Verdichtungskontrolle, ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle sowie eine Verdichtungs- bzw. Walzeneinrichtung mit einem entsprechenden Messsystem. Im Allgemeinen liegt die Erfindung auf dem Gebiet von Walzen / Walzeneinrichtungen und der flächendeckenden Verdichtungskontrolle (FDVK) von Walzen.

[0002] Bei der FDVK wird der Verdichtungszustand jedes Quadratmeters der verdichteten Fläche gemessen und dokumentiert. Dazu werden kontinuierlich Messungen während des Verdichtungsvorganges durchgeführt. Der Walzenfahrer kann das aktuelle Resultat direkt auf einer im Fahrerstand angeordneten Anzeigeeinheit ablesen und der Bauleitung bzw. der Baukontrolle sogleich ein FDVK-Protokoll übergeben. Darüber hinaus können gespeicherte Flächen und Einzelspuren jederzeit in der Walze abgerufen werden. Dies ermöglicht beispielsweise eine Begutachtung von Flächen durch die Bauleitung oder Fremdüberwachung unmittelbar vor Ort bzw. schnelle Entscheidungen über das weitere Vorgehen.

[0003] Die FDVK setzt ein an der Walze oder am Verdichtungsgerät angeordneten Verdichtungsmesser sowie eine Berechnungseinheit zur Speicherung, Analyse, Dokumentation und Darstellung der Messwerte voraus. Der Verdichtungsmesser kann dabei beispielsweise ein an der Walztrommel angeordneter Sensor (Beschleunigungssensor) sein, welcher die durch die Walze auf den Untergrund wirkenden Kräfte misst. Die Sensorsignale verändern sich im Laufe der Verdichtung, wenn der Untergrund beispielsweise härter und stabiler wird.

[0004] Die vom Verdichtungsmesser erzeugten elektrischen Signale werden von der Berechnungseinheit in einen sog. CMV-Wert (CMV = Compaction Meter Value; relativer Grad der Verdichtung) umgerechnet. Der Verdichtungsmesswert CMV ist ein dimensionsloser Relativwert, der den Verdichtungszustand des Planums zum Zeitpunkt des Abwalzens beschreibt und dessen Betrag mit der Steifigkeit des Planums variiert.

[0005] In der Regel nimmt der CMV-Wert mit zunehmender Anzahl von Übergängen über eine zu verdichtende Schicht zu. Der Absolutbetrag des CMV-Wertes sowie die Zuwachsrate des Wertes von Übergang zu Übergang hängen dabei vor allem von der Größe der Walze und den Eigenschaften des zu verdichtenden Materials bzw. der Unterlage ab. Bleibt der CMV-Wert auch nach wiederholten Übergängen unverändert, ist der entsprechende Abschnitt fertig verdichtet bzw. kann mit der betreffenden Walze nicht weiter verdichtet werden. Der CMV-Wert kann aber auch abnehmen, beispielsweise wenn der Untergrund durch einen zu viele Übergänge gelockert wurde. Je nachdem, ob das geforderte Verdichtungsresultat erreicht ist oder nicht, kann die Verdichtungsarbeit beendet werden oder es müssen weitere Maßnahmen ergriffen werden (z.B. Walze wechseln, Material austrocknen lassen, Materialaustausch usw.).

[0006] Nachteilig an dem bekannten System ist, dass der CMV-Wert immer als absoluter Wert angezeigt wird und hierfür eine Korrelation zwischen dem CMV-Wert und einer entweder im Labor oder durch beispielsweise eine Troxler-sonde (auch "Isotopensonde" genannt; radioaktives Messsystem nach dem Hersteller Troxler Electronic Laboratories USA) gemessenen Verdichtung des Untergrunds berechnet werden muss. Die Prozedur verlangt die Durchführung einer Testbaustrecke mit demselben Material und derselben Maschine, welche für die Baumaßnahme vorgesehen sind. Für jede andere Maschine muss beispielsweise eine neue Teststrecke vorbereitet werden. Nach jeder Überfahrt wird die Verdichtung durch Probenentnahme oder mittels einer Troxler-sonde an mehreren Stellen bestimmt, wobei die Auswertung der entnommenen Proben im Labor erfolgt. Die beschriebene Prozedur ist in der Regel sehr zeitaufwändig und wird daher üblicherweise nur für die Bauabnahme durchgeführt.

[0007] Bekannt ist es auch, im Asphalteinbau für eine flächendeckende Verdichtungskontrolle während des Walzvorgangs die Anzahl der Überfahrten der Walze über die zu walzende Asphaltfläche zu zählen sowie die Temperatur der gewalzten Oberfläche (Straßenbelages) zu messen, da der Asphalt nur bis zu einer vordefinierten Minimaltemperatur gewalzt werden kann. Durch das Zählen der Überfahrten wird ein gleichmäßiges Überfahren und Verdichten der Asphaltfläche erreicht. Zusammen mit GNSS-Positionsdaten von einem an der Walze angeordneten GNSS-Positionierungssystem werden diese Daten zum einen dem Walzenfahrer während des Walzvorganges dargestellt und zum anderen aber auch zu Qualitätsnachweiszwecken abgespeichert bzw. protokolliert. Weiterhin können die Daten zusammen mit den GNSS-Positionsdaten der Walze über eine drahtlose Kommunikationsschnittstelle von einem Baustellenbüro aus abgerufen werden.

[0008] Nachteilig an dieser Vorgehensweise ist, dass keine flächendeckende Messung der Verdichtung erfolgt und somit entweder eine ungenügende Verdichtung (sog. Unterverdichtung) oder eine zu große Verdichtung (sog. Überverdichtung) des Asphalts erfolgt. Dies kann am Beispiel einer asphaltierten Straße häufig zu frühzeitigem Verschleiß dieser Straße bzw. des Straßenbelages führen.

[0009] Weiterhin offenbart die DE 10 2010 054 755 A1 ein Verfahren und System zur Verdichtungsmessung eines ersten und zweiten Tiefenbereichs eines Materials. Die gemessenen Verdichtungswerte werden während des Walzvorgangs in Abhängigkeit eines gewünschten Verdichtungsgrades (Sollwert) auf einem Anzeigesystem farblich dargestellt. Dabei werden die beiden Tiefenbereiche beispielsweise in blauer und roter Farbe dargestellt, wobei ausgehend vom gewünschten Verdichtungsgrad dunklere Farbschattierungen eine stärkere Verdichtung und hellere Farbschattierungen eine geringere Verdichtung angeben.

[0010] Die DE 699 06 803 T2 offenbart ein Verfahren

und ein System für die Vorhersage der Verdichtungsqualität, wobei hier zunächst Materialdichtewerte nach mindestens einem ersten und einem zweiten Durchgang durch eine Verdichtungsmaschine gemessen werden. Aus den Messwerten wird anschließend eine Verdichtungsansprechkurve bestimmt, aus welcher dann eine noch benötigte Anzahl von Verdichtungsdurchgängen vorhergesagt wird, sodass eine gewünschte Dichte des Materials erreicht wird.

[0011] Ferner offenbart die DE 29723171 U1 eine Walzeneinrichtung zur Verdichtung von Asphaltdecken, mit zwei an einer Aufhängung parallel zur Achse des Walzenkörpers zueinander beabstandeten Sensoren zum Messen des Abstands zur Asphaltdecke. Dabei sind ein Sensor im Bereich der Walzenspur und der andere außerhalb des Bereichs der Walzenspur angeordnet. Die Differenz der Messwerte der beiden Sensoren ist ein Maß für die Verdichtungszunahme beim jeweiligen Walzenübergang.

[0012] Alle bekannten Systeme bzw. Verfahren zeigen absolute Verdichtungswerte bzw. den Grad der Verdichtung als absoluten Wert an, entweder als Zahlenwert zwischen beispielsweise 0 und 100, oder auch grafisch, d. h. beispielsweise als farbliche Darstellung.

[0013] Bei den bekannten Systemen wird auch davon ausgegangen, dass die Verdichtung eines Untergrunds mit fortschreitendem Walzen zunimmt und solange gewalzt wird, bis ein Verdichtungssollwert in einem vordefinierten Toleranzbereich von beispielsweise +/- 5 bis 10 % erreicht ist.

[0014] Kleinere Änderungen der Verdichtung bzw. des Grades der Verdichtung, insbesondere in negativer Richtung, werden dabei oft nicht erkannt. Solche Änderungen können entstehen, wenn beispielsweise unterhalb des zu walzenden Planums Unterführungen, Rohre oder Schächte verlaufen oder auch größere Steinbrocken in einer tieferen Schicht liegen. Dadurch wird jedoch die Verdichtung der darüber liegenden Materialsichten beeinträchtigt, d. h. eine optimale Verdichtung wird an einer solchen Stelle beispielsweise schon früher erreicht als an anderen Stellen, unterhalb derer keine Rohr oder Ähnliches verläuft.

[0015] Mit einem System, welches die Verdichtung bzw. den Grad der Verdichtung als Absolutwert darstellt, sind derartige Stellen unterhalb des zu walzenden Planums durch den Walzenfahrer üblicherweise nicht oder nur sehr schlecht bzw. erst sehr spät, d. h. erst nach mehrmaligen Überfahrten, erkennbar. Es würden somit durch eine zu große Verdichtung (bedingt durch zu viele Überfahrten) ein oder mehrere Schwachstellen im Planum entstehen, welche am Beispiel einer asphaltierten Straße häufig zu frühzeitigem Verschleiß dieser Straße bzw. des Straßenbelages führen kann.

[0016] Somit besteht also der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Konzept zu schaffen, das eine verbesserte Real-Time-Auswertung bzw. eine allgemeine verbesserte Auswertung für die Verdichtungskontrolle ermöglicht.

[0017] Die Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0018] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle eines Belages, z.B. im Straßenbau, für eine Verdichtungseinrichtung oder eine Walzeneinrichtung. Die Verdichtungseinrichtung umfasst zumindest ein Verdichtungselement wie eine (vibrierende) Platte oder Bandage/Walze, die durch Gewicht und/oder Vibration den Belag verdichtet. Das Messsystem umfasst einen Verdichtungssensor, eine Positions-Auswerteeinheit sowie eine Messwerte-Auswerteeinheit. Der Verdichtungssensor, der beispielsweise durch einen Schwingungssensor realisiert sein kann und z.B. am Lager der Bandage der Walzeneinrichtung (Verdichtungseinrichtung) angeordnet ist, ist ausgebildet, um eine Beschleunigung des Verdichtungselements infolge der Vibration (der Bandage) oder alternativ eine Beschleunigung einer Messsonde infolge einer induzierten Messvibration über den zeitlichen Verlauf zu ermitteln und ein Messsignal zugehörig zu der ermittelten Beschleunigung auszugeben. Die Positions-Auswerteeinheit, die z.B. mit einem Positionssensor verbunden ist, ist ausgebildet, um ausgehend von geeigneten Positionsinformationen über den zeitlichen Verlauf eine Bewegungsbahn der Verdichtungseinrichtung zu ermitteln und die Messsignale über den zeitlichen Verlauf der Bewegungsbahn zuzuordnen. Die Messwerte-Auswerteeinheit ist ausgebildet, um zu jedem Messsignal auf der Bewegungsbahn eine Veränderung einer Verdichtung des Belages zu ermitteln.

