

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 223/2017
(22) Anmeldetag: 29.05.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2018

(51) Int. Cl.: **E01B 27/16** (2006.01)
E01B 27/17 (2006.01)
E01B 35/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 515801 A4
GB 2451310 A

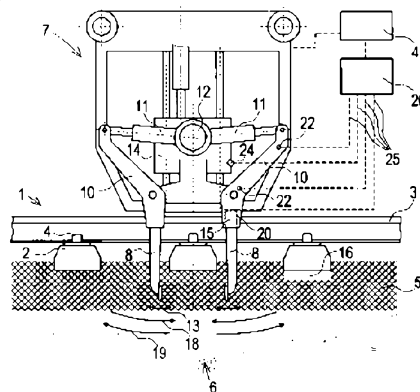
(71) Patentanmelder:
Plasser & Theurer Export von
Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.
1010 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Haas Franz Dipl.Ing.
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Verdichten eines Gleisschotterbetts**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbetts (5) mittels eines Stopfaggregats (7), das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die bei einem Stopfvorgang (9) mit Schwingungen (13) beaufschlagt in das Gleisschotterbett (5) abgesenkt und mit einer Beistellbewegung (18) aufeinander zubewegt werden. Dabei wird mittels am Stopfaggregat (7) angeordneter Sensoren (20, 22, 24) zumindest für ein Stopfwerkzeug (8) während eines Schwingungszyklus (29) ein Verlauf (28) einer auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über einem vom Stopfwerkzeug (8) zurückgelegten Weg (23, 27) erfasst, wobei daraus zumindest eine Kenngröße (31-40) abgeleitet wird, mittels derer eine Bewertung des Stopfvorgangs (9) und/oder einer Beschaffenheit des Gleisschotterbettes (5) erfolgt. Auf diese Weise wird das Stopfaggregat (7) während eines operativen Einsatzes als Messapparatur genutzt.

Fig. 1



Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zum Verdichten eines Gleisschotterbetts

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbetts (5) mittels eines Stopfaggregats (7), das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die bei einem Stopfvorgang (9) mit Schwingungen (13) beaufschlagt in das Gleisschotterbett (5) abgesenkt und mit einer Beistellbewegung (18) aufeinander zubewegt werden. Dabei wird mittels am Stopfaggregat (7) angeordneter Sensoren (20, 22, 24) zumindest für ein Stopfwerkzeug (8) während eines Schwingungszyklus (29) ein Verlauf (28) einer auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über einem vom Stopfwerkzeug (8) zurückgelegten Weg (23, 27) erfasst, wobei daraus zumindest eine Kenngröße (31-40) abgeleitet wird, mittels derer eine Bewertung des Stopfvorgangs (9) und/oder einer Beschaffenheit des Gleisschotterbettes (5) erfolgt. Auf diese Weise wird das Stopfaggregat (7) während eines operativen Einsatzes als Messapparatur genutzt.

(Fig. 1)

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Verdichten eines Gleisschotterbetts

Gebiet der Technik

- [01] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbetts mittels eines Stopfaggregats, das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge umfasst, die bei einem Stopfvorgang mit Schwingungen beaufschlagt in das Gleisschotterbett abgesenkt und mit einer Beistellbewegung aufeinander zubewegt werden. Zudem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Stand der Technik

- [02] Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau erfordern eine regelmäßige Korrektur der Gleislage, wobei in der Regel Gleisstopfmaschinen bzw. Weichenstopf- oder Universalstopfmaschinen zum Einsatz kommen. Solche zyklisch oder kontinuierlich am Gleis verfahrbare Maschinen umfassen gewöhnlich ein Messsystem, ein Hebe-/Richtaggregat und ein Stopfaggregat. Mittels des Hebe-/Richtaggregats erfolgt eine Anhebung des Gleises in eine vorgegebene Lage. Zur Fixierung dieser neuen Lage wird mittels am Stopfaggregat befindlicher Stopfwerkzeuge Gleisschotter von beiden Seiten unter eine jeweilige Schwelle des Gleises gestopft und verdichtet.
- [03] Je nach Zustand des Gleisschotters (Neulage, beginnende Nutzungsdauer, zu Ende gehende Nutzungsdauer) bzw. je nach Verschlechterungsrate ist eine entsprechende Überkorrektur der Gleislage angebracht, damit das Gleis durch eine nachfolgende Setzung die gewünschte endgültige Lage einnimmt. Die Setzung erfolgt dabei gegebenenfalls durch eine Stabilisierung mittels eines Dynamischen Gleisstabilisators und in jedem Fall durch die anschließende Regelbelastung des Zugverkehrs.
- [04] Für Stopfaggregate zum Unterstopfen von Schwellen eines Gleises sind verschiedene Bauformen bekannt. Beispielsweise offenbart AT 350 097 B ein Stopfaggregat, bei dem hydraulische Beistellantriebe zur Übertragung von Schwingungen an eine rotierende Exzenterwelle angelenkt sind. Aus

AT 339 358 B kennt man ein Stopfaggregat mit Hydraulikantrieben, die in einer kombinierten Funktion als Beistellantriebe und als Schwingungserzeuger dienen.

- [05] AT 515 801 A4 beschreibt ein Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbettes mittels eines Stopfaggregats, wobei eine Qualitätsziffer für eine Schotterbetthärte ausgewiesen werden soll. Zu diesem Zweck wird eine Beistellkraft eines Beistellzylinders in Abhängigkeit eines Beistellweges erfasst und über einen daraus abgeleiteten Energieverbrauch eine Kennziffer definiert. Allerdings hat diese Kennziffer wenig Aussagekraft, weil ein nicht zu vernachlässigender Energieanteil, der im System verloren geht, keine Berücksichtigung findet. Zudem würde auch die während eines Stopfvorgangs tatsächlich in den Schotter eingebrachte Gesamtenergie keine verlässliche Beurteilung eines Schotterbettzustands erlauben.

Zusammenfassung der Erfindung

- [06] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art eine Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik anzugeben.
- [07] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.
- [08] Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass mittels am Stopfaggregat angeordneter Sensoren zumindest für ein Stopfwerkzeug während eines Schwingungszyklus ein Verlauf einer auf das Stopfwerkzeug wirkenden Kraft über einem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg erfasst wird und dass daraus zumindest eine Kenngröße abgeleitet wird, mittels derer eine Bewertung des Stopfvorgangs und/oder einer Beschaffenheit des Gleisschotterbettes erfolgt. Auf diese Weise wird das Stopfaggregat während eines operativen Einsatzes als Messapparatur genutzt, um einen Kraft-Weg-Verlauf (Arbeitsdiagramm) des Stopfwerkzeugs zu erfassen und daraus eine aussagekräftige Kenngröße abzuleiten.
- [09] Konkret dient der Arbeitsvorgang des Verdichtens als Messprozedur, um das Last-Verformungs-Verhalten des Gleisschotters und dessen Änderungen vor

- Ort zu bestimmen. Durch eine Analyse der Messgrößen in Echtzeit und die Bildung zumindest einer Kenngröße kann die Gleisschotterqualität und -verdichtung bereits während des Verdichtungsvorgangs online beurteilt werden. In weiterer Folge lassen sich Prozessparameter der Verdichtung und der korrigierten Gleislage laufend darauf abstimmen. Beispielsweise kann aus der Bewertung der Schotterbettqualität ein Vorgabewert für eine Überkorrektur der Gleislage abgeleitet werden.
- [10] Zudem ist es vorteilhaft, wenn die Kenngröße als ein Parameter für eine Ansteuerung des Stopfaggregats vorgegeben wird. Die damit erreichte automatisierte Anpassung des Stopfvorgangs erlaubt eine rasche Reaktion auf eine sich verändernde Beschaffenheit des Schotterbetts. Zum Beispiel können automatisch mehrere Beistellvorgänge erfolgen, bis ein vorgegebener Schotterverdichtungsgrad erreicht ist.
- [11] Eine vorteilhafte Ausprägung der Erfindung sieht vor, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes oder eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes als eine erste Kenngröße eine während des Schwingungszyklus auf das Stopfwerkzeug wirkende Maximalkraft abgeleitet wird. Diese erste Kenngröße berücksichtigt, dass der Gleisschotter dem Stopfwerkzeug nur eine begrenzte Kraft (Reaktionskraft) entgegensetzen kann. Abhängig ist die Maximalkraft einerseits davon, in welcher Phase des Stopfvorgangs sich der untersuchte Schwingungszyklus befindet und andererseits vom Schotterzustand. Somit ist die erste Kenngröße ein aussagekräftiger Indikator sowohl für den Schotterzustand (neuer Schotter bietet höheren Widerstand) als auch für den Verdichtungszustand (Anstieg im Laufe der Verdichtung).
- [12] In einer sinnvollen Weiterbildung wird zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes aus dem erfassten Kraft-Weg-Verlauf als eine zweite Kenngröße eine während des Schwingungszyklus auftretende Schwingungsamplitude abgeleitet. Zur Amplitudenbestimmung können Umkehrpunkte der dynamischen Stopfwerkzeugbewegung in absoluten Koordinaten und/oder relativen Koordinaten (dynamischer Schwingweg) ermittelt werden. Dabei wird berücksichtigt, dass sowohl die

