

(19)



(11)

EP 4 256 133 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

29.01.2025 Patentblatt 2025/05

(21) Anmeldenummer: **21819324.1**

(22) Anmeldetag: **30.11.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

E01B 27/16^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

E01B 27/16; E01B 2203/125

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/AT2021/060454

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2022/115891 (09.06.2022 Gazette 2022/23)

(54) **VERFAHREN ZUR AUTOMATISCHEN AUTONOMEN STEUERUNG EINER STOPFMASCHINE**

METHOD FOR AUTOMATIC AUTONOMOUS CONTROL OF A TAMPING MACHINE

PROCÉDÉ DE COMMANDE AUTONOME AUTOMATIQUE D'UNE MACHINE DE BOURRAGE DE VOIES

(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**

(30) Priorität: **02.12.2020 AT 5023820 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

11.10.2023 Patentblatt 2023/41

(73) Patentinhaber: **HP3 Real GmbH**

1130 Wien (AT)

(72) Erfinder: **LICHTBERGER, Bernhard**

1030 Wien (AT)

(74) Vertreter: **Hübscher & Partner Patentanwälte**

GmbH

Spittelwiese 4

4020 Linz (AT)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 957 674 CN-U- 211 142 667

DE-A1- 3 923 733

EP 4 256 133 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 bezieht sich auf ein Verfahren zur automatischen autonomen Steuerung einer Stopfmaschine zur Verdichtung der Schotterbettung eines Gleises in Weichen mit einer Vorrichtung zur Bestimmung einer GPS-Position der Gleisbaumaschine im Gleis, nämlich mit einem GPS oder RTK-GPS System zum genauen und eindeutigen Anfahren von Weichen oder Schwellen, und mit einer Positionserfassung der Aktoren der Arbeitsaggregate der Stopfmaschine bei Stopfung neu verlegter, bis auf Schienenoberkante eingeschotterter Weichen.
- 10 **[0002]** Die meisten Gleise für die Eisenbahn sind als Schotteroberbau ausgeführt. Durch die wirkenden Radkräfte der darüberfahrenden Züge wird der Schotter abgerundet, teilweise abgebrochen und abgenutzt. Es entstehen unregelmäßige Setzungen im Schotter und Verschiebungen der seitlichen Lagegeometrie der Weiche. Durch die Setzungen des Schotterbettes treten Fehler in der Längshöhe, der Überhöhung (im Bogen), der Verwindung, der Spur und der Richtlage auf.
- 15 **[0003]** Weichen sind teure Gleisanlagen und aufwendige Konstruktionen. Sie erlauben den Fahrbahnwechsel zwischen Gleisen je nach Stellung der Weiche. Bei jedem Stellvorgang einer Weiche werden Zungenschienen bewegt und in der jeweiligen Endlage mechanisch durch ein so genanntes Zungenschloss fixiert. Eine einfache Weiche kostet so viel wie ein halber Kilometer freies Streckengleis. Die gewissenhafte und präzise Instandhaltung der Weichen ist ausschlaggebend für eine lange Nutzungsdauer.
- 20 **[0004]** Weichen lassen sich hinsichtlich ihrer Grundform unterscheiden und sind in ihrer Länge exakt durch Weichenanfang (WA) und Weichenende (WE) begrenzt. Der Weichenanfang ist der Tangentenpunkt des Zweiggleises an das Stammgleis. Die Tangente an den Weichenendpunkten ergibt mit der Gleisachse des Stammgleises die Winkel der Weiche. Der Tangens dieses Winkels wird als Weichenneigung bezeichnet. Der Zweighalbmesser mit dem der abzweigende Strang wegführt ist ein wichtiger Parameter. Der Zweiggleisbogen beginnt am Weichenanfang. Die Weiche setzt sich aus der Zungenvorrichtung, den Zwischenschienen, den Herzstücken mit Radlenkern und den Fahrschienen zusammen. Von Weichenanfang bis Weichenende werden die einzelnen Komponenten der Weichenfahrbahn auf den Weichenschwellen befestigt. Die Weichenkonstruktion bildet ein fixes Gebilde. Ein einfaches Herzstück setzt sich aus der Herzstückspitze und zwei Flügelschienen zusammen. Um in den