

(19)



(11)

EP 4 073 318 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

10.01.2024 Patentblatt 2024/02

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

E01B 27/20^(2006.01) E01B 27/16^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20808036.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

E01B 27/20; E01B 27/16

(22) Anmeldetag: **13.11.2020**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2020/081990

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2021/115722 (17.06.2021 Gazette 2021/24)

(54) **MASCHINE UND VERFAHREN ZUM STABILISIEREN EINES SCHOTTERGLEISES**

MACHINE AND METHOD FOR STABILISING A BALLAST TRACK

MACHINE ET PROCÉDÉ DE STABILISATION D'UNE VOIE FERRÉE À BALLAST

(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

(72) Erfinder:

- **ANTONY, Bernhard**
2000 Stockerau (AT)
- **AUER, Florian**
1010 Wien (AT)
- **KOPF, Fritz**
1140 Wien (AT)

(30) Priorität: **10.12.2019 AT 3902019**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

19.10.2022 Patentblatt 2022/42

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 902 546 WO-A1-2017/144152
WO-A1-2019/158288 GB-A- 2 250 765

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

Bahnbaumaschinen
Gesellschaft m.b.H.
1010 Wien (AT)

EP 4 073 318 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

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Maschine zum Stabilisieren eines Gleises mit Schotterbett, umfassend einen auf Schienenfahrwerken abgestützten Maschinenrahmen und ein mittels Aggregatrollen auf Schienen des Gleises abrollbares Stabilisationsaggregat, das einen Schwingungserreger zur Erzeugung einer dynamischen Schlagkraft sowie eine Belastungseinrichtung zur Erzeugung einer auf das Gleis wirkenden Auflast umfasst. Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Durchführung eines Stabilisierungsvorgangs mittels der Maschine.

10 Stand der Technik

[0002] Zur Wiederherstellung bzw. Erhaltung einer vorgegebenen Gleislage werden Gleise mit Schotterbettung regelmäßig mittels einer Stopfmaschine bearbeitet. Dabei befährt die Stopfmaschine das Gleis und hebt den aus Schwellen und Schienen gebildeten Gleisrost mittels eines Hebe- /Richtaggregats auf eine überkorrigierte Sollposition. Eine Fixierung der neuen Gleislage erfolgt durch Stopfen des Gleises mittels eines Stopfaggregats. Dabei ist eine ausreichende und vor allem gleichmäßige Tragfähigkeit des Gleisschotters eine essenzielle Grundvoraussetzung für die Stabilität der Gleislage im Bahnbetrieb.

[0003] In der Regel kommt deshalb nach einem Stopfvorgang eine Maschine zum Stabilisieren des Gleises zum Einsatz. Dabei wird das Gleis mit einer statischen Auflast belastet und lokal in Schwingung versetzt. Die Vibration führt dazu, dass die Körner im Korngerüst mobil werden, sich verschieben lassen und in eine dichtere Lagerung gehen. Die damit erreichte Schotterverdichtung erhöht die Tragfähigkeit des Gleises und nimmt verdichtungsbedingte Gleissetzungen vorweg. Auch die Erhöhung des Querverschiebewiderstands geht mit der Verdichtung einher. In der EP 1 817 463 A1 ist ein entsprechendes Verfahren offenbart.

20 **[0004]** Die GB 2 250 765 A offenbart einen Gleisstabilisator zur Korrektur von Höhenlagefehlern. Zur Anpassung einer Gleisabsenkung wird die auf das Gleis wirkende Auflast proportional zu den Höhenlagefehlern gesteuert.

[0005] Maschinen zum Stabilisieren eines Gleises sind aus dem Stand der Technik bereits mehrfach bekannt. Bei einem sogenannten dynamischen Gleisstabilisator werden zwischen zwei Schienenfahrwerken befindliche Stabilisationsaggregate mittels Belastungseinrichtungen mit einer vertikalen Auflast auf das zu stabilisierende Gleis gedrückt. Über Aggregatrollen wird unter kontinuierlicher Vorfahrt eine Querschwingung der Stabilisationsaggregate auf das Gleis übertragen.

[0006] Eine entsprechende Maschine ist beispielsweise aus der WO 2019/158288 A1 bekannt. Dabei umfasst das Stabilisationsaggregat einen Schwingungserreger, der zumindest zwei mit einer variabel einstellbaren Phasenverschiebung angetriebene Unwuchtmassen aufweist. Durch die variabel einstellbare Phasenverschiebung ist die auf das Gleis einwirkende Schlagkraft gezielt veränderbar. Dabei ist das Stabilisationsaggregat mittels hydraulischer Belastungsantriebe mit konstanter Kraft gegen einen Maschinenrahmen abgestützt.

[0007] Ein in der WO 2017/144152 A1 offenbartes Stabilisationsaggregat umfasst einen Schwingungserreger, der eine einstellbare Schwingung erzeugt. Damit wird ein Gleisrost in Schwingung versetzt, wobei die resultierende Auslenkung des Gleisrostes erfasst wird. Vorteilhafterweise erfolgt eine Anpassung der erzeugten Schwingung an die erfasste Auslenkung. Zudem wird mittels Hydraulikzylinder eine vertikale Anpresskraft auf das Stabilisationsaggregat aufgebracht.

[0008] In der WO 2019/158288 A1 ist ein Stabilisationsaggregat mit einer veränderbaren Schlagkraft offenbart. Durch Höhenantriebe wird eine statische vertikale Auflast auf das Gleis aufgebracht.

[0009] Die EP 2 902 546 A1 offenbart ein Stabilisationsaggregat mit einem Schwingungsantrieb zur Erzeugung horizontaler Schwingungen. Die Schwingungserzeugung erfolgt dabei durch einen Zylindervibrator. Zusätzlich können hydraulische Anstellzylinder zur Erzeugung einer Auflast schwingungserregbar ausgebildet sein.

Darstellung der Erfindung

50 **[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Maschine der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass der Verdichtungserfolg des Gleisschotters gesteigert wird und dass zusätzlich Informationen für eine arbeitsintegrierte Verdichtungskontrolle für eine Beurteilung des Gleiszustandes gewonnen werden. Zudem soll ein entsprechendes Verfahren angegeben werden.

[0011] Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 5. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

[0012] Dabei ist die Belastungseinrichtung zur periodischen Veränderung der Auflast während eines Stabilisierungsvorgangs mit einer Steuereinrichtung gekoppelt, die zur Abstimmung eines Intervalls der periodisch veränderten Auflast mit einer Schwingungsfrequenz des Schwingungserregers eingerichtet ist. Die Frequenz der periodischen Veränderung

der Auflast ist dabei deutlich niedriger als die Schwingungsfrequenz des Schwingungserregers. Die damit erreichte Steigerung des Verdichtungserfolges ist bodenmechanisch bedingt. Bei neuem Gleisschotter tritt unter dynamischer Belastung sogenanntes Schotterfließen ein. In diesem Zustand lagern sich die Schotterkörner des Korngefüges um und begeben sich in dichtere Lagerung. Durch eine periodische Erhöhung der Auflast wird das Schotterfließen im Lasteinleitungsbereich lokal unterbunden, sodass die Verdichtungswirkung vorübergehend weitreichender wird. Durch die periodische Veränderung der Auflast werden abwechselnd Nah- und Fernbereich der Lasteinleitung beeinflusst. Das führt zum verbesserten Verdichtungserfolg im Vergleich zu einer konstanten Auflast. Bei einer konstanten Auflast führt das Schotterfließen nämlich zu einer vermehrt dynamischen Entkopplung zwischen dynamischer Anregung und dem Fernbereich der Lasteinleitung.

[0013] Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung zeigt sich bei der Schotterverdichtung mit wechselnden Schotter- und Untergrundeigenschaften, weil die erfindungsgemäß periodisch schwankende Auflast auch bei wechselnden Bedingungen zu einem optimalen Verdichtungserfolg führt. Insbesondere bei altem und verschmutztem Gleisschotter, bei dem kein Schotterfließen auftritt, zeigt die Erfindung erhebliche Verbesserungen der Schotterverdichtung.

