



(10) **AT 515801 A4 2015-12-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50649/2014 (51) Int. Cl.: **E01B 27/16** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 16.09.2014 **E01B 27/17** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2015 **E01B 35/00** (2006.01)

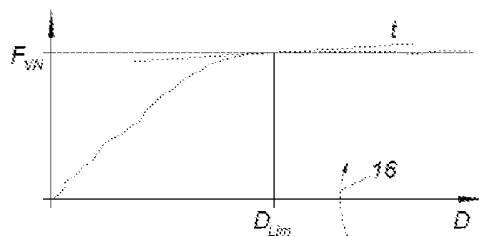
(71) Patentanmelder:
System 7 - Railsupport GmbH
1010 Wien (AT)

(74) Vertreter:
HÜBSCHER H. DIPL.ING., HELLMICH K. W.
DIPL.ING.
LINZ

(54) **Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes eines Gleises**

(57) Es wird ein Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) eines Gleises mit einem Stopfaggregat (20) zur Unterstopfung von Schwellen (2) vorgeschlagen, wobei das Stopfaggregat (20) mit Stopfwerkzeugpaaren (4) ausgestattet ist, denen ein Beistelltrieb zum Verdichten zugeordnet ist. Zur Gewährleistung einer möglichst gleichbleibenden Verdichtung des Schotters unter den einzelnen Schwellen wird vorgeschlagen, dass die Beistellkräfte (F_v) und die Beistellwege (D) der Stopfwerkzeuge (4) über Sensoren gemessen werden, dass der Verlauf der Kurve Beistellkraft (F_v) über dem Beistellweg ermittelt wird und dass der Verdichtungs Vorgang jeweils beendet wird, sobald die ermittelte Kurve unter eine vorgebbare Grenze abflacht, insbesondere die Tangente (t) an die Kurve einen Neigungswinkel von kleiner 10° , vorzugsweise von kleiner 5° , aufweist.

FIG. 4



Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) eines Gleises mit einem Stopfaggregat (20) zur Unterstopfung von Schwellen (2) vorgeschlagen, wobei das Stopfaggregat (20) mit Stopfwerkzeugpaaren (4) ausgestattet ist, denen ein Beistelltrieb zum Verdichten zugeordnet ist. Zur Gewährleistung einer möglichst gleichbleibenden Verdichtung des Schotters unter den einzelnen Schwellen wird vorgeschlagen, dass die Beistellkräfte (F_v) und die Beistellwege (D) der Stopfwerkzeuge (4) über Sensoren gemessen werden, dass der Verlauf der Kurve Beistellkraft (F_v) über dem Beistellweg ermittelt wird und dass der Verdichtungsvorgang jeweils beendet wird, sobald die ermittelte Kurve unter eine vorgebbaren Grenze abflacht, insbesondere die Tangente (t) an die Kurve einen Neigungswinkel von kleiner 10° , vorzugsweise von kleiner 5° , aufweist.

(Fig. 4)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verdichten (=Stopfen) des Schotterbettes eines Gleises mit einem Stopfaggregat zur Unterstopfung von Schwellen, wobei das Stopfaggregat mit Stopfwerkzeugpaaren ausgestattet ist, denen ein Beistelltrieb zum Verdichten zugeordnet ist.

Stopfaggregate von Gleisstopfmaschinen penetrieren mit Stopfwerkzeugen den Schotter eines Gleisbettes im Bereich zwischen zwei Schwellen (Zwischenfach), im Bereich des Auflagers der Schwelle im Schotter unter der Schiene und verdichten den Schotter durch eine dynamische Vibration der Stopfpickel zwischen den zueinander beistellbaren gegenüberliegenden Stopfpickeln. Stopfaggregate können in einem Arbeitszyklus eine, zwei oder mehr Schwellen stopfen (DE 24 24 829 A, EP 1 653 003 A2). Gemäß der Lehre der EP 1 653 003 A2 sind die als Linearantrieb wirksamen Beistellantriebe derart ausgeführt, dass diese nicht nur eine lineare Beistellbewegung, sondern gleichzeitig auch in einer aus der AT 339 358, der EP 0 331 956 oder der US 4 068 595 bekannten Weise die für die Stopfpickel erforderliche Vibration erzeugen. Damit können die Beistellgeschwindigkeit, die Schwingungsamplitude, deren Form und die Frequenz vorgegeben werden.

Die Bewegungen eines Stopfaggregates umfassen das vertikale Eintauchen der Stopfpickel in den Schotter, die Beistellbewegung bei welcher die Stopfpickelenden zueinander geschlossen werden und die überlagerte dynamische Schwingung welche die eigentliche Verdichtung der Schotterkörner bewirkt. Bekannt ist es für die Beistellbewegung Hydraulikzylinder zu verwenden, die über Pleuel mit einer Vibrationswelle mit Exzentrizität verbunden sind und die der Beistellbewegung die vibratorische Schwingung überlagern (AT 369 455 B). Neuere Lösungen verwenden eine

lineare Anregung über Hydraulikzylinder, besitzen in den Hydraulikzylinder integrierte Wegsensoren und angeschlossene Drucksensoren die die im Hydraulikzylinder wirkenden Drücke messen (AT 513 973 A). Über die Formel

$$F_{Zyl} = p_K \cdot A_K - p_{KR} \cdot (A_k - A_{St})$$

kann aus dem auf den Kolben wirkenden Druck p_k , dem auf die Kreisringfläche wirkenden Druck p_{KR} , der Kolbenfläche A_k und der Kolbenstangenfläche A_{St} die Zylinderkraft F_{Zyl} berechnet werden. Diese kann auf die Verdichtkraft (über die Hebelübersetzung) an der Stopfpickelplatte wirkend umgerechnet werden. Die geometrische Lage eines Gleises verschlechtert sich hinsichtlich seiner Richtung (lenkende Querkräfte der Räder), Höhenlage und Gleisüberhöhung (durch unregelmäßige Setzungen) in Folge der einwirkenden Kräfte der darüber rollenden Züge. Überschreitet die geometrische Lage gewisse Grenzwerte, dann sinkt der Fahrkomfort oder es treten sicherheitskritische Gleislagen auf die zu einer Entgleisung der Züge führen können. Daher muss das Gleis berichtigt werden. Gleisstopfmaschinen weisen daher Messeinrichtungen zum Erfassen der geometrischen Ist-Lage des Gleises auf und Heben und Richten das Gleis durch Vergleich der Gleis-Ist-Lage mit der Gleis-Soll-Lage. Das Unterstopfen (Verdichten des Schotters unter der Schwelle) der Schwellen hat zum Ziel die verbesserte Gleis-Lage zu fixieren. Je gleichmäßiger ein Gleis von Schwelle zu Schwelle verdichtet wird, umso haltbarer ist die erzielte geometrische Gleislage nach der Instandhaltungsarbeit. Bei einer Instandhaltungsarbeit wird ein sich bereits länger in Gebrauch befindliches Gleis gestopft. Nach einer Neulage oder nach einer Schotterreinigung wird das Gleis ebenfalls unterstopft. Da der Schotter in diesem Fall im „Neuzustand“ und relativ locker ist, ist die Gleisbettung „weich“, das heißt die Stopfwerkzeuge benötigen zum Beistellen (Schließbewegung) geringere Kräfte und haben längere Beistellwege als bei „normalen“ Instandhaltungsarbeiten. Schotter in gutem Zustand weist einen hohen Reibungswinkel und eine gute Verzahnbarkeit auf. Diese Parameter garantieren durch ihre Eigenschaften geringe Setzungen und eine gute Haltbarkeit der Gleislage nach dem Stopfen. Bei langer Gebrauchsdauer des Schotters (lange Liegezeiten typischerweise mehr als 10 Jahre) ist der Schotter in der Regel stark verunreinigt. Zum einen

brechen die Schotterkörner und die abgebrochenen Teile liegen dann zwischen den Schotterkörnern, dazwischen sammelt sich auch Gesteinsmehl (Abrieb der Schotterkörner unter Verkehrslast) und Feinanteile die aus dem Transport stammen (z.B. herabrieselnder Kohlestaub oder Erzstaub) und andere Feinanteile die aus dem Bewuchs, dem Anflug oder aus dem Untergrund stammen. Die Bettung verkrustet, der Reibungswinkel sinkt ab und die Verzahnbarkeit schwindet und damit auch die Haltbarkeit der Gleislage nach einer Stopfung. Dazu wird die Schotterbettung hart und verkrustet. Liegt der Gewichtsanteil dieser Feinanteile über 30% dann muss das Gleis gereinigt werden. Damit dieser Verschmutzungsanteil bestimmt werden kann, werden in der Regel Schotterproben entnommen und im Labor gesiebt und die Kornverteilung bestimmt. Diese Methode ist zeitaufwendig und kostspielig, zudem nur stichprobenhaft durchführbar und nicht durchgängig. Kornanteile deren Größe unter 22 mm liegt gelten als Verschmutzung und sollen ausgesiebt werden.

Üblicherweise wird heute der Verdichtungsprozess von Stopfaggregaten zeitabhängig gesteuert. Kontinuierlich arbeitende Stopfmaschinen (bei diesen befindet sich innerhalb der Stopfmaschine ein so genannter Stopfsatellit der die Arbeitsaggregate trägt und der zyklisch von Schwelle zu Schwelle vorfährt, während die Hauptmaschine kontinuierlich fährt) benötigen eine konstante Einstellzeit der Stopfzeit, weil sonst das Prinzip der kontinuierlichen Arbeitsweise nicht aufrecht erhalten bleiben könnte. Typische Stopfzeiten liegen dabei zwischen 0,8-1,2 Sekunden. Da sich unter einzelnen Schwellen so genannte Hohllagen befinden und auch die tragende Kornverteilung von Schwelle zu Schwelle verschieden ist, kann es durch die konstante Beistellzeiteinstellung zu unterschiedlichen Verdichtungen von Schwelle zu Schwelle kommen. Der Führer der Stopfmaschine kann bei den üblichen konventionellen Stopfmaschinenausführungen als Parameter den Stopfdruck erhöhen oder die Beistellzeit verlängern. Die optimale Verdichtung kann daher so nicht garantiert werden, die Qualität der Arbeit hängt damit von menschlichen Einflussgrößen ab. Eine objektive Verdichtungsarbeit ist also nach den derzeit gängigen Methoden nicht möglich. Der Schotter weist je nach seiner Siebkurve, seinen Eigenschaften (Härte, Form, Abriebfestigkeit, Schlagfestigkeit, Witterungsbeständigkeit etc.) wie jedes körnige Material eine bestimmte obere Verdichtbarkeit auf. Wird der Stopf-

druck zu hoch eingestellt, dann wird der Schotter nach Erreichen seiner maximalen Verdichtung zu fließen beginnen und nach außen in den Schottervorkopf gedrückt, was die verdichtete Auflagerfläche unter der Schwelle verkleinert. Dasselbe Verhalten tritt auf, wenn die Stopfzeit zu lange gewählt wird. Eine zu lange Stopfzeit verringert zudem eine höhere mögliche Arbeitsleistung der Stopfmaschine. Wird der Stopfdruck zu gering gewählt oder die Stopfzeit zu kurz eingestellt, dann ergibt sich eine geringere Verdichtung unter der Schwelle als jene die optimal wäre.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches eine optimale automatische Wahl von Verdichtzeit und Stopfdruck ermöglicht und eine gleichmäßige und optimale Verdichtung des Schotters über alle zu stopfenden Schwellen erlaubt.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhaftere Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine automatisierte optimale Wahl und Steuerung von Verdichtzeit und Stopfdruck eines Stopfaggregates.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur optimalen Verdichtung des Schotters unter den Schwellen werden der Beistellweg und die Beistellkraft jedes einzelnen Beistellzylinders gemessen, und wird aus dem Verlauf der Kurve der Beistellkraft über dem Beistellweg die Tangente der Kurve ermittelt und das Beistellen nach Abflachen der Kurve (entspricht der höchst möglichen Verdichtung des vorliegenden Schotters) bei Erreichen einer (zumindest nahezu) waagrechten Tangente beendet.

Aus diesen Werten kann durch Bildung eines gleitenden Mittelwertes der optimalen Verdichtungskräfte über eine gewisse Anzahl von zuletzt gestopften Schwellen n der optimale Stopfdruck vorgegeben werden (Vergleichmäßigung der Verdichtung).

Basierend auf diesem erfindungsgemäßen Verfahren kann bei solcherart vorgegebenem Stopfdruck die Verdichtungsarbeit durch Integration der Kraft über den Bei-

stellweg (Arbeit = Kraft mal Weg) für jede Schwelle nach folgender Formel errechnet werden

$$W_i = \int_0^D F_{vi} dD$$

Durch Bildung eines gleitenden Mittelwertes der Verdichtungsarbeit einer gewissen Anzahl von zuletzt gestopften Schwellen n kann eine mittlere Verdichtungsarbeit nach der Formel

$$\overline{W}_n = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}$$

errechnet werden die der Härte des Schotterbettes entspricht

Aus dem Vergleich dieses gleitenden Mittelwertes mit einem Standardwert welcher „normaler“ Schotterbettung entspricht, kann eine Qualitätsziffer QI für „härtere“ (verunreinigt) oder „weichere“ (Kugelschotter, Rundschotter, Neuschotter etc.) Schotterbettung wie folgt angegeben werden.

$$QI_{pn} = \frac{\overline{W}_n}{W_N} \cdot 100 \text{ ,}$$

wobei $QI_{pn} = 100$ einer „normalen“ Bettung, $QI_{pn} > 100$ einer „weichen“ Bettung und $QI_{pn} < 100$ einer „harten“ Bettung entspricht.

Damit ergibt sich eine für die Eisenbahnverwaltungen wichtige Zusatzinformation, die die aufwendige Probenentnahme von Schotter aus dem Gleis mit anschließender Siebkurvenermittlung entfallen lassen kann. Zum anderen gibt diese Qualitätsziffer bei kontinuierlicher Aufzeichnung Hinweise auf Unstetigkeiten oder Inhomogenitäten des Schotterbettes (z.B. unter hoch beanspruchten Herzstücken in Weichen oder unter Schienenstößen) wo bereits stellenweise zermahlener, hart zusammengepackter und verschmutzter oder abgerundeter Schotter vorliegt.

Der Bereich typischer Verdichtungskräfte liegt zwischen 20 und 40 kN. Typische Beistellwege der Verdichtungswerkzeuge liegen zwischen 20 und 50 mm. Der Bereich typischer Verdichtungsarbeit liegt zwischen 800 und 1500 Nm.

Die wesentlichen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen in der automatisch ermittelbaren optimalen Verdichtungskraft, in der Ermittlung der Verdichtungsarbeit der aktuellen Arbeitsstrecke und durch Vergleich dieser Verdichtungsarbeiten entlang der Strecke eine Aussage über den Zustand der Schotterbettung unter den Schwellen zu treffen. Ein weiterer Vorteil ist die Angabe einer Qualitätsziffer die kontinuierlich entlang des gestopften Gleises aufgezeichnet werden kann und Hinweise auf Unstetigkeiten und Inhomogenitäten des Schotterbettes liefert. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine gleichmäßige optimale Verdichtung des Schotters von Schwelle zu Schwelle erreicht und die Arbeitsleistung der Maschine optimiert weil zeitlich nur so lange gestopft wird bis die optimale Verdichtung erreicht wird.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 links die Kornanordnung eines neu eingebrachten Schotters („weiche“ Schotterbettung) und rechts eine schon länger in Gebrauch stehende Kornanordnung mit Feinanteilen („harte“ verkrustete Schotterbettung)

Fig. 2 links ein angehobenes Gleis unmittelbar vor den eindringenden Stopfwerkzeugen mit den sich durch die Anhebung ergebenden Hohlräumen unter den Schwellen und rechts eine Schwelle die gerade unterstopft wird

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Stopfaggregates

Fig. 4 den Verlauf der Verdichtungskraft abhängig vom Beistellweg

Fig. 5 die Verdichtungsgebiete unter der Schwelle bei zu lange einwirkender Verdichtkraft oder zu hoher Verdichtkraft und der Verdichtungsgebiet bei optimal gewählten Stopfparametern

Fig. 6 Idealisiertes Diagramm der Verdichtkraft abhängig vom Beistellweg und

Fig. 7 reales Diagramm der Verdichtkraft abhängig vom Beistellweg.

Fig. 1 zeigt links die Anordnung der Schotterkörner 13 (auch Skelettkorn genannt) reinen Schotters („weiche“ Bettung), rechts ist die Anordnung von Schotterkörnern 13 (Skelettkorn) feinen Kornteilen 14 (Stützkorn) und Feinanteilen 15 zu entnehmen wie sie nach langer Gebrauchsdauer auftritt („harte Bettung“).

Die Fig. 2 zeigt links die Schiene 1, ruhend auf den Schwellen 2 die ihrerseits im Schotter 10 liegen. Die Abbildung links zeigt schematisch das Gleis im durch die Stopfmaschine angehobenen Zustand wodurch sich Hohlräume 3 unter den Schwellen bilden. Rechts in der Abbildung werden durch die schraffierten Bereiche 5 der verdichtete Schotter unter den Schwellen dargestellt. Die Stopfwerkzeuge 4 verdichten den Schotter durch eine vibrierende Beistellbewegung. Die Arbeitsrichtung wird durch 6 angegeben.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Stopfaggregat 20. Über hydraulische Beistellzylinder 7 werden durch einen im Aggregatkasten 12, einen gelenkig gelagerten Stopfarm 11 die Stopfwerkzeuge (Pickel) 4 geschlossen (Beistellweg D). Die Pickelplatten 19 treffen vibrierend auf die Schotterfront auf und verdichten den Schotter 10 unter den Schwellen 2 durch die Beistellbewegung D . Zur Messung und Ermittlung der Verdichtkraft F_v wird der Hydraulikdruck der im Zylinder 7 herrscht durch angebaute Drucksensoren 9 gemessen. Der Weg der Hydraulikzylinder 6 wird durch entweder in den Zylinder 7 eingebaute Wegesensoren 8 oder außen angebrachte Wegsensoren gemessen.

Das Diagramm gem. Fig. 4 zeigt den Verlauf der Verdichtkraft F_v über dem Beistellweg D . Dem Diagramm kann entnommen werden, dass die Verdichtkraft F_v sich der maximal für den aktuellen Schotter erreichbaren Verdichtkraft F_{vN} annähert. Über die Beobachtung der Tangente t der Kurve, wenn sich diese der Horizontalen innerhalb gewisser Toleranzen angenähert hat ist der optimale Beistellweg D_{Lim} erreicht, und der Beistellvorgang kann beendet werden. Liegt die Kraft weiterhin an ergibt sich ein zusätzlicher Beistellweg (Bereich 16) welcher zu keiner weiteren Erhöhung der Verdichtung mehr führt, sondern zu einer Verdrängung des Schotters nach außen vor die Schwelle (Vorkopfbereich).

Die schematische Darstellung gem. Fig. 5 zeigt links eine Stopfung bei welcher die Beistellkraft zu hoch oder zu lange aufgebracht wurde. Dadurch ergab sich ein nicht optimaler zu großer Beistellweg D_1 und der Schotter wandert nach außen Richtung Vorkopf 18. Über die Stopfpickelplatten 19 bildet sich unter der Schwelle 2 ein verdichtetes Schwellenaufleger. Rechts im Bild wird ein optimaler Stopfvorgang dargestellt. Der Beistellweg D_2 war optimal gesteuert, so dass kein Schotterfluss nach außen auftrat und das optimale größtmögliche verdichtete Schwellenaufleger 17 auftrat.

Fig. 6 zeigt idealisiert den Verlauf der Verdichtkraft F_v über den Beistellweg D . Die Kurve mit dem Flächeninhalt W_H der der Verdichtungsarbeit entspricht und dem Beistellweg D_H zeigt den schematischen Verlauf einer „harten“ Bettung. Die Kurve mit dem Flächeninhalt W_W der der Verdichtungsarbeit entspricht und dem Beistellweg D_W zeigt den schematischen Verlauf einer „weichen“ Bettung. Die Flächeninhalte ergeben sich in der gewählten idealisierten Darstellung zu

$$W_H = \frac{F_{vN} \cdot D_H}{2}$$

$$W_W = \frac{F_{vN} \cdot D_W}{2}$$

Es ist damit klar ersichtlich, dass W_H („harte“ Bettung) $\ll W_W$ (weiche Bettung).

Fig. 7 zeigt den realen abflachenden Verlauf der Verdichtkraft F_v über dem Beistellweg D . Die Kurve mit dem Flächeninhalt W_H der der Verdichtungsarbeit entspricht und dem Beistellweg D_H zeigt den schematischen Verlauf bei einer „harten“ Bettung. Die Kurve mit dem Flächeninhalt W_W der der Verdichtungsarbeit entspricht und dem Beistellweg D_W zeigt den schematischen Verlauf bei einer „weichen“ Bettung. Die Flächeninhalte ergeben sich in der realen Darstellung zu

$$W_H = \int_0^{D_H} F_v \, dD$$

$$W_W = \int_0^{D_W} F_v \, dD$$

Bezugszeichenliste:

1	...	Schiene
2	...	Schwelle
3	...	Hohlraum unter der Schwelle
4	...	Stopfpickel, Stopfwerkzeuge
5	...	verdichtete Bereiche unter der Schwelle
6	...	Arbeitsrichtung der Stopfmaschine
7	...	Beistellzylinder, Stopfzylinder
8	...	Wegmesssensoren
9	...	Drucksensoren
10	...	Schotterbett
11	...	Drehbar gelagerte Stopfarme
12	...	Stopfkasten
13	...	Schotterkörner (Skelettkorn)
14	...	kleine Körner (Stützkorn)
15	...	Feinanteile (Abrieb)
16	...	Bereich des Wegfließens des Schotters nach außen zum Vorkopf
17	...	verdichtetes Schotterauflager unter der Schwelle
18	...	Schotterfluss nach außen zum Vorkopf
19	...	Stopfpickelplatten
20	...	Stopfaggregat
A_K	...	Kolbenfläche Zylinder
A_{St}	...	Fläche Zylinderstange
D	...	Beistellweg
D_{Lim}	...	optimaler Beistellweg
D_H	...	Beistellweg „harte“ Bettung
D_W	...	Beistellweg „weiche“ Bettung
D_1	...	Beistellweg zu große Verdichtkraft oder zu lange Einwirkung
D_2	...	Beistellweg optimale Verdichtkraft und optimaler Verdichtweg
F_v	...	Verdichtkraft
F_{vN}	...	Grenzwert der maximale Verdichtkraft für den spezifischen Schotter
F_{Zyl}	...	Beistellzylinderkraft
p_K	...	Kolbendruck
p_{KR}	...	Druck auf Kreisringfläche Zylinder
F_{vi}	...	Verdichtkraft bei der i-ten Schwelle
QI_{pn}	...	Qualitätsziffer Vergleich „harte“, „weiche“ Bettung zu Standardbettung
W_H	...	Verdichtarbeit „harte“ Bettung
W_i	...	Verdichtarbeit bei der i-ten Schwelle
\overline{W}_n	...	Gleitender Mittelwert der Verdichtarbeit der n letzten Schwellen
W_N	...	Verdichtarbeit Standardbettung
W_W	...	Verdichtarbeit „weiche“ Bettung
d_D	...	Differential Beistellweg

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) eines Gleises mit einem Stopfaggregat (20) zur Unterstopfung von Schwellen (2), wobei das Stopfaggregat (20) mit Stopfwerkzeugpaaren (4) ausgestattet ist, denen ein Beistelltrieb zum Verdichten zugeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Beistellkräfte (F_v) und die Beistellwege (D) der Stopfwerkzeuge (4) über Sensoren gemessen werden, dass der Verlauf der Kurve Beistellkraft (F_v) über dem Beistellweg ermittelt wird und dass der Verdichtungsvorgang jeweils beendet wird, sobald die ermittelte Kurve unter eine vorgebbaren Grenze abflacht, insbesondere die Tangente (t) an die Kurve einen Neigungswinkel von kleiner 10° , vorzugsweise von kleiner 5° , aufweist.
2. Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) mit einem hydraulischen Beistellzylinder (7) umfassenden Beistelltrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beistellkräfte (F_v) über den Beistellzylindern (7) zugeordnete Druckaufnehmer (9) und die Beistellwege (D) über Wegaufnehmer (8) ermittelt werden.
3. Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Verlauf der Kurve Verdichtkraft (F_v) über dem Beistellweg (D) der für eine optimale Verdichtung geltende Beistellweg (D_{Lim}) bei einem Neigungswinkel Kurventangente ($t = 0^\circ$) und die zugeordnete optimale Verdichtkraft (F_{vNi}) für die Verdichtung bestimmt werden.
4. Verfahren zum Verdichten des Schotterbettes (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittelwert der Verdichtkräfte (F_{vN}) über eine Mehrzahl von Schwellen (n) nach der Formel

$$F_{vN} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{vNi}}{n}$$

gebildet wird welcher Mittelwert der Verdichtkräfte für weitere Verdichtungen als Sollwert (F_{vN}) vorgegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass aus der Messung der Verdichtkräfte (F_v) und der Beistellwege (D) durch Integration der Verdichtkraft (F_v) über den Beistellweg (D) die Verdichtungsarbeit (W_i) errechnet wird und durch Einführung eines Mittelwertes über eine Mehrzahl (n) bereits gestopfter Schwellen eine mittlere, einer Härtemaßzahl des Schotterbettes entsprechende, Verdichtungsarbeit (\overline{W}_n) nach der Formel

$$\overline{W}_n = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}$$

errechnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass aus der gleitenden mittleren Verdichtungsarbeit (\overline{W}_n) mit der Verdichtungsarbeit (W_N) je Schwelle eine standardisierte, der Härtemaßzahl des Schotterbettes entsprechende Qualitätsziffer nach der Formel

$$QI_{pn} = \frac{\overline{W}_n}{W_N} \cdot 100$$

errechnet wird.

Linz, am 16. September 2014

System 7 - Railsupport GmbH durch:

/DI Karl Winfried Hellmich/
(elektronisch signiert)

FIG.1

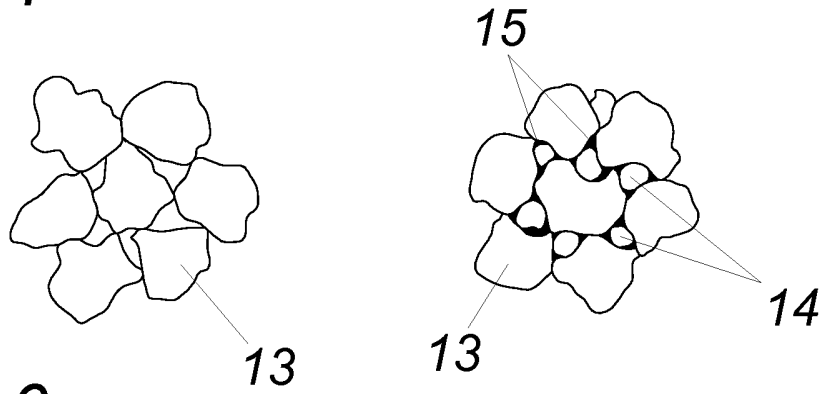


FIG.6

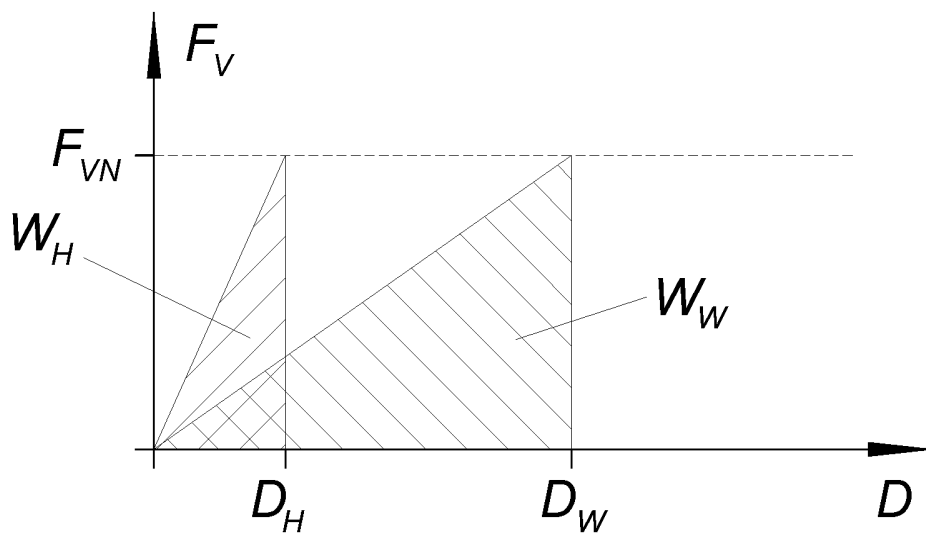
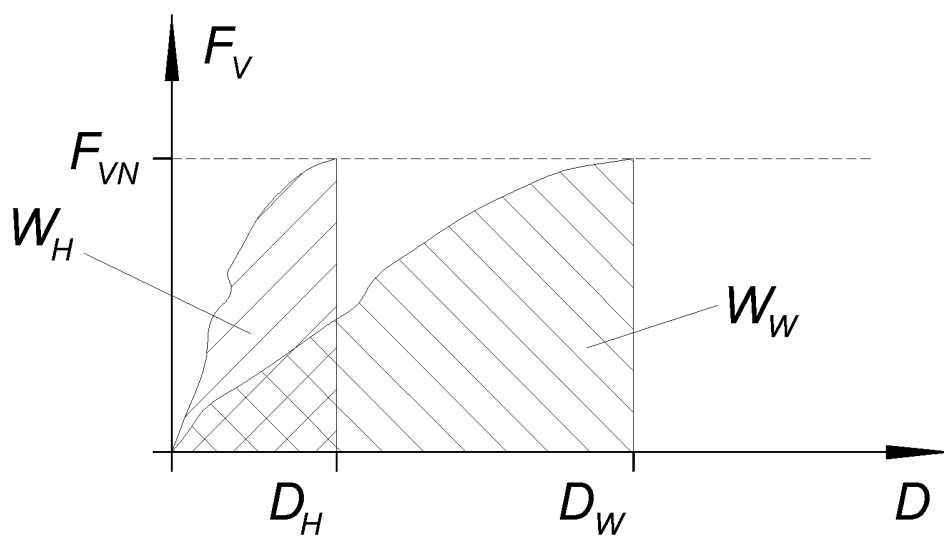


FIG.7



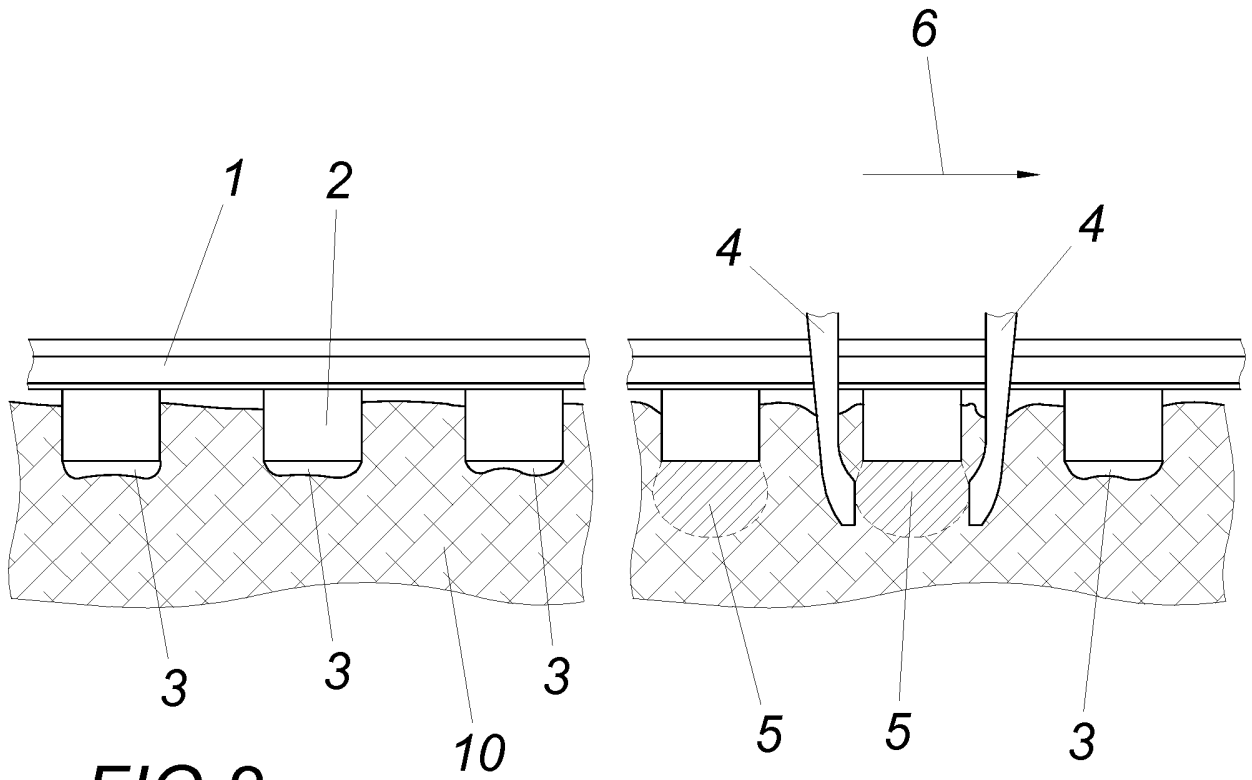


FIG. 2

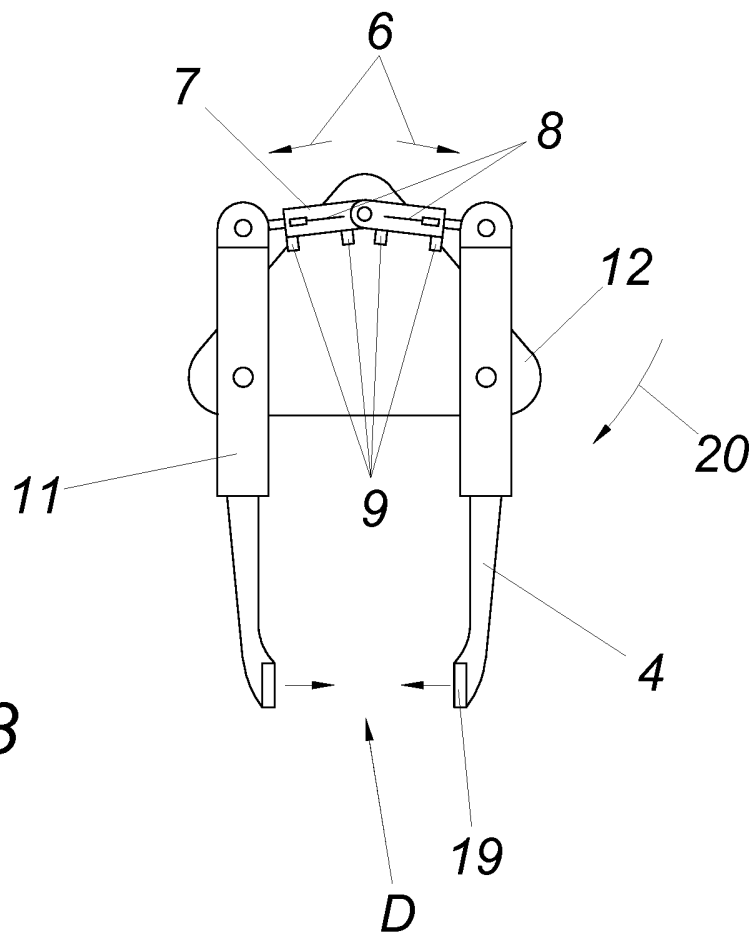


FIG. 3

FIG.4

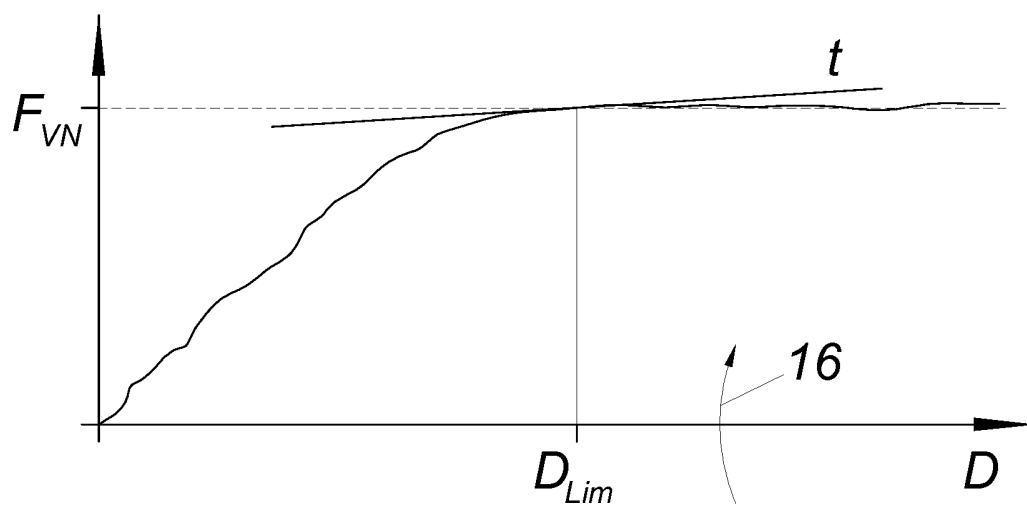


FIG.5