Zweigast einzufahren, müssen Fahrzeuge den geraden Schienenstrang durchkreuzen. Daher ist es notwendig die Fahrkante zwischen Herzstückspitze und Zwischenschiene zu unterbrechen. Es entsteht die Herzstücklücke, wo das Rad nicht durch den Spurkranz geführt wird. Zur Führung wird am gegenüberliegenden Schienenstrang ein Radlenker angebracht der das Rad in der Spur hält - die Lastabtragung erfolgt aber immer über den Schienenstrang. Die zwei Flügelschienen bilden die Fortführung der Zwischenschienen. Um den Durchgang der Räder zu ermöglichen, werden sie seitlich gebogen. Je nach Anzahl der Fahrkantenunterbrechung unterscheidet man einfache, doppelte und mehrteilige Herzstücke. Doppelte Herzstücke werden in Kreuzungen und
- 25 **[0005]** Die Zungenvorrichtung erlaubt dem Fahrzeug die Richtungsänderung, um entweder in den Hauptstrang oder in den Zweigstrang einzufahren. Hauptbestandteile sind zwei Zungen und zwei Backenschienen. Paarweise ist je nach Lage entweder die Backen- oder die Zungenschiene gekrümmt, um die entscheidende Richtungsgebung zu ermöglichen. Dies geschieht durch die beweglichen Zungenteile, die gemeinsam mit den fix stehenden Backenschienen je nach Stellung das Befahren der unterschiedlichen Weichenäste erlauben. An der Zungenspitze werden die Führungskräfte durch das Anliegen der Zunge an der Backenschiene direkt in diese abgeleitet. Die Kraftübertragung erfolgt über horizontale kraftschlüssige Verbindungen zwischen Zungenschiene und Backenschiene (Stützknaggen). Der sichere Betrieb erfordert eine ordnungsgemäße und fixierte Lage der beweglichen Teile der Weiche. Früher wurden Weichen über die Umlage des Stellhebels und das Absperren des Weichenschlosses in die gewünschte Richtung gestellt und in ihrer Endlage gesichert. Heute werden Weichen in erster Linie mechanisch oder elektrisch ferngesteuert. Der Stellbefehl wird bei einem mechanischen Stellwerk über Ketten und Drähte an die Weiche weitergegeben. Moderne Stellwerke senden Befehle direkt an die Weiche, die Umstellung wird von vor Ort installierten elektrischen oder elektrohydraulischen Antrieben ausgeführt.
- 30 **[0006]** Verschlüsse garantieren das kraftschlüssige Anliegen der Zungenschiene an die Backenschiene. Während auf der einen Seite die Zungenschiene an der Backenschiene anliegt, garantiert das Verschlusssystem auf der gegenüberliegenden Seite den nötigen Abstand für das Rad. Über Stellgestänge und zugehörige Verschlussmodule wird die Endlage der Weiche hergestellt und über Endlagenprüfer überwacht. Die Stellgestänge sind zwischen den Schwellen im Zwischenfach angebracht und stellen mit den Antrieben Hindernisse für die Stopfwerkzeuge der Weichenstopfmaschine dar. Sie befinden sich in jenem Bereich wo die Stopfwerkzeuge in das Schotterbett eindringen sollen um den Schotter unter den Schwellen zu verdichten. Diese Positionen müssen bekannt sein, damit die Einrichtungen durch die Stopfwerkzeuge nicht beschädigt werden. Im Kollisionsbereich werden die Stopfwerkzeuge (Stopfpickel) seitlich hochgeschwenkt. Zudem muss an kritischen Stellen die Position des Eindringens und die Art der Stopfung z.B. Rückwärtsstopfung genau vorgegeben werden. Bei langen Hochgeschwindigkeitsweichen werden auch mehrere Stellantriebe für die Zunge
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

vorgesehen. Seitlich neben dem Gleis befinden sich die Weichenantriebskästen die ein Hindernis für die Arbeitswerkzeuge der Stopfmaschine darstellen. Neben diesen Hindernissen gibt es noch Achszähler, Sicherheitseinrichtungen etc. **[0007]** Im Abzweighbereich werden lange durchgehende Schwellen eingesetzt (Langschwellen) die eine Schräglage (halber Weichenwinkel) aufweisen.