[0014] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind Sensoren zur Erfassung eines Verlaufs einer vom Stabilisationsaggregat auf das Gleis wirkenden Kraft angeordnet, wobei Messsignale der Sensoren einer Auswerteeinrichtung zugeführt sind und wobei die Auswerteeinrichtung zur Ermittlung einer aus dem Kraftverlauf abgeleiteten Kenngröße eingerichtet ist. Dabei bilden Stabilisationsaggregat und Schottergleis ein dynamisches Interaktionssystem, dessen Bewegungszustand Auskunft über die Eigenschaften des Gleisschotterzustandes zulässt. Auf diese Weise erfolgt eine arbeitsintegrierte dynamische Verdichtungskontrolle und eine Beurteilung des Gleiszustandes, wobei die gezielte Variation der Prozessparameter zusätzliche Informationen liefert. Durch die Auflast wird die Reibung zwischen Schwellensole und Gleisschotter wesentlich beeinflusst. In der Auswertung der prozessbegleitenden Verdichtungskontrolle kann somit klarer zwischen Schottersteifigkeit und Schotterzustand sowie Querverschiebewiderstand unterschieden werden.

[0015] Eine weitere Verbesserung sieht vor, dass zum Regeln eines Prozessparameters ein Regelkreis mit einem Regler, einer Stelleinrichtung für die Belastungseinrichtung und einer Messeinrichtung zur Erfassung des Prozessparameters eingerichtet ist. Die Regelung zumindest eines Prozessparameters ermöglicht eine automatische Anpassung des Stabilisierungsvorgangs an geänderte Zustände im dynamischen Interaktionssystem Stabilisationsaggregat-Gleisrost-Gleisschotter.

[0016] Eine vorteilhafte Erweiterung sieht vor, dass ein weiteres Stabilisationsaggregat angeordnet ist, mit einer weiteren Belastungseinrichtung, die zur Erzeugung einer periodisch veränderten Auflast mit der Steuereinrichtung gekoppelt ist. Damit ergibt sich die Möglichkeit, beide Stabilisationsaggregate aufeinander abgestimmt zu betreiben, um einen besseren Verdichtungserfolg zu erzielen.

[0017] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Durchführung eines Stabilisierungsvorgangs mittels der beschriebenen Maschine wird das Gleis mittels des Stabilisierungsaggregats in Schwingung versetzt, wobei während des Stabilisierungsvorgangs mittels der Belastungseinrichtung eine periodisch veränderte Auflast auf das Gleis ausgeübt wird.

[0018] Zur dynamischen Verdichtungskontrolle und zur Beurteilung des Gleiszustandes ist es von Vorteil, wenn mittels Sensoren ein Verlauf einer vom Stabilisationsaggregat auf das Gleis wirkenden Kraft erfasst wird, wobei Messsignale der Sensoren mittels einer Auswerteeinrichtung zur Ermittlung einer aus dem Kraftverlauf abgeleiteten Kenngröße ausgewertet werden.

[0019] Erfindungsgemäß ist auch vorgesehen, dass für den Schwingungserreger eine mit einem Intervall der periodisch veränderten Auflast abgestimmte Schwingungsfrequenz vorgegeben wird. Insbesondere bei mehreren hintereinander angeordneten Stabilisierungsaggregaten ist es sinnvoll, dabei auch die Fahrgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Bei optimaler Abstimmung ist die Schwingungsfrequenz des Schwingungserregers zumindest um eine Zehnerpotenz höher als die Frequenz der periodisch veränderten Auflast.

[0020] Vorteilhafterweise werden zumindest zwei hintereinander angeordnete Stabilisationsaggregate mit jeweils eigener Belastungseinrichtung gemeinsam betrieben. Dabei ist mit jeder Belastungseinrichtung ein eigener Verlauf der auf das Gleis wirkenden Auflast erzielbar.

[0021] Zwei günstige Betriebsarten sehen vor, dass die beiden Belastungseinrichtungen synchron oder asynchron betrieben werden, sodass beide Stabilisationsaggregate im synchronen Betrieb dieselbe Auflast und im asynchronen Betrieb unterschiedliche Auflasten auf das Gleis ausüben. Für die prozessbegleitende Verdichtungskontrolle ist der synchrone Betrieb zu bevorzugen. Der Vorteil des asynchronen Betriebs liegt in einer konstanten Belastung des Maschinenrahmens, weil sich nicht beide Stabilisationsaggregate zur gleichen Zeit mit derselben Reaktionskraft gegenüber dem Maschinenrahmen abstützen.

[0022] Verbessert wird das Verfahren mit mehreren Stabilisationsaggregaten dadurch, dass für die periodisch veränderte Auflast ein mit einer Fahrgeschwindigkeit der Maschine abgestimmtes Intervall vorgegeben wird. Sinnvollerweise ist das Intervall der pulsierenden Auflast so auf die Fahrgeschwindigkeit abgestimmt, dass jene Stellen, die vom vorlaufenden Stabilisationsaggregat mit der geringsten Auflast bearbeitet werden, vom nachlaufenden Stabilisationsaggregat mit der höchsten Auflast bearbeitet werden und umgekehrt.

[0023] Diese Abstimmung ist sowohl für synchronen als auch für asynchronen Betrieb möglich. Innerhalb dieser Bandbreite wird das Intervall der pulsierenden Auflast dermaßen gewählt, dass der Einflussbereich des Stabilisators zu Überlappungen führt (nicht zu langsam wechselnd), jedoch die Geschwindigkeit des Lastwechsels noch stationäre Schwingungszustände in der dynamischen Gleisstabilisierung ermöglicht (nicht zu schnell wechselnd).

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigegeführten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- Fig. 1 Stabilisationsmaschine mit zwei Stabilisationsaggregaten;
- Fig. 2 Stopfmaschine;
- Fig. 3 Belastungspfad der Stabilisationsaggregate im Synchronbetrieb mit dem größten Belastungsintervall (Grundschwingung) im Weg-Zeit-Diagramm mit der entsprechenden Anordnung der Stabilisationsaggregate;
- Fig. 4 Belastungspfad der Stabilisationsaggregate im Synchronbetrieb mit dem zweitgrößten Belastungsintervall (erste Oberschwingung) im Weg-Zeit-Diagramm mit der entsprechenden Anordnung der Stabilisationsaggregate;
- Fig. 5 Belastungspfad der Stabilisationsaggregate im Asynchronbetrieb mit dem größten Belastungsintervall (Grundschwingung) im Weg-Zeit-Diagramm mit der entsprechenden Anordnung der Stabilisationsaggregate;
- Fig. 6 Belastungspfad der Stabilisationsaggregate im Asynchronbetrieb mit dem drittgrößten Belastungsintervall (zweite Oberschwingung) im Weg-Zeit-Diagramm mit der entsprechenden Anordnung der Stabilisationsaggregate;
- Fig. 7 zeitliche Veränderung der Auflast beider Stabilisationsaggregate im Synchronbetrieb in Grund- und Oberwellen mit zugehöriger Weg-Darstellung bei konstanter Fahrgeschwindigkeit;
- Fig. 8 zeitliche Veränderung der unterschiedlichen Auflast beider Stabilisationsaggregate im Asynchronbetrieb hintereinander dargestellt in Grundwelle und drei Oberwellen mit zugehöriger Weg-Darstellung bei konstanter Fahrgeschwindigkeit;
- Fig. 9 Diagramm einer horizontalen Schwingungsamplitude eines Stabilisationsaggregats über der Auflast;

Beschreibung der Ausführungsformen

[0025] Die erfindungsgemäße Maschine ist entweder als eigenständige Stabilisationsmaschine 1 (Fig. 1) oder als kombinierte Maschine mit einer Stopfmaschine 2 (Fig. 2) und einer daran gekuppelten Stabilisationsmaschine 1 ausgebildet. Im Falle einer eigenständigen Stabilisationsmaschine 1 verfügt diese über einen eigenen Fahrtrieb 3 und einen eigenen Führerstand 4. Die Maschine 1 umfasst einen Maschinenrahmen 5, der auf Schienenfahrwerken 6 auf einem Gleis 7 verfahrbar ist.