- Beistellbewegung als auch die dynamische Stopfwerkzeugbewegung konstruktionsbedingt nicht ausschließlich weggesteuert sind.
- [13] Zudem ist es von Vorteil, wenn zur Bewertung eines Schotterzustandes des Schotterbettes für den Schwingungszyklus ein Kontakteintritt zwischen Stopfwerkzeug und Schotter sowie ein Kontaktverlust zwischen Stopfwerkzeug und Schotter ermittelt wird und wenn daraus eine dritte Kenngröße abgeleitet wird. In einer Beistellphase ergibt sich eine ausgeprägte asymmetrische Belastung des Stopfwerkzeugs, wobei durch die Beistellbewegung eine Bearbeitungsrichtung des Schotters in Richtung der zu unterstopfenden Schwelle gegeben ist. Die Lage eines Kontakteintrittspunktes und die Lage eines Kontaktverlustpunktes hängen dabei vom Schotterzustand ab. Im Kraft-Weg-Verlauf bilden deshalb ein Abschnitt mit Kontakt und ein Abschnitt ohne Kontakt gute Indikatoren für die Gleisschotterqualität.
- [14] Eine weitere vorteilhafte Auswertung des Kraft-Weg-Verlaufes sieht vor, dass als eine vierte Kenngröße eine Neigung des Verlaufs während einer Belastungsphase des Stopfwerkzeugs abgeleitet wird. Diese Neigung der Arbeitslinie im Belastungsast des Arbeitsdiagrammes gibt als Belastungssteifigkeit Auskunft über die Tragfähigkeit des Gleisschotters. Sie steigt im Zuge der Schotterverdichtung an und wird als Verdichtungsnachweis herangezogen.
- [15] Vorteilhafterweise wird zur Bewertung des Schotterzustandes als eine fünfte Kenngröße auch eine Neigung des Verlaufs während einer Entlastungsphase des Stopfwerkzeugs abgeleitet. Diese Neigung der Arbeitslinie im Entlastungsast des Arbeitsdiagrammes ist dabei als Entlastungssteifigkeit anzusehen. Neuer Schotter zeigt bei Entlastung teilweise elastisches Verhalten und federt mit dem Stopfwerkzeug bei dessen Rückwärtsbewegung bis zum Kontaktverlust zurück. Alter Schotter reagiert hingegen kaum elastisch. Deshalb ist die Entlastungssteifigkeit ein guter Indikator für den Schotterzustand.
- [16] Zur Ermittlung eines Nutzungsgrades ist es von Vorteil, wenn aus dem erfassten Verlauf als eine sechste Kenngröße eine mittels des Stopfwerkzeugs geleistete Verformungsarbeit abgeleitet wird. Diese

Verformungsarbeit entspricht dabei der von der Arbeitslinie umschlossenen Fläche. Es ist jener Anteil der Arbeit des Antriebes des Stopfaggregates, der in den Gleisschotter übertragen wird, um eine Verdichtung, eine Verdrängung, ein Fließen des Schotters etc. zu bewirken. Mit dieser sechsten Kenngröße lässt sich auf einfache Weise die Effizienz des Gleisstopfens optimieren.

- [17] Eine weitere Verbesserung sieht vor, dass zur Ermittlung einer Gesamtsteifigkeit des Schotterbetts als eine siebente Kenngröße eine Gesamtneigung des Verlaufs abgeleitet wird. In einer Phase des Eindringens in den Gleisschotter wirkt das Stopfwerkzeug in beide Richtungen, da es durch die fehlende Beistellbewegung auch an seiner Rückseite dynamische Kräfte in den Boden einträgt. Durch die beidseitige Wirkungsweise wird der physikalische Sinn der Be- und Entlastungssteifigkeit obsolet und die Gesamtsteifigkeit wird durch die Neigung der Arbeitslinie repräsentiert.
- [18] Dabei ist es günstig, wenn die Gesamtneigung durch lineare Regression des erfassten Verlaufs ermittelt wird, beispielsweise nach der Methode des geringsten Fehlerquadrates.
- [19] Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden der Verlauf der auf das Stopfwerkzeug wirkenden Kraft über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg für mehrere Schwingungszyklen eines Stopfvorgangs erfasst, wobei für jeden dieser Schwingungszyklen je Kenngröße ein Wert ermittelt wird und wobei mittels eines Verlaufs dieser ermittelten Kennwerte bzw. mittels mehrerer Kennwertverläufe ein Bewertungsvorgang erfolgt. Je nach herangezogener Kenngröße lassen sich aus dem Kennwertverlauf auf einfache Weise Rückschlüsse auf den Schotterzustand und/oder den Verdichtungszustand ziehen.
- [20] Zudem ist es von Vorteil, wenn an einer Gleisstelle mehrere Beistellvorgänge durchgeführt werden, wobei für jeden Beistellvorgang je Kenngröße ein Wert für einen Schwingungszyklus oder je Kenngröße ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbetts ermittelt wird und wobei bei Nichterreichen eines vorgegebenen Verdichtungszustandes ein weiterer Beistellvorgang durchgeführt wird. Die Kennwerte bzw. Kennwertverläufe zeigen dabei

deutliche Unterschiede zwischen den aufeinanderfolgenden Beistellvorgängen.

- [21] Eine zusätzliche Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, dass für mehrere Stopfvorgänge an unterschiedlichen Stellen entlang eines Gleises jeweils ein Kennwert für einen Schwingungszyklus oder ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen ermittelt wird und dass daraus eine Bewertung einer räumlichen Entwicklung eines Verdichtungserfolges und/oder der Beschaffenheit des Schotterbettes erfolgt. Dieser übergeordnete Verlauf der Kenngrößen über mehrere Stopfvorgänge hinweg gibt Aufschluss über die Homogenität des Gleises, den Schotterzustand und den Verdichtungserfolg.
- [22] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung eines der vorgenannten Verfahren umfasst ein Stopfaggregat, mit zwei gegenüberliegenden Stopfwerkzeugen, die jeweils über einen Schwenkarm mit einem Beistellantrieb und einem Schwingungsantrieb gekoppelt sind, wobei zumindest an einem Schwenkarm und/oder dem zugeordneten Stopfwerkzeug Sensoren zur Erfassung des Verlauf der auf das Stopfwerkzeug wirkenden Kraft über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg angeordnet sind, wobei Messsignale der Sensoren einer Auswerteeinrichtung zugeführt sind und wobei die Auswerteeinrichtung zur Ermittlung einer aus dem Verlauf abgeleiteten Kenngröße eingerichtet ist.
- [23] Dabei ist es vorteilhaft, wenn in einer Stopfwerkzeughalterung zumindest ein Kraftmesssensor angeordnet ist. Der Kraftmesssensor ist somit vor störenden Einflüssen geschützt und misst mit hoher Genauigkeit die auf das Stopfwerkzeug wirkenden Kräfte. Dabei wird eine Biegung des Stopfwerkzeugs auf einfache Weise kompensiert. Zusätzlich sind Beschleunigungssensoren bzw. Wegsensoren zur Erfassung des Stopfwerkzeugwegs angeordnet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- [24] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 Stopfaggregat

- Fig. 2 Stopfwerkzeug und Schwenkarm mit Sensoren
- Fig. 3 Kraft-Weg-Verlauf (Arbeitsdiagramm) bei neuem Schotter
- Fig. 4 Kraft-Weg-Verlauf bei altem Schotter
- Fig. 5 Kraft-Weg-Verlauf beim Eindringen in den Schotter
- Fig. 6 3D-Diagramm der Kraft-Weg-Verläufe für mehrere Schwingungszyklen bei neuem Schotter
- Fig. 7 3D-Diagramm der Kraft-Weg-Verläufe für mehrere Schwingungszyklen bei altem Schotter
- Fig. 8 Schnittflächen durch das 3D-Diagramm gemäß Fig. 6
- Fig. 9 Schnittflächen durch das 3D-Diagramm gemäß Fig. 7
- Fig. 10 Verläufe der Maximalkraft bei zwei Beistellvorgängen
- Fig. 11 Verläufe der Belastungssteifigkeit bei zwei Beistellvorgängen
- Fig. 12 Verläufe der Entlastungssteifigkeit bei zwei Beistellvorgängen
- Fig. 13 Verläufe der Lagen des Kontakteintrittspunktes bei zwei Beistellvorgängen
- Fig. 14 Verläufe der Lagen des Kontaktverlustpunktes bei zwei Beistellvorgängen
- Fig. 15 Verlauf der Maximalkraft bei neuem Schotter
- Fig. 16 Verlauf der Belastungssteifigkeit bei neuem Schotter
- Fig. 17 Verlauf der Entlastungssteifigkeit bei neuem Schotter
- Fig. 18 Verlauf der Maximalkraft bei altem Schotter
- Fig. 19 Verlauf der Belastungssteifigkeit bei altem Schotter
- Fig. 20 Verlauf der Entlastungssteifigkeit bei altem Schotter

Beschreibung der Ausführungsformen

- [25] Fig. 1 zeigt ein Gleis 1 mit einem aus Schwellen 2, Schienen 3 und Befestigungsmittel 4 bestehenden Gleisrost, der auf einem Schotterbett 5 gelagert ist. An einer zu bearbeitenden Stelle 6 des Gleises 1 ist ein Stopfaggregat 7 positioniert. Dieses umfasst zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge 8 (Stopfpickel), die während eines Stopfvorgangs 9 die zu unterstopfende Schwelle 2 umschließen. Dabei sind entlang einer Schwelle 2 gewöhnlich vier Schwenkarmpaare mit jeweils zwei Stopfwerkzeugpaaren angeordnet.