Stand der Technik

[0008] Die WO2016/081971 A1 beschreibt eine Vorrichtung die die Position der Schienen, des Herzstückes und von Hindernissen im Gleis erfasst und davon abhängig die Arbeitsaggregate der Weichenstopfmaschine steuert. Aus der AT518692 A1 ist ein Verfahren zur Isterfassung von Fahrwegen und deren Komponenten bekannt. Die bekannten Systeme erfassen die Istlage der Weichenkomponenten, der Schiene und der Hindernisse. Wie weitgehend der Stopfer unterstützt wird, ist von der Funktion der Messeinrichtungen abhängig. Bei voller Einschotterung (neu eingebaute und eingeschotterte Weichen) ist die Funktion der Messsysteme stark eingeschränkt bzw. sie funktionieren nicht.

[0009] Die DE 3 923 733 A1 sowie die CN 211 142 667 U1 beschreiben ein ähnliches Verfahren zur automatischen autonomen Steuerung einer Stopfmaschine in Weichen.

[0010] Damit die Arbeitswerkzeuge der Weichenstopfmaschine die Weiche an allen Stellen unterstopfen können sind die Stopfaggregate teilbar (Split-Head-Stopfaggregate) und seitlich verschiebbar, wegen der schräg liegenden Langschwellen auch drehbar ausgeführt. Die Stopfpickel könne einzeln seitlich hoch geschwenkt werden. Bei reinen Streckenstopfmaschinen wird die Schiene am Kopf mit Rollzangen erfasst und in die geometrische Soll-Lage gehoben. In Weichen ist eine Anwendung der Rollzange oft wegen des geringen Abstands zwischen den Schienen und im Herzstück nicht möglich. Damit auch diese Stellen bearbeitbar sind werden Hebehaken eingesetzt. Neben reinen Weichenstopfmaschinen und Streckenstopfmaschinen gibt es auch Universalmaschinen die sowohl für den Streckenbereich als auch für den Weichenbereich einsetzbar sind. Von der Weichenstopfkabine aus steuert der Maschinenführer die Position des Stopfaggregates, der Pickel, er wählt je nach den Verhältnissen die Rollzange oder den Hebehaken, die Position des Hebehakens sowie den Angriffspunkt desselben am Schienenkopf oder am Schienenfuß. Die Hebeeinrichtung kann in Gleislängsrichtung verschoben werden. Dies ist dann notwendig, wenn der Hebehaken am Schienenfuß angreift - dies ist nur im Bereich des Zwischenfaches möglich - oder wenn durch einen Isolierstoß z.B. die Rollzange oder der Hebehaken nicht am Schienenkopf schließen kann. Die manuelle Einstellung der Hebeeinrichtung: die Wahl der Rollzange oder des Hebehakens, Positionierung des Hebehakens und des Kraftangriffspunkts, sowie die Verschiebung der Hebeeinrichtung in Gleislängsrichtung erfordert Zeit. Bekannt sind Verfahren die die Schienenbefestigung erfassen und damit auch die örtliche Lage der Schwellen und der Zwischenfächer. Mit Hilfe dieser Einrichtung können Stopfmaschine automatisch vorfahren und einen Stopfzyklus durchführen.

[0011] Weichen werden heute in Weichenwerken präzise vormontiert und fertig zum Einbauort gebracht. Dort werden sie eingebaut (z.B. mit einem Kran einem Waggon entnommen und an der vorgesehenen Stelle abgelegt). Wird die Weiche in mehreren Teilen angeliefert, dann werden die Teile hintereinander abgelegt und miteinander verschweißt. Zu den Weichen gibt es Weichenkonstruktionspläne in der die Weichenelemente genau verzeichnet und bemaßt sind. Aus diesen Weichenplänen sind die Schwellenabstände, der Abzweigradius, die Tangentenlänge, die Länge der Schwellen und ihre Schräglage, die Lage der Weichengestänge und Antriebe, die Lage des Herzstückes und Lage und Länge der Flügelschienen und der Radlenker usw. bekannt. Weichen werden heute mittels CAD gezeichnet - die Weichenkonstruktionspläne liegen in elektronischer Form vor. Es gibt verschiedenste Arten von Weichen wie "Einfache" Weichen, Außenbogen- und Innenbogenweichen, Doppelweichen oder einseitige Doppelweichen sowie Kreuzungen. Die Weichen werden durch eine bestimmte Bezeichnung charakterisiert und genormt. Eine derartige Bezeichnung ist EW 60-500-1:12-L-Fz-H.