[0026] Das Gleis 7 ist ein Schottergleis mit einem in einem Schotterbett 8 gelagertem Gleisrost. Der Gleisrost besteht dabei aus Schwellen 9 und darauf befestigten Schienen 10. Zur Korrektur der Gleislage wird mit einem Hebe-/Richtaggregat 11 der Stopfmaschine 2 der Gleisrost in eine neue Position angehoben. Die Fixierung des Gleisrostes in der neuen Position erfolgt durch Stopfen des Gleisschotters unter den Schwellen 9 mittels eines Stopfaggregats 12.

[0027] Damit die neue Gleislage nach der Bearbeitung stabil erhalten bleibt und der Querverschiebewiderstand des Gleises 7 nach der Instandhaltung wieder das erforderliche Niveau erreicht, wird die Stabilisationsmaschine 1 eingesetzt. Diese wird auch als Dynamischer Gleisstabilisator (DGS) bezeichnet. Ziel ist es, den durch das Stopfen des Gleises 7 teilweise aufgelockerten Gleisschotter durch optimale nachlaufende Verdichtung mittels der Stabilisationsmaschine 1 in eine stabile dichtere Lage zu bringen.

[0028] Die in Fig. 1 dargestellte Stabilisationsmaschine 1 umfasst dazu zwei hintereinander angeordnete Stabilisationsaggregate 13 mit Aggregatrollen 14 zum Festhalten der Schienen 10. In einer einfachen Ausprägung ist lediglich ein Stabilisationsaggregat 13 angeordnet. Im Betrieb wird das jeweilige Stabilisationsaggregat 13 mittels eines Schwingungserregers 15 in Gleisquerrichtung in Schwingung versetzt. Die Aggregatrollen 14 übertragen die Schwingung auf den Gleisrost, wodurch das Gleis 7 dynamisch angeregt wird. Dabei vibriert der Gleisschotter in einem Einflussbereich 16 des Stabilisationsaggregats 13, was zu einer Verdichtung des Schotters führt. Die Schwingungsfrequenz des Schwingungserregers 15 liegt gewöhnlich im Bereich von 33-42 Hz.

[0029] Zur Steuerung der Stabilisationsaggregat 13 und des Fahrtriebs 3 umfasst die Stabilisationsmaschine 1 eine Maschinensteuerung 17. Diese ist gegebenenfalls mit einer Maschinensteuerung 17 der Stopfmaschine 2 gekoppelt. Zudem umfasst sowohl die Stopfmaschine 2 als auch die Stabilisationsmaschine 1 ein Sehnenmesssystem 18 zur Gleislagebestimmung.

[0030] Gegenüber dem Maschinenrahmen 5 ist das jeweilige Stabilisationsaggregat 13 mit einer Belastungseinrichtung 19 abgestützt. Die Belastungseinrichtung 19 umfasst beispielsweise zwei Hydraulikzylinder, die beidseits an Längsträgern des Maschinenrahmens 5 angelenkt sind. Mittels der Belastungseinrichtung 19 wird das zugehörige Stabilisa-

tionsaggregat 13 mit einer vertikalen Auflast F (Vertikalbelastung) gegen das Gleis 7 gedrückt.

[0031] Erfindungsgemäß erfolgt eine periodische Veränderung dieser Auflast F während eines Stabilisierungsvorgangs. Durch dieses gezielte Aufprägen einer zyklischen Schwankung erhöht sich der Verdichtungserfolg gegenüber einem Stabilisierungsvorgang mit statischer Vertikalbelastung. Dazu ist die Belastungseinrichtung 19 mit einer Steuerungseinrichtung 20 gekoppelt. Konkret ist in der Steuerungseinrichtung 20 ein Steuerungsprogramm eingerichtet, dass der Belastungseinrichtung 19 eine periodisch veränderte Stellgröße vorgibt. Vorteilhafterweise ist die Steuerungseinrichtung 20 mit der Maschinensteuerung 19 verbunden oder in diese integriert, um die Fahrgeschwindigkeit v der Stabilisationsmaschine 1 und die periodische Veränderung der Auflast F aufeinander abzustimmen. Die Frequenz der periodisch veränderten Auflast F beträgt zum Beispiel 1 Hz und liegt damit deutlich unter der Schwingungsfrequenz von 33-42 Hz des Schwingungserregers 15.

[0032] Sinnvollerweise erfährt jeder bearbeitete Abschnitt des Gleises 7 die verschiedenen dynamischen Verhältnisse, welche bei minimaler Auflast F, bei maximaler Auflast Fund im dazwischenliegenden Übergangsbereich auftreten. Auf diese Weise werden alle günstigen bodendynamischen Effekte ausgenützt. Betrachtet wird ein Zeitintervall i für einen Lastzyklus der Auflast F. Dieses Intervall i der periodisch veränderten Auflast F muss mit einem Abstand a der beiden Stabilisationsaggregate 13, der Betriebsweise (synchron oder asynchron) und einer Fahrgeschwindigkeit v der Stabilisationsmaschine 1 abgestimmt sein. Konkret soll an jeder Stelle, an der das vorlaufende Stabilisationsaggregat 13 mit maximaler Auflast F belastet wurde, das nachlaufende Stabilisationsaggregat 13 mit der minimalen Auflast F belastet werden und umgekehrt.

[0033] Dabei ist der in den Figuren 3-8 eingezeichnete verdichtbare Einflussbereich 16 zu berücksichtigen. Einerseits soll es zu keinen Lücken in der optimalen Verdichtung kommen (zu langes Intervall i), andererseits würde ein zu rascher Lastwechsel erwünschte stationäre Schwingungszustände der dynamischen Horizontal-Vibration verhindern (zu kurzes Intervall i).

[0034] Stationäre Schwingungszustände sind wichtig, um erfolgreich die arbeitsintegrierte Verdichtungskontrolle anwenden zu können. Mit der erfindungsgemäßen Lastvariation werden die Verdichtungskontrolle und die Beurteilung des Gleiszustandes mit zusätzlichen Möglichkeiten erweitert. Details der Kenngrößenermittlung zur Verdichtungskontrolle und zur Beurteilung des Gleiszustandes gehen aus der österreichischen Patentanmeldung A 331/2018 hervor. Dabei sind am Stabilisationsaggregat 13 Sensoren 21 zur Erfassung von Messsignalen und eine Auswerteeinrichtung 22 zur Kenngrößenermittlung angeordnet.

[0035] Im Synchronbetrieb werden alle Stabilisationsaggregate 13 zyklisch mit derselben Last F belastet. Die Stabilisationsaggregate 13, der Gleisrost und der darunterliegende Gleisschotter bilden dadurch ein gemeinsames dynamisches Interaktionssystem. Das erleichtert die Interpretation der Messergebnisse im Rahmen der arbeitsintegrierten dynamischen Verdichtungskontrolle.

[0036] Unerwünscht kann jedoch die Wechselbeanspruchung des Maschinenrahmens 5 sein. Beim Asynchronbetrieb fällt diese Wechselbeanspruchung weg, weil eine Gesamtkraft beider Stabilisationsaggregate 13 auf den Maschinenrahmen 5 konstant bleibt. Es wird lediglich die Last F zyklisch zwischen den beiden Stabilisationsaggregaten 13 umverteilt, sodass die Belastung des einen mit der Entlastung des anderen Stabilisationsaggregats 13 einhergeht. Das eine Stabilisationsaggregat 13 erreicht dann das Maximum max der Auflast F, wenn das andere Stabilisationsaggregat 13 das Minimum min der Auflast F erfährt.