- [26] Jedes Stopfwerkzeug ist über einen Schwenkarm 10 mit einem Beistellantrieb 11 und einem Schwingungsantrieb 12 gekoppelt. Schwingungen 13 werden beispielsweise mittels einer rotierenden Exzenterwelle erzeugt. Ein Exzenterwellengehäuse samt Rotationsantrieb ist auf einem absenkbaaren Werkzeugträger 14 befestigt, auf dem auch die beiden Schwenkarme 10 angelenkt sind. Alternativ dazu kann auch an der jeweiligen Anlenkung ein Schwingungsantrieb 12 angeordnet sein. Bei einer derartigen – nicht dargestellten – Anordnung bewegen sich die Stopfwerkzeuge 8 entlang elliptischer Bahnen.
- [27] Jeder Schwenkarm 10 wirkt als zweiarmiger Hebel, wobei an einem unteren Hebelarm das zugehörige Stopfwerkzeug 8 in einer Stopfwerkzeughalterung 15 befestigt ist. Ein oberer Hebelarm ist über den als Hydraulikzylinder ausgebildeten Beistellantrieb 11 mit dem Schwingungsantrieb 12 gekoppelt.
- [28] Beim Stopfen des Gleises 1 wird der Gleisrost 4 zunächst angehoben, wodurch sich unter den Schwellen 2 Hohlräume 16 bilden. Das Stopfaggregat 7 wird an der zu bearbeitenden Stelle 6 über einer Schwelle 2 positioniert und mittels des Schwingungsantriebs 12 werden die Stopfwerkzeuge 8 mit den Schwingungen 13 beaufschlagt. Konkret bewirken die erzeugten Schwingungen 13 ein schnelles Öffnen und Schließen der zangenförmig bewegbaren Stopfwerkzeuge 8 mit kleiner Amplitude (Vibration). Dabei besteht noch kein Kontakt mit Schotter 17.
- [29] Der eigentliche Stopfvorgang 9 gliedert sich in mehrere Phasen. In einer ersten Phase wird der Werkzeugträger 14 mit den Stopfwerkzeugen 8 in neben der Schwelle 2 befindliche Schwellenfächer abgesenkt. Das jeweilige Stopfwerkzeug 8 dringt senkrecht in das Schotterbett 5 ein, wobei die Schwingungen 13 bzw. dynamischen Bewegungen ein Verdrängen des Schotters 17 erleichtern.
- [30] Noch während des Absenkens setzt in einer zweiten Phase eine Beistellbewegung 18 ein und das jeweilige Stopfwerkzeug 8 bewegt sich auf die Schwelle 2 zu. Die Absenkung endet bei einer definierten Eindringtiefe und die Beistellbewegung 18 wird fortgesetzt. Während der Beistellbewegung 18 wird mittels der Stopfwerkzeuge 8 Schotter 17 unter die Schwelle 2 gestopft, verdichtet und gegebenenfalls seitlich verdrängt. Dabei

sind der Beistellbewegung 18, die hauptsächlich dem Schottertransport dient, weiterhin die Schwingungen 13 überlagert (Vibration mit ca. 35 Hz). Bei dieser dynamischen Verdichtung des Schotter 17 kann auch sogenanntes Schotterfließen hervorgerufen werden.

- [31] Bevor das jeweilige Stopfwerkzeug 8 die Schwelle 2 berührt, setzt in einer dritten Phase eine Bewegungsumkehr ein. Der Werkzeugträger 14 samt Stopfwerkzeugen 8 wird nach oben bewegt und eine Rückstellbewegung 19 (gegenläufige Beistellbewegung) bewirkt ein Öffnen der zangenförmig gegenüberliegenden Stopfwerkzeuge 8.
- [32] In der Stopfwerkzeughalterung 15 ist ein Kraftmesssensor 20 angeordnet. Alternativ können auch Sensoren (Dehnmessstreifen) an einem Schaft eines für die Messungen vorgesehenen Stopfwerkzeugs 2 angeordnet sein. Erfasst wird damit eine horizontale Kontaktkraft 21 zum Schotter 17 (Fig. 2). Zudem sind die Schwenkarme 10 mit Beschleunigungssensoren 22 bestückt (je nach Maschinentyp kommen ein oder zwei Beschleunigungssensoren 22 pro Schwenkarm 10 zum Einsatz). Ein absoluter Beistellweg 23 wird mittels eines Wegmesssensors 24 (z.B. Lasersensor) gemessen.
Gleisstopfmaschinen weisen oft mehrere Stopfaggregate 7 auf. Dann ist günstigerweise jedes dieser Aggregate 7 mit den Sensoren 20, 22, 24 ausgestattet.
- [33] Mittels der Sensoren 20, 22, 24 erfasste Messsignale 25 sind einer Auswerteeinrichtung 26 zugeführt. Diese Auswerteeinrichtung 26 ist zur Verarbeitung der Messsignale 25 eingerichtet, um eine auf das betrachtete Stopfwerkzeug 2 wirkenden Kraft über einem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg zu erfassen. Konkret wird dabei die horizontale Kontaktkraft 21 über einem Schwingweg 27 als Kraft-Weg-Verlauf 28 (Arbeitsdiagramm) ermittelt.
- [34] Um den dynamischen Schwingweg 27 zu bestimmen, werden zunächst die Schwingwege der Beschleunigungssensoren 22 durch doppelte Integration der Beschleunigungssignale ermittelt. Über die bekannten geometrischen Beziehungen wird der Schwingweg 27 am freien Ende des Stopfwerkzeugs (Pickelplatte) bestimmt.

- [35] Anhand der Kraftmessung am Schaft des Stopfwerkzeugs 2 werden Schnittkräfte (Momente, Normalkraft, Querkraft) bestimmt. Daraus errechnet die Auswerteeinrichtung 26 die horizontale Kontaktkraft 21. Diese Kontaktkraft 21 entspricht der Reaktionskraft des Schotters 17 auf die ihm aufgeprägte Verschiebung. Eine Biegung des Stopfwerkzeugs 2 lässt sich auf einfache Weise mit der gemessenen Kraft kompensieren. Mittels der ermittelten Stopfwerkzeugbewegungen erfolgt zudem eine Kompensation der Massenträgheitskraft des Stopfwerkzeugs 2.
- [36] Resultat dieser Sensorsignalauswertungen ist der Kraft-Weg-Verlauf 28 für die einzelnen Schwingungszyklen 29 eines Beistellvorgangs. Diese Relation zwischen Stopfwerkzeugbewegung und Kontaktkraft 21 wird in weiterer Folge zur Bewertung des Verdichtungsvorgangs und des Zustands des Schotters 17 bzw. des Schotterbetts 5 genutzt.
- [37] Beispielhafte Kraft-Weg-Verläufe 28 für einen Schwingungszyklus 29 sind in den Figuren 3-5 dargestellt. Dabei ist auf einer Abszisse der Schwingweg 27 und auf einer Ordinate die Kontaktkraft 21 angegeben. Der Kraft-Weg-Verlauf 28 selbst ist in Form einer Arbeitslinie 30 dargestellt. Diese Arbeitsdiagramme weisen Unterscheidungsmerkmale auf, die einen klaren Rückschluss auf die bei der Messung herrschenden Bedingungen erlauben. Insbesondere lassen sich Rückschlüsse auf die jeweilige Arbeitsphase (Absenken, Beistellen oder Rückstellen), den Verdichtungszustand und den Schotterzustand (neu, frisch gebrochener Schotter bzw. alter, verschmutzter, abgerundeter Schotter) ziehen. Fig. 3 zeigt ein Arbeitsdiagramm für neuen Schotter, der scharfe Kanten und eine hohe Verzahnung ausweist. Fig. 4 zeigt ein Arbeitsdiagramm für alten Schotter mit abgerundeten Kanten, geringer Verzahnung, hoher Verdichtung und einem hohen Feinteileanteil. Die Unterscheidungsmerkmale (Kenngrößen) der Arbeitsdiagramme erlauben eine automatisierte Einteilung in Zustandskategorien wie Neuschotter, Schotter mit geringer Nutzungsdauer und Schotter mit fortgeschrittener bzw. endender Nutzungsdauer.
- [38] Die als Kenngrößen nutzbaren Unterscheidungsmerkmale sind eine Maximalkraft 31, eine Schwingungsamplitude 32, ein vorderer Umkehrpunkt 33, ein hinterer Umkehrpunkt 34, ein Kontakteintrittspunkt 35, ein

Kontaktverlustpunkt 36, eine Neigung 37 der Arbeitslinie 30 während einer Belastungsphase (Belastungssteifigkeit), eine Neigung 38 der Arbeitslinie 30 während einer Entlastungsphase (Entlastungssteifigkeit), eine Gesamtneigung 39 der Arbeitslinie und eine geleistete Verformungsarbeit 40 als von der Arbeitslinie 30 umschlossene Fläche. Zur Bestimmung dieser Kenngrößen 31-40 können anstelle der Relativschwingwege 27 auch die absoluten Beistellwege 23 herangezogen werden.

- [39] Die arbeitsintegrierte Messung und Kenngrößenbestimmung und die darauf basierende Bewertung des Schotterzustandes erlaubt eine laufende Qualitätskontrolle und die Optimierung der Prozessparameter des Stopfvorgangs 9. Bewertbar ist der Zustand des Gleisschotters 17 anhand der beiden Extreme, dem neuen Schotter aus einem Steinbruch und dem alten Schotter am Ende seiner technischen Lebensdauer. Je nach Schotterqualität, Belastung, Umwelteinflüsse und Untergrundverhältnisse durchläuft der Schotterzustand sämtliche Zwischenstufen, wobei bei Instandhaltungsmaßnahmen auch eine Schotteraufbereitung bzw. ein Mischen von Schotter stattfinden kann. Konkret lässt sich festlegen, dass neuer Schotter 17 sauber ist, scharfe Kanten aufweist und eine definierte Korngrößenverteilung aufweist. Alter Schotter 17 hingegen ist verschmutzt, besitzt abgerundete Kanten und hat durch Verschmutzung, Abrieb, Kornzertrümmerung und Feinteile aus dem Untergrund eine veränderte Korngrößenverteilung.
- [40] Zudem erlaubt die arbeitsintegrierte Ermittlung der Schottersteifigkeit und die darauf basierende Bewertung des Verdichtungszustandes eine laufende Qualitätskontrolle und die Optimierung der Prozessparameter des Stopfvorgangs 9. Bewerten lässt sich der Verdichtungszustand des Gleisschotters 17 anhand spezifischer Schottereigenschaften. Lose geschütteter Schotter ist locker gelagert und weist großes Porenvolumen sowie geringe Tragfähigkeit auf. Bei Belastungen treten relativ große Deformationen auf, die zumeist irreversibel sind. Die Steifigkeit eines solchen unverdichteten Schotters ist gering. Verdichteter Schotter hingegen ist dicht gelagert und besitzt geringes Porenvolumen. Durch die Verdichtung sind Deformationen weitgehend vorweggenommen, weshalb unter Belastung nur

- mehr geringe Deformationen auftreten. Diese sind überwiegend elastisch, also reversibel. Verdichteter Schotter weist eine große Steifigkeit auf.
- [41] Die definierten Kenngrößen 31-40 eines Schwingungszyklus 29 charakterisieren den Stopfvorgang 9 dermaßen, dass sich in einfacher Weise Aussagen über den Gleisschotterzustand und den Verdichtungsprozess machen lassen. Dazu werden entweder die Kenngrößen 31-40 bzw. Arbeitsdiagramme in einer Ausgabeeinrichtung angezeigt oder mit einem vordefinierten Bewertungsschema abgeglichen. Einzelne Kenngrößen 31-40 können als Parameter für eine Ansteuerung des Stopfaggregats 7 vorgegeben werden. Dazu werden Daten von der Auswerteeinrichtung 26 an eine Maschinensteuerung 41 übergeben.
- [42] In der folgenden exemplarischen Beschreibung der Zusammenhänge wird vereinfachend die Interpretation der Kraft-Weg-Verläufe 28 vorgenommen. Zur besseren Verständlichkeit wird nicht auf vorhandene Querbezüge eingegangen. Vielmehr werden Verknüpfungen von Kenngrößen 31-40 und bewertbaren Mechanismen mit den augenscheinlichsten Korrelationen hervorgehoben.
- [43] Die Maximalkraft 31 ist ein guter Indikator sowohl für den Schotterzustand als auch für den Verdichtungsprozess. Die Schwingungsamplitude 32 ist durch die Umkehrpunkte 33, 34 der dynamischen Stopfwerkzeugbewegung bestimmt. Mit zunehmendem Widerstand des Schotters 17 geht eine geringfügige Verringerung der Schwingungsamplitude 32 einher, weshalb diese zweite Kenngröße ein guter Indikator für den Verdichtungsprozess ist.
- [44] Der Kontakteintrittspunkt 35 und der Kontaktverlustpunkt 36 trennen im Kraft-Weg-Verlauf 28 einen Abschnitt mit kraftschlüssigem Kontakt zwischen Stopfwerkzeug 8 und Schotter 17 von einem Abschnitt ohne Kontakt. Im Arbeitsdiagramm ist ersichtlich, dass das Stopfwerkzeug 8 in einer Vorwärtsbewegung auf den Schotter 17 auftrifft, die Kontaktkraft 21 bis zum Maximum 31 ansteigt und danach wieder abfällt, weil das Stopfwerkzeug 8 den vorderen Umkehrpunkt 33 erreicht hat und sich wieder rückwärts zu bewegen beginnt. In dieser Rückwärtsbewegung verliert es den Kontakt mit dem in Arbeitsrichtung gedrückten Schotter 17 und führt die restliche Rückwärtsbewegung mit vernachlässigbarer Krafteinwirkung aus. Erst nach

dem Richtungswechsel am hinteren Umkehrpunkt 34 bewegt sich das Stopfwerkzeug 8 wieder in Arbeitsrichtung, um erneut mit dem Gleisschotter in Kontakt zu kommen. In den Figuren 3 und 4 zeigt sich klar, dass die Lage der Kontaktpunkte 35, 36 vom Schotterzustand abhängen. Als Indikatoren für die Schotterqualität ist demnach die Lage der Linie des Kontaktes und der Linie des Kontaktverlustes heranziehbar.

- [45] Die Belastungssteifigkeit des Gleisschotters 17 ist die Relation zwischen Kraft und zugehöriger Verformung. Im Kraft-Weg-Verlauf 28 stellt sie sich als Neigung der Arbeitslinie 30 in einem Belastungsast dar. Die Belastungssteifigkeit ist eine essentielle Kenngröße zur Beurteilung der Tragfähigkeit des Gleisschotters. Sie steigt im Zuge der Schotterverdichtung an und wird als Verdichtungsnachweis herangezogen.
- [46] Die Entlastungssteifigkeit stellt sich als Neigung der Arbeitslinie 30 in einer Entlastungsphase dar. In Fig. 4 nimmt die Kontaktkraft 21 durch die Reduktion der Verformungsgeschwindigkeit bereits vor dem Umkehrpunkt 34 ab, obwohl die Verformung noch zunimmt. Durch dieses inelastische Verhalten weist alter Gleisschotter 17 eine geringe, oft sogar negative Entlastungssteifigkeit auf. Dadurch eignet sich die Entlastungssteifigkeit als Indikator für den Schotterzustand.
- [47] Die von der Arbeitslinie 30 umschlossene Fläche entspricht der geleisteten Verformungsarbeit 40. Mit dem relativen Schwingweg x_{rel} , der Kontaktkraft F und einer Schwingungszyklusdauer T errechnet sich die Verformungsarbeit W nach folgender Formel:
- $$W = \oint_T F \cdot dx_{rel}$$
- Die Effizienz des Gleisstoppers ist mit dieser Kenngröße optimierbar, indem das Stopfaggregat 7 in der Weise betrieben wird, dass sich für die Verformungsarbeit 40 ein Maximum ergibt.
- [48] Fig. 5 zeigt ein Arbeitsdiagramm in der Phase des Eindringens, bei der das Stopfwerkzeug 8 in beide Richtungen annähernd symmetrisch wirkt. Dabei gleicht die Arbeitslinie 30 einem Oval. Der Widerstand des Schotters 17 kann durch die Steifigkeit beschrieben werden, die sich als Neigung dieses Ovals darstellt. Konkret stellt sich die Gesamtneigung 39 als Neigung einer Linie 42

dar, die durch lineare Regression nach der Methode des geringsten Fehlerquadrats ermittelt wird.

- [49] In einer vorteilhaften Ausprägung der Erfindung werden alle Kenngrößen 31-40 für jeden Schwingungszyklus 29 berechnet und der Verlauf über den gesamten Beistellvorgang ausgewertet. In den Figuren 6 und 7 sind solche Verläufe in einem räumlichen Diagramm dargestellt. Eine x-Achse und eine y-Achse entsprechen der Abszisse und der Ordinate in den Figuren 3-5. Auf der dritten Achse ist eine Beistellzeit 43 (Abfolge der Schwingungszyklen 29) angegeben. In Fig. 6 ist beispielsweise klar erkennbar, dass bei neuem Schotter 17 die Maximalkraft 31 mit zunehmender Beistellzeit 43 deutlich ansteigt.
- [50] Fig. 8 zeigt dieselben Messergebnisse wie Fig. 6 und Fig. 9 zeigt dieselben Messergebnisse wie Fig. 7. Allerdings ist hier der Kraftverlauf als Isolinien 45 (Isarithmen) gleicher Kraft 21 dargestellt. Der Abstand dieser Linien zeigt die Neigung 37, 38 im Arbeitsdiagramm (z.B. Belastungssteifigkeit). Verlauf und Größe charakterisieren den Verdichtungsvorgang in neuem Schotter 17 (Fig. 8) und altem Schotter 17 (Fig. 9). Eingezeichnet sind hier auch eine Linie der Lagen 46 der Kontakteintrittspunkte 35 und eine Linie der Lagen 47 der Kontaktverlustpunkte 36. Für die jeweils konstante Kontaktkraft 21 ist mit zunehmendem Wert eine andere Schraffur dargestellt. Eine entsprechende Legende ist Fig. 8 beigelegt.
- [51] Die Figuren 10-14 zeigen Kennwertverläufe für eine Abfolge mehrere Schwingungszyklen 29 mit zwei Beistellvorgängen an einer Stelle 6 des Gleises 1. Es handelt sich dabei um diskrete Verläufe jener Kennwerte (Werte der jeweiligen Kenngröße 31-40), die beim jeweiligen Schwingungszyklus 29 erfasst werden. Die Kennwertverläufe für einen ersten Beistellvorgang 48 und einen zweiten Beistellvorgang 49 sind im jeweiligen Diagramm gemeinsam dargestellt und beginnen jeweils mit dem ersten Schwingungszyklus 29 des jeweiligen Beistellvorgangs 48, 49. Der Vergleich der Verläufe lässt Rückschlüsse auf die Verdichtung des Schotters 17 zu und dient auch als Entscheidungskriterium, wie viele Stopfvorgänge 9 pro Gleisstelle 6 erforderlich sind. Der Unterschied zwischen dem ersten und

dem zweiten Beistellvorgang 48, 49 ist deutlich erkennbar und rechtfertigt somit den zweiten Vorgang 49.

- [52] In den Figuren 15-20 sind Kennwertverläufe für eine Abfolge mehrerer Stopfvorgänge 9 bzw. Schwellenpositionen an aufeinanderfolgenden Stellen 6 entlang des Gleises 1 dargestellt (räumliche Entwicklung). Das jeweilige Diagramm zeigt für jeden Stopfvorgang 9 wieder die Kennwerte von zwei Beistellvorgängen 47, 48. Diese räumlichen Verläufe geben Aufschluss über die Homogenität des Gleises 1, den Schotterzustand und den Verdichtungserfolg.
- [53] Vor allem bei Gleisen 1 mit altem Schotter (Fig. 18-20) und unbesohlenen Schwellen gibt es oft erhebliche und kleinräumige Unterschiede zwischen den Lagerungsbedingungen der einzelnen Schwellen 2. Diese Bedingungen wirken sich auch auf den Zustand des Schotters 17 aus und schaffen generell heterogene Verhältnisse. Darauf kann während der Durchführung der Stopfvorgänge 9 durch Vorgabe geänderter Parameter reagiert werden. Allerdings bleibt die Heterogenität des alten Gleises 1 bestehen. Deshalb dient die anhand der dargestellten Kennwertverläufe bewertete Heterogenität als Kriterium zur Vorgabe von Stopfintervallen.
- [54] Mittels einer Auswertung der Kenngrößen 31-40 für einen Gleisabschnitt lässt sich also abschätzen, wann eine nächste Durcharbeitung (Stopfung) dieses Gleisabschnitts erforderlich ist, um eine zufriedenstellende Gleislage beizubehalten. Damit ist ein Indikator für eine aktuelle Einstufung im Lebenszyklus des Gleises 1 gegeben. Mit zunehmend kürzer werdenden Stopfintervallen nähert sich das Gleis 1 dem Ende seiner Liegedauer und es müssen Sanierungsmaßnahmen erfolgen. Das vorliegende Verfahren liefert somit Kenngrößen 31-40, die auch für eine umfassende Planung der Gleisinstandhaltung geeignet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbetts (5) mittels eines Stopfaggregats (7), das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die bei einem Stopfvorgang (9) mit Schwingungen (13) beaufschlagt in das Gleisschotterbett (5) abgesenkt und mit einer Beistellbewegung (18) aufeinander zubewegt werden, dadurch gekennzeichnet, dass mittels am Stopfaggregat (7) angeordneter Sensoren (20, 22, 24) zumindest für ein Stopfwerkzeug (8) während eines Schwingungszyklus (29) ein Verlauf (28) einer auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über einem vom Stopfwerkzeug (8) zurückgelegten Weg (23, 27) erfasst wird und dass daraus zumindest eine Kenngröße (31-40) abgeleitet wird, mittels derer eine Bewertung des Stopfvorgangs (9) und/oder einer Beschaffenheit des Gleisschotterbettes (5) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kenngröße (31-40) als ein Parameter für eine Ansteuerung des Stopfaggregats (7) vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes oder eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes (5) als eine erste Kenngröße eine während des Schwingungszyklus (29) auf das Stopfwerkzeug (8) wirkende Maximalkraft (31) abgeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes (5) als eine zweite Kenngröße eine während des Schwingungszyklus (29) auftretende Schwingungsamplitude (32) abgeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes des Schotterbettes (5) für den Schwingungszyklus (29) ein Kontakteintritt zwischen Stopfwerkzeug (8) und Schotter (17) sowie ein Kontaktverlust zwischen Stopfwerkzeug (8) und Schotter (17) ermittelt wird und dass daraus eine dritte Kenngröße abgeleitet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung einer Tragfähigkeit des Schotterbettes (5) als eine vierte Kenngröße eine Neigung (37) des Verlaufs (28) während einer Belastungsphase des Stopfwerkzeugs (8) abgeleitet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes des Schotterbettes (5) als eine fünfte Kenngröße eine Neigung (38) des Verlaufs (28) während einer Entlastungsphase des Stopfwerkzeugs (8) abgeleitet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung eines Nutzungsgrades aus dem erfassten Verlauf (28) als eine sechste Kenngröße eine mittels des Stopfwerkzeugs (8) geleistete Verformungsarbeit (40) abgeleitet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung einer Gesamtsteifigkeit des Schotterbetts (5) als eine siebente Kenngröße eine Gesamtneigung (39) des Verlaufs (28) abgeleitet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtneigung (39) durch lineare Regression des erfassten Verlaufs (28) ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf (28) der auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg (23, 27) für mehrere Schwingungszyklen (29) eines Stopfvorgangs (9) erfasst wird, dass für jeden dieser Schwingungszyklen (29) ein Kennwert ermittelt wird und dass mittels eines Kennwertverlaufs ein Bewertungsvorgang erfolgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Gleisstelle (6) mehrere Beistellvorgänge (48, 49) durchgeführt werden,

dass für jeden Beistellvorgang (48, 49) ein Kennwert für einen Schwingungszyklus (29) oder ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen (29) zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbetts (5) ermittelt wird und dass bei Nichterreichung eines vorgegebenen Verdichtungszustandes ein weiterer Beistellvorgang durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass für mehrere Stopfvorgänge (9) an unterschiedlichen Stellen (6) entlang eines Gleises (1) jeweils ein Kennwert für einen Schwingungszyklus (29) oder ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen (29) ermittelt wird und dass daraus eine Bewertung einer räumlichen Entwicklung eines Verdichtungserfolges und/oder der Beschaffenheit des Schotterbettes (5) erfolgt.

14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem Stopfaggregat (7), das zwei gegenüberliegenden Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die jeweils über einen Schwenkarm (10) mit einem Beistellantrieb (11) und einem Schwingungsantrieb (12) gekoppelt sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest an einem Schwenkarm (10) und/oder dem zugeordneten Stopfwerkzeug (8) Sensoren (20, 22, 24) zur Erfassung des Verlauf (28) der auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg (23, 27) angeordnet sind, dass Messsignale (25) der Sensoren (20, 22, 24) einer Auswerteeinrichtung (26) zugeführt sind und dass die Auswerteeinrichtung (26) zur Ermittlung einer aus dem Verlauf (28) abgeleiteten Kenngröße (31-40) eingerichtet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Stopfwerkzeughalterung (15) zumindest ein Kraftmesssensor (20) angeordnet ist.