[0012] Die voranstehenden Buchstaben stehen dabei z.B. für "Einfache Weiche" (EW); Außenbogenweiche (ABW), Innenbogenweiche (IBW), Doppelweiche (DW), einseitige Doppelweiche (EinsDW) etc. Daran anschließend folgt das Schienenprofil: UIC60 (60); S49 (49); S54 (54). Die nächste Angabe benennt den Radius des abzweigenden Gleises in Meter: Radius=500m (500). Es folgt die Weichenneigung am Weichenende (Tangens des Weichenwinkels) 1:12. Der nächste Buchstabe steht für die Abzweigrichtung (links (L) oder rechts (R)). Dann folgt die Angabe der Zungenart: Federzunge (Fz), Gelenkzunge (Gz) etc. Der letzte Buchstabe gibt die Schwellenbauart an: Holzschwelle (H), Hartholz (Hh), Stahl (St) und Beton (B).

[0013] Weichenstopfmaschine sind auf das Stopfen von Weichen spezialisiert (mit teilbaren Stopfaggregaten - so genannte Splitheadstopfaggregate, Zusatzhebeeinrichtungen für den abzweigenden Strang, schwenkbare Pickel etc.). Stopfmaschinen sind zyklisch aber auch kontinuierlich arbeitend bekannt. Daneben gibt es Einschwellen- und Mehrschwellenstopfmaschinen. Mehrschwellenstopfmaschinen stopfen in einem Arbeitszyklus mehrere Schwellen auf einmal. Stopfaggregate fixieren die Lage eines Gleises während einer Instandhaltungsmaßnahme. Dies geschieht über Stopfwerkzeuge, so genannte Stopfpickel, die in den Schotter neben den Schwellen eintauchen und über eine lineare Schließbewegung die durch eine Verdichtschwingung überlagert wird, den Schotter unter der Schwelle verdichten. Zuvor wurde der Gleisrost mit Hilfe eines Hebe-Richtaggregates in die Soll-Lage gebracht. Dort wird der Gleisrost während des

Verdichtvorgangs gehalten und so in richtiger Lage fixiert. Standardmäßig wird die lineare Schließbewegung durch einen Hydraulikzylinder und durch eine mit Exzenterwelle mechanisch erzeugte Schwingamplitude überlagert. Neuere vollhydraulische Stopfantriebe erzeugen die lineare Schließbewegung und Vibration gleichzeitig.

[0014] Mit Hilfe von an Stopfmaschinen installierten GPS-Systemen kann eine genaue Zuordnung der Schwellen zum Gleiskilometer über die GPS-Koordinaten gemacht werden. Bekannt sind virtuelle GPS-Korrekturdatendienste die RTK-Korrekturdaten an geeignete GPS-Empfänger senden. Dadurch wird nur ein bewegtes GPS-gestütztes sich auf dem Gleis bewegendes Messfahrzeug benötigt. RTK-GPS hat den Vorteil, dass es mit Hilfe von RTK-Korrekturdaten sehr präzise den absoluten Ort bestimmen kann (ca. 5mm in der Lage und 10-15mm in der Höhe). Die Genauigkeit im Bereich von 5-15 mm ist präzise genug um Schwellen im Gleis und andere Stellen eindeutig und präzise lokalisieren zu können. Weichen oder Schwellen können mit Oberbaumaschinen, die mit einem GPS (oder rtk-GPS) System versehen sind, genau und eindeutig angefahren werden.