[0037] Die Figuren 3-6 stellen in einheitlicher Darstellung die Belastungsrelationen dar. Im unteren Bereich ist die räumliche Anordnung der Stabilisationsaggregate 13 ersichtlich. Darüber ist jeweils ein Zeit-Weg-Diagramm angeordnet, das einen von der Stabilisationsmaschine 1 zurückgelegten Weg s über der Zeit t zeigt. Bei konstanter Fahrgeschwindigkeit v ist eine unmittelbare Korrelation zwischen dem zurückgelegten Weg s (Ort) des jeweiligen Stabilisationsaggregates 13 und der Zeit t gegeben. Deshalb sind der Weg s auf der Abszisse und die Zeit t auf der Ordinate aufgetragen. Dabei gilt mit einem Wegintervall Δs und mit einem Zeitintervall Δt folgender Zusammenhang für die Geschwindigkeit v:

$$v = \Delta s / \Delta t$$

[0038] Im jeweiligen Diagramm ist erkennbar, zu welcher Zeit t sich die Stabilisationsaggregate 13 an welchem Ort aufhalten. Zudem sind Minimalbelastungen min (minimale Auflast F) und Maximalbelastungen max (maximale Auflast F) entlang eines Belastungspfads 23 des vorderen Stabilisationsaggregats 13 und entlang eines Belastungspfads 24 des hinteren Stabilisationsaggregats 13 mit Zeit t und Weg s (Ort) eingezeichnet. Damit kann die vorteilhafte Bedingung vollzogen werden, dass an jenen Orten, wo das vordere Stabilisationsaggregat 13 eine Maximalbelastung max erfährt, das hintere Stabilisationsaggregat 13 eine Minimalbelastung min aufweist, und umgekehrt.

[0039] Wenn die Stabilisationsaggregate 13 im Synchronbetrieb arbeiten (Figuren 3 und 4), tritt die Maximalbelastung max beider Stabilisationsaggregate 13 zum selben Zeitpunkt ein. Dasselbe gilt für die Minimalbelastung min. Im Asynchronbetrieb weist an einem Zeitpunkt mit Maximalbelastung max des einen Stabilisationsaggregats 13 das andere Stabilisationsaggregat 13 eine Minimalbelastung min auf (Figuren 5 und 6).

[0040] In allen Betriebsarten gilt die formulierte vorteilhafte Bedingung der unterschiedlichen Belastungen min, max am selben Ort. Das längste Intervall i der periodisch veränderten Auflast F , bei dem diese Bedingung erfüllt ist, ist jenes Intervall i , welches der Grundschiwingung der variablen Auflast F entspricht. Das Intervall i ist unabhängig vom Abstand a der Stabilisationsaggregate 13, der Fahrgeschwindigkeit v und der Betriebsart (synchron oder asynchron).

[0041] Entsprechend der Darstellung in Fig. 3 ergibt sich im Synchronbetrieb für das Intervall i_0 der Grundschiwingung mit dem Abstand a zwischen den Stabilisationsaggregaten 13 und der Fahrgeschwindigkeit v der Stabilisationsmaschine 1 folgender Zusammenhang:

$$i_0 = 2 \cdot a / v$$

[0042] Für das jeweilige Intervall i_n der Oberschwingungen im Belastungspfad 23, 24 des jeweiligen Stabilisationsaggregats 13 gilt im Synchronbetrieb folgende Formel:

$$i_n = (2 \cdot a / v) / (2 \cdot n + 1) \quad \text{für } n=1, 2, 3, \dots$$

[0043] Die erste Oberschwingung ist in Fig. 4 dargestellt. Sinnvoll ist die Wahl einer Oberschwingung bei geringer Fahrgeschwindigkeit v und großem Abstand a zwischen den Stabilisationsaggregaten 13.

[0044] Im Asynchronbetrieb ergibt sich folgender Zusammenhang für das Intervall i_1 der Grundschiwingung (Fig. 5):

$$i_1 = a / v$$

[0045] Allgemein gilt für das jeweilige Intervall i_n im Asynchronbetrieb folgende Formel im Belastungspfad 23, 24 der beiden Stabilisationsaggregate:

$$i_n = a / (n \cdot v) \quad \text{für } n=1, 2, 3, \dots$$

[0046] Bei einem großen Abstand a der Stabilisationsaggregate 13 mit einer Lücke zwischen den einzelnen Einflussbereichen 16 wird vorteilhafterweise eine höherfrequente Oberschwingung der sich ändernden Auflast F gewählt (Fig. 4 für Synchronbetrieb).

[0047] Auch bei sehr geringen Geschwindigkeiten v kann die Wahl einer höherfrequenten Oberschwingung der Auflast F sinnvoll sein. In Fig. 6 ist für den Asynchronbetrieb exemplarisch die 3. Harmonische, das heißt die zweite Oberschwingung dargestellt ($n=3$).

[0048] Die Figuren 7 und 8 stellen den zeitlichen Verlauf der Auflast F dar. Die geometrische Beziehung der Stabilisationsaggregate 13 ist für konstante Fahrgeschwindigkeit v darunter dargestellt, mit folgendem Zusammenhang:

$$t = s / v.$$

[0049] Fig. 7 zeigt die Grundschiwingung für den Synchronbetrieb als durchgezogene Linie, mit dem entsprechenden Intervall $i_0 = 2 \cdot a/v$. Die erste Oberwelle ist mit einer strichpunktierter Linie dargestellt, mit kürzerem Intervall $i_1 = (2 \cdot a/v) / 3$

[0050] Die zweite Oberschwingung ist mit einer gestrichelten Linie dargestellt, mit dem Intervall $i_2 = (2 \cdot a/v) / 5$

[0051] Für den Asynchronbetrieb zeigt Fig. 8 den Verlauf der Auflast F für das eine Stabilisationsaggregats 13 mit durchgezogener Linie (Belastungspfad 23) und für das andere Stabilisationsaggregat 13 mit strichpunktierter Linie (Belastungspfad 24). Die Grundschiwingung $n1$ und die drei ersten Oberschwingungen $n2, n3, n4$ sind in zeitlicher Abfolge hintereinander gezeichnet. Für das jeweilige Intervall i_1, i_2, i_3, i_4 gilt wieder:

$$i_n = a / (n \cdot v) \quad \text{für } n=1, 2, 3, \dots$$

[0052] Fig. 9 zeigt den zusätzlichen Nutzen der Variation der Auflast F bei der Anwendung der arbeitsintegrierten dynamischen Verdichtungskontrolle. Exemplarisch wird die Idee anhand der horizontalen Schwingungsamplitude y_{DGS} des Stabilisationsaggregats 13 gezeigt. Diese ändert sich in Abhängigkeit der Auflast F . Die horizontale Schwingungsamplitude y_{DGS} des Stabilisationsaggregats 13 steht stellvertretend für sämtliche in der österreichischen Patentanmeldung A 331/2018 beschriebenen Mess- und Rechengrößen sowie zusätzliche Messungen wie die Vibrationen im Umfeld

(Größe und Form der Wellenausbreitung).

[0053] Mit zunehmender Auflast F nimmt die Amplitude y_{DGS} in einem ersten Abschnitt 25 ab. Bei der nachfolgenden Entlastung nimmt die Amplitude y_{DGS} in einem zweiten Abschnitt 26 wieder zu. Aufgrund einer Hysterese verlaufen die beiden Abschnitte 25, 26 nicht auf derselben Linie. Beide Abschnitte 25, 26 weisen jedoch in einem schmalen Auflastbereich 27 einen erkennbaren Knick 28 auf, der einen Hinweis auf einen Systemwechsel im dynamischen Interaktionssystem Stabilisationsaggregat-Gleisrost-Gleisschotter darstellt. Die Lage dieses Systemwechsels ist ein zusätzlicher Indikator für den Schotterzustand und korreliert mit dem Querverschiebewiderstand des Gleises 7. Dieser Indikator kann auch zur automatischen Regelung der Prozessparameter herangezogen werden.