[0019] Der Erfindung liegt also die Erkenntnis zugrunde, dass im Gegensatz zu den im Stand der Technik bekannten Systemen die Krafteinwirkungen bzw., um genau zu sein, eine Vibration oder Messvibration, auf das zu verdichtenden/zu walzende Planum gemessen bzw. gemonitort werden und ausgehend hiervon die Änderungen des Verdichtungsgrades bzw. der gemessenen Krafteinwirkung ermittelt bzw. dargestellt werden, wobei die Darstellung je Punkt / Position auf der Bewegungsbahn erfolgt. Dadurch sind die Änderungen bzw. Veränderungen unterhalb des Planums und somit potentielle Schwachstellen im Planum (Unter- bzw. Überverdichtungen) während des Verdichtungsvorgangs sofort erkennbar. In vorteilhafter Weise werden so kleinste Änderungen sofort erfasst, was eine aufwendige Kalibrierung bzw. ein Teststreckenaufbau nicht mehr notwendig macht. Diese Erfindung zieht weitere positive Effekte nach sich. So ist es auf einfache Art und Weise möglich, Stellen unterhalb des Planums, an welchem eine Verdichtung des Planums beeinträchtigt wird, frühzeitig zu erkennen. Dadurch können entsprechende Maßnahmen vor der Fertigstellung des Gewerks ergriffen werden, die dazu geeignet sind, die Qualität der Verdichtung auf ein Höchstmaß zu erhöhen. Einhergehend wird die Verdichtungsarbeit auf das Notwendigste reduziert und daher Material geschont und Kosten gesenkt.

[0020] Durch die Auswertung der Veränderung der Verdichtung des Belages ist es möglich, die aktuelle Be-

wegungsbahn bzw. einen Punkt oder Bereich der aktuellen Bewegungsbahn unterschiedlich einzugruppieren. So erfolgt durch die Messwerte-Auswerteeinheit eine Eingruppierung der Bewegungsbahn in eine erste Gruppe, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages minimal ist, wobei bei dieser ersten Gruppe kein weiteres Walzen mehr erforderlich ist. Eine Eingruppierung in eine zweite Gruppe erfolgt dann, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages groß ist, wobei bei dieser zweiten Gruppe ein weiteres Walzen notwendig ist. Optional kann auch eine Eingruppierung der Bewegungsbahn in eine dritte Gruppe erfolgen, wenn diese Veränderung der Verdichtung des Belages negativ ist. Somit ist es vorteilhafter Weise möglich, direkt den Schluss zu ziehen, wie die weitere Bearbeitung des jeweiligen Planums erfolgen soll.

[0021] Bei obiger Auswertung wird entsprechenden Ausführungsbeispielen die Veränderung des Verdichtungsbelages relativ betrachtet. Hierbei wird beispielsweise der sogenannte Delta-CMV bestimmt. Dies erfolgt beispielsweise dadurch, dass eine Differenzbildung eine absolute Verdichtung (CMV_{vorher}) des Belages vor dem Verdichten oder am Anfang des Verdichtens und eine absolute Verdichtung des Belages nach dem Verdichten ($CMV_{nachher}$) ermittelt wird. Entsprechend Ausführungsbeispielen erfolgt die Ermittlung der Veränderung der Verdichtung des Belages bzw. die Messung der Absolutwerte durch die Ermittlung von der Krafteinwirkung bei der Vibration, wobei die Krafteinwirkung auf die Walze und der Dämpfung der Vibration durch den Belag infolge der Vibration mittels des Beschleunigungssensors ermittelt wird.

[0022] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann entweder ausgehend von der Vibration des Verdichtungselements bzw. der Bandage, welche zur Verdichtung selbst genutzt wird, die Messung durchgeführt werden oder durch ein separates Element (hier Messsonde genannt) eine so genannte Messvibration erzeugt werden.

[0023] Durch die erhaltenen Positionen kann auch zusätzlich gezählt werden, wie oft eine bestimmte Stelle schon gewalzt worden ist. Dieser Vorgang erfolgt in der Positions-Auswerteeinheit. Die Positions-Auswerteeinheit kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen auch mit einem Positionssensor, der z.B. Teil des Messsystems ist, verbunden sein. Das bietet den Vorteil, dass das System autonom, d.h. ohne Daten von dem Fahrzeug zu erhalten, funktionsfähig ist.

[0024] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen umfasst das Messsystem auch noch Zusätzliche Sensoren, wie z.B. eine Kommunikationseinheit oder einen Temperatursensor, die typischerweise alle über eine Schnittstelle mit dem restlichen Messsystem verbunden sind. Über die Kommunikationseinheit können Daten mit weiteren im Einsatz befindlichen Walzeneinrichtungen oder mit einer Zentrale ausgetauscht werden, die dann den Arbeitsfortschritt monitort oder protokolliert. Diese o.g. Schnittstelle ist daher wichtig, da das Messsystem

flexibel in unterschiedliche Walzvorrichtungen integriert werden kann. Der oben genannte Temperatursensor dient vorteilhafterweise entsprechend Ausführungsbeispielen zur Überwachung der Temperatur des gerade zu walzenden Belages, um so die Beurteilung des Walzens zu verbessern.

[0025] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann das Messsystem auch eine Anzeige umfassen, mittels welcher die Veränderung der Verdichtung des Belages entlang der Bewegungsbahn dargestellt wird. Gleichzeitig kann mit der Anzeige auch die Darstellung der absoluten Verdichtung und aber auch andere Werte, wie z.B. der Belagtemperatur oder der Anzahl der Walzvorgänge je Position dargestellt werden. Abhängig von diesen Parametern und insbesondere abhängig von der Veränderung der Verdichtung des Belages ist es nun dem Walzenführer möglich, zu beurteilen, ob weiteres Walzen notwendig ist. Um dies zu vereinfachen, kann die grafische Darstellung so gewählt werden, dass die oben erläuterten Gruppen direkt aus der Graphik hervorgehen. Diese auf der Realtime-Auswertung basierende Ausgestaltung ist vorteilhaft, da so die Walzarbeit hinsichtlich Effizienz und Qualität verbessert wird.

[0026] So ist es entsprechend Ausführungsbeispielen auch möglich, ausgehend von der Veränderung des Verdichtung des Belages bzw. ausgehend von der Veränderung der Verdichtung des Belages beim aktuellen Walzvorgang zum vorherigen Walzvorgang sogenannte "Schwachstellen" wie sie oben bereits erläutert wurden (Rohre unter der Fahrbahn) zu detektieren, um ausgehend von diesen detektierten Schwachstellen die entsprechende Klassifizierung in "weiteres Walzen erforderlich"/"kein weiteres Walzen erforderlich"/"weiteres Walzen schädlich" vorzunehmen.

[0027] Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf die Walzeneinrichtung an sich, die typischerweise zumindest eine, bevorzugt aber zwei, Walzen bzw. Bandagen umfasst und wobei das Messsystem dann direkt in die Walzeneinrichtung integriert ist.

[0028] Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zur Verdichtungskontrolle des Belages. Das Verfahren umfasst die Schritte "Ermitteln einer Beschleunigung einer Messsonde infolge einer Messvibration und/oder einer Beschleunigung der Walzen infolge der Vibration der Walze über den zeitlichen Verlauf" und "Ausgeben eines Messsignals zugehörig zu der ermittelten Beschleunigung", "Ermitteln einer Bewegungsbahn der Verdichtungseinrichtung ausgehend von erhaltenen Positionsinformationen über den zeitlichen Verlauf" und "Zuordnen der Messsignale über den zeitlichen Verlauf der Bewegungsbahn" sowie "Ermitteln zu jedem Messsignal auf der Bewegungsbahn einer Veränderung der Verdichtung des Belages".

[0029] Entsprechen den zusätzlichen Ausführungsbeispielen kann dann in Abhängigkeit von diesen fünf Basisschritten auch der Schritt des Klassifizierens der Veränderung der Verdichtung des Belages in die drei oben erläuterten Gruppen erfolgen. Hierdurch ist es auf

einfache Weise möglich, Stellen unterhalb des Planums, an welchem eine Verdichtung des Planums beeinträchtigt wird, frühzeitig zu erkennen. Dadurch können entsprechende Maßnahmen vor der Fertigstellung des Gewerks ergriffen werden, die dazu geeignet sind, die Qualität der Verdichtung auf ein Höchstmaß zu erhöhen. Einhergehend wird die Verdichtungsarbeit auf das Notwendigste reduziert und damit Material geschont und Kosten gesenkt. Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Computerprogramm, das das entsprechende Verfahren durchführt.

[0030] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich sowohl auf Walzeinrichtungen mit (vibrierenden) Bandagen als Verdichtungseinrichtungen, aber auch auf Rüttelplatten zu Verdichtung. Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen definiert.

[0031] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Walze zum Verdichten des Planums;

Fig. 2a ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 2b ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, installiert an der Walze aus Fig. 1;

Fig. 2c ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, installiert an einer weiteren Walze;

Fig. 3 ein Messsystem zur Verdichtungskontrolle mit erweitertem Umfang gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Anzeige der Verdichtung, welche mit obigem Messsystem ermittelt wurde; und

Fig. 5 ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zur Verdichtungskontrolle.

[0032] Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren im Detail erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente oder Strukturen mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, sodass die Beschreibung derer austauschbar bzw. aufeinander anwendbar ist.

[0033] Fig. 1 zeigt eine Walze 10 zum Verdichten eines Planums bzw. Untergrunds 30, mit einem Fahrerstand 70 und zwei Bandagen 50 und 60 im vorderen und hinteren Bereich der Walze 10. Zum Verdichten des Untergrunds 30 bewegt sich die Walze 10 auf der Oberfläche 20, vorzugsweise in einzelnen Bahnen vor und zurück, um eine möglichst gleichmäßige bzw. flächendeckende

Verdichtung des Untergrunds 30 herbeizuführen. Der Untergrund 30 kann dabei eine Asphaltdecke oder Ähnliches mit einer darunter befindlichen weiteren Schicht 40 sein. Um eine entsprechende Verdichtungskraft auf den Untergrund 30 auszuüben, kann die Bandage 50 mit einer Vibration beaufschlagt werden, sodass entsprechende Vibrationsschwingungen 80 in den Boden eindringen und den Untergrund 30 bei einer Überfahrt der Walze 10 entsprechend stärker verdichten. Die Stärke der Vibration bzw. die Amplitude und Frequenz der Schwingungen ist einstellbar.

[0034] In Abhängigkeit von der Amplitude einer Frequenz erfolgt die Verdichtung, die, wie oben bereits angedeutet, mit sogenannten FDVK-Systemen gemessen und dokumentiert werden kann. Das Grundprinzip der FDVK-Systeme lässt sich wie folgt darstellen: Bei der Fahrt der Walze 10 mit Schwingung der Bandage 50 und der daraus resultierenden dynamischen (homogenen) Erregung 80 wird durch den Bodenkontakt bzw. die Bodenkontaktkraft das Sinussignal oder allgemein das Vibrationssignal 80 verzerrt. Unter der Annahme, dass die Walzenparameter (Fahrgeschwindigkeit, statischer Last, schwingende Masse, Exzentrizität, Masse der Unwucht oder weitere Parameter) konstant sind, können die Änderungen im Bewegungsverhalten der Bandage 50 eindeutig wechselnden Untergrundverhältnissen zugeordnet werden. Um diese zu messen, umfasst ein FDVK-System typischerweise einen Verdichtungssensor, der z.B. am Lager der Walze 50/60 angeordnet ist.

[0035] Ausgehend von der so ermittelten Beschleunigung bzw. insbesondere der Beschleunigung in vertikaler Richtung können die Sensorsignale des Beschleunigungssensors im Frequenzraum analysiert werden. Der dimensionslose CMV-Wert (Compaction Meter Value, Verdichtungsmesswert) ist bezogen auf die Amplitude der Erregerfrequenz proportional zu der Amplitude der ersten Oberschwingung. Das heißt also, dass der CMV-Wert immer in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz ermittelt wird bzw. ein Verhältnis zwischen ermittelter Amplitude und erzeugter Amplitude darstellt. Hieraus wird klar, dass bei zunehmender absoluter Verdichtung an einem Punkt sich dieses Verhältnis verschiebt, sodass ausgehend von diesem Verhältnis auf die absolute Verdichtung geschlossen werden kann. Umgekehrt ausgedrückt heißt das, dass der CMV-Wert ein Maß für die absolute Verdichtung ist, wobei hier nicht Bezug genommen wird auf die insgesamt mögliche absolute Verdichtung des Belages, sondern auf die mit dieser eingesetzten Walze 10 erreichbare Verdichtung.

[0036] Fig. 2a zeigt ein Verdichtungsmesssystem 15, das einen Verdichtungssensor 150 sowie eine Berechnungseinheit 120 mit den Bestandteilen der Positionsauswerteeinheit 120a und Messwerte-Auswerteeinheit 120b umfasst. Bei der nachfolgenden Erläuterung der Funktionsweise des Messsystems 15 wird davon ausgegangen, dass dieses an einer Walzeinrichtung mit einer Walze für den Straßenbau angebracht ist, wobei die Walze durch Vibration den Belag verdichtet, während sie

sich entlang einer Bewegungsbahn bewegt. Diese Bewegungsbahn kann beispielsweise dadurch bestimmt werden, dass eine Vielzahl von Positionsinformationen über einen zeitlichen Verlauf bestimmt wird.

[0037] Diese Positionsinformationen, z.B. ermittelt mittels eines GPS- oder GNSS-Sensors, einer Totalstation oder eines anderen 2D- bzw. 3D-Positionssensors, oder auch allgemein ermittelt auf Basis der Fahrgeschwindigkeit (bzw. Drehzahl der Bandage und/oder Lenkwinkel) der Walze, werden über die Positions-Auswerteeinheit 120a erhalten (vgl. gestrichelte Linie). D. h. also, dass das System optional oder alternativ mit dem Fahrzeug / Fahrzeugbus "gekoppelt" sein kann, um von diesem Positionsinformationen zu erhalten. Beispielsweise kann über einen sog. Kalman-Filter dann eine kontinuierliche Positionsänderung der Walze berechnet werden, wenn z.B. kein GNSS-/GPS-Sensor vorhanden ist oder wenn infolge von Durchfahrten durch Tunnel oder unter Brücken ein stabiles GNSS-/GPS-Signal nicht verfügbar ist. Sobald ein GNSS-/GPS-Signal wieder stabil vorhanden ist, kann dieses wieder für die Positionsbestimmung verwendet werden.

[0038] Parallel zu der Positionsauswertung erfolgt die Messwerte-Auswertung. Hierzu empfängt die Messwerte-Auswerteeinheit 120b von dem Verdichtungssensor 150 Messsignale, die einen Rückschluss auf die aktuelle Beschleunigung der Walze (infolge der Vibration der Walze) zulassen. Die Reihe der Messsignale über den zeitlichen Verlauf ermöglicht also festzustellen, wie die Beschleunigung sich entlang der Bewegungsbahn verhält. Hierzu wird dann der zeitliche Verlauf der Messsignale dem zeitlichen Verlauf der Positionsinformationen zugeordnet.

[0039] Da die Walzenvorrichtung eine relativ langsame Geschwindigkeit entlang der Bewegungsbahn hat, ändert sich die Beschleunigung während des Verdichtungsvorgangs je Punkt der Bewegungsbahn. Diese Veränderung der Beschleunigung lässt einen Rückschluss auf die Veränderung der horizontalen Krafteinwirkung auf das Planum und damit auf eine Veränderung des Verdichtungsgrades zu. Die Veränderung des Verdichtungsgrades je Punkt bzw. je Walzvorgang entlang der Bewegungsbahn ermöglicht es, einen viel besseren Rückschluss auf die Verdichtung an sich zu schließen als nur alleine der absolute Wert.

[0040] Die Veränderung des Verdichtungsgrades lässt sich durch Ableitung des CMV-Wertes nach der Zeit oder durch Differenzbildung der anfänglichen und der resultierenden Verdichtung bestimmen. Diese Differenzbildung CMV_{diff} lässt sich mathematisch wie folgt beschreiben:

$$CMV_{diff} = CMV_{nachher} - CMV_{vorher},$$

wobei $CMV_{nachher}$ den Wert nach erfolgter Walzung und CMV_{vorher} den Wert vor der Walzung beschreibt.

[0041] So kann beispielsweise eine sehr kleine Veränderung dahin gehend ausgelegt werden, dass keine weitere Verdichtung des Untergrunds mehr erreicht werden kann. Eine große Veränderung hingegen lässt den Rückschluss zu, dass der Untergrund noch stark verdichtet werden kann bzw. noch stark verdichtet werden muss, um einen tragfähigen Straßenbelag zu erhalten. Ein drittes Beispiel ist dann, wenn sogar eine Verdichtungsabnahme nur noch infolge des häufigen Walzens bewirkt werden kann.

[0042] Hintergrund dieses Ansatzes ist es, dass insbesondere Störstellen im Untergrund, wie z.B. Rohre die absolute Verdichtung limitieren und so alleine ausgehend von der absoluten Verdichtung nicht ein endgültiger Rückschluss auf das Verdichtungsergebnis gezogen werden kann.

[0043] Durch oben erläutertes Messsystem 15 ist es also möglich, die Effizienz und die Qualität bei der Verdichtung erheblich zu verbessern.

[0044] Bezug nehmend auf Fig. 2b wird das oben im Einzelnen erläuterte Verdichtungsmesssystem 15 in Kombination mit der Walze 10 erläutert, wobei zusätzliche und optionale Einheiten bei dem hier dargestellten Verdichtungsmesssystem 15' vorgesehen sind. Das Verdichtungsmesssystem 15' besteht im Wesentlichen aus dem im Bereich der vorderen Bandage 50 und dem Chassis der Walze 10 angeordneten Schwingungsaufnehmer 150 (beispielsweise ein Beschleunigungssensor), aus einer auf dem Dach 90 der Walze 10 angeordneten GNSS-Empfängereinheit 100, aus einer ebenfalls auf dem Dach 90 der Walze 10 angeordneten Kommunikationseinheit 110, aus einem im unteren Bereich und vorzugsweise zwischen den beiden Bandagen 50, 60 angeordneten berührungslosen Temperatursensor 140 sowie einer im Fahrerstand 70 angeordneten Anzeige und Berechnungseinheit 120, die die Positions-Auswerteeinheit 120a und die Messwerte-Auswerteeinheit 120b beherbergt. Zusätzlich kann eine optionale Verbindungsbox 130, in welcher alle genannten Komponenten des Verdichtungsmesssystems 15' mittels der elektrischen Verbindungen 161 bis 165 angeschlossen sind, vorgesehen sein.

[0045] Die Funktionalität entspricht der Bezug nehmend auf Fig. 2a erläuterten, sodass also bei Verdichtung durch die Walze 10, d.h. während der Überfahrt der Walze 10 über dem Untergrund 30 Beschleunigungen mittels des Schwingungsaufnehmers 150 gemessen werden und in der Berechnungseinheit 120 entsprechend ausgewertet werden. Der GNSS-Empfänger 100 liefert die nötigen Positionsinformationen an die Berechnungseinheit 120. Zusätzlich können zu der Auswertung der reinen Beschleunigung ermittelt mittels des Schwingungsaufnehmers 150, auch noch zusätzliche Parameter, wie z.B. die Temperatur des Planums, ermittelt mittels des Temperatursensors 140 mit berücksichtigt werden. Mittels der Kommunikationseinheit 110 können Daten mit einer Zentrale, wie z.B. die aktuellen Messdaten, ausgetauscht werden.

[0046] In Bezug auf oben genanntes Ausführungsbeispiel aus Fig. 2b sei darauf hingewiesen, dass die einzelne Implementierung des dargestellten Systems variieren kann. So kann beispielsweise bei der Implementierung aus Fig. 2b der Verdichtungssensor 150, welcher an dem Lagergestell im Bereich der Bandage 50 angeordnet ist, auch woanders im Lagergestell bzw. im Lager selbst oder im Bereich der zweiten Bandage 60 angeordnet sein. Alternativ hierzu wäre es auch möglich, dass zwei derartige Verdichtungssensoren für die zwei Bandagen 50 und 60 vorgesehen sind. Im Allgemeinen heißt das, dass auch mehrere Schwingungssensoren (bspw. zwei (an den Bandagen vorne und hinten) oder vier (zwei an der Bandage vorne links/rechts; zwei an der Bandage hinten links/rechts) an der Walzeneinrichtung angeordnet sein können.

[0047] Zusätzlich sei darauf hingewiesen, dass es nicht zwingend notwendig ist, dass die Einheit 120 einen Display zur Darstellung der Informationen für den Fahrer umfasst. Die Einheit 120 kann auch im einfachsten Fall nur die jeweiligen Berechnungseinheiten aufweisen, wobei dann die Auswertungsdarstellung z.B. zentral am Kontrollstand, d.h. entfernt von der Walze 10 erfolgt, wenn die entsprechenden Auswertungsdaten über die Kommunikationsschnittstelle 110 mittels der Funksignalen 112 übertragen werden.

[0048] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann entweder nur die Darstellung von Informationen, die einen Rückschluss auf das Verdichtungsergebnis zulassen, oder aber auch die Protokollierung derselben erfolgen. Dies dient dem Zweck, dass gegenüber dem Auftraggeber nachgewiesen werden kann, dass die geleistete Verdichtungsarbeit den gesetzten Anforderungen entspricht. Hierzu werden also dann alle Messwerte, wie die relative Verdichtungsänderung oder die absolute Verdichtung, aufgetragen über die abgefahrenen Bewegungsbahnen, in einem Speicher hinterlegt. Zusätzlich können auch die Stellen auf der Bewegungsbahn markiert werden, an denen keine weitere Verdichtungszunahme erzielt werden konnte, weil beispielsweise hier die oben angesprochenen Störstellen (Rohre im Untergrund) vorliegen. Alternativ oder additiv zur internen Speicherung kann die Protokollierung auch nach Extern übermittelt werden oder direkt extern erfolgen, so dass also mit der Kommunikationsschnittstelle 110 die entsprechenden Daten an eine Zentrale übermittelt werden, auf die beispielsweise der Auftraggeber zugreifen kann. Hierdurch kann auch der Arbeitsfortschritt transparent gemacht werden.

[0049] Zusätzlich sei darauf hingewiesen, dass es auch nicht zwingend notwendig ist, dass in dem Messsystem alle Einheiten mittels Kabel miteinander verbunden sind. Alternativ wären nämlich auch Funkverbindungen zur Kommunikation der einzelnen Einheiten untereinander denkbar. Entsprechend einer derartigen Implementierung wäre es also möglich, dass nur die Daten bezüglich Position (vgl. Positionssensor 100) sowie die Beschleunigungsdaten vom Beschleunigungssensor

150 an der Walze 10 selbst gesammelt werden und die Auswertung vollständig in der Zentrale erfolgt. Das heißt also, dass bei einem derartigen System die Berechnungseinheit 120 nicht an der Walze 10, sondern extern angeordnet ist.

[0050] Bei obigen Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, dass die gemessene Beschleunigung an dem Verdichtungssensor eine Folge der Vibration, welche zur Verdichtung in das Planum eingebracht wird, ist. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ist oben erläutertes Verdichtungsmesssystem auch auf Verdichteter, die keine Vibration, sondern nur ihre Gewichtskraft nutzen, übertragbar, wie bezugnehmend auf Fig. 2c erläutert wird.

[0051] Fig. 2c zeigt eine weitere Ausführungsform für statische Walzen (ohne Vibration bzw. Oszillation der Bandagen) wie beispielsweise eine Gummiradwalze. Hier ist das Messsystem 15* zur Verdichtungskontrolle auf einem Art "Anhänger" 11, welcher hinter der Walze 10 hergezogen wird, integriert. Der Anhänger 11 umfasst eine vibrierende Bandage 61 mit zwei darüber liegenden Unwuchtgewichten 12a/12b zur Erzeugung einer Vibration, stellt also einen Vibrationsgenerator dar, welcher prinzipiell die gleiche Technik nutzt, die an einer vibrierenden Walze verwendet wird, wobei ggf. geringere Vertikalkräfte zum Einsatz kommen. An dem Anhänger 11 ist eben auch das Messsystem 15*, umfassend Verdichtungs- bzw. Schwingungssensor 150, GPS-Empfänger 100 und Kommunikationsmodul 110a/b (etc.) angeordnet ist.

[0052] Die mittels dem Messsystem 15* gemessenen Daten könnten dann beispielsweise per Funk vom Messsystem 15* (Anhänger 11) an den Fahrerstand 70 der Walzeneinrichtung 10 übermittelt und dort angezeigt (vgl. Anzeige 120) werden.

[0053] Es sei angemerkt, dass bevorzugt die Unwuchtgewichte 12a/12b so angeordnet sind, dass diese nur eine senkrecht nach unten wirkende Vibrationskraft 80, und keine horizontal wirkende (d. h. in Richtung Walze 10 oder von dieser weg) erzeugen.

[0054] Fig. 3 zeigt im Wesentlichen die einzelnen Komponenten des Verdichtungsmesssystems 15" und wie diese miteinander elektrisch verbunden sind. Zur Stromversorgung des Systems dient die auf der Walze 10 befindliche Batterie 180, welche an der Verbindungseinheit 130 (junction box) angeschlossen ist. An der Verbindungseinheit 130 sind wiederum die Anzeige- und Berechnungseinheit 120 (Display/Controller), die GNSS-Empfängereinheit 100 (GNSS Antenna) sowie ein optionaler Signalwandler 131 (signal converter), an welchem die beiden Sensoren für Temperatur 140 und Beschleunigung 150 angeschlossen sind. Die Kommunikationseinheit 110 (WLAN) ist gemäß der Ausführung nach Fig. 3 direkt an der Anzeige- und Berechnungseinheit 120 angeschlossen - gemäß Fig. 2 ist es jedoch auch denkbar, die Kommunikationseinheit 110 (WLAN) an der Verbindungseinheit 130 (junction box) anzuschließen. Alle Komponenten sind mit unterschiedlichen elektrischen

Schnittstellen versehen, wie beispielsweise CAN, RS232, I²C oder auch Ethernet. Je nach Verbindung werden entsprechende Kabeltypen bzw. Anschlüsse an bzw. zwischen den Komponenten verwendet.

[0055] Zu den in Fig. 3 gezeigten einzelnen Komponenten des Verdichtungsmesssystems und deren elektrischen Verbindungen untereinander sei jedoch angemerkt, dass einige Komponenten lediglich optional (ggf. nicht notwendig) sind und es demnach auch eine von der in Fig. 3 abweichende Verbindungsstruktur geben kann. Dies ist abhängig von der technischen Beschaffenheit der Komponenten bzw. der Schnittstellen.

[0056] D. h., dass bspw. der Temperatursensor 140 und/oder der Beschleunigungssensor 150 auch direkt an die Anzeige- und Berechnungseinheit 120 (Display/Controller) angeschlossen sein können. Auch ist es möglich, dass die Kommunikationseinheit 110 (WLAN) und/oder die GNSS-Empfängereinheit 100 (GNSS Antenna) direkt an die Anzeige- und Berechnungseinheit 120 (Display/Controller) angeschlossen sein können. Weiterhin ist bspw. der Temperatursensor 140 für Erdbauarbeiten (Walzen bzw. Verdichten von Erde, Sand, Kies usw.) nicht notwendig. Auch wäre die Kommunikationseinheit 110 (WLAN) bei Verwendung von lediglich einer Walze auf der Baustelle ggf. optional, falls kein weiterer Kommunikationspartner wie bspw. ein Baustellenbüro in der Nähe ist.

[0057] Die Funktionalität des hier in Fig. 3 dargestellten Verdichtungsmesssystems 15" entspricht der obigen. Nachfolgend wird auf den Inhalt der für den Walzenbediener vorgesehenen Anzeige (vgl. Bezugszeichen 120) eingegangen.

[0058] In Fig. 4 ist nun beispielhaft ein dem Fahrer der Walze während des Walzvorgangs angezeigter Bildschirminhalt bzw. Anzeigebereich 121 auf der Anzeige- und Berechnungseinheit 120 dargestellt. Die Darstellungen teilen sich dabei in drei Bereiche 121a, 121b und 121c auf. Bei der Anzeige- und Berechnungseinheit 120 kann es sich um einen TFT-Bildschirm, idealerweise jedoch um einen sog. Touch-Bildschirm, handeln. Im linken Anzeigebereich 121a ist im oberen linken Bereich die Anzahl der bereits gefahrenen Überfahrten 201 dargestellt. Im Beispiel wurden von 31 geplanten Überfahrten bereits 30 abgeleistet. Weiterhin befindet sich in den Anzeigebereichen 121a (linker Bereich) und 121b (mittlerer Bereich) jeweils eine grafische Darstellung der Walz-Oberfläche 122a und 122b mit einer symbolisch dargestellten Walze 200. Die Darstellungen 122a und 122b gleichen einer Draufsicht auf die gewalzte bzw. noch zu walzende Oberfläche 20 des Untergrunds 30. Die Darstellungen der beiden der Walz-Oberflächen 122a und 122b basieren auf gleichen Messwerten, unterscheiden sich jedoch in den dargestellten Werten.

[0059] Im Anzeigebereich 121a (linker Bereich) werden Absolutwerte einer relativen Verdichtung in unterschiedlich markierten Flächenbereichen 211, 213 und 214 angezeigt, d. h. hier werden absolute Verdichtungs-
werte bzw. der Grad der Verdichtung (CMV-Wert) als

absoluter Wert angezeigt. Die als Legende 202 bis 204 in linken Bereich angezeigten Wertebereiche dienen dem Fahrer als Zuordnungshilfe, um die im Anzeigebereich 122a dargestellten markierten Flächenbereiche 211, 213 und 214 zuzuordnen. So zeigt beispielsweise die Fläche 213 an, dass die Verdichtung in diesem Bereich bereits einen vorgegebenen absoluten Verdichtungssollwert innerhalb eines Toleranzbereiches von bspw. +/- 5 bis 10 % erreicht hat. Hier ist ein weiteres Walzen nicht mehr notwendig. In den Bereichen 214 wurde der vorgegebene absolute Verdichtungssollwert jedoch noch nicht erreicht, hier sollte noch weiter gewalzt werden. Der Bereich 211 zeigt an, dass in diesem Bereich noch nicht gewalzt wurde.

[0060] Im Anzeigebereich 121b (mittlerer Bereich) werden im Vergleich zum Anzeigebereich 122a (linker Bereich) Veränderungen einer relativen Verdichtung in den unterschiedlich markierten Flächenbereichen 231 bis 235 angezeigt, d. h. hier werden keine absoluten Verdichtungs-
werte bzw. des Grades der Verdichtung (CMV-Wert) angezeigt. Die als Legende 222 bis 224 rechts neben dem Anzeigebereich 122b dargestellten Veränderungen dienen dem Fahrer ebenfalls als Zuordnungshilfe, um die im Anzeigebereich 122b dargestellten markierten Flächenbereiche 231 bis 234 zuzuordnen. So zeigt beispielsweise die Fläche 233 an, dass beim Überfahren der Walze 10 in diesem Bereich nur eine minimale Veränderung der Verdichtung stattgefunden hat und somit ein weiteres Walzen nicht mehr notwendig, ggf. sogar schädlich für eine Verdichtung des Untergrunds 30 wäre. In den Bereichen 232 dagegen wurde eine größere Veränderung der Verdichtung festgestellt, sodass hier noch weiter gewalzt werden sollte und um eine optimale Verdichtung zu erreichen, sogar noch weiter gewalzt werden muss. Dagegen wurde im Bereich 234 beim Überfahren der Walze 10 festgestellt, dass eine Verdichtung des Untergrunds 30 in diesem Bereich wieder abgenommen hat, d. h. es wurde eine negative Veränderung festgestellt. In diesem Bereich wurde bereits über das Optimum hinaus verdichtet, sodass bereits eine Überverdichtung stattgefunden hat, was am Beispiel einer asphaltierten Straße zu frühzeitigem Verschleiß dieser Straße bzw. des Straßenbelages an diese Stelle bzw. in diesem Bereich führen kann. Der Bereich 231 zeigt an, dass in diesem Bereich noch nicht gewalzt wurde. Der Bereich 235 zeigt an, dass in diesem Bereich lediglich nur eine Überfahrt der Walze festgestellt wurde und demnach keine Veränderung (d. h. ein Vergleich zwischen zwei Überfahrten) nicht möglich ist.

[0061] Im Anzeigebereich 121c (rechter Bereich) sind Bedienelemente 240a-d dargestellt, mittels welchen der Fahrer die Anzeige- und Berechnungseinheit 120 bzw. das Verdichtungsmesssystem 15 bedienen kann. Beispielsweise kann während des Walzvorganges der Fahrer der Walze 10 eines der Bedienelemente 240a-d betätigen und so die gemessenen Werte (Temperatur, Beschleunigung bzw. Krafteinwirkung, berechneter CMV-

Wert, GNSS-Positionsdaten usw.) abspeichern. Diese Werte können dann zu einer nachträglichen Dichtemessung des Untergrunds 30 für beispielsweise eine Bauabnahme der Baustelle oder asphaltierten Straße verwendet werden. Denn anhand der GNSS-Positionsdaten kann der Punkt, an welchem der Walzenfahrer die gemessenen Werte während des Walzvorganges gespeichert hat, von einem Messtrupp genau angegangen werden, um an diesem Punkt weitere Messungen wie beispielsweise eine Dichtemessung durchzuführen.

[0062] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann anhand der bereits vorhandener bzw. aufgenommenen oder protokollierter Veränderung des Verdichtungsgrades bspw. die Amplitude der Vibration der Walze verändert, wie z.B. minimiert oder ganz ausgeschaltet werden, wenn bspw. eine weitere Verdichtung des Untergrunds schädlich wäre.

[0063] Auch wenn obige Ausführungsbeispiele im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, sei darauf hingewiesen, dass sich weitere Ausführungsbeispiele auf das entsprechend im Hintergrund ablaufende Verfahren beziehen. Dieses Verfahren ist schematisch in Fig. 5 dargestellt.

[0064] Bezug nehmend auf Fig. 5 sei darauf hingewiesen, dass das System zur Verdichtungsüberwachung, welches im Zusammenhang mit einem Walzenverdichter beschrieben wurde, auch auf weitere Verdichtungseinrichtungen, wie zum Beispiel Rüttelplatten übertragen werden kann.

[0065] Auch wenn obige Ausführungsbeispiele im Zusammenhang "Straßenbau" beschrieben wurden, sind die Ausführungsbeispiele (Vorrichtung und Verfahren und System) nicht hierauf limitiert. Das Messsystem kann auch für beliebige Verdichtungsarbeiten angewendet werden, wie z. B. Mülldeponie oder allgemeine Bodenvorbereitungen (mit unterschiedlichen Aufbauten).

[0066] Fig. 5 zeigt ein Verfahren zur Verdichtungskontrolle 1000 mit den Basisschritten 1110, 1120 und 1130. Der erste Basisschritt 1110 bezieht sich auf die Mittelung einer Beschleunigung der Walze infolge der Rotation der Walze über den zeitlichen Verlauf und Ausgeben des entsprechenden Messsignals zugehörig zu der mittleren Beschleunigung. In einem parallel dazu ablaufenden Basisschritt 1120 wird ausgehend von erhaltenen Positionsinformationen über den zeitlichen Verlauf eine Bewegungsbahn der Walzeneinrichtung ermittelt und dieser Bewegungsbahn der Vielzahl an Messsignalen über den zeitlichen Verlauf zugeordnet. Nun kann dann von dem entlang der Bewegungsbahn aufgetragenen Messsignalen jeweils eine Veränderung der Verdichtung des Belages ermittelt werden (vgl. Schritt 1130), wie oben bereits erläutert wurde.

[0067] An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass, auch wenn manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, es sich von selbst versteht, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen. So ist also ein Block oder ein Bauelement der obigen

Vorrichtung als entsprechender Verfahrensschritt oder ein Merkmal eines Verfahrensschritts zu verstehen. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch Hardware-Apparate (unter Verwendung eines Hardware-Apparats, wie z.B. eines Mikroprozessors, eines programmierbaren Computers oder einer elektronischen Schaltung ausgeführt werden (vgl. Recheneinheit 120 in den Fig. 2a, 2b und 3). Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere dieser wichtigsten Funktionsschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0068] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann das Verfahren einen zusätzlichen Schritt 1150 des Klassifizierens der Veränderung der Verdichtung des Belages umfassen. Dieser Schritt 1150, welcher hier als optionaler Schritt gestrichelt dargestellt ist, folgt dem Schritt 1130. Die Klassifizierung erfolgt, wie oben dargestellt in die zwei oder bevorzugt drei Gruppen ("1: keine weitere Verdichtung notwendig" / "2: weitere Verdichtung sinnvoll" / "3: weitere Verdichtung schädlich").

[0069] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0070] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0071] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogramm mit einem Programmcode, der bewirkt, dass das Messsystem des Anspruchs 1 die Verfahrensschritte nach Anspruch 21 oder 22 durchführt, wenn das Programm auf einem Computer abläuft. Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0072] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

[0073] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

[0074] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0075] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0076] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0077] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0078] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0079] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und

der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

5 Patentansprüche

1. Messsystem (15, 15', 15'') zur Verdichtungskontrolle eines Belages (20) für eine Verdichtungseinrichtung (10), wobei die Verdichtungseinrichtung (10) ein Verdichtungselement (50, 60) umfasst, das durch Gewicht und/oder Vibration (80) des Verdichtungselements (50, 60) den Belag (20) verdichtet, mit folgenden Merkmalen:

einen Verdichtungssensor (150), der ausgebildet ist, um eine Beschleunigung einer Messsonde infolge einer Messvibration und/oder eine Beschleunigung des Verdichtungselements (50, 60) infolge der Vibration (80) des Verdichtungselements (50, 60) über den zeitlichen Verlauf zu ermitteln und ein Messsignal zugehörig zu der ermittelten Beschleunigung auszugeben; und einer Positions-Auswerteeinheit (120a), die ausgebildet ist, um ausgehend von erhaltenen Positionsinformationen über den zeitlichen Verlauf eine Bewegungsbahn der Verdichtungseinrichtung (1120) zu ermitteln und die Messsignale über den zeitlichen Verlauf der Bewegungsbahn zuzuordnen; **gekennzeichnet durch** eine Messwerte-Auswerteeinheit (120b), die ausgebildet ist, um zu jedem Messsignal auf der Bewegungsbahn eine Veränderung einer Verdichtung des Belages (20) zu ermitteln.

2. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß Anspruch 1, wobei die Messwerte-Auswerteeinheit (120b) ausgebildet ist, um die Bewegungsbahn einer ersten Gruppe zuzuordnen, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) minimal ist, wobei bei der ersten Gruppe kein Verdichten mehr erforderlich ist.

3. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Messwerte-Auswerteeinheit (120b) ausgebildet ist, um die Bewegungsbahn einer zweiten Gruppe zuzuordnen, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) groß ist, wobei bei der zweiten Gruppe weiteres Verdichten notwendig ist.

4. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Messwerte-Auswerteeinheit (120b) ausgebildet ist, um die Bewegungsbahn einer dritten Gruppe zuzuordnen, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) negativ ist, wobei bei der dritten Gruppe ein weiteres Verdichten schädlich ist.

5. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Veränderung der Ver-

verdichtung des Belages (20) eine Veränderung der relativen Verdichtung des Belages (20) ist.

6. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Ermittlung der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) den Schritt der Differenzbildung einer absoluten Verdichtung des Belages (20) vor dem Verdichten und einer absoluten Verdichtung des Belages (20) nach dem Verdichten umfasst. 5
7. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Positions-Auswerteeinheit (120a) ausgebildet ist, um die erfolgten Überfahrten über die Bewegungsbahn zu zählen. 10
8. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei zur Ermittlung der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) eine Veränderung der Krafteinwirkung auf dem Belag (20) mittels des Verdichtungssensors (150) gemessen wird. 15
9. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das ein Vibrationsgenerator umfasst, der dazu ausgebildet ist, die Messvibration zu erzeugen. 20
10. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') einen Positionssensor (100) umfasst, der ausgebildet ist, die Positionsinformationen an die Positions-Auswerteeinheit (120a) auszugeben. 25
11. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') einen Temperatursensor (140) umfasst, der ausgebildet ist, um die Temperatur des Belages (20) beim Verdichten zu ermitteln. 30
12. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') eine Kommunikationsschnittstelle (110) zur Kommunikation mit einer externen Einheit umfasst. 35
13. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') eine Schnittstelle (130) zum Anschluss zumindest einer der Sensoren der Gruppe umfassend den Verdichtungssensor (150), einen Positionssensor (100) oder einen Temperatursensor (140) umfasst. 40
14. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') ein Anzeigegerät zur Anzeige der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) entlang der Bewegungsbahn umfasst. 45
15. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß Anspruch 14, wo-

bei die Anzeige ausgebildet ist, um neben der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) entlang der Bewegungsbahn einen absoluten Wert der Verdichtung des Belages (20) für die Bewegungsbahn auszugeben.

16. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messsystem (15, 15', 15'') einen Speicher zum Protokollieren der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) entlang der Bewegungsbahn umfasst.
17. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Messwerte-Auswerteeinheit (120b) ausgebildet ist, um auf Basis der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) oder auf Basis der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) eines letzten Verdichtungsvorgangs im Vergleich zu der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) eines vorletzten Verdichtungsvorgangs eine Schwachstelle im Belag (20) zu ermitteln.
18. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Verdichtungseinrichtung (10) eine Walzeneinrichtung ist und wobei das Verdichtungselement (50, 60) eine Bandage umfasst.
19. Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei das Verdichtungselement (50, 60) eine Rüttelplatte ist.
20. Walzeneinrichtung (10) mit einer oder zwei Bandagen (50, 60) sowie einem Messsystem (15, 15', 15'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18.
21. Verfahren (1000) zur Verdichtungskontrolle eines Belages (20) für eine Verdichtungseinrichtung (10), wobei die Verdichtungseinrichtung (10) ein Verdichtungselement (50, 60) umfasst, das durch Gewicht und/oder Vibration (80) des Verdichtungselements (50, 60) den Belag (20) verdichtet, mit folgenden Schritten:

Ermitteln einer Beschleunigung einer Messsonde infolge einer Messvibration und/oder einer Beschleunigung des Verdichtungselements (1110) infolge der Vibration (80) des Verdichtungselements (50, 60) über den zeitlichen Verlauf und Ausgeben eines Messsignals zugehörig zu der ermittelten Beschleunigung; und Ermitteln einer Bewegungsbahn der Verdichtungseinrichtung (1120) ausgehend von erhaltenen Positionsinformationen über den zeitlichen Verlauf und Zuordnen der Messsignale über den zeitlichen Verlauf der Bewegungsbahn; **gekennzeichnet durch** einen weiteren Schritt:

Ermitteln zu jedem Messsignal auf der Bewegungsbahn einer Veränderung einer Verdichtung des Belages (1130).

22. Verfahren (1000) gemäß Anspruch 21 das zusätzlich den Schritt des Klassifizierens (1150) der Veränderung der Verdichtung des Belages (20) umfasst, wobei die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) einer ersten Gruppe zugeordnet wird, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) minimal ist, wobei sie einer zweiten Gruppe zugeordnet wird, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) groß ist, und wobei sie einer dritten Gruppe zugeordnet wird, wenn die Veränderung der Verdichtung des Belages (20) negativ ist, wobei bei der ersten Gruppe kein Verdichten mehr erforderlich ist, wobei bei der zweiten Gruppe ein Verdichten notwendig ist, und wobei bei der dritten Gruppe ein weiteres Verdichten schädlich ist.
23. Computerprogramm mit einem Programmcode, der bewirkt, dass das Messsystem des Anspruchs 1 die Verfahrensschritte nach Anspruch 21 oder 22 durchführt, wenn das Programm auf einem Computer abläuft.

Claims

1. Measurement system (15, 15', 15'') for compaction control of a surface (20) for a compaction means (10), the compaction means (10) including a compaction element (50, 60) that compacts the surface (20) by weight and/or vibration (80) of the compaction element (50, 60), comprising:
- a compaction sensor (150) configured to determine an acceleration of a measurement probe due to measurement vibration and/or an acceleration of the compaction element (50, 60) due to vibration (80) of the compaction element (50, 60) over time and to output a measurement signal associated with the determined acceleration; and
- a position evaluation unit (120a) configured to determine, starting from obtained position information over time, a motion path of the compaction means (1120) and to allocate the measurement signals to the motion path over time, **characterized by**
- a measurement value evaluation unit (120b) configured to determine, for each measurement signal on the motion path, a change of compaction of the surface (20).
2. Measurement system (15, 15', 15'') according to claim 1, wherein the measurement value evaluation unit (120b) is configured to allocate the motion path

to a first group when the change of compaction of the surface (20) is minimum, wherein no more compacting is necessary in the first group.

3. Measurement system (15, 15', 15'') according to claim 1 or 2, wherein the measurement value evaluation unit (120b) is configured to allocate the motion path to a second group when the change of compaction of the surface (20) is great, wherein further compacting is necessary in the second group.
4. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of claims 1 to 3, wherein the measurement value evaluation unit (120b) is configured to allocate the motion path to a third group when the change of compaction of the surface (20) is negative, wherein further compacting is damaging in the third group.
5. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the change of compaction of the surface (20) is a change of the relative compaction of the surface (20).
6. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein determining the change of compaction of the surface (20) includes the step of forming a difference of an absolute compaction of the surface (20) prior to compacting and an absolute compaction of the surface (20) after compacting.
7. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the position evaluation unit (120a) is configured to count the crossings performed across the motion path.
8. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein for determining the change of compaction of the surface (20), a change of the force effect on the surface (20) is measured by means of the compaction sensor (150).
9. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims including a vibration generator configured to generate the measurement vibration.
10. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, the measurement system (15, 15', 15'') including a position sensor (100) configured to output the position information to the position evaluation unit (120a).
11. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the measurement system (15, 15', 15'') includes a temperature sensor (140) configured to determine the temperature of the surface (20) during compacting.

12. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the measurement system (15, 15', 15'') includes a communication interface (110) for communication with an external unit. 5
13. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, the measurement system (15, 15', 15'') including an interface (130) for connecting at least one of the sensors of the group including the compaction sensor (150), a position sensor (100) or a temperature sensor (140). 10
14. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the measurement system (15, 15', 15'') includes a display device for displaying the change of compaction of the surface (20) along the motion path. 15
15. Measurement system (15, 15', 15'') according to claim 14, wherein the display is configured to output, apart from the change of compaction of the surface (20) along the motion path, an absolute value of the compaction of the surface (20) for the motion path. 20
16. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the measurement system (15, 15', 15'') includes a memory for logging the change of compaction of the surface (20) along the motion path. 25
17. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the measurement value evaluation unit (120b) is configured to determine a weak point in the surface (20) based on the change of compaction of the surface (20) or based on the change of compaction of the surface (20) of a last compaction process compared to the change of compaction of the surface (20) of a second last compaction process. 30
18. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims, wherein the compaction means (10) is a road roller means and wherein the compaction element (50, 60) includes a roller lining. 35
19. Measurement system (15, 15', 15'') according to one of the preceding claims 1 to 17, wherein the compaction element (50, 60) is a plate vibrator. 40
20. Roller means (10) having one or two roller linings (50, 60) as well as a measurement system (15, 15', 15'') according to one of claims 1 to 18. 45
21. Method (1000) for compaction control of a surface (20) for a compaction means (10), the compaction means (10) including a compaction element (50, 60) that compacts the surface (20) by weight and/or vi-

bration (80) of the compaction element (50, 60), comprising:

determining an acceleration of a measurement probe due to measurement vibration and/or an acceleration of the compaction element (1110) due to vibration (80) of the compaction element (50, 60) over time and outputting a measurement signal associated with the determined acceleration; and
determining a motion path of the compaction means (1120) starting from obtained position information over time and allocating the measurement signals to the motion path over time; **characterized by:**

determining, for each measurement signal on the motion path, a change of compaction of the surface (1130).

22. Method (1000) according to claim 21, additionally including the step of classifying (1150) the change of compaction of the surface (20), wherein the change of compaction of the surface (20) is allocated to a first group when the change of compaction of the surface (20) is minimum, wherein the same is allocated to a second group when the change of compaction of the surface (20) is great, and wherein the same is allocated to a third group when the change of compaction of the surface (20) is negative, wherein no more compacting is necessary in the first group, wherein compacting is necessary in the second group and wherein further compacting is damaging in the third group.

23. Computer program having a program code causing the measurement system of claim 1 to perform the method steps according to claim 21 or 22 when the program runs on a computer.

Revendications

1. Système de mesure (15, 15', 15'') pour le contrôle de compression d'un revêtement (20) pour un dispositif de compression (10), le dispositif de compression (10) comportant un élément de compression (50, 60) qui comprime le revêtement (20) par le poids et/ou la vibration (80) de l'élément de compression (50, 60), aux caractéristiques suivantes:

un capteur de compression (150) qui est conçu pour déterminer une accélération d'une sonde de mesure par suite d'une vibration de mesure et/ou une accélération de l'élément de compression (50, 60) par suite de la vibration (80) de l'élément de compression (50, 60) au cours de l'évolution dans le temps et pour sortir un signal

- de mesure associé à l'accélération déterminée;
et
une unité d'évaluation de position (120a) qui est conçue pour déterminer, à partir des informations de position reçues au cours de l'évolution dans le temps, un trajet de déplacement du dispositif de compression (1120) et pour associer les signaux de mesure au cours de l'évolution dans le temps au trajet de déplacement;
caractérisé par
une unité d'évaluation de valeurs de mesure (120b) qui est conçue pour déterminer pour chaque signal de mesure sur le trajet de déplacement une modification d'une compression du revêtement (20).
2. Système de mesure (15, 15', 15'') selon la revendication 1, dans lequel l'unité d'évaluation de valeurs de mesure (120b) est conçue pour associer le trajet de déplacement à un premier groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est minimale, où une compression n'est plus nécessaire pour le premier groupe.
 3. Système de mesure (15, 15', 15'') selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'unité d'évaluation de valeurs de mesure (120b) est conçue pour associer le trajet de déplacement à un deuxième groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est grande, où une autre compression est nécessaire pour le deuxième groupe.
 4. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'unité d'évaluation de valeurs de mesure (120b) est conçue pour associer le trajet de déplacement à un troisième groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est négative, où une autre compression est préjudiciable pour le troisième groupe.
 5. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la modification de la compression du revêtement (20) est une modification de la compression relative du revêtement (20).
 6. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la détermination de la modification de la compression du revêtement (20) comporte l'étape consistant à former la différence entre une compression absolue du revêtement (20) avant la compression et une compression absolue du revêtement (20) après la compression.
 7. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité d'évaluation de position (120a) est conçue pour compter les passages effectués sur le trajet de déplacement.
 8. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel pour déterminer la modification de la compression du revêtement (20) est mesurée une modification de l'effet de force sur le revêtement (20) au moyen du capteur de compression (150).
 9. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, comprenant un générateur de vibrations qui est conçu pour générer la vibration de mesure.
 10. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte un capteur de position (100) qui est conçu pour sortir les informations de position vers l'unité d'évaluation de position (120a).
 11. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte un capteur de température (140) qui est conçu pour déterminer la température du revêtement (20) lors de la compression.
 12. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte une interface de communication (110) pour la communication avec une unité externe.
 13. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte une interface (130) pour la connexion d'au moins l'un des capteurs du groupe comprenant le capteur de compression (150), un capteur de position (100) ou un capteur de température (140).
 14. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte un dispositif d'affichage destiné à afficher la modification de compression du revêtement (20) le long du trajet de déplacement.
 15. Système de mesure (15, 15', 15'') selon la revendication 14, dans lequel l'affichage est conçu pour sortir, outre la modification de la compression du revêtement (20) le long du trajet de déplacement, une valeur absolue de la compression du revêtement (20) pour le trajet de déplacement.
 16. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des

revendications précédentes, dans lequel le système de mesure (15, 15', 15'') comporte une mémoire destinée à enregistrer la modification de compression du revêtement (20) le long du trajet de déplacement.

17. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité d'évaluation de valeurs de mesure (120b) est conçue pour déterminer un point faible sur base de la modification de la compression du revêtement (20) ou sur base de la modification de la compression du revêtement (20) d'une dernière opération de compression par rapport à la modification de la compression du revêtement (20) d'une avant-dernière opération de compression.
18. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de compression (10) est un dispositif de laminage et dans lequel l'élément de compression (50, 60) comprend un bandage.
19. Système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications 1 à 17, dans lequel l'élément de compression (50, 60) est une plaque vibrante.
20. Dispositif de laminage (10) avec un ou deux bandages (50, 60) ainsi qu'un système de mesure (15, 15', 15'') selon l'une des revendications 1 à 18.
21. Procédé (1000) pour contrôler la compression d'un revêtement (20) pour un dispositif de compression (10), dans lequel le dispositif de compression (10) comporte un élément de compression (50, 60) qui comprime le revêtement (20) par le poids et/ou la vibration (80) de l'élément de compression (50, 60), aux étapes suivantes consistant à:
 - déterminer une accélération d'une sonde de mesure par suite d'une vibration de mesure et/ou une accélération de l'élément de compression (1110) par suite de la vibration (80) de l'élément de compression (50, 60) au cours de l'évolution dans le temps et sortir un signal de mesure associé à l'accélération déterminée;
 - et
 - déterminer un trajet de déplacement du dispositif de compression (1120) à partir des informations de position obtenues au cours de l'évolution dans le temps et associer les signaux de mesure au cours de l'évolution dans le temps au trajet de déplacement;
 - caractérisé par** une autre étape consistant à:
 - déterminer pour chaque signal de mesure sur le trajet de déplacement une modification d'une compression du recouvrement (1130).

22. Procédé (1000) selon la revendication 21, comportant en outre l'étape consistant à classer (1150) la modification de la compression du revêtement (20), dans lequel la modification de la compression du revêtement (20) est associée à un premier groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est minimale, dans laquelle elle est associée à un deuxième groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est grande, et dans lequel elle est associée à un troisième groupe lorsque la modification de la compression du revêtement (20) est négative, dans lequel une compression n'est pas nécessaire pour le deuxième groupe, et dans lequel une autre compression est préjudiciable dans le troisième groupe.
23. Programme d'ordinateur avec un code de programme qui fait que le système de mesure selon la revendication 1 réalise les étapes de procédé selon la revendication 21 ou 22 lorsque le programme est exécuté sur un ordinateur.

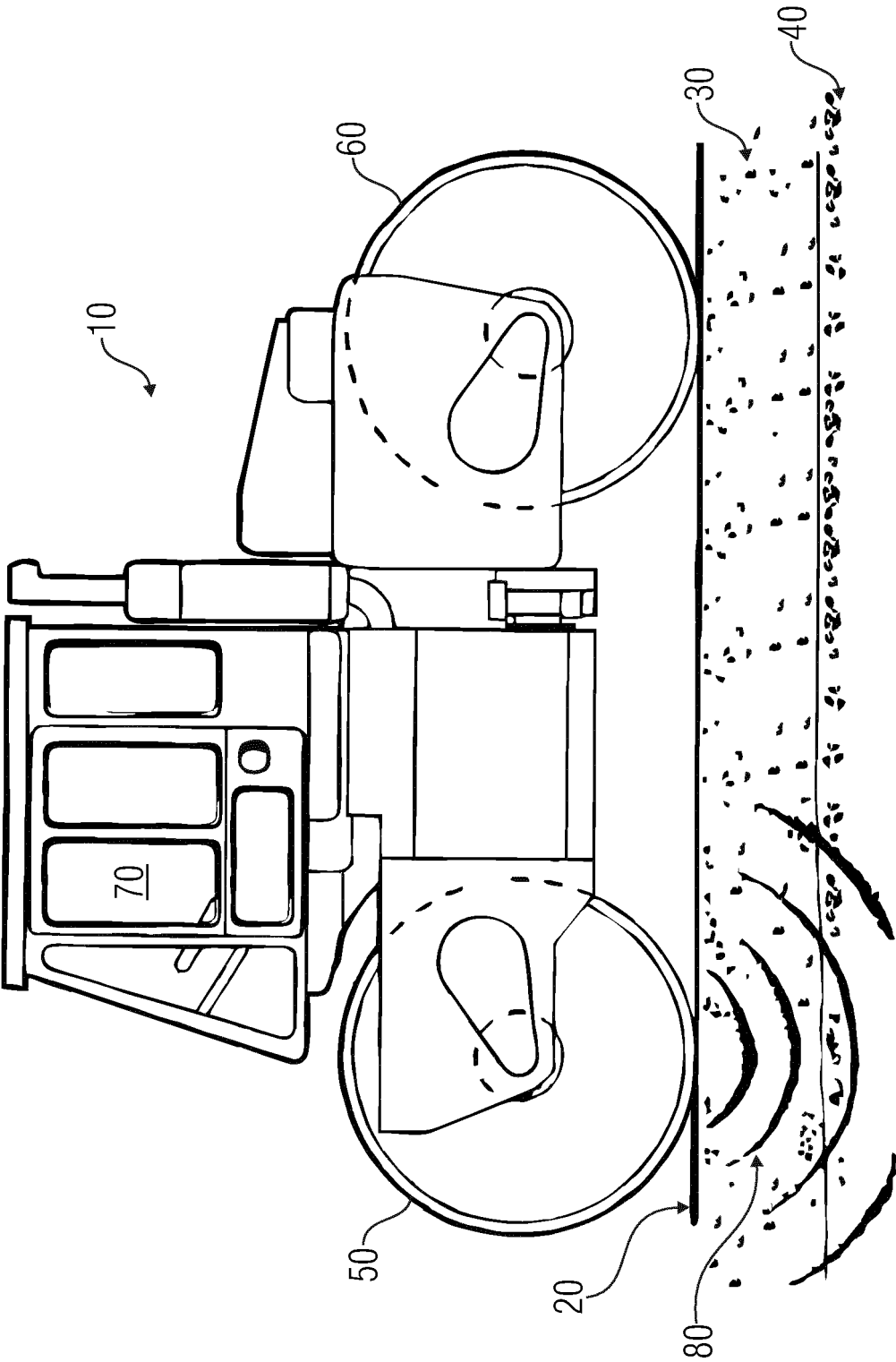


FIG 1

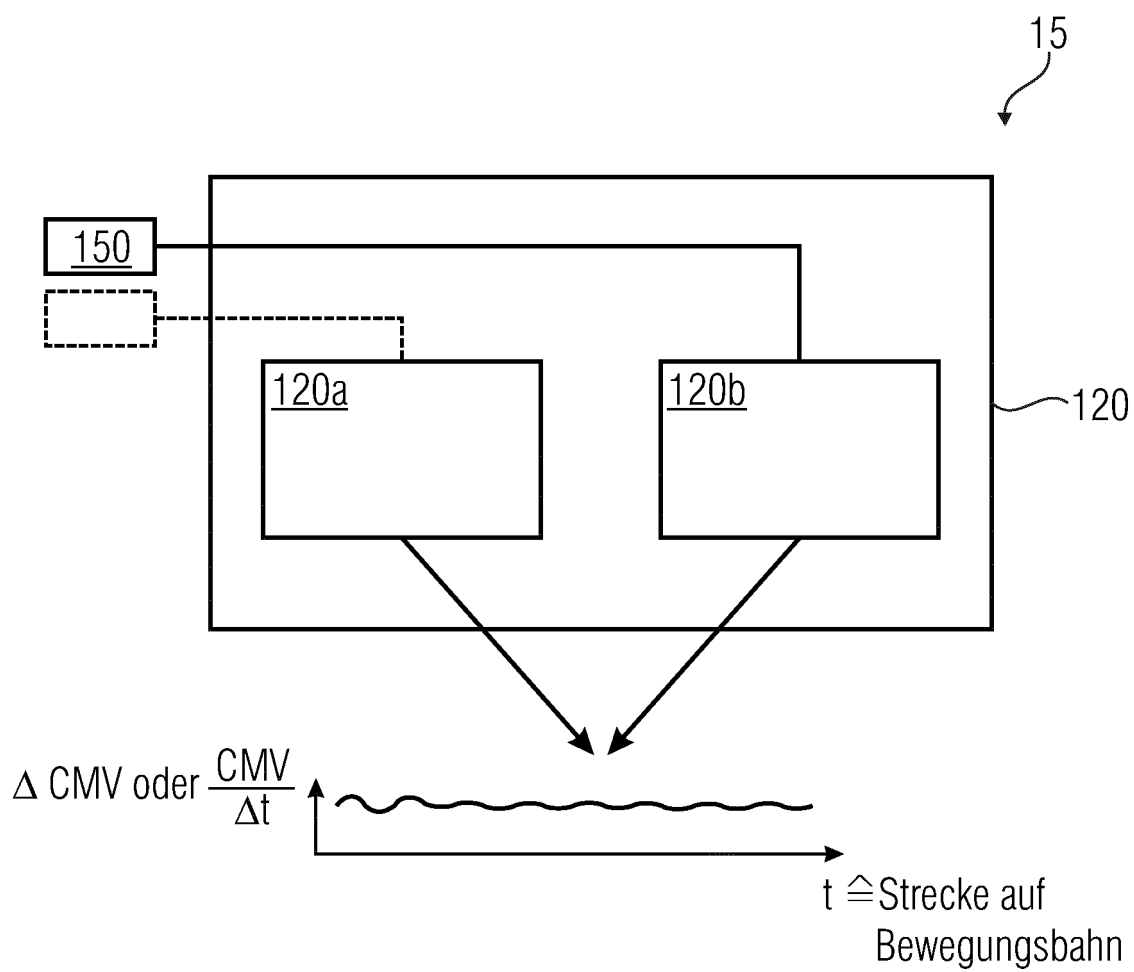


FIG 2A

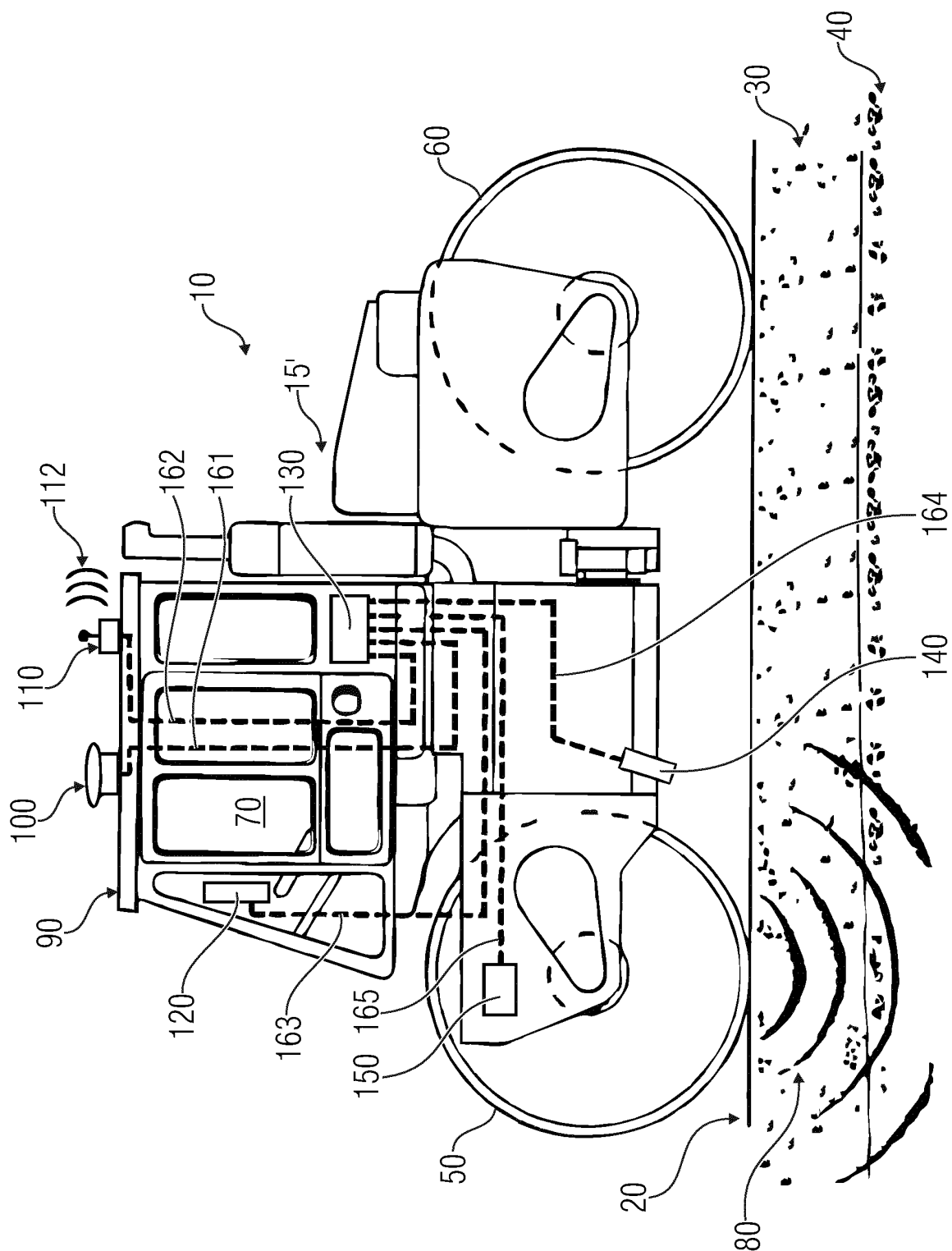


FIG 2B

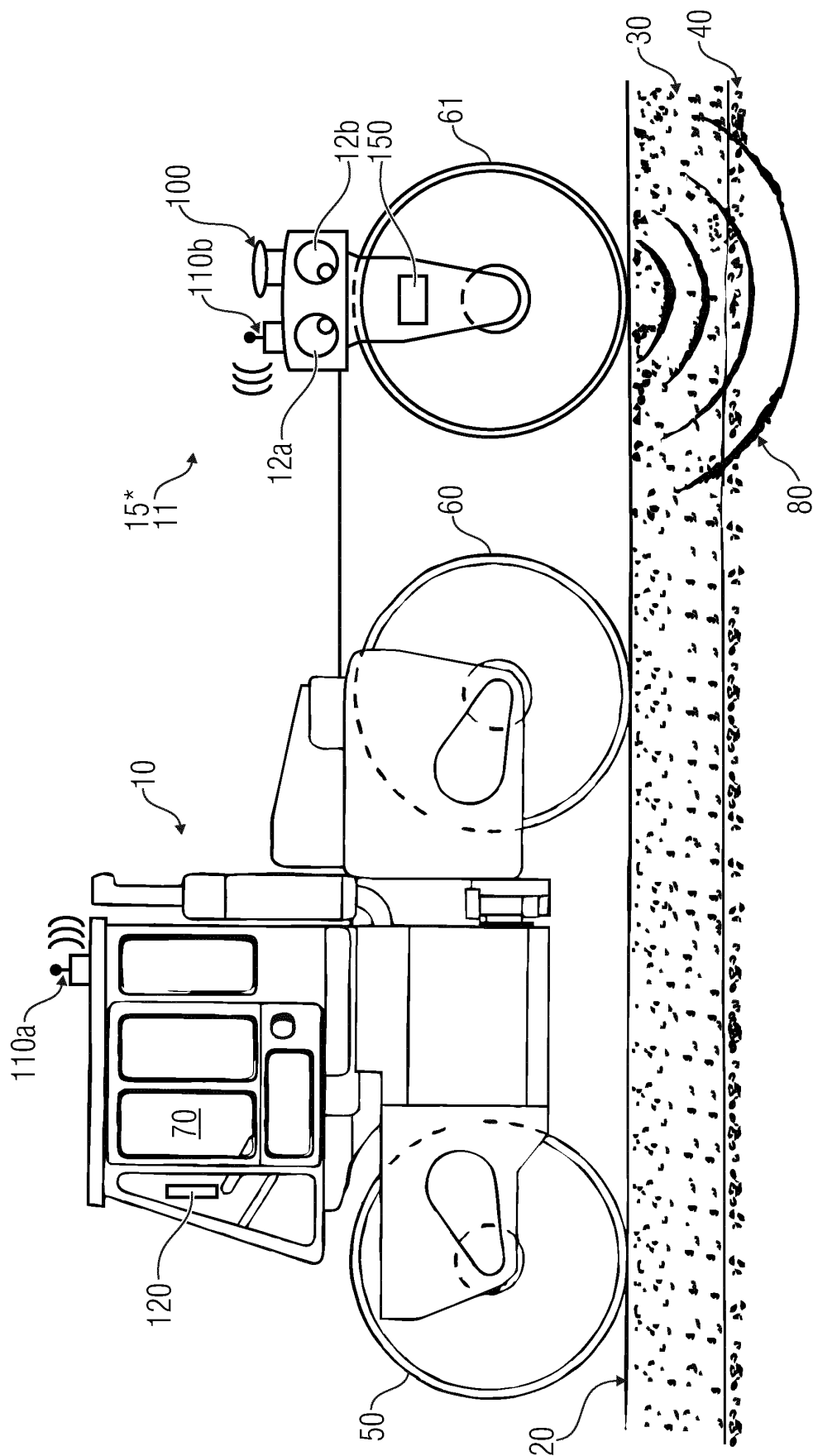


FIG 2C

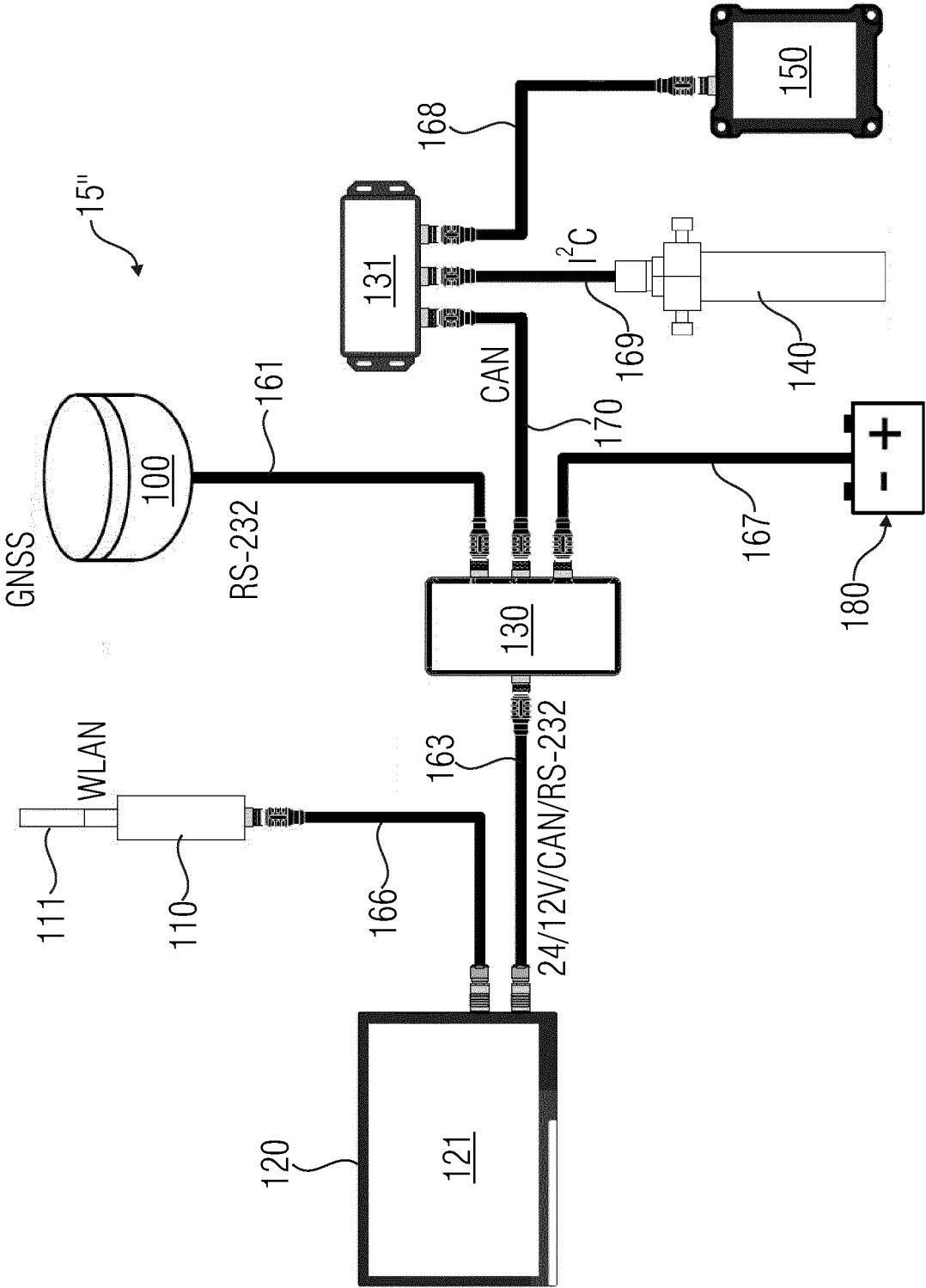


FIG 3

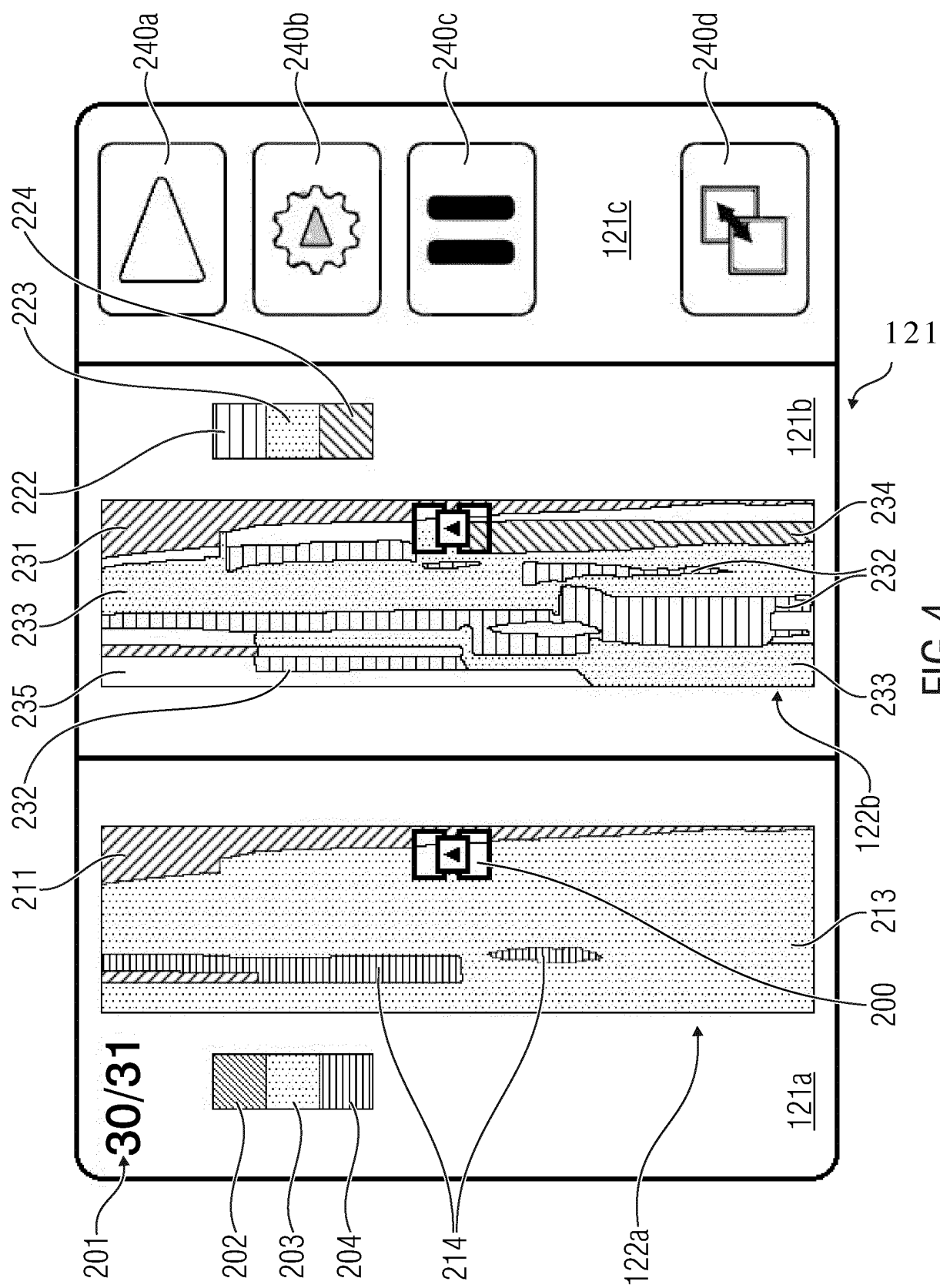


FIG 4

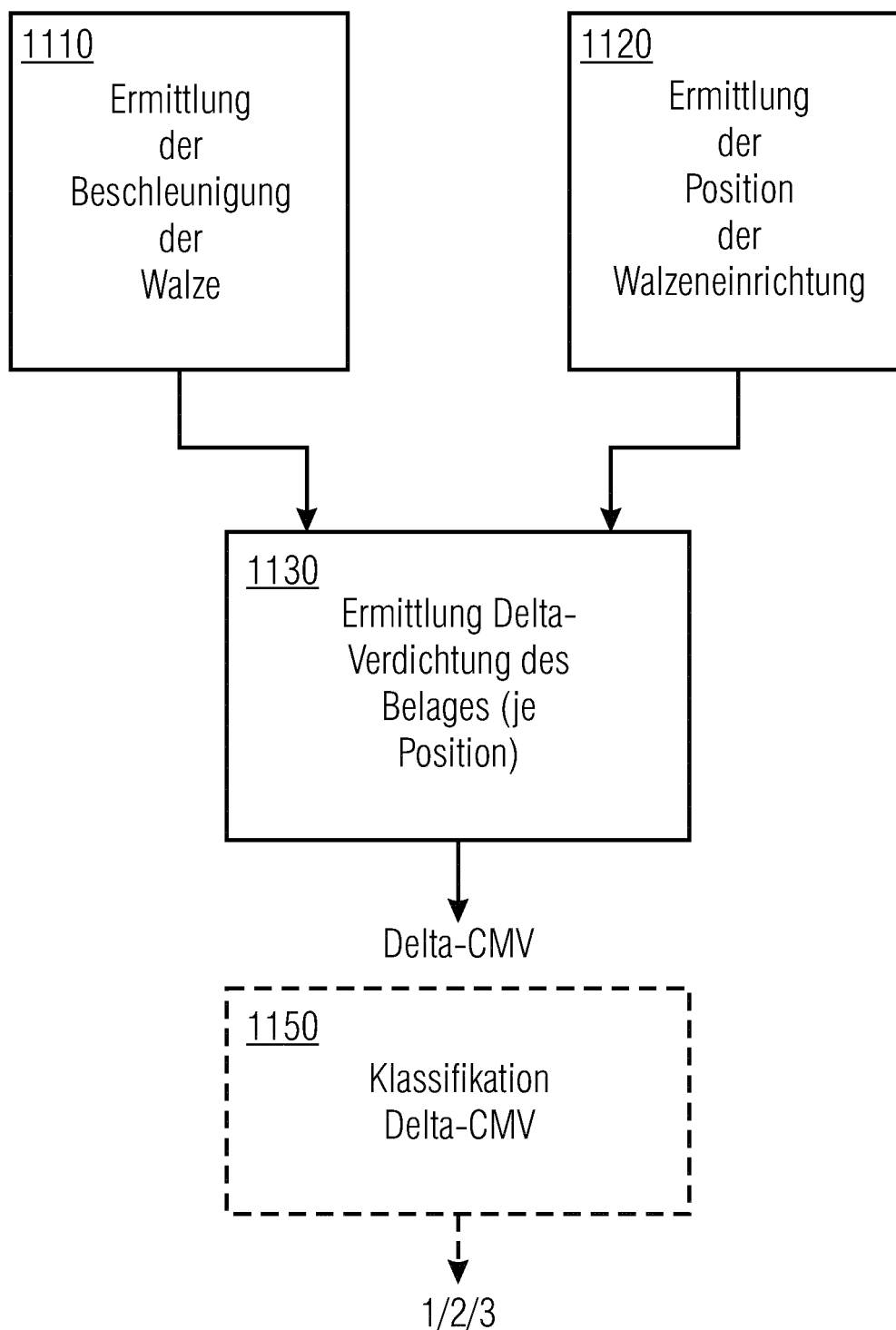
1000

FIG 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102010054755 A1 [0009]
- DE 69906803 T2 [0010]
- DE 29723171 U1 [0011]