[0015] Ist eine Weiche neu verlegt, ist sie bis auf Schienenoberkante eingeschottert - dies verunmöglicht die Erkennung der Weichenkomponenten. Die meist manuell vorgenommene Einstellung der Arbeitsaggregate durch den Bediener ist anstrengend und reduziert die Maschinenleistung. Bei Weichen wird zuerst der durchgehende Schienenstrang gestopft und in einem zweiten Arbeitsgang der abzweigende Schienenstrang. Wann und wo die geteilten Stopfaggregate ausgelenkt und eingesetzt werden bleibt dem Stopfer überlassen. Es fehlt eine genau vorgegebene optimale Arbeitsweise der Durcharbeit die an die verschiedenen Weichen angepasst ist. Die Arbeitsweise bleibt dem Stopfer überlassen. Die Qualität der Durcharbeit der Weichen ist daher vom Stopfer abhängig und kann mangel- und fehlerhaft sein. Die Verstelleinrichtungen (Aktoren) der Arbeitsaggregate der Stopfmaschine sind mit Sensoren zur Erfassung der Position ausgerüstet. Dies erlaubt die zielgenaue Ansteuerung der Arbeitsaggregate.

Darstellung der Erfindung

[0016] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur automatischen autonomen Steuerung einer Weichenstopfmaschine anzugeben welches die oben angegebenen Nachteile vermeidet und auch eine Stopfung neu verlegter, bis auf Schienenoberkante eingeschotterter Weichen erlaubt.

[0017] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1, nämlich unter anderem dadurch, dass die GPS-Position der Stopfmaschine im Gleis dazu benutzt wird eine zu bearbeitende Weiche zu identifizieren, wonach die Positionieranweisungen für Arbeitsaggregate für diese Weiche aus einer Datenbank abgerufen werden, zunächst Weichendaten der zu bearbeitenden Weiche in einen Steuercomputer der Stopfmaschine eingelesen werden, dass der Steuercomputer in weiterer Folge positionsgenaue Daten der Positionieranweisungen für die Arbeitsaggregate an jeder zu stopfenden Schwelle im Weichenbereich erstellt, dass die Stopfmaschine abhängig von ihrer Position in der Weiche und von den erstellten Daten der Positionieranweisungen diese Positionen mit der jeweiligen Position zugeordneten Arbeitsaggregaten ansteuert und den Stopfvorgang an der Stelle der angesteuerten Position vollautomatisch und autonom durchführt und dabei über eine Vorfahrtomatik automatisch von Schwelle zu Schwelle verfährt, bis der vorgesehene Arbeitsbereich abgearbeitet ist.

[0018] Dem Steuercomputer der Stopfmaschine werden positionsgenaue Positionsanweisungen für jeden zu stopfenden Schwellenbereich übergeben. Diese umfassen z.B.: Verdrehstellung der Stopfaggregate, seitliche Position der Stopfaggregate, Öffnungsweite der einzelnen Stopfzylinder, Schwenkwinkel der Pickel, Stopfdruck, Vorgabe der maximalen Verdichtkraft, der Stopftiefe, Stopfzeit, Hebehaken oder Heberolle, Höhen- und Querposition für den Haken am Schienenfuß oder Schienenkopf, Ausfahrposition der Zusatzhebung, Längsposition des Hebe-Richt-Aggregates etc.). Über ein Odometer oder eine GPS-Messung werden die Positionsanweisungen je nach Arbeitsrichtung mit dem Weichenanfang bzw. Weichenende synchronisiert. Die Stopfmaschine wird in der Weiche genau an der zu stopfenden Schwelle positioniert. Die Stopfmaschine führt an der erreichten Position in der Weiche abhängig von den vorgegebenen Positionieranweisungen die entsprechenden Einstellungen der Arbeitsaggregate vollautomatisch und autonom durch und stopft die entsprechende Schwelle. Anschließend fährt sie über die Vorfahrtomatik zur nächsten Schwelle vor und wiederholt den Ablauf entsprechend den Vorgaben bis der gesamte vorgesehene Arbeitsbereich abgearbeitet wurde.

[0019] Es kann vorgesehen sein, dass die erstellten Positionieranweisungen je Schwelle im Weichenbereich einem Bediener auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden, der die Positioniervorgaben gegebenenfalls nachjustiert. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen dargestellt.