Patentansprüche

1. Maschine zum Stabilisieren eines Gleises (7) mit Schotterbett (8), umfassend einen auf Schienenfahrwerken (6) abgestützten Maschinenrahmen (5) und ein mittels Aggregatrollen (14) auf Schienen (10) des Gleises (7) abrollbares Stabilisationsaggregat (13), das einen Schwingungserreger (15) zur Erzeugung einer dynamischen Schlagkraft sowie eine Belastungseinrichtung (19) zur Erzeugung einer auf das Gleis (7) wirkenden Auflast (F) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Belastungseinrichtung (19) zur periodischen Veränderung der Auflast (F) während eines Stabilisierungsvorgangs mit einer Steuereinrichtung (20) gekoppelt ist, die zur Abstimmung eines Intervalls (i) der periodisch veränderten Auflast (F) mit einer Schwingungsfrequenz des Schwingungserregers (15) eingerichtet ist.
2. Maschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sensoren (21) zur Erfassung eines Verlaufs einer vom Stabilisationsaggregat (13) auf das Gleis (7) wirkenden Kraft (F) angeordnet sind, dass Messsignale der Sensoren (21) einer Auswerteeinrichtung (22) zugeführt sind und dass die Auswerteeinrichtung (22) zur Ermittlung einer aus dem Kraftverlauf abgeleiteten Kenngröße eingerichtet ist.
3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Regeln eines Prozessparameters ein Regelkreis mit einem Regler, einer Stelleinrichtung für die Belastungseinrichtung (19) und einer Messeinrichtung zur Erfassung des Prozessparameters eingerichtet ist.
4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein weiteres Stabilisationsaggregat (13) angeordnet ist, mit einer weiteren Belastungseinrichtung (19), die zur Erzeugung einer periodisch veränderten Auflast (F) mit der Steuereinrichtung (20) gekoppelt ist.
5. Verfahren zur Durchführung eines Stabilisierungsvorgangs mittels einer Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Gleis (7) mittels des Stabilisationsaggregats (13) in Schwingung versetzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Stabilisierungsvorgangs mittels der Belastungseinrichtung (19) mit einem Interfall (i) eine periodisch veränderte Auflast (F) auf das Gleis (7) ausgeübt wird und dass für den Schwingungserreger (15) eine mit dem Intervall (i) der periodisch veränderten Auflast (F) abgestimmte Schwingungsfrequenz vorgegeben wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels Sensoren (21) ein Verlauf einer vom Stabilisationsaggregat (13) auf das Gleis (7) wirkenden Kraft erfasst wird und dass Messsignale der Sensoren (21) mittels einer Auswerteeinrichtung (22) zur Ermittlung einer aus dem Kraftverlauf abgeleiteten Kenngröße ausgewertet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei hintereinander angeordnete Stabilisationsaggregate (13) mit jeweils eigener Belastungseinrichtung (19) gemeinsam betrieben werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Belastungseinrichtungen (19) synchron oder asynchron betrieben werden, sodass beide Stabilisationsaggregate (13) im synchronen Betrieb dieselbe Auflast (F) und im asynchronen Betrieb unterschiedliche Auflasten (F) auf das Gleis ausüben.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die periodisch veränderte Auflast (F) ein mit einer Fahrgeschwindigkeit (v) der Maschine abgestimmtes Intervall (i) vorgegeben wird.

Claims

1. A machine for stabilising a track (7) with ballast bed (8), comprising a machine frame (5) supported on rail-based

- 5 undercarriages (6) and a stabilising unit (13) which can be rolled on rails (10) of the track (7) by means of work unit rollers (14), and which comprises a vibration exciter (15) for generating a dynamic impact force and a loading device (19) for generating a load (F) acting on the track (7), **characterised in that** the loading device (19) is coupled with a control device (20) for periodically changing the load (F) during a stabilising process wherein the control device (20) is set up for an adjusting of an interval (i) of the periodically changed load (F) with a vibration frequency of the vibration exciter (15).
- 10 **2.** A machine according to claim 1, **characterised in that** sensors (21) are arranged for recording a progression of a force (F) acting on the track (7) from the stabilising unit (13), **in that** measuring signals from the sensors (21) are transmitted to an evaluation device (22) and **in that** the evaluation device (22) is set up to determine a characteristic value derived from the progression of the force.
- 15 **3.** A machine according to claim 1 or 2, **characterised in that** for controlling a process parameter, a control loop is set up comprising a controller, a setting device for the loading device (19), and a measuring device for recording a process parameter.
- 20 **4.** A machine according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** a further stabilising unit (13) is arranged, with a further loading device (19) which is coupled with the control device (20) for generating a periodically changed load (F).
- 25 **5.** A method for carrying out a stabilising process by means of a machine according to one of the claims 1 to 4, wherein the track (7) is set into vibration by means of the stabilising unit (13), **characterised in that** during the stabilising process a periodically changed load (F) is exerted on the track (7) by means of the loading device (19) with an interval (i) and that a vibration frequency, adjusted to the interval (i) of the periodically changed load (F), is predefined for the vibration exciter (15)..
- 30 **6.** A method according to claim 5, **characterised in that** a progression of a force acting on the track (7) from the stabilising unit (13) is recorded by means of sensors (21) and **in that** measuring signals from the sensors (21) are evaluated by means of an evaluation device (22) to determine a characteristic value derived from the progression of the force.
- 7.** A method according to claim 5 or 6, **characterised in that** two stabilising units (13) arranged one behind the other, each with its own loading device (19), are operated together.
- 35 **8.** A method according to claim 7, **characterised in that** the two loading devices (19) are operated synchronously or asynchronously so that both stabilising units (13) exert the same load (F) on the track in synchronous operation and different loads (F) in asynchronous operation.
- 40 **9.** A method according to claim 7 or 8, **characterised in that** an interval (i), adjusted to a driving speed (v) of the machine, is predefined for the periodically changed load (F).

Revendications

- 45 **1.** Machine de stabilisation d'une voie ferrée (7) avec lit de ballast (8), comprenant un châssis de machine (5) appuyé sur des mécanismes de roulement ferroviaires (6) et un module de stabilisation (13) pouvant se dérouler au moyen de rouleaux de module (14) sur des rails (10) de la voie ferrée (7) qui comprend un exciteur d'oscillations (15) pour la génération d'une force de frappe dynamique ainsi qu'un dispositif de sollicitation (19) pour la génération d'une charge (F) agissant sur la voie ferrée (7), **caractérisée en ce que** le dispositif de sollicitation (19) est accouplé à un dispositif de commande (20) pour la modification périodique de la charge (F) pendant un processus de stabilisation, lequel est configuré pour l'ajustement d'un intervalle (i) de la charge à modification périodique (F) avec une fréquence d'oscillation de l'excitateur d'oscillations (15).
- 50 **2.** Machine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** des capteurs (21) pour la détection d'un tracé d'une force (F) agissant du module de stabilisation (13) sur la voie ferrée (7) sont disposés, que des signaux de mesure des capteurs (21) sont acheminés à un dispositif d'évaluation (22) et que le dispositif d'évaluation (22) est configuré pour la détermination d'une grandeur caractéristique dérivée du tracé de force.
- 55

EP 4 073 318 B1

3. Machine selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'un** circuit de régulation avec un régulateur, un dispositif de réglage pour le dispositif de sollicitation (19) et un dispositif de mesure pour la détection d'un paramètre de processus est configuré pour la régulation du paramètre de processus.
- 5 4. Machine selon une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'un** autre module de stabilisation (13) est disposé, avec un autre dispositif de sollicitation (19) qui est accouplé au dispositif de commande (20) pour la génération d'une charge à modification périodique (F).
- 10 5. Procédé de réalisation d'un processus de stabilisation au moyen d'une machine selon une des revendications 1 à 4, dans lequel la voie ferrée (7) est mise en oscillation au moyen du module de stabilisation (13), **caractérisé en ce qu'une** charge à modification périodique (F) est exercée sur la voie ferrée (7) avec un intervalle (i) pendant le processus de stabilisation au moyen du dispositif de sollicitation (19) et qu'une fréquence d'oscillation ajustée avec l'intervalle (i) de la charge à modification périodique (F) est prédéfinie pour l'excitateur d'oscillations (15).
- 15 6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce qu'un** tracé d'une force agissant du module de stabilisation (13) sur la voie ferrée (7) est détecté au moyen de capteurs (21) et que des signaux de mesure des capteurs (21) sont évalués au moyen d'un dispositif d'évaluation (22) pour la détermination d'une grandeur caractéristique dérivée du tracé de force.
- 20 7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** deux modules de stabilisation (13) disposés l'un derrière l'autre sont exploités ensemble avec chacun son propre dispositif de sollicitation (19).
- 25 8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les deux dispositifs de sollicitation (19) sont exploités de manière synchrone ou asynchrone de sorte que les deux modules de stabilisation (13) exercent en fonctionnement synchrone la même charge (F) et en fonctionnement asynchrone différentes charges (F) sur la voie ferrée.
- 30 9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'un** intervalle (i) ajusté avec une vitesse de déplacement (v) de la machine est prédéfini pour la charge à modification périodique (F).