Fig. 1

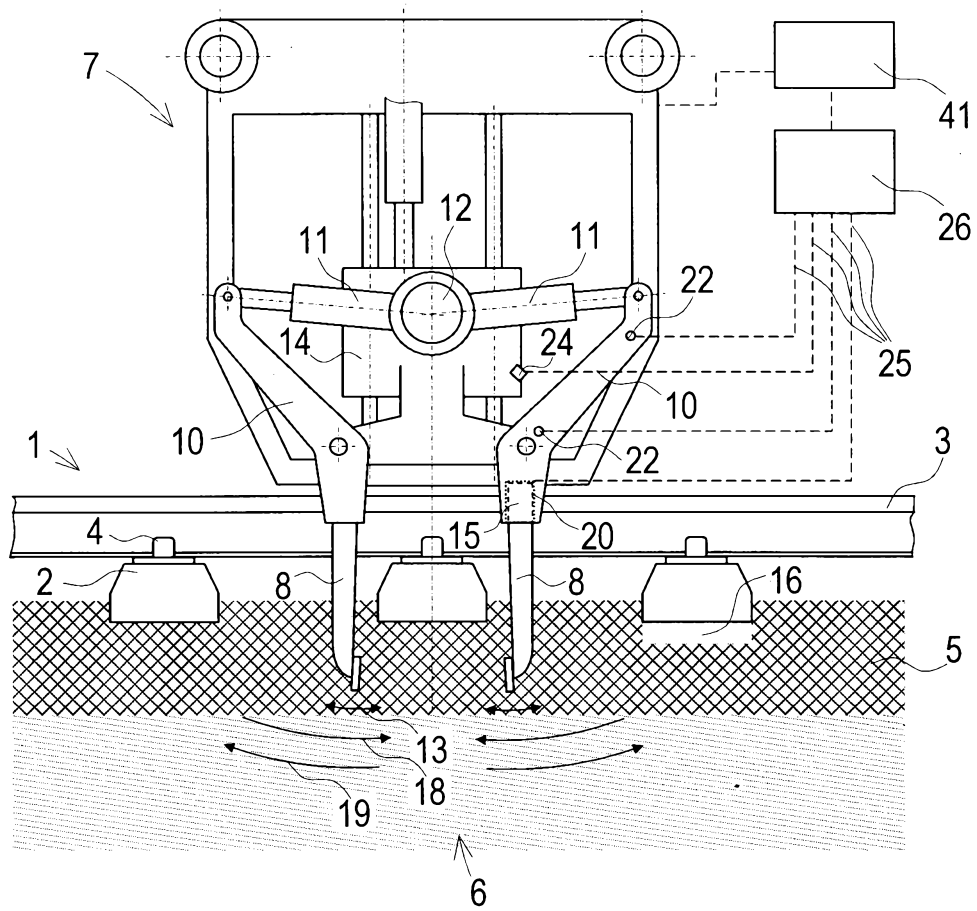


Fig. 2

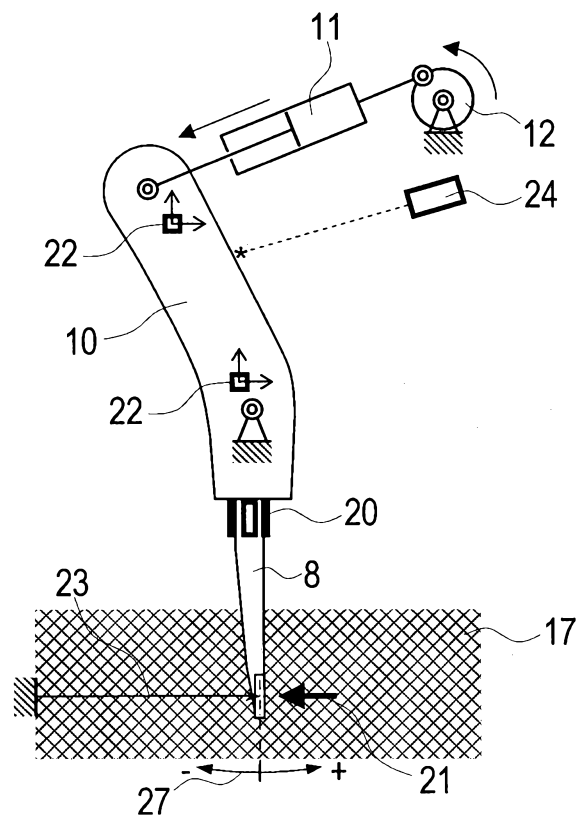


Fig. 3

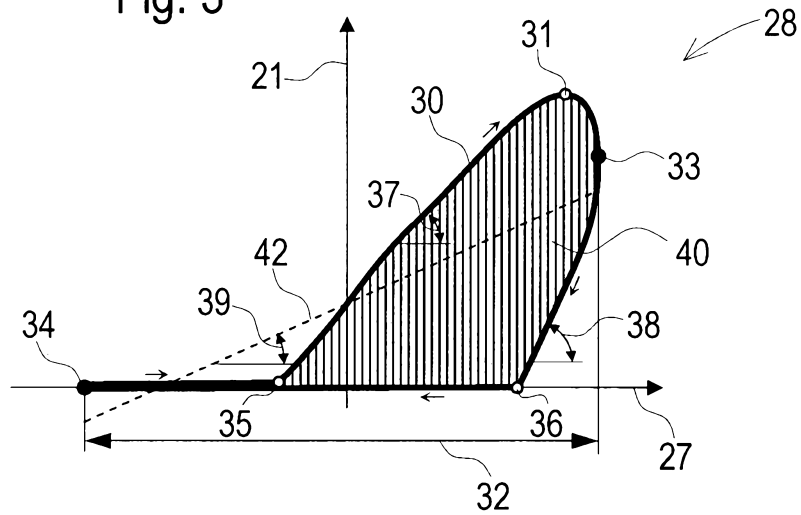


Fig. 4

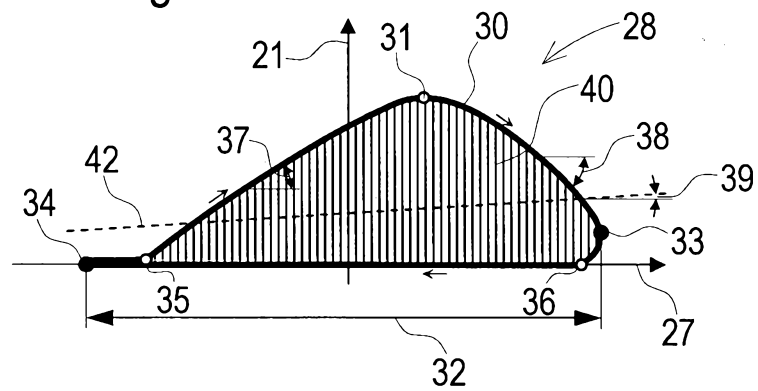


Fig. 5

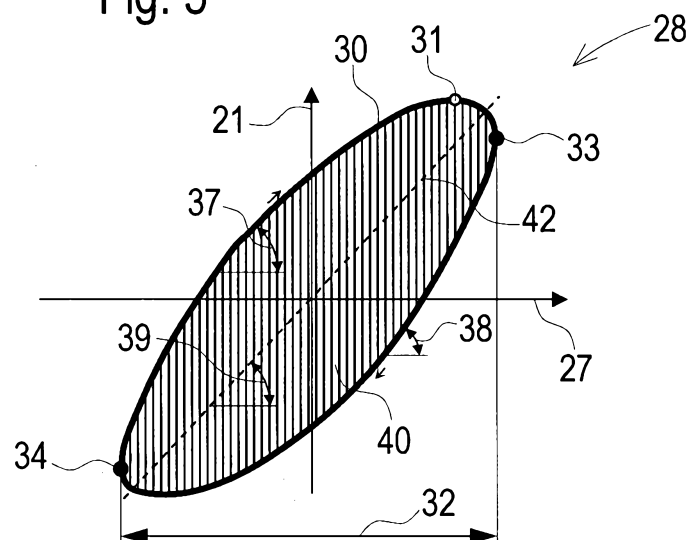


Fig. 6

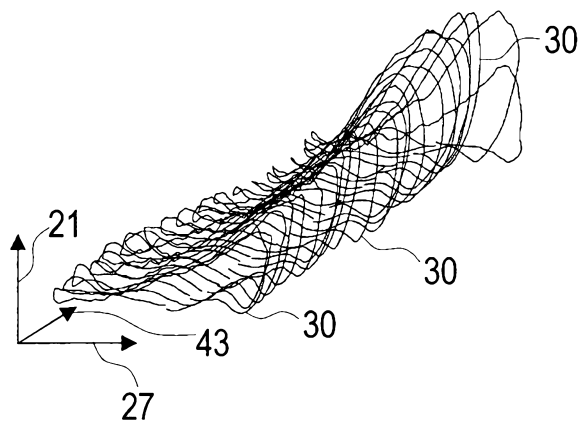


Fig. 7

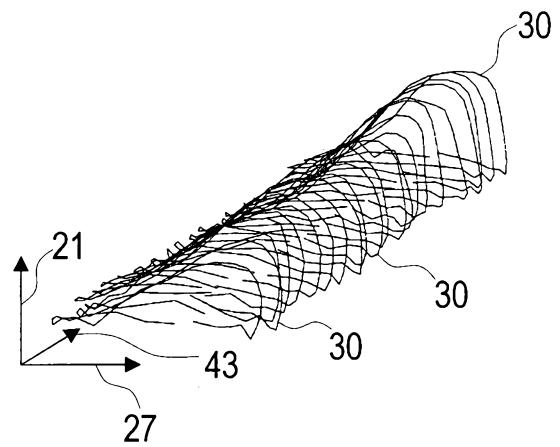


Fig. 8

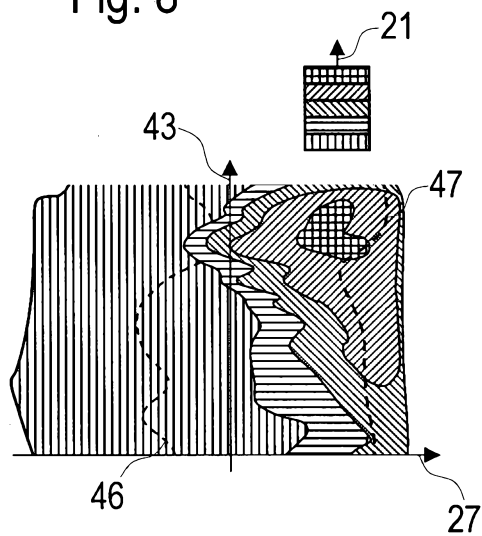


Fig. 9

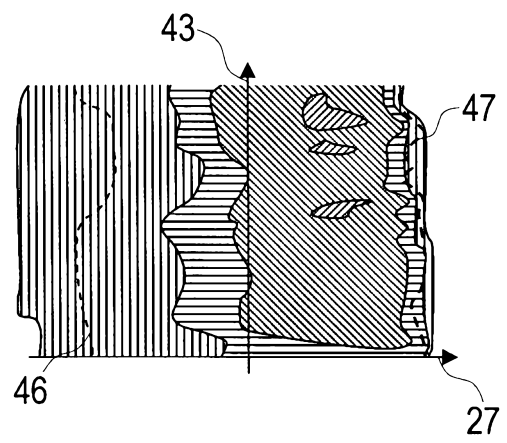


Fig. 10

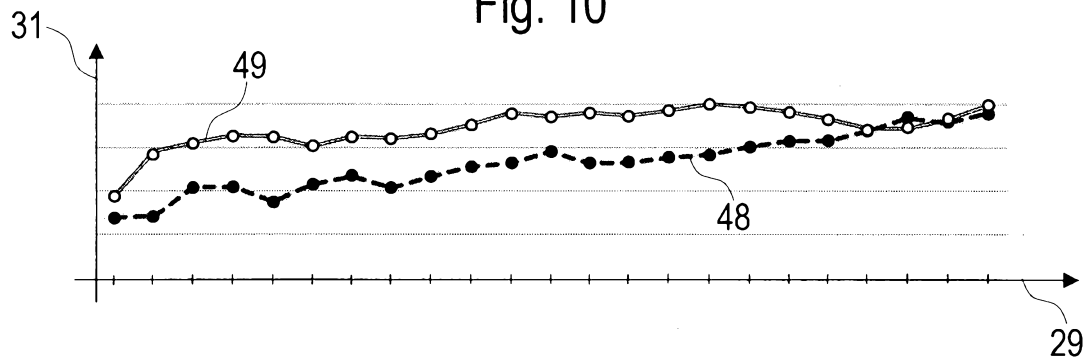


Fig. 11

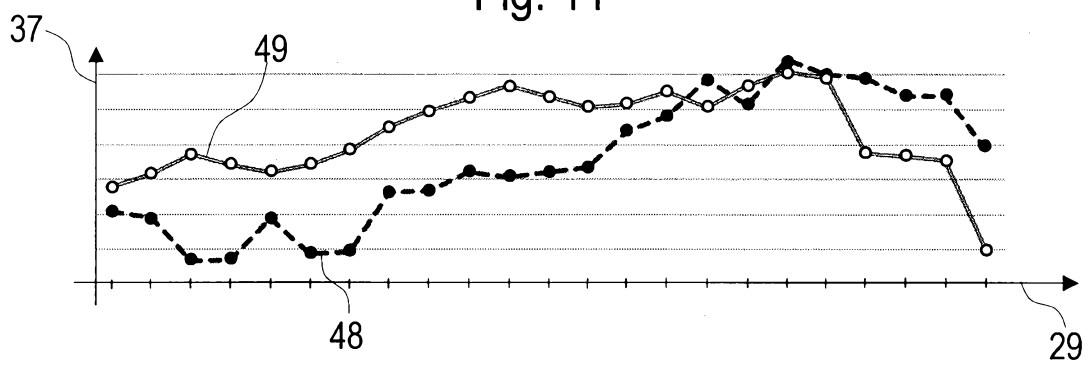


Fig. 12

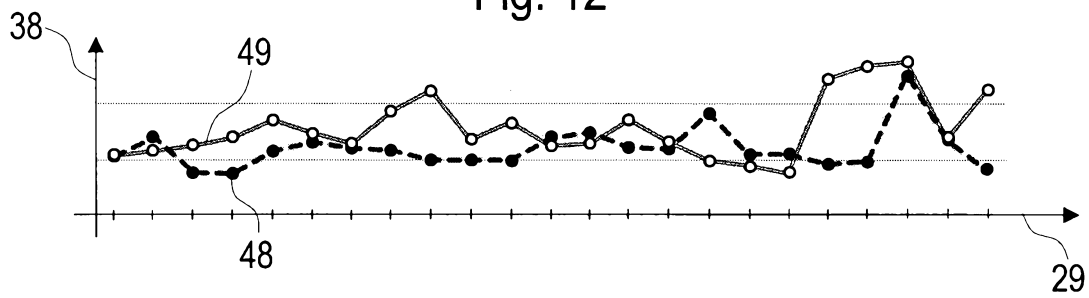


Fig. 13

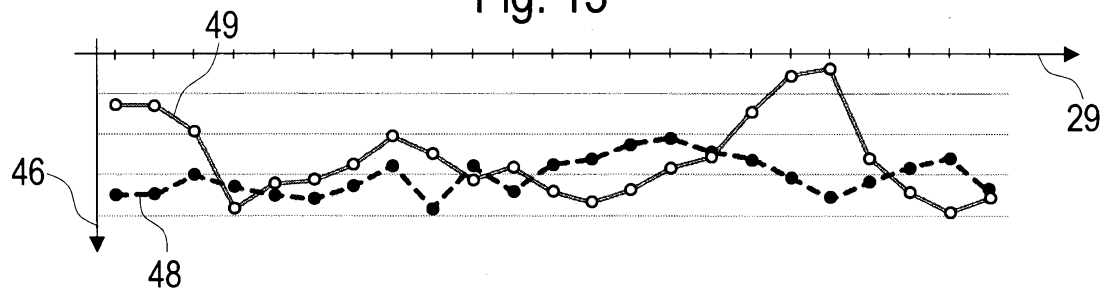


Fig. 14

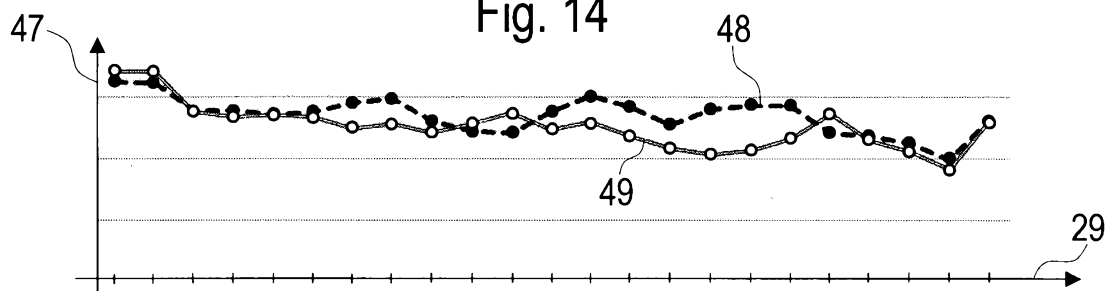


Fig. 15

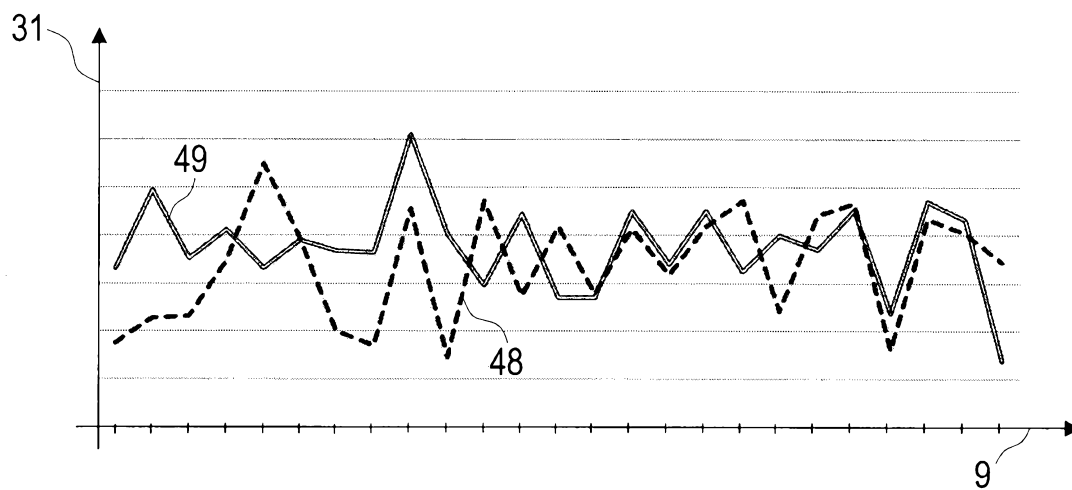


Fig. 16

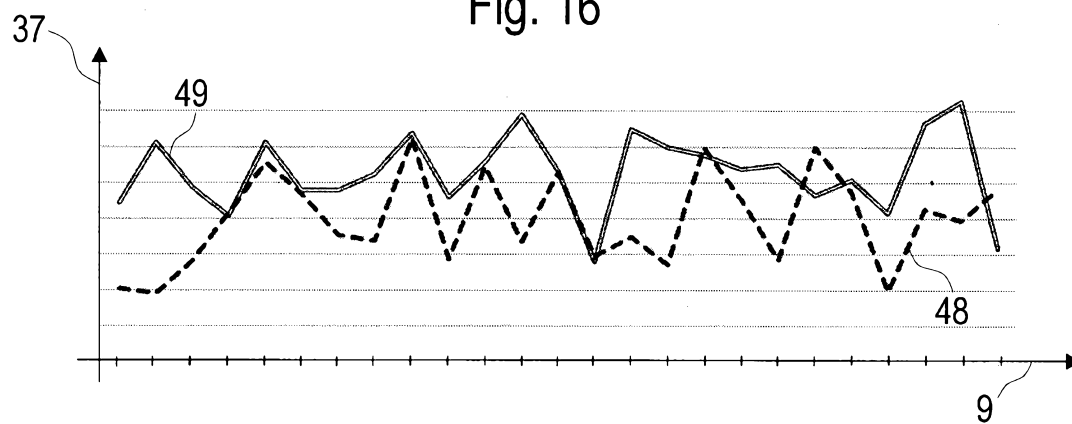


Fig. 17

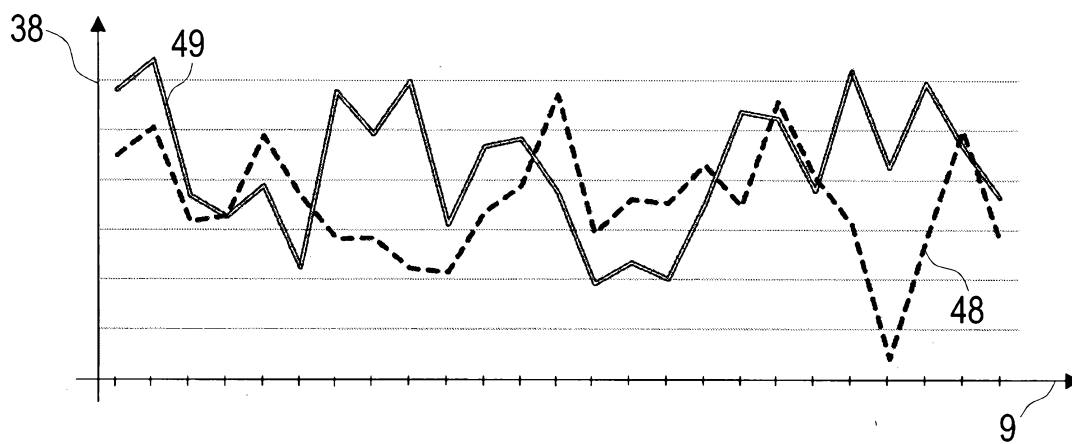


Fig. 18

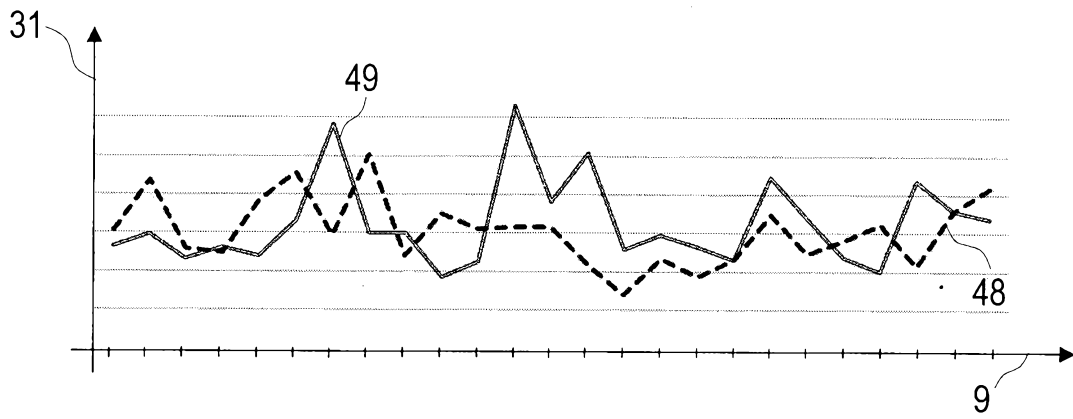


Fig. 19

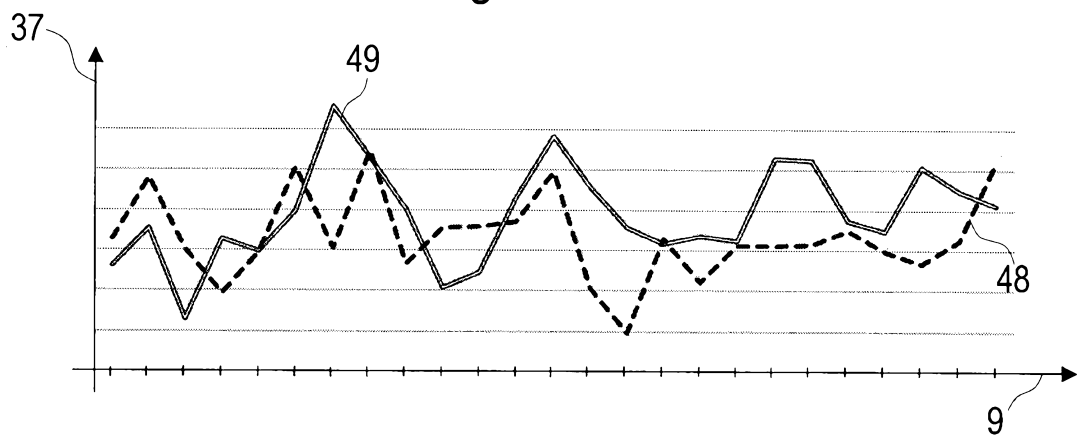
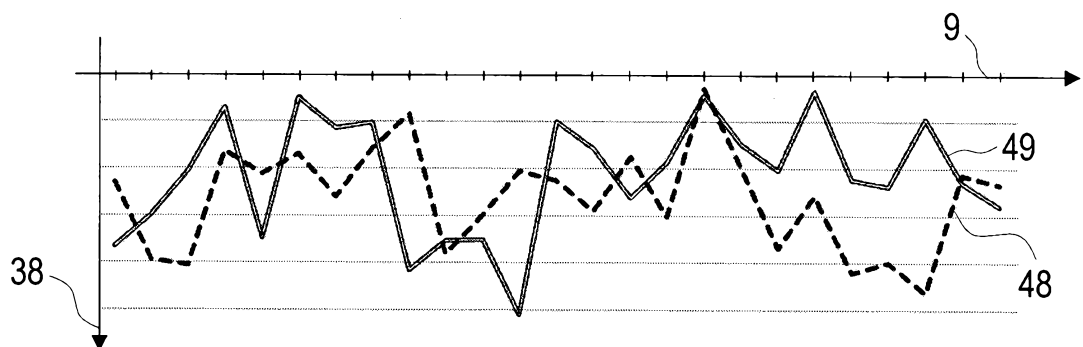


Fig. 20



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
E01B 27/16 (2006.01); **E01B 27/17** (2006.01); **E01B 35/00** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
E01B 27/16 (2013.01); **E01B 27/17** (2017.05); **E01B 35/00** (2013.01); **E01B 2203/12** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
E01B

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC; WPIAP; TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 29.05.2017 eingereichten Ansprüchen 1 - 15 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	AT 515801 A4 (SYSTEM 7) 15. Dezember 2015 (15.12.2015)	1 - 10
A	Ansprüche 1 - 6	11 - 15
X	GB 2451310 A (MONITION) 28. Januar 2009 (28.01.2009)	14
A	Figur 5; Ansprüche 1 - 15	1 - 13, 15

Datum der Beendigung der Recherche:
16.01.2018

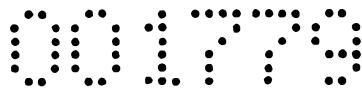
Seite 1 von 1

Prüfer(in):
STAWA Richard

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

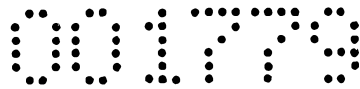
- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.



Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdichten eines Gleisschotterbetts (5) mittels eines Stopfaggregats (7), das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die bei einem Stopfvorgang (9) mit Schwingungen (13) beaufschlagt in das Gleisschotterbett (5) abgesenkt und mit einer Beistellbewegung (18) aufeinander zubewegt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels an einem Schwenkarm (10) und/oder an diesem zugeordneten Stopfwerkzeug (8) des Stopfaggregats (7) angeordneter Sensoren (20, 22, 24) zumindest für ein Stopfwerkzeug (8) während eines Schwingungszyklus (29) ein Verlauf (28) einer auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über einem vom Stopfwerkzeug (8) zurückgelegten Weg (23, 27) erfasst wird und dass daraus zumindest eine Kenngröße (31-40) abgeleitet wird, mittels derer eine Bewertung des Stopfvorgangs (9) und/oder einer Beschaffenheit des Gleisschotterbettes (5) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kenngröße (31-40) als ein Parameter für eine Ansteuerung des Stopfaggregats (7) vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes oder eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes (5) als eine erste Kenngröße eine während des Schwingungszyklus (29) auf das Stopfwerkzeug (8) wirkende Maximalkraft (31) abgeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbettes (5) als eine zweite Kenngröße eine während des Schwingungszyklus (29) auftretende Schwingungsamplitude (32) abgeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes des Schotterbettes (5) für den Schwingungszyklus (29) ein Kontakteintritt zwischen Stopfwerkzeug (8) und Schotter



(17) sowie ein Kontaktverlust zwischen Stopfwerkzeug (8) und Schotter (17) ermittelt wird und dass daraus eine dritte Kenngröße abgeleitet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bewertung einer Tragfähigkeit des Schotterbettes (5) als eine vierte Kenngröße eine Neigung (37) des Verlaufs (28) während einer Belastungsphase des Stopfwerkzeugs (8) abgeleitet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bewertung eines Schotterzustandes des Schotterbettes (5) als eine fünfte Kenngröße eine Neigung (38) des Verlaufs (28) während einer Entlastungsphase des Stopfwerkzeugs (8) abgeleitet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung eines Nutzungsgrades aus dem erfassten Verlauf (28) als eine sechste Kenngröße eine mittels des Stopfwerkzeugs (8) geleistete Verformungsarbeit (40) abgeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung einer Gesamtsteifigkeit des Schotterbetts (5) als eine siebente Kenngröße eine Gesamtneigung (39) des Verlaufs (28) abgeleitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gesamtneigung (39) durch lineare Regression des erfassten Verlaufs (28) ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verlauf (28) der auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg (23, 27) für mehrere Schwingungszyklen (29) eines Stopfvorgangs (9) erfasst wird, dass für jeden dieser Schwingungszyklen (29) ein Kennwert ermittelt wird und dass mittels eines Kennwertverlaufs ein Bewertungsvorgang erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass an einer Gleisstelle (6) mehrere Beistellvorgänge (48, 49) durchgeführt werden, dass für jeden Beistellvorgang (48, 49) ein Kennwert für einen Schwingungszyklus (29) oder ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen (29) zur Bewertung eines Verdichtungszustandes des Schotterbetts (5) ermittelt wird und dass bei Nichterreichung eines vorgegebenen Verdichtungszustandes ein weiterer Beistellvorgang durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass für mehrere Stopfvorgänge (9) an unterschiedlichen Stellen (6) entlang eines Gleises (1) jeweils ein Kennwert für einen Schwingungszyklus (29) oder ein Kennwertverlauf für mehrere Schwingungszyklen (29) ermittelt wird und dass daraus eine Bewertung einer räumlichen Entwicklung eines Verdichtungserfolges und/oder der Beschaffenheit des Schotterbettes (5) erfolgt.

14. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem Stopfaggregat (7), das zwei gegenüberliegenden Stopfwerkzeuge (8) umfasst, die jeweils über einen Schwenkarm (10) mit einem Beistellantrieb (11) und einem Schwingungsantrieb (12) gekoppelt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an einem Schwenkarm (10) und/oder dem zugeordneten Stopfwerkzeug (8) Sensoren (20, 22, 24) zur Erfassung des Verlauf (28) der auf das Stopfwerkzeug (8) wirkenden Kraft (21) über dem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg (23, 27) angeordnet sind, dass Messsignale (25) der Sensoren (20, 22, 24) einer Auswerteeinrichtung (26) zugeführt sind und dass die Auswerteeinrichtung (26) zur Ermittlung einer aus dem Verlauf (28) abgeleiteten Kenngröße (31-40) eingerichtet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Stopfwerkzeughalterung (15) zumindest ein Kraftmesssensor (20) angeordnet ist.