[0020] Die Erfindung sieht auch vor, dass wenn sonst keine Weichendaten vorliegen außer der genormten Bezeichnung der Weiche oder bekannter Weichenparameter nach Eingabe dieser in den Steuercomputer ein Großteil der notwendigen Positionieranweisungen errechnet werden. Für den Fall, dass ein Weichenplan vorliegt können die Daten am Steuercomputer über einen Weicheneditor eingegeben werden. Gibt es CAD-Daten dann werden diese Daten durch den Steuercomputer übernommen und entsprechend verarbeitet und daraus Positionieranweisungen abgeleitet. Da die Weichen genormt sind, können für eine Vielzahl von Weichen die Positionieranweisungen auf dem Rechner gespeichert werden oder aber von einer zentralen Datenbank oder Cloud heruntergeladen und vom Bediener vor Bearbeitung einer Weiche aus einer Liste ausgewählt werden.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0021] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

- Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf eine einfache Weiche,
 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Teilstücks einer Weiche mit elektrischem Antrieb und
 Fig. 3 ein Schema einer Weichenstopfmaschine.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0022] Fig. 1 zeigt schematisch eine einfache Weiche mit links abgehendem Strang. Der Abstand zwischen den Schwellen a_{ij} kann von Schwelle zu Schwelle variieren, bewegt sich üblicherweise in einem Bereich zwischen 58 und 62 cm. Der typische Schwellenabstand in Gleisen beträgt 60 cm. Die Weiche umfasst einen Weichenanfang WA und ein Weichenende WE. Das abzweigende Gleis weist einen Radius R auf. Die Weiche weist zudem eine Tangentenlänge t und eine Gesamtlänge L (Differenz zwischen WA und WE) auf. Weichenanfang und Weichenende sind in der Weiche markiert. Der Abstand x_H liegt zwischen Weichenpunkt WP und Herzstück H. Die auf die x-Koordinate projizierte Länge der Tangente ist x_t . Die Weiche hat die Neigung 1:n. β ist der Winkel der schrägliegenden Schwellen.

[0023] Falls nur die genormte Bezeichnung der Weiche in der Form z.B. EW60-760-1:18-r-Fz-B gegeben ist, dann lässt sich der Tangentenwinkel der einfachen Weiche zu 1:18 ablesen, der Radius zu 760m, die Schiene als eine UIC60 und dass es eine rechtsabzweigende Weiche mit Federzunge ist die auf Betonschwellen liegt.

[0024] Sind sonst keine Angaben vorhanden, dann können aus dieser Angabe viele SollPositionen der Aggregate abgeleitet werden. Mit der Angabe der Schiene UIC60 und der Betonschwellen kann die Stopftiefe errechnet werden.

[0025] Für die Kreisgleichung der abzweigenden Schiene gilt:

$$y = \sqrt{R^2 + x^2}$$

[0026] Die Ableitung kann der Tangentenneigung gleichgesetzt werden. Es gilt dann:

$$y' = \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} = \frac{1}{n} = \frac{1}{18} = \frac{x}{\sqrt{760^2 + x^2}}$$

[0027] Aufgelöst nach x ergibt sich:

$$x = \frac{R}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

[0028] Daraus folgt für die Tangentenlänge:

$$t = \frac{x}{1 + \cos(\arctan \frac{1}{n})}$$

[0029] Kennt man die Tangentenlänge dann ist der Punkt WP vom Weichenanfang (WA) t weit entfernt. Über die Kreisgleichung kann abhängig von der x-Koordinate der Verlauf der inneren und bogenäußeren Schiene y und der Zunge mit der inneren Schiene berechnet und als Positionierwerte für die Arbeitsaggregate an den

[0030] Steuercomputer übergeben werden. Die Lage des Herzstücks folgt aus der Formel (s mittlere Spurweite)

$$x_H = \frac{s}{\frac{1}{n}} = s \cdot n$$

[0031] Das Ende des Radius ergibt sich nach der Länge $t+x_t$. x_t kann einfach wie folgt berechnet werden:

$$x_t = t \cdot \cos \left(\arctan \frac{1}{n} \right)$$

[0032] Damit kann über den Steuerrechner errechnet werden wo der Radius der abzweigenden Schienen endet und die Schienen tangential geradeaus weiter verlaufen. Mit diesen Angaben kann die Ausfahrposition der Dreipunkthebung im abzweigenden Strang bestimmt werden und auch die Positionen der geteilten Aggregate links und rechts je nach Schienenposition. Die Schräglage der Langschwellen errechnet sich aus dem halben Weichenwinkel zu:

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot \cos \left(\arctan \frac{1}{n} \right)$$

[0033] Damit ist der Verdrehwinkel bekannt mit dem die Stopfaggregate ab Beginn der Langschwellen gedreht werden müssen. Die Position des Herzstücks ist bekannt und damit auch die Position der Flügelschienen, was die entsprechende Wahl der Hebewerkzeuge (Haken unten) erlaubt. Im Bereich der Zunge greift man auf bekannte Abstandsmaße zur Steuerung der geteilten Stopfaggregate zurück. Nach dem Weichenende folgen noch 5 Langschwellen. Im Bereich der Langschwellen wird die Zusatzhebung eingesetzt. Nach den Langschwellen wird der Drehrahmen auf welchen sich die Stopfaggregate befinden wieder auf 0° zurückgedreht. Die Radlenker sind 5 m lang und liegen symmetrisch auf Höhe des Herzstücks. Nach dem Weichenende folgen noch im Regelfall 5 Langschwellen. Die Flügelschienen erstrecken sich beim Herzstück über 3 Schwellen.

[0034] Es gibt vier Stopfaggregate, zwei auf jeder Seite L_a , L_i und R_a , R_i , ein inneres und ein äußeres die auf horizontalen Führungssäulen seitlich verschiebbar angeordnet sind. Die Schwellen sind durchnummeriert, ihre genaue Anzahl in einer Weiche ist bekannt. Die Stellung der Stopfpickel und die Stellung der Stopfaggregate sind bei Schwelle 2 symbolisch dargestellt. Die vier Aggregate befinden sich in ihrer Grundstellung und alle Stopfpickel sind im Einsatz. Bei Schwelle 29 z.B. ist das linke äußere Stopfaggregat L_a nach außen geschwenkt um den abzweigenden Strang zu unterstopfen. Die anderen drei befinden sich in der Normalstellung. Bei Schwelle 37 z.B. ist das rechte äußere Aggregat R_a in Normalstellung, das innere rechte R_i ist wegen dem Radlenker etwas nach innen geschwenkt, das innere linke L_i ist wegen der Flügelschiene ebenfalls etwas nach innen verschwenkt während das linke äußere L_a nach außen geschwenkt ist und den abzweigenden Strang stopft. Der tragende Aggregatrahmen ist um den Winkel β verdreht.

[0035] Die Stopfrichtung ist in Richtung der x-Achse in Gleislängsrichtung angenommen, die Verschwenkungen in Richtung der Y-Achse. Die Stopfaggregate haben als Bezugsachse die linke oder die rechte Schienenmitte, der Verdrehwinkel der Stopfaggregate bezieht sich auf die Lotrechte zur Maschinenachse, für das Haupt-Hebe-Richtagregat ist die Fahrkante der Schienen und die Schienenlauffläche (SOK) die Referenz. Für die Zusatzhebung ist die nähere Schiene des durchgehenden Hauptstranges die Referenz. Null Verschiebung bedeutet jeweils die Aggregate befinden sich in einer definierten Position.

[0036] Fig. 2 zeigt ein vormontiertes Weichenstück B wie es zum Einbau zur Baustelle transportiert wird. AR gibt die Arbeitsrichtung an. An Hand dieses Weichenstücks B wird erkenntlich, dass nicht an jeder Schwelle alle Stopfwerkzeuge eingesetzt werden können. Es bedeuten:

- 1 Übertragungs-doppelgestänge
- 2 Backenschiene
- 3 abliegende Zunge
- 4 anliegende Zunge
- 5 elektrischer Weichenantrieb
- 6 Klinkenspitzenverschluss
- 7 Klinkenmittelverschluss
- 8 Beistellvorrichtung
- 9 Verbindungsstange
- 10 Stellstange

- 11 Zungenprüferstangen
12 Zungenverbindungsstange
5 13 Schiene
14 Schwelle
S1 - S3 Schwellen

[0037] Bei den beiden Schwellen S2, S3 wo der elektrische Weichenantrieb 5 eingebaut ist (rechts in AR), kann zwischen den beiden Schwellen mit den Stopfwerkzeugen nicht getaucht werden (punktiert eingezeichnet), die Pickel in diesem Bereich müssen beim Stopfen bei beiden Aggregathälften einmal vorne und dann hinten hoch geschwenkt werden. Die grauen Rechtecke stehen für die Stopfpickel. Auf der linken Seite kann nur die Schwelle S2 außen L_a regulär und die Schwelle S3 im nächsten Arbeitsschritt nur von einer Seite gestopft werden. Wegen des Abstandes der Backenschiene 2 zur abliegenden Zunge 3 muss das innere Stopfaggregat L_i weiter nach innen verschoben werden, während das äußere Stopfaggregat L_a in der Referenzposition bleiben kann. Im Bereich der Gestänge kann meist eine Schwelle nur von einer Seite gestopft werden, da z.B. der Platz zwischen Gestänge 8 und Schwelle S1 nicht ausreicht.

[0038] Fig. 3 zeigt schematisch eine Weichenstopfmaschine C in Arbeitsrichtung AR mit dem Odometer 28, einer GPS-Anlage 29 und einer Funkanlage 30 zur drahtlosen Kommunikation mit einem Server. Die Maschine 17 ruht auf zwei Drehgestellen 15 die auf Schienen 13 bewegt werden können. 23 sind teilbare Weichenstopfaggregate, 22 ist das Hebe-Richtaggregat, 24 ist eine Zusatzhebeeinrichtung die im abzweigenden Stränge mitheben kann, 20 zeigt den Hebehaken und die Heberolle. 19 deutet an, dass das gesamte Hebe-Richtaggregat 22 in Längsrichtung des Gleises mit Hilfe eines Antriebs 18 verschoben werden kann. Damit die Haupthebezyylinder 26 und die Zusatzhebezyylinder 21 beim Arbeiten immer senkrecht stehen bewegt sich die Anlenkvorrichtung 16 für die Hebezyylinder synchron mit der Verschiebung 19 der Hebe-Richtvorrichtung mit. 25 ist die Stopfkabine und 27 ist der Steuercomputer.

[0039] Tabelle 1 zeigt beispielhaft wie die Positionieranweisungen für die zu stopfenden Schwellen aussehen könnten.

[0040] Weiche: EW60-500-1:12,5-I-Fz-B - Arbeitsrichtung vom Spitz zum Stumpf

P_i/a_i	ST_{li}	ST_{la}	ST_{ri}	ST_{ra}	Z	Rolle	Haken	β	...
1	0	0	0	0	-	1	-	0	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
29	0	-850	0	0	-750	1	-	0	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
37	220	-910	-180	0	-1250	-	1	-2,28°	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

[0041] So würden die Positionieranweisungen P_i an der Schwelle $a_i=37$ beispielsweise bedeuten (siehe Fig. 1):

ST_{li} Linkes inneres Stopfaggregat um 220 mm nach innen verschieben

ST_{la} Linkes äußeres Stopfaggregat um 910 mm nach außen verschieben

ST_{ri} rechtes inneres Stopfaggregat um 180 mm nach innen verschieben

ST_{ra} rechtes äußeres Stopfaggregat in Referenzstellung

Z Zusatzhebeaggregat ist in Verwendung und 1250 mm in Richtung Abzweig nach außen verschoben

H der Hebehaken ist im Einsatz

β Der Drehrahmen mit den Stopfaggregaten ist um 2,28° gegen den Uhrzeigersinn verdreht

[0042] Neben diesen beispielhaft angeführten Positionierdaten sind auch die folgenden Positionen vorzugeben:

- Distanz der Maschine von WA (oder WE, wenn vom Stumpf her gearbeitet wird)
- Heberollenposition vertikal und horizontal
- Hakenposition vertikal und horizontal
- Längsverschiebung des Hebe-Richtaggregates
- 5 • Öffnungsweite der einzelnen Beistellzylinder der Stopfaggregate
- Schwenkwinkelposition der einzelnen Stopfpickel
- Stopftiefe
- Stopfart - Rückwärtsstopfung - Doppelstopfen etc.

10

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen autonomen Steuerung einer Stopfmaschine (C) bei Stopfung neu verlegter, bis auf Schienenoberkante eingeschotterter Weichen, zur Verdichtung der Schotterbettung eines Gleises in Weichen (A, B) mit einer Vorrichtung zur Bestimmung einer GPS-Position (29) der Gleisbaumaschine im Gleis, nämlich mit einem GPS oder RