

(19)



(11)

EP 4 323 587 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

07.05.2025 Patentblatt 2025/19

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

E01B 27/16^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22712378.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

E01B 27/16

(22) Anmeldetag: **10.03.2022**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2022/056127

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2022/218614 (20.10.2022 Gazette 2022/42)

(54) **VERFAHREN UND MASCHINE ZUM STOPFEN EINES GLEISES**

METHOD AND MACHINE FOR TAMPING A TRACK

PROCÉDÉ ET MACHINE DE BOURRAGE D'UNE VOIE

(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**

• **KOCZWARA, Christian**

3264 Gresten (AT)

• **OMEROVIC, Samir**

4201 Eidenberg (AT)

(30) Priorität: **12.04.2021 AT 502662021**

(74) Vertreter: **Haas, Franz**

Plasser & Theurer

**Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft
m.b.H.**

Johannessgasse 3

1010 Wien (AT)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

21.02.2024 Patentblatt 2024/08

(73) Patentinhaber: **Plasser & Theurer Export von**

Bahnbaumaschinen

Gesellschaft m.b.H.

1010 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A1-2017/129215 AT-A4- 515 801

AT-B1- 515 801

(72) Erfinder:

• **DAXBERGER, Harald**

4040 Linz (AT)

EP 4 323 587 B1

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).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterstopfen von Schwellen eines in einem Schotterbett gelagerten Gleisrosts mittels eines Stopfaggregats, das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge umfasst, die beim Unterstopfen der jeweiligen Schwelle mit Schwingungen beaufschlagt in das Schotterbett abgesenkt und mit einer Beistellbewegung aufeinander zubewegt werden, während der Gleisrost in einer angehobenen Position gehalten wird. Zudem betrifft die Erfindung eine Stopfmaschine zur Durchführung des Verfahrens.

Stand der Technik

[0002] 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.

[0003] Für Stopfaggregate zum Unterstopfen von Schwellen eines in einem Schotterbett gelagerten Gleisrosts sind verschiedene Bauformen bekannt. Beispielsweise offenbart die AT 350 097 B ein Stopfaggregat mit hydraulischen Beistellantrieben, die einerseits zur Vibrationserzeugung an eine rotierende Exzenterwelle und andererseits an schwenkbare Stopfwerkzeuge angeschlossen sind. Aus der AT 339 358 B kennt man ein Stopfaggregat mit Hydraulikantrieben, die in einer kombinierten Funktion als Beistellantriebe und als Schwingungserzeuger dienen.

[0004] Die 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.

[0005] Bei einem aus der AT 520 056 A1 bekannten Verfahren wird für zumindest ein Stopfwerkzeug jeder durch einen Vibrationsantrieb hervorgerufener Schwin-

gungszyklus analysiert. Konkret wird während eines Schwingungszyklus ein Verlauf einer auf das Stopfwerkzeug wirkenden Kraft über einem vom Stopfwerkzeug zurückgelegten Weg erfasst. Durch eine laufende Auswertung dieser Kraft-Weg-Verläufe wird in Echtzeit erkannt, wie ein Schotterbett beschaffen ist und ob eine ausreichende Verdichtung erreicht wird.

Darstellung der Erfindung

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass auf einfache Weise eine optimale Schotterverfüllung von Hohlräumen unter den Schwellen durchführbar ist. Weiter ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Stopfmaschine anzugeben.

[0007] Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Maschine gemäß Anspruch 13. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

[0008] Dabei wird mittels einer Auswerteeinrichtung eine Beistellgeschwindigkeit zumindest eines Stopfwerkzeugs überwacht, wobei beim Erreichen einer vorgegebenen Beistellzeit oder eines vorgegebenen Beistellwegs ein aktueller Wert der Beistellgeschwindigkeit mit einem Grenzwert verglichen wird, wobei ein Meldesignal angibt, ob der aktuelle Wert über dem Grenzwert liegt. Während des Verfüllens der Hohlräume unter den Schwellen wirkt auf die Stopfwerkzeuge eine durch Reibung des Schotters hervorgerufene Gegenkraft. Diese Gegenkraft nimmt zu, wenn der Hohlraum verfüllt ist und die Steifigkeit der unter der Schwelle gebildeten Schotterauflage zunimmt. Infolgedessen sinkt bei gleichbleibendem Beistelldruck die Beistellgeschwindigkeit.

[0009] Mit der vorliegenden Erfindung wird dieser Effekt genutzt, um den aktuellen Verfüllungszustand zu erfassen. Wenn nach einer vorgegebenen Beistellphase der aktuelle Wert der Beistellgeschwindigkeit noch immer über dem Grenzwert liegt, erfolgt eine entsprechende Informationsausgabe mittels des Meldesignals. Beispielsweise wird ein optisches oder akustisches Meldesignal ausgegeben. Der aktuelle Verfüllungszustand kann auch durch Beibehaltung eines Meldesignals oder durch ein verändertes Meldesignal bei einer Statusänderung angezeigt werden. Jedenfalls gibt das Meldesignal an, ob auf Basis des Wertevergleichs bereits eine ausreichende Verfüllung des unter der Schwelle befindlichen Hohlraums erfolgt ist oder ob die Verfüllung noch unzureichend ist. Im letzteren Fall wird mit nachfolgenden Maßnahmen eine optimale Verfüllung erreicht.

[0010] In einer einfachen Variante wird das Meldesignal einer Anzeigeeinrichtung zugeführt, um einer Bedienperson eine unzureichende Verfüllung eines Hohlraums unter der aktuell zu unterstopfenden Schwelle anzuzeigen. Auf diese Weise wird die Bedienperson darauf hingewiesen, dass der aktuelle Beistellvorgang fortgesetzt werden soll und dass gegebenenfalls weitere Stopfvorgänge notwendig sind, um die optimale Verfüll-

lung zu erreichen.

[0011] Bei einer verbesserten Erfindungsausprägung wird das Meldesignal einer Steuerungseinrichtung des Stopfaggregats zugeführt, wobei insbesondere mittels der Steuerungseinrichtung automatisch eine längere Beistelldauer und/oder eine veränderte Beistellkraft vorgegeben wird. Damit ist kein Eingreifen einer Bedienungsperson erforderlich, um die Schotterverfüllung zu optimieren.

[0012] Gegebenenfalls ist es sinnvoll, wenn mittels der Steuerungseinrichtung automatisch ein weiterer Stopfvorgang für die aktuell zu unterstopfende Schwelle angestoßen wird. Diese Maßnahme ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn ein zur Verfügung stehender Bestellweg des Stopfwerkzeugs nicht ausreicht, um einen erwünschten Verfüllungszustand zu erreichen.

[0013] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Frequenz der Schwingungen des Stopfwerkzeugs angehoben wird, wenn der aktuelle Wert den Grenzwert unterschreitet. Dazu wird der aktuelle Wert laufend mit dem Grenzwert verglichen, um das Erreichen eines optimalen Verfüllungszustands zu erfassen. Erst beim Erreichen dieses optimalen Verfüllungszustands führen die vom Stopfwerkzeug auf den Schotter übertragenen Schwingungen durch die erhöhte Schwingungsfrequenz zu einer gesteigerten temporären dynamischen Fluidisierung des Schotters. Dieses sogenannten Schotterfließen bewirkt ein reibungsarmes Gleiten der Schotterkörner untereinander. Der Schotter verhält sich fluidähnlich und vibriert eigenständig in eine höhere Lagerungsdichte. Während der Verfüllungsphase kommt dieser Effekt aufgrund der niedrigeren Schwingungsfrequenz nur eingeschränkt zum Tragen. Die aufrechte Reibung zwischen den Schotterkörnern erleichtert den Verfüllungsvorgang, weil mit den Stopfwerkzeugen größere in sich verzahnte Schotterpakete bewegt werden. Ein Umfließen der Stopfwerkzeuge wird vermieden.

[0014] Für den Vergleich mit dem Grenzwert ist es sinnvoll, wenn als aktueller Wert die Beistellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Erreichens der vorgegebenen Beistellzeit oder des vorgegebenen Beistellwegs ausgewertet wird. Bei dieser Variante wird keine hohe Rechenleistung der Auswerteeinrichtung benötigt, weil keine Modifizierung des erfassten Geschwindigkeitswerts notwendig ist.

[0015] In einer anderen Variante kann es vorteilhaft sein, dass als aktueller Wert ein über einen Bereich der Beistellzeit oder des Beistellwegs gemittelter Wert der Beistellgeschwindigkeit ausgewertet wird. Damit werden Ungenauigkeiten bei der Geschwindigkeitserfassung oder Unregelmäßigkeiten während des Beistellvorgangs ausgeglichen.

[0016] Eine weitere Variante sieht vor, dass der aktuelle Wert als Ergebnis eines gewichteten Zeit- oder Wegintegrals ermittelt wird. Weniger Rechenleistung ist erforderlich, wenn der aktuelle Wert als eine gewichtete Summe mehrerer Messwerte der Beistellgeschwindigkeit er-

mittelt wird. Auch mit diesen Maßnahmen werden Unregelmäßigkeiten des Beistellvorgangs ausgeglichen, wobei bestimmte Phasen des Beistellvorgangs durch eine entsprechende Gewichtung hervorgehoben werden.

[0017] Bei einer Verbesserung dieser Varianten wird eine Gewichtung in Abhängigkeit einer berechneten oder gemessenen Prozessgröße des Stopfvorgangs vorgegeben. Mit dieser besonderen Gewichtung ist eine automatisierte Anpassung der Auswertelgorithmen auf geänderte Stopfverhältnisse durchführbar.

[0018] Vorteilhafterweise wird als eine solche Prozessgröße eine Eindringarbeit oder eine Eindringkraft während eines Absenkvorgangs des Stopfwerkzeugs ermittelt. In Abhängigkeit dieser Prozessgröße wird in weiterer Folge eine angepasste Gewichtung für die Bildung des aktuellen Wertes der Beistellgeschwindigkeit abgeleitet.

[0019] Eine weitere Verbesserung der Auswertung wird erreicht, wenn ein zeitlicher Verlauf der Beistellgeschwindigkeit oder des Beistellwegs als Eingangsdaten einem Machine-Learning-Modell zugeführt werden. Beispielsweise ist in der Auswerteeinrichtung ein Neuronales Netz, eine Support Vector Machine, ein Decision Tree, eine Regressionsanalyse oder ein Bayessches Netz eingerichtet. Dabei können auch weitere Prozessgrößen wie ein Hebewert des Gleisrostes oder eine gewünschte Beistellkraft als Eingangsdaten des Modells dienen. Der Ausgang des Modells liefert einen aktuellen Wert, der zur Bewertung des Verfüllungszustandes heranziehbar ist.

[0020] Die erfindungsgemäße Stopfmaschine zur Durchführung eines der angegebenen Verfahren umfasst ein Hebeaggregat zum Heben des Gleisrostes und ein Stopfaggregat zum Unterstopfen von angehobenen Schwellen. Dabei ist eine Sensorik zur Erfassung einer Beistellgeschwindigkeit angeordnet, wobei die Sensorik mit einer Auswerteeinrichtung gekoppelt ist. In der Auswerteeinrichtung ist ein Algorithmus eingerichtet, der einen aktuellen Wert der Beistellgeschwindigkeit mit einem Grenzwert vergleicht. Zudem ist die Auswerteeinrichtung zur Ausgabe eines Meldesignals eingerichtet, mit dem angegeben wird, ob der aktuelle Wert zum vorgegebenen Vergleichszeitpunkt über dem Grenzwert liegt. Die solcherart ausgebildete Stopfmaschine ermöglicht auf einfache Weise eine optimale Verfüllung der unter den angehobenen Schwellen gebildeten Hohlräumen.

[0021] In einer einfachen Weiterbildung ist die Auswerteeinrichtung mit einer Anzeigeeinrichtung zur Anzeige einer Meldung gekoppelt. Die Anzeige weist eine Bedienungsperson auf einen unzureichenden Verfüllungszustand hin, woraufhin notwendige Folgemaßnahmen eingeleitet werden.

[0022] Bei einer weiteren Verbesserung der Maschine ist die Auswerteeinrichtung mit einer Steuerungseinrichtung des Stopfaggregats gekoppelt. Sobald die Steuerungseinrichtung mittels des Meldesignals die Information einer unzureichenden Verfüllung erhält, werden au-

tomatisch Maßnahmen zur weiteren Verfüllung der Hohlräume angestoßen. Beispielsweise wird die Beistellzeit verlängert oder ein weiterer Stopfvorgang für die aktuelle zu unterstopfende Schwelle durchgeführt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- Fig. 1 Stopfmaschine
- Fig. 2 Stopfaggregat während eines Absenkvorgangs
- Fig. 3 Stopfwerkzeuge beim Verfüllen eines Hohlraums
- Fig. 4 Stopfwerkzeuge beim Verdichten der Schotterauflage
- Fig. 5 Diagramm der Beistellgeschwindigkeit über der Zeit
- Fig. 6 Bestimmung des Grenzwertes
- Fig. 7 Bestimmung des Grenzwertes und Auswertung der gemessenen Beistellgeschwindigkeit

Beschreibung der Ausführungsformen

[0024] Die in Fig. 1 dargestellte Stopfmaschine 1 ist mittels Schienenfahrwerke 2 auf Schienen 3 eines Gleises 4 verfahrbar. In einem Schotterbett 5 gelagerte Schwellen 6 bilden mit den darauf befestigten Schienen 3 einen Gleisrost 7. Zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens umfasst die Stopfmaschine 1 ein Hebeaggregat 8 und ein Stopfaggregat 9. Zudem ist für eine Gleislagekorrektur ein Messsystem 10 angeordnet. Die Aggregate 8, 9 sind über Stellantriebe 11 gegenüber einem Maschinenrahmen 12 verstellbar. Das Hebeaggregat 8 ist vorteilhafterweise auch zum seitlichen Richten des Gleisrostes 7 vorgesehen.

[0025] Das Stopfaggregat 9 und ein bearbeiteter Abschnitt des Gleises 4 sind in Fig. 2 dargestellt. In einem Aggregatrahmen 13 ist ein Werkzeugträger 14 vertikal geführt. Am Werkzeugträger 14 ist als Schwingungsantrieb 15 eine angetriebene Exzenterwelle angeordnet. An der Exzenterwelle sind zwei Beistellantriebe 16 angelenkt. Die Rotation der Exzenterwelle versetzt die Beistellantriebe 16 in Schwingung, wobei die jeweilige Exzentrizität die Schwingungsamplitude bestimmt.

[0026] Am Werkzeugträger 14 sind bezüglich einer zu unterstopfenden Schwelle 6 gegenüberliegende Stopfwerkzeuge 17 gelagert. Das jeweilige Stopfwerkzeug 17 umfasst einen Stopfhebel 18, dessen oberer Hebelarm mit dem zugeordneten Beistellantrieb 16 verbunden ist. Am unteren Hebelarm ist ein Stopfpickel 19 angeordnet, der im Zuge eines Stopfvorgangs in das Schotterbett 5 eintaucht.

[0027] Fig. 2 zeigt das Stopfaggregat 9 während einer Absenkbewegung 20 der Stopfwerkzeuge 17, wobei die Stopfpickel 19 auf das Schotterbett 5 eine Eindringkraft

21 ausüben. Während dieses Vorgangs ist der Schwingungsantrieb 15 aktiv, sodass der jeweilige Stopfpickel 19 über den zugeordneten Stopfhebel 18 und den blockierten Beistellantrieb 16 mit Schwingungen 22 beaufschlagt ist. Der bearbeitete Abschnitt des Gleisrostes 7 wird mittels des Hebeaggregats 8 mit einer Hebekraft 23 in eine vorgegebene Sollposition gehoben. Dabei bilden sich unter den noch zu unterstopfenden Schwellen 6 Hohlräume 24, die während eines Stopfvorgangs mit Schotter verfüllt werden sollen. Rollenzangen 25 des Hebeaggregats 8 halten den bearbeiteten Gleisrost 7 bis zum Ende eines jeweiligen Stopfvorgangs in Position.

[0028] Zumindest an einem Stopfwerkzeug 17 ist ein Sensor 26 zur Erfassung einer Beistellgeschwindigkeit v angeordnet. Diese Sensorik 26 ist mit einer Auswerteeinrichtung 27 gekoppelt, um einen aktuellen Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit einem hinterlegten Grenzwert (Schwellwert) 29 zu vergleichen. Dieser Wertevergleich erfolgt laufend oder zumindest zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Beginn einer Beistellbewegung 30. Jedenfalls ist in weiterer Folge das Ergebnis jenes Wertevergleichs relevant, welcher beim Erreichen einer vorgegebenen Beistellzeit t_1 oder eines vorgegebenen Beistellwegs s durchgeführt wird. Dazu ist in der Auswerteeinrichtung 27 ein entsprechender Vorgabewert der Beistellzeit t und/oder des Beistellwegs s abgespeichert. Beim Erreichen dieses Vorgabewertes ist die Beistellbewegung in der Regel noch nicht beendet. Die gesamte vorgesehene Beistellzeit bzw. der gesamte vorgesehene Beistellweg ist größer als der für den Wertevergleich relevante Vorgabewert.

[0029] Wenn der relevante Wertevergleich ergibt, dass der aktuelle Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v noch über dem Grenzwert 29 liegt, wird mittels der Auswerteeinrichtung 27 ein entsprechendes Meldesignal 31 ausgegeben. Dieses gibt an, dass noch keine ausreichende Verfüllung des Hohlraums 24 der aktuell unterstopften Schwelle 6 erfolgt ist. Über eine Anzeigeeinrichtung 32, die das Meldesignal 31 empfängt, erhält eine Bedienperson die entsprechende Information. Auf diese Weise wird die Bedienperson in die Lage versetzt, Maßnahmen zur Optimierung der Verfüllung des Hohlraums 24 einzuleiten.

[0030] Zur automatisierten Durchführung entsprechender Maßnahmen ist die Auswerteeinrichtung 27 mit einer Steuerungseinrichtung 33 des Stopfaggregats 9 gekoppelt. Das Meldesignal 31 bewirkt zunächst, dass mittels der Steuerungseinrichtung 33 durch eine angepasste Ansteuerung der Beistellantriebe 16 die Beistellbewegung fortgesetzt wird. Dabei wird laufend überprüft, ob der aktuelle Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v den Grenzwert 29 doch noch erreicht. Der maximal mögliche Beistellweg begrenzt diese Maßnahme. Zudem ist eine Reserve notwendig, damit der während des Verfüllens unter die Schwelle 6 geschobene Schotter abschließend verdichtet werden kann. Gegebenenfalls erfolgt als weitere Maßnahme eine nochmalige Unterstopfung derselben Schwelle 6, um die optimale Verfüllung des Hohl-

raums 24 sicherzustellen. Überprüft wird dieser Vorgang wiederum durch einen Vergleich des aktuellen Werts 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit dem Grenzwert 29.

[0031] Kurz bevor die Stopfpickel 19 die vorgegebene Eintauchtiefe erreicht haben, beginnt die Beistellbewegung 30 durch eine entsprechende Aktivierung der Beistellantriebe 16. Der Beistellvorgang bewirkt zunächst ein Verfüllen des unter der Schwelle 6 befindlichen Hohlraums 24, wie in Fig. 3 dargestellt. Dabei üben die Stopfpickel 19 auf die Schotterkörner eine konstante Beistellkraft 34 aus, weil die als Hydraulikzylinder ausgebildeten Beistellantriebe 16 mit einem konstanten Druck beaufschlagt sind.

[0032] Während der Verfüllung des Hohlraums 24 bleiben die Stopfwerkzeuge 17 mit Schwingungen 22 beaufschlagt, wobei die Schwingungsfrequenz vorteilhafterweise niedriger ist gegenüber der Frequenz beim Eintauchen in das Schotterbett 5. Auf diese Weise bleiben die Schotterkörner mobil. Die niedrigere Frequenz verhindert eine zu starke Fluidisierung der Schotterkörner, damit kein seitliches Abwandern der Schotterkörner auftritt.

[0033] Der Beginn der Beistellbewegung 30 wird in der Auswerteeinrichtung 27 erfasst, um beim Erreichen der vorgegebenen Beistellzeit t_1 den aktuellen Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit dem hinterlegten Grenzwert 29 zu vergleichen. Der Grenzwert 29 wird im Vorfeld durch theoretische Analysen, durch eine Simulation oder durch einen Versuch bestimmt und in der Auswerteeinrichtung 27 abgespeichert.

[0034] Eine Möglichkeit zur Bestimmung des Grenzwertes 29 durch einen Versuch besteht darin, den Gleisrost 7 vor dem Beginn des eigentlichen Stopfprozesses auf den gewünschten Hebewert anzuheben. In einem ersten Schritt 35 erfolgt die Hebung des Gleisrostes 7, wie in Fig. 6 dargestellt. Während des Beistellvorgangs erfolgt in einem zweiten Schritt 36 die Messung der Beistellgeschwindigkeit v und gegebenenfalls der Beistellkraft 34. Zudem wird in einem dritten Schritt 37 aus einer Messung der Hebekraft 23 der Zeitpunkt t_0 ermittelt, ab welchem der Schotter aufgrund der vollständigen Verfüllung des Hohlraums 24 die Schwelle 6 nach oben drückt. Zu diesem Zeitpunkt t_0 nimmt die Hebekraft 23 ab und die Beistellgeschwindigkeit v reduziert sich. Der Grenzwert 29 für die Erkennung, **ob der Verfüllungsvorgang** abgeschlossen ist, entspricht in diesem Beispiel der beim Erreichen der Verfüllung gemessenen Geschwindigkeit v .

[0035] Durch einen laufenden Vergleich des aktuellen Wertes 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit dem Grenzwert 29 wird bei jedem Beistellvorgang das Erreichen der optimalen Verfüllung des Hohlraums 24 erkannt. Vorteilhafterweise wird ab diesem Zeitpunkt die Frequenz der Schwingungen 22 der Stopfwerkzeuge 17 erhöht. Die erhöhte dynamische Anregung steigert die Mobilität der Schotterkörner, wodurch diese in ein dichteres Gefüge übergehen. Auf diese Weise wird in der letzten Phase des Beistellvorgangs eine optimale Verdichtung

des unter die Schwelle 6 geschobenen Schotters erzielt. Die Umschaltung von Verfüllungsfrequenz auf Verdichtungsfrequenz kann auch lediglich wegabhängig oder zeitabhängig erfolgen. Ein entsprechender Schwellenwert wird wie oben beschrieben im Vorfeld durch Messung der Hebekraft 23 empirisch ermittelt.

[0036] In einer Weiterbildung der Erfindung wird der Grenzwert 29 und/oder der Zeitpunkt t_1 zur Durchführung des Vergleichs mit dem aktuellen Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v in Abhängigkeit von anderen berechneten oder gemessenen Prozessgrößen festgelegt. Als eine solche Prozessgröße wird beispielsweise die Eindringkraft 21 oder die Eindringarbeit während des Absenkens der Stopfpickel 19 in das Schotterbett 5 herangezogen. Auch die Hebung des Gleisrostes 7 mittels des Hebeaggregats 8 und die gewünschte Beistellkraft 34 können als Prozessgröße zur Beeinflussung des Grenzwertes 29 bzw. des Vergleichszeitpunktes t_1 dienen.

[0037] Zudem kann es sinnvoll sein, als aktuellen Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v eine Durchschnittsgeschwindigkeit zu ermitteln. Dabei wird die Beistellgeschwindigkeit v vom Beginn eines Beistellvorgangs an erfasst und laufend ein Mittelwert gebildet. Beispielsweise ist die Durchschnittsgeschwindigkeit durch ein gewichtetes Zeit- oder Wegintegral oder durch eine gewichtete Summe mehrerer Geschwindigkeitsmesswerte bestimmbar. Die Gewichtung kann zeit- oder wegabhängig erfolgen und ist in Abhängigkeit von den oben genannten Prozessgrößen festlegbar. Liegt der so bestimmte aktuelle Wert 28 über dem Grenzwert 29, wird eine unzureichende Verfüllung erkannt.

[0038] Ein abschließender Verdichtungsvorgang 38 des verfüllten Schotters ist in Fig. 4 dargestellt. Dieser Vorgang stellt sich erst dann ein, wenn der vorgelagerte Verfüllungsvorgang 39 abgeschlossen ist. Da der Widerstand des Schotters beim Verfüllen gering ist als im bereits verfüllten Zustand, erfolgt bei konstanter Beistellkraft 34 die Beistellbewegung 30 während des Verfüllens mit einer höheren Geschwindigkeit v als beim abschließenden Verdichten des verfüllten Schotters.

[0039] Der entsprechende Geschwindigkeitsverlauf ist in Fig. 5 dargestellt. Im Zeitpunkt t_0 , bei dem der Hohlraum 24 unter der Schwelle 6 vollständig verfüllt ist, wird im Vorfeld der Grenzwert 29 ermittelt. In einem ersten Beispiel eines Beistellvorgangs wird bei einer vorgegebenen Beistellzeit t_1 ein Vergleich des aktuellen Wertes 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit dem Grenzwert 29 durchgeführt. In diesem ersten Beispiel ergibt sich, dass der aktuelle Wert 28 noch über dem Grenzwert 29 liegt. Damit ist die Information verbunden, dass der Verfüllungsvorgang 39 noch nicht abgeschlossen ist. Im zweiten Beispiel erfolgt der Vergleich zu einem späteren Zeitpunkt t_1' , weil eine längere Beistellzeit vorgegeben wird. Hier ist der aktuelle Wert 28' bereits unter dem Grenzwert 29 gefallen. Der Vergleich liefert die Information, dass der Verfüllungsvorgang 39 abgeschlossen ist.

[0040] Gemessen oder geschätzt wird die Geschwindigkeit v beispielsweise durch die Messung des Beistell-

wegs am Beistellzylinder 16, durch die Messung eines Schwenkwinkels des Stopfhebels 18 oder durch die Messung eines Volumenstromes eines Beistellzylinders 16 oder mehrerer Beistellzylinder 16. In einer Weiterbildung der Erfindung wird der Verlauf der gemessenen oder geschätzten Beistellgeschwindigkeit v als Eingangsgroßen für ein Machine-Learning Modell verwendet. Beispielsweise ist in der Auswerteeinrichtung 27 ein Neuronales Netz, eine Support Vector Machine, ein Decision Tree, ein Algorithmus zur Regressionsanalyse oder ein Bayessches Netz eingerichtet.

[0041] Fig. 7 zeigt eine einfache Auswertung mittels der Auswerteeinrichtung 27. Wie oben beschrieben wird im Vorfeld der Grenzwert 29 ermittelt und abgespeichert. Während jedes Beistellvorgangs 40 erfolgt eine Erfassung der Beistellgeschwindigkeit v . In einem Vergleichsvorgang 41 wird der aktuelle Wert 28 der Beistellgeschwindigkeit v mit dem abgespeicherten Grenzwert 29 verglichen. Daraus erfolgt eine automatisierte Entscheidung, ob der aktuelle Verfüllungsvorgang 39 abgeschlossen ist oder nicht. Im Falle einer unzureichenden Verfüllung wird ein entsprechendes Meldesignal 31 ausgegeben.

[0042] Damit ist sichergestellt, dass jede Schwelle 6 optimal unterstopft wird. Erst wenn der Hohlraum 24 unter der jeweiligen Schwelle 6 vollständig verfüllt und die Verdichtung des verfüllten Schotters abgeschossen ist, erfolgt die Unterstopfung der nächsten Schwelle 6 in Arbeitsrichtung 42. Dieser Vorgang läuft vorteilhafterweise automatisiert ab, indem die Steuerungseinrichtung 33 einer Maschinensteuerung meldet, dass ein Stopfvorgang abgeschlossen ist. Infolgedessen wird die Maschine 1 oder ein sogenannter Satellit um eine Schwellenteilung oder bei einem Mehrschwellenstopfaggregat 9 um mehrere Schwellenteilungen vorwärtsbewegt.

[0043] Gegebenenfalls wird nach einer vorgegebenen Anzahl an Stopfvorgängen oder bei einer offensichtlichen Änderung der Verhältnisse der Stopfprozess unterbrochen, um den Grenzwert 29 neu zu bestimmen. Das kann zum Beispiel sinnvoll sein, wenn eine Schotterneulage in eine Altschotterlage übergeht oder wenn sich die Art der Schwellen 6 ändert. Ansonsten werden übliche Änderungen der Gleisverhältnisse durch die beschriebenen Gewichtungen in Abhängigkeit von ermittelten Prozessgrößen kompensiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Unterstopfen von Schwellen (6) eines in einem Schotterbett (5) gelagerten Gleisrosts (7) mittels einer Auswerteeinrichtung (27) und eines Stopfaggregats (9), das zwei gegenüberliegende Stopfwerkzeuge (17) umfasst, die beim Unterstopfen der jeweiligen Schwelle (6) mit Schwingungen (22) beaufschlagt in das Schotterbett (5) abgesenkt und mit einer Beistellbewegung (30) aufeinander

zubewegt werden, während der Gleisrost (7) in einer angehobenen Position gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Auswerteeinrichtung (27) eine Beistellgeschwindigkeit (v) zumindest eines Stopfwerkzeugs (17) überwacht wird, dass beim Erreichen einer vorgegebenen Beistellzeit (t_1) oder eines vorgegebenen Beistellwegs (s) ein aktueller Wert (28) der Beistellgeschwindigkeit (v) mit einem Grenzwert (29) verglichen wird und dass ein Meldesignal (31) angibt, ob der aktuelle Wert (28) über dem Grenzwert (29) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Meldesignal (31) einer Anzeigeeinrichtung (32) zugeführt wird, um einer Bedienungsperson eine unzureichende Verfüllung eines Hohlraums (24) unter der aktuell zu unterstopfenden Schwelle (6) anzuzeigen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Meldesignal (31) einer Steuerungseinrichtung (33) des Stopfaggregats (9) zugeführt wird und dass insbesondere mittels der Steuerungseinrichtung (33) automatisch eine längere Beistelldauer und/oder eine veränderte Beistellkraft (34) vorgegeben wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Steuerungseinrichtung (33) automatisch ein weiterer Stopfvorgang für die aktuell zu unterstopfende Schwelle (6) angestoßen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenz der Schwingungen (22) des Stopfwerkzeugs (17) angehoben wird, wenn der aktuelle Wert (28) den Grenzwert (29) unterschreitet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als aktueller Wert (28) die Beistellgeschwindigkeit (v) zum Zeitpunkt des Erreichens der vorgegebenen Beistellzeit (t_1) oder des vorgegebenen Beistellwegs (s) ausgewertet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als aktueller Wert (28) ein über einen Bereich der Beistellzeit (t) oder des Beistellwegs (s) gemittelter Wert der Beistellgeschwindigkeit (v) ausgewertet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktuelle Wert (28) als Ergebnis eines gewichteten Zeit- oder Wegintegrals ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **da-**

durch gekennzeichnet, dass der aktuelle Wert (28) als eine gewichtete Summe mehrerer Messwerte der Beistellgeschwindigkeit (v) ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Gewichtung in Abhängigkeit einer berechneten oder gemessenen Prozessgröße des Stopfvorgangs vorgegeben wird. 5
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Prozessgröße eine Eindringarbeit oder eine Eindringkraft (21) während des Absenkens der Stopfwerkzeuge (17) erfasst wird. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zeitlicher Verlauf der Beistellgeschwindigkeit (v) oder des Beistellwegs (s) als Eingangsdaten einem Machine-Learning-Modell zugeführt werden. 15
13. Stopfmaschine (1) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend ein Hebeaggregat (8) zum Heben des Gleisrosts (7) und ein Stopfaggregat (9) zum Unterstopfen von angehobenen Schwellen (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Sensorik (26) angeordnet ist zur Erfassung einer Beistellgeschwindigkeit (v) und dass die Sensorik (26) mit der Auswerteeinrichtung (27) gekoppelt ist, die eingerichtet ist zum Vergleichen eines aktuellen Werts (28) der Beistellgeschwindigkeit (v) mit einem Grenzwert (29) und zur Ausgabe eines Meldesignals (31), das angibt, ob der aktuelle Wert (28) über dem Grenzwert (29) liegt. 20 25 30 35
14. Stopfmaschine (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (27) mit einer Anzeigeeinrichtung (32) zur Anzeige einer Meldung gekoppelt ist. 40
15. Stopfmaschine (1) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (27) mit einer Steuerungseinrichtung (33) des Stopfaggregats (9) gekoppelt ist. 45

Claims

1. A method for tamping sleepers (6) of a track panel (7), supported in a ballast bed (5), by means of an evaluation device (27) and a tamping unit (9), comprising two tamping tools (17) opposite one another which, during tamping of the respective sleeper (6), are lowered into the ballast bed (5) with vibrations (22) being applied, and are moved towards each other with a squeezing movement (30) while the track panel (7) is held in a raised position, **characterized in that** the evaluation device (27) is used to 50

monitor a squeezing speed (v) of at least one tamping tool (17), that a current value (28) of the squeezing speed (v) is compared with a limit value (29) when a predefined squeezing time (t_1) or a predefined squeezing distance (s) is reached, and that a notification signal (31) indicates whether the current value (28) is above the limit value (29).

2. A method according to claim 1, **characterized in that** the notification signal (31) is fed to a display device (32) to indicate to an operator an insufficient filling of a void (24) below the current sleeper (6) to be tamped.
3. A method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the notification signal (31) is fed to a control device (33) of the tamping unit (9), and that a longer squeezing time and/or a modified squeezing force (34) is automatically specified, particularly by means of the control device (33).
4. A method according to claim 3, **characterized in that** the control device (33) automatically triggers a further tamping process for the current sleeper (6) to be tamped.
5. A method according to one of the claims 1 to 4, **characterized in that** the frequency of the vibrations (22) of the tamping tool (17) is increased when the current value (28) falls below the limit value (29).
6. A method according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the squeezing speed (v) at the point in time of reaching the predefined squeezing time (t_1) or the predefined squeezing distance (s) is evaluated as the current value (28).
7. A method according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** a value of the squeezing speed (v) averaged over a range of the squeezing time (t) or the squeezing distance (s) is evaluated as the current value (28).
8. A method according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the current value (28) is determined as the result of a weighted time or distance integral.

9. A method according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the current value (28) is determined as a weighted sum of several measuring values of the squeezing speed (v).
10. A method according to claim 8 or 9, **characterized in that** a weighting is predefined depending on a calculated or measured process variable of the tamping process. 55

11. A method according to claim 10, **characterized in that** a penetration work or a penetration force (21) is recorded as a process variable during the lowering of the tamping tools (17).
12. A method according to one of the claims 1 to 11, **characterized in that** a time progression of the squeezing speed (v) or the squeezing distance (s) is fed to a machine learning model as input data.
13. A tamping machine (1) for carrying out a method according to one of the claims 1 to 12, comprising a lifting unit (8) for lifting the track panel (7) and a tamping unit (9) for tamping lifted sleepers (6), **characterized in that** a sensor system (26) is arranged to record a squeezing speed (v), and that the sensor system (26) is coupled with the evaluation device (27), which is set up for comparing a current value (28) of the squeezing speed (v) with a limit value (29) and for outputting a notification signal (31), indicating whether the current value (28) is above the limit value (29).
14. A tamping machine (1) according to claim 13, **characterized in that** the evaluation device (27) is coupled with a display device (32) for displaying a notification.
15. A tamping machine (1) according to claim 13 or 14, **characterized in that** the evaluation device (27) is coupled with a control device (33) of the tamping unit (9).

Revendications

1. Procédé de bourrage inférieur de traverses (6) d'un châssis de voie (7) logé dans un lit de ballast (5) au moyen d'un dispositif d'évaluation (27) et d'un module de bourrage (9) qui comprend deux outils de bourrage opposés (17) qui sont abaissés dans le lit de ballast (5) lors du bourrage inférieur de la traverse respective (6) de manière sollicitée avec des oscillations (22) et déplacés l'un vers l'autre avec un mouvement d'adjonction (30) tandis que le châssis de voie (7) est maintenu dans une position soulevée, **caractérisé en ce qu'une** vitesse d'adjonction (v) d'au moins un outil de bourrage (17) est surveillée au moyen du dispositif d'évaluation (27), que lors de l'atteinte d'un temps d'adjonction prédéfini (t_1) ou d'une course d'adjonction prédéfinie (s), une valeur actuelle (28) de la vitesse d'adjonction (v) est comparée à une valeur limite (29) et qu'un signal d'état (31) indique si la valeur actuelle (28) se situe au-dessus de la valeur limite (29).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le signal d'état (31) est acheminé à un dispositif

d'affichage (32) pour afficher à un opérateur une remplissage insuffisant d'un espace creux (24) sous la traverse à bourrer actuellement (6).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le signal d'état (31) est acheminé à un dispositif de commande (33) du module de bourrage (9) et qu'une durée d'adjonction plus longue et/ou une force d'adjonction modifiée (34) est notamment prédéfinie automatiquement au moyen du dispositif de commande (33).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'un** autre processus de bourrage pour la traverse à bourrer actuellement (6) est automatiquement contigu au moyen du dispositif de commande (33).
5. Procédé selon une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la fréquence des oscillations (22) de l'outil de bourrage (17) est majorée lorsque la valeur actuelle (28) dépasse par le dessous la valeur limite (29).
6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la vitesse d'adjonction (v) est évaluée en tant que valeur actuelle (28) au moment de l'atteinte du temps d'adjonction prédéfini (t_1) ou de la course d'adjonction prédéfinie (s).
7. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'une** valeur de la vitesse d'adjonction (v) moyennée sur une plage du temps d'adjonction (t_1) ou de la course d'adjonction (s) est évaluée en tant que valeur actuelle (28).
8. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la valeur actuelle (28) est déterminée en tant que résultat d'une intégrale de temps ou de course pondérée.
9. Procédé selon une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la valeur actuelle (28) est déterminée en tant que somme pondérée de plusieurs valeurs de mesure de la vitesse d'adjonction (v).
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'une** pondération est prédéfinie en fonction d'une grandeur de processus calculée ou mesurée du processus de bourrage.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'un** travail de pénétration ou une force de pénétration (21) est détectée pendant l'abaissement des outils de bourrage (17) en tant que grandeur de processus.
12. Procédé selon une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'un** tracé temporel de la vitesse

d'adjonction (v) ou de la course d'adjonction (s) est acheminé en tant que données d'entrée à un modèle d'apprentissage automatique.

13. Machine de bourrage (1) pour la réalisation d'un procédé selon une des revendications 1 à 12, comprenant un module de levage (8) pour le levage du châssis de voie (7) et un module de bourrage (9) pour le bourrage inférieur de traverses soulevées (6), **caractérisée en ce qu'un** système de capteurs (26) est disposé pour la détection d'une vitesse d'adjonction (v) et que le système de capteurs (26) est couplé au dispositif d'évaluation (27) qui est configuré pour la comparaison d'une valeur actuelle (28) de la vitesse d'adjonction (v) à une valeur limite (29) et pour l'émission d'un signal d'état (31) qui indique si la valeur actuelle (28) se situe au-dessus de la valeur limite (29). 5 10 15
14. Machine de bourrage (1) selon la revendication 13, **caractérisée en ce que** le dispositif d'évaluation (27) est couplé à un dispositif d'affichage (32) pour l'affichage d'un message. 20
15. Machine de bourrage (1) selon la revendication 13 ou 14, **caractérisée en ce que** le dispositif d'évaluation (27) est couplé à un dispositif de commande (33) du module de bourrage (9). 25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

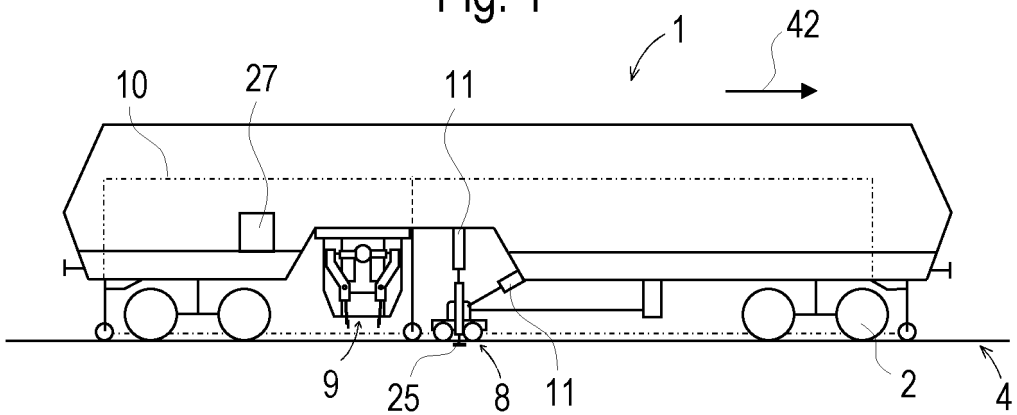
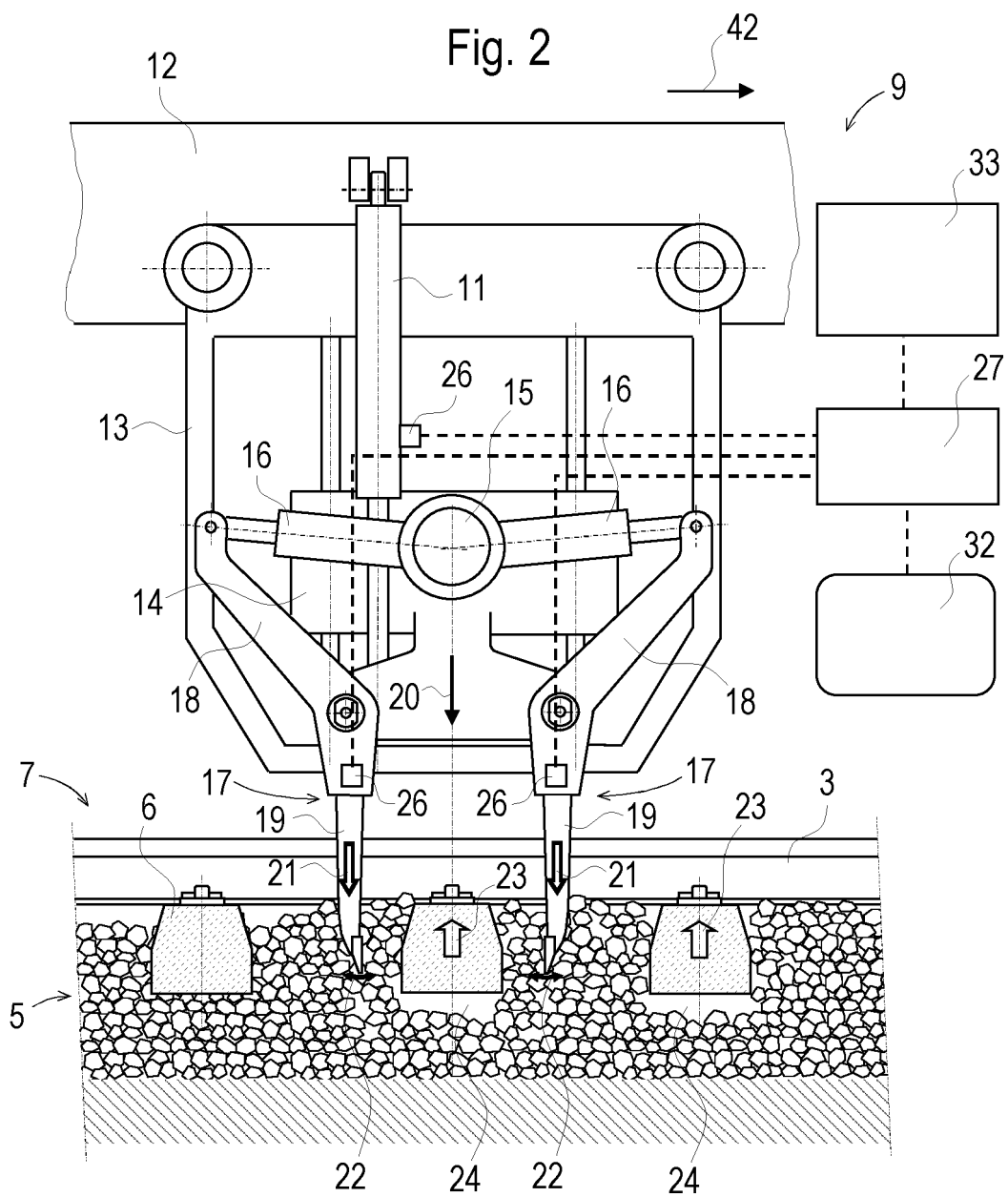


Fig. 2



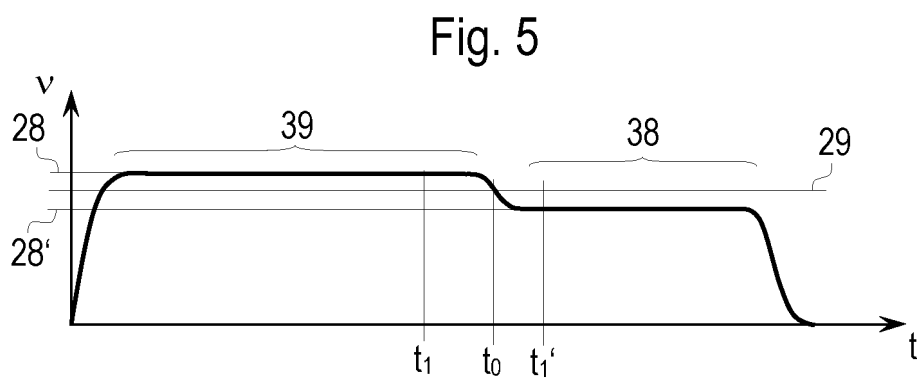
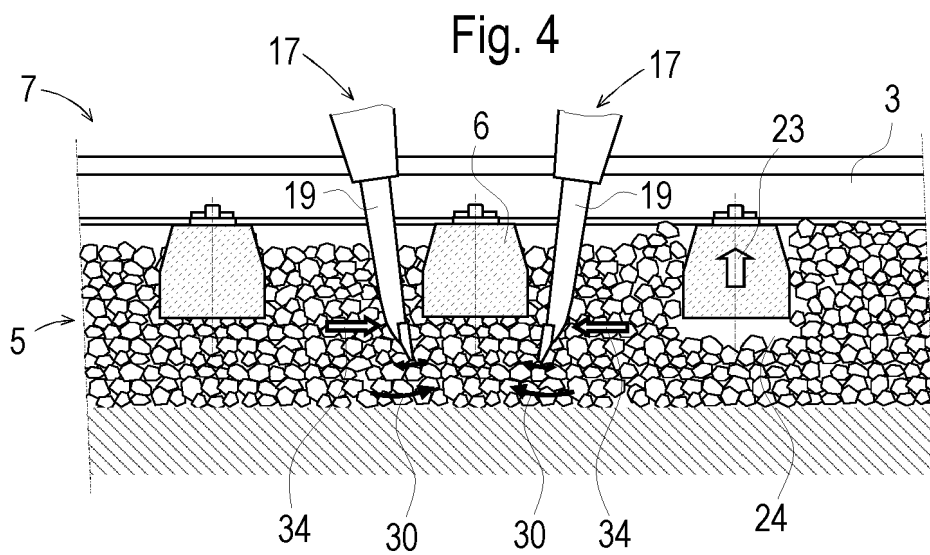
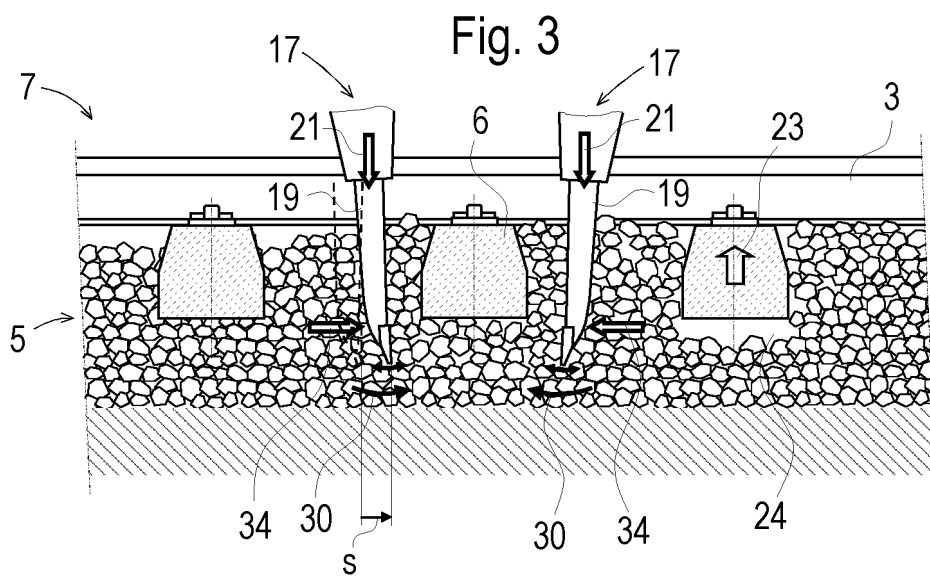


Fig. 6

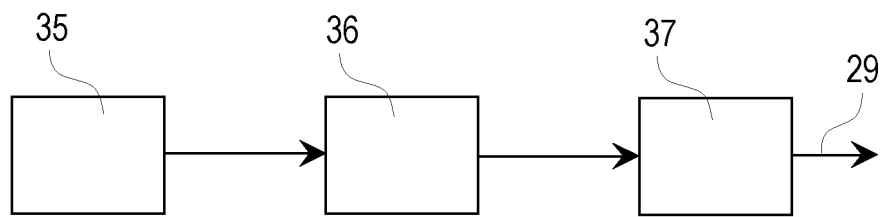
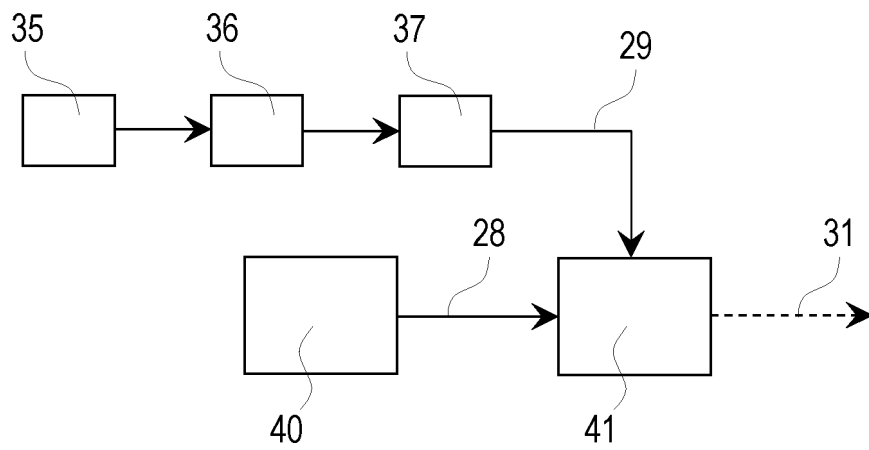


Fig. 7



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

- AT 350097 B [0003]
- AT 339358 B [0003]
- AT 515801 A4 [0004]
- AT 520056 A1 [0005]