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

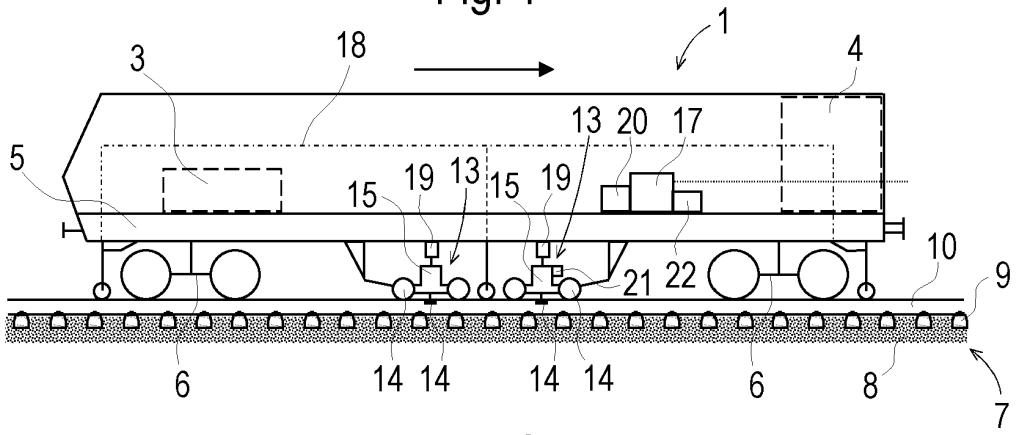


Fig. 2

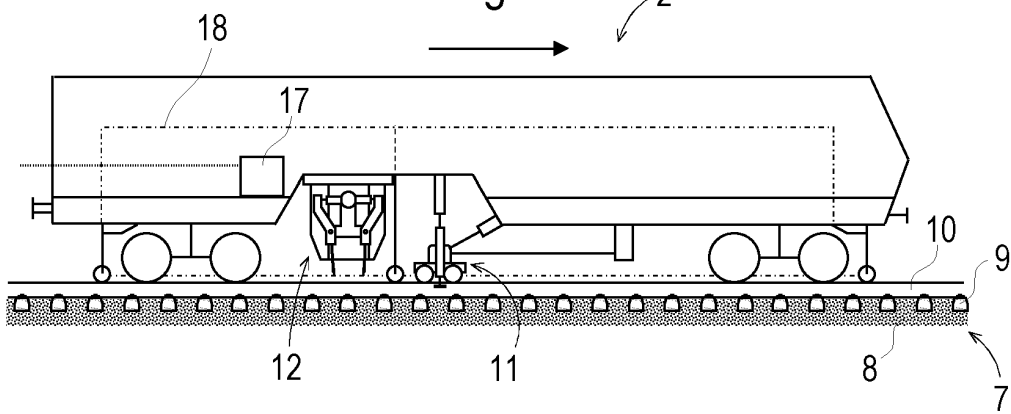


Fig. 3

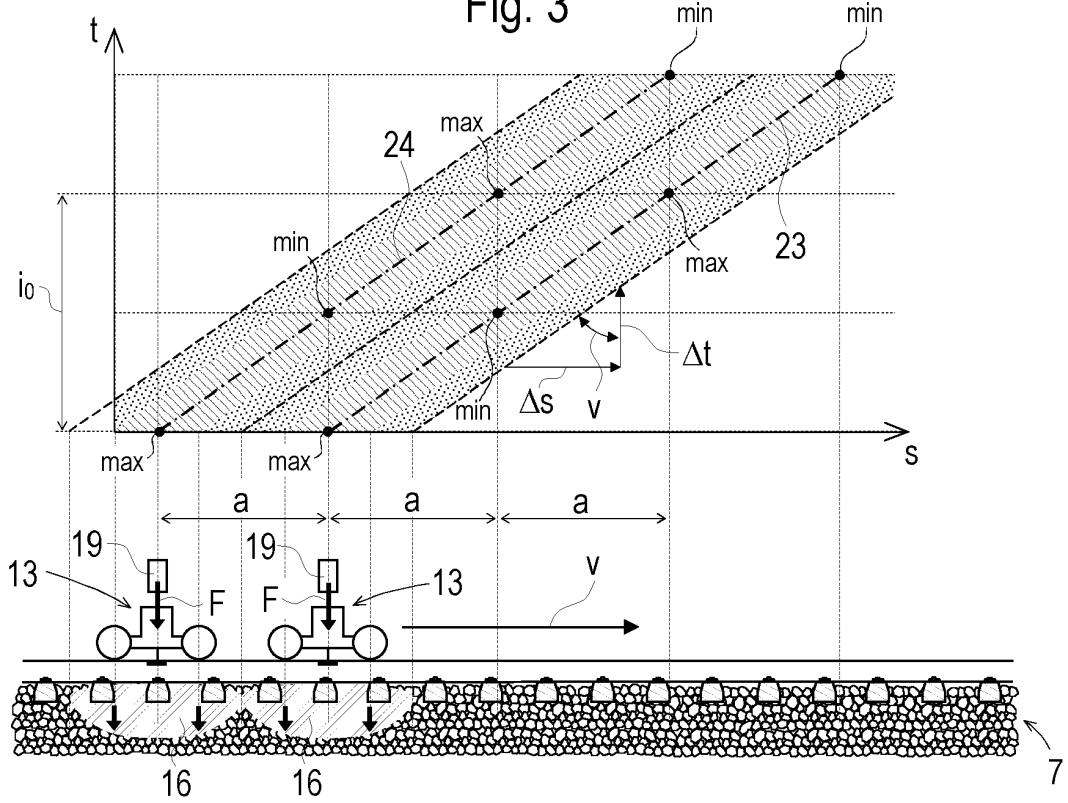


Fig. 4

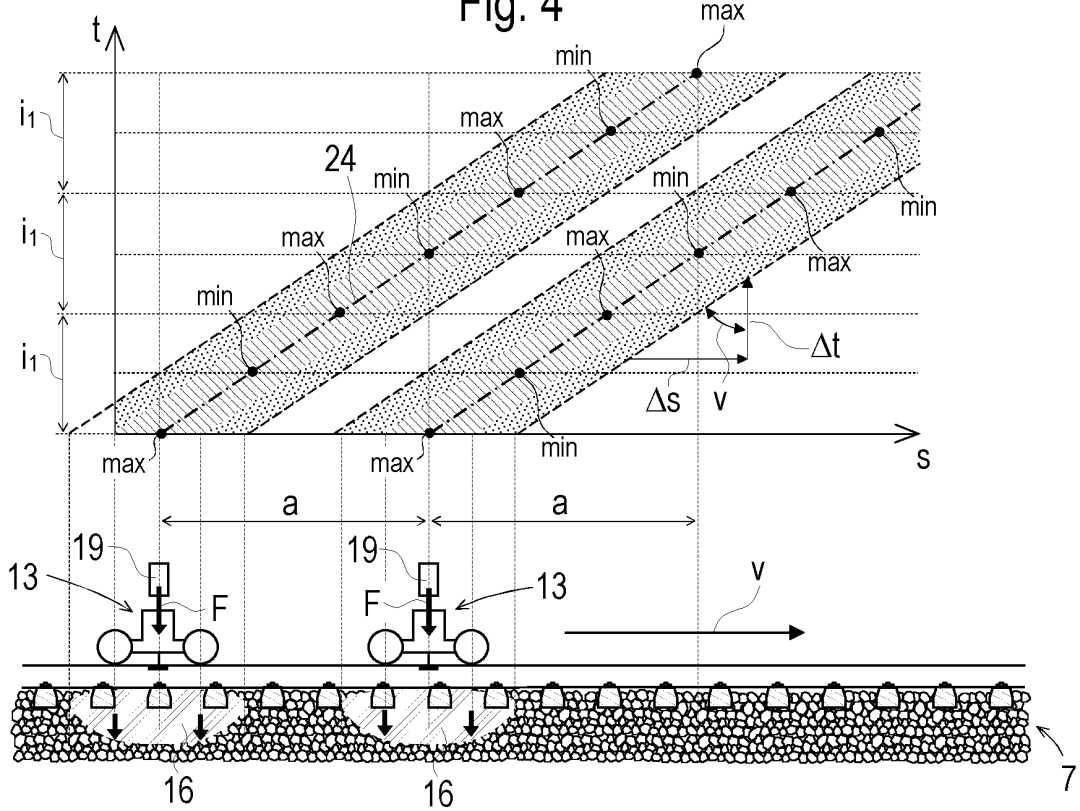


Fig. 5

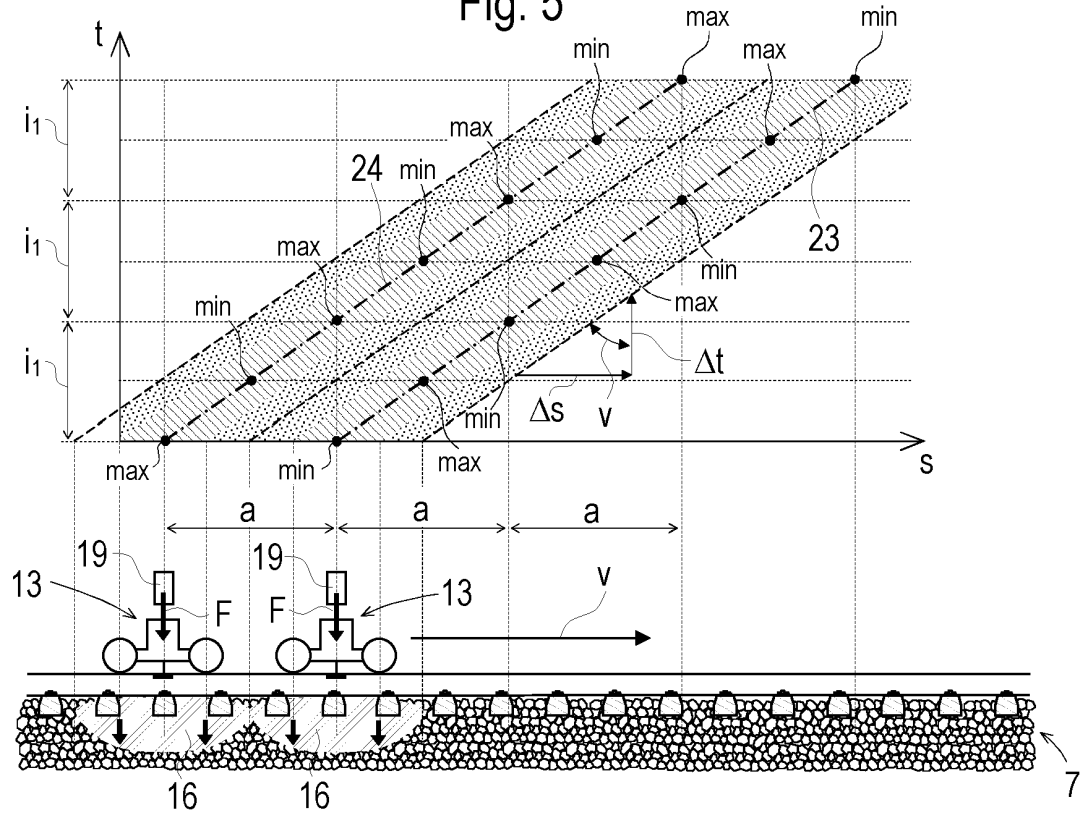


Fig. 6

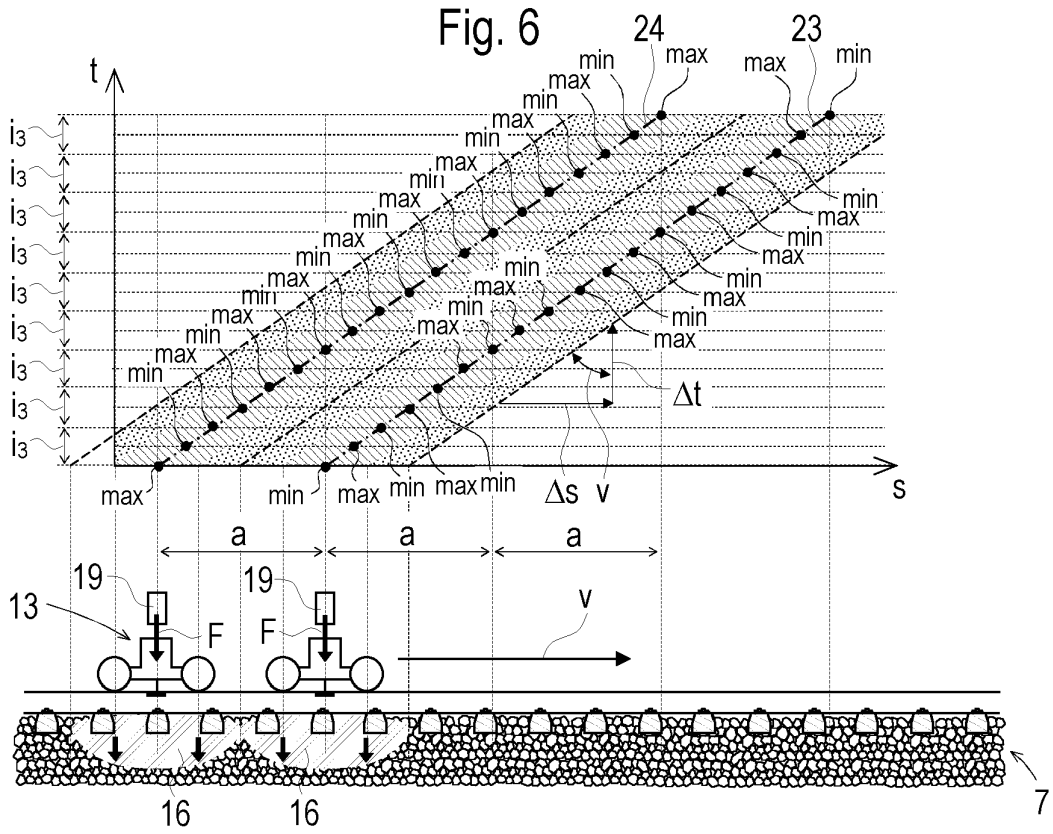


Fig. 7

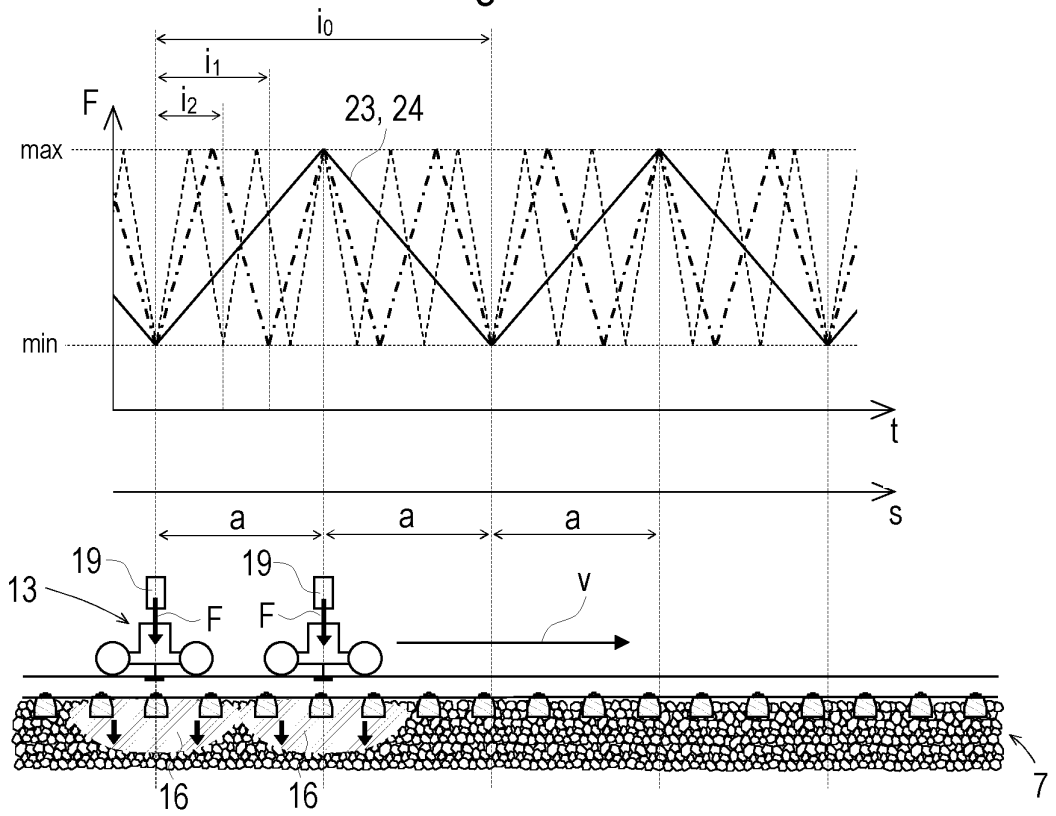


Fig. 8

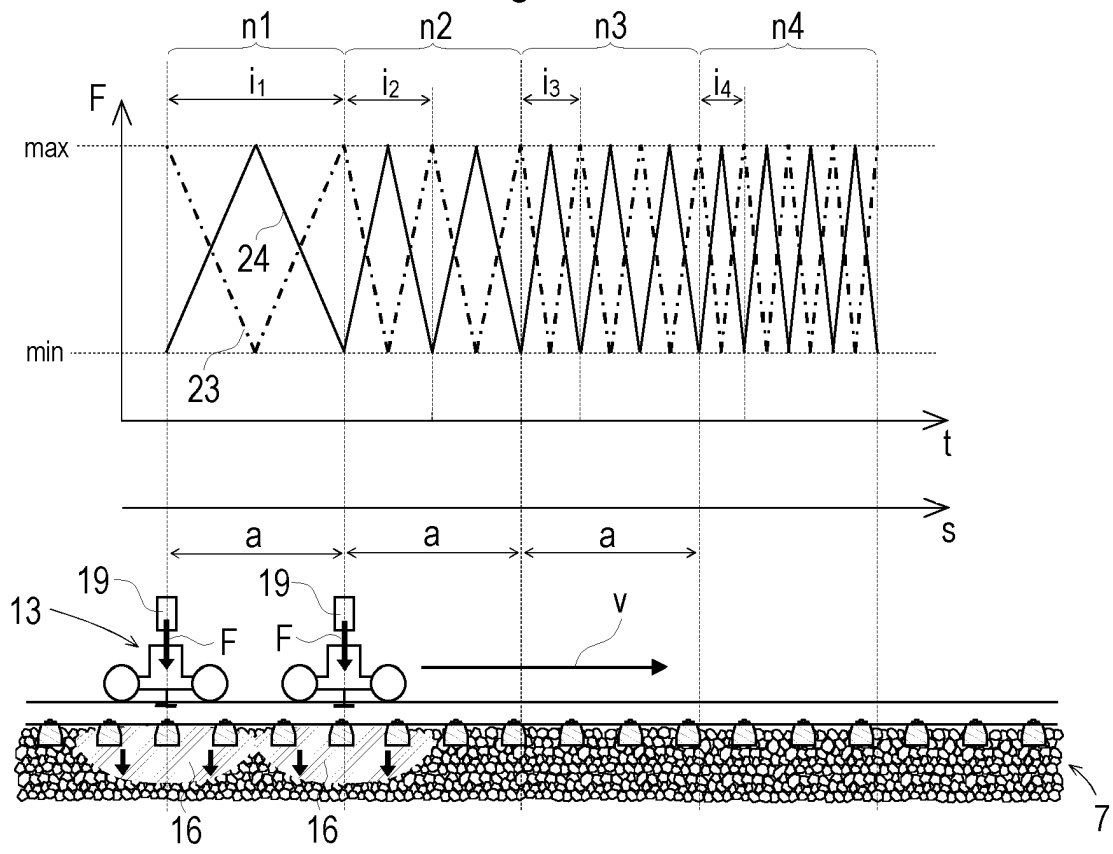
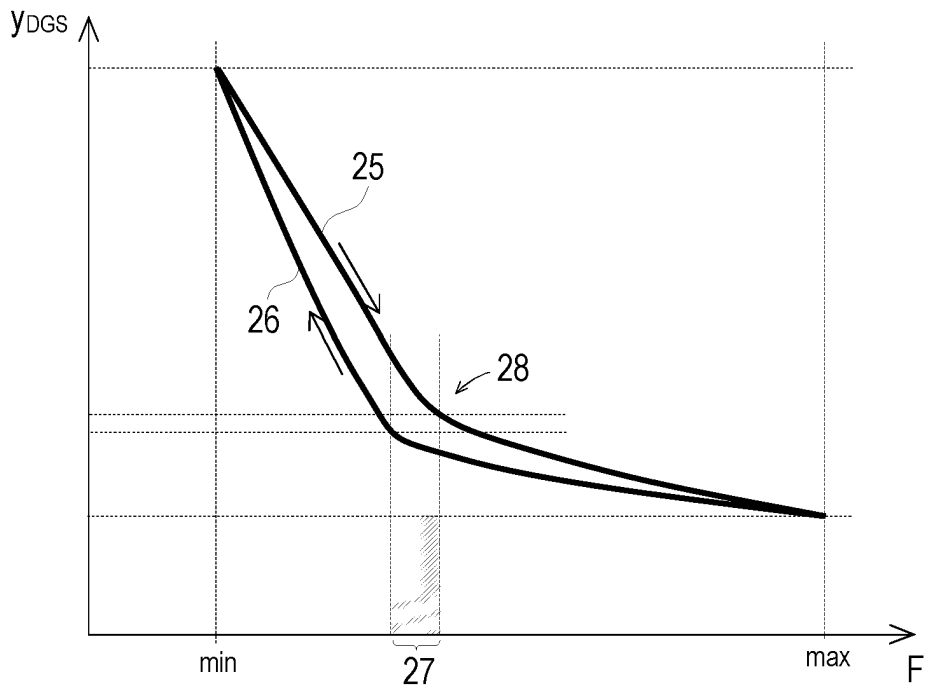


Fig. 9



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

- EP 1817463 A1 [0003]
- GB 2250765 A [0004]
- WO 2019158288 A1 [0006] [0008]
- WO 2017144152 A1 [0007]
- EP 2902546 A1 [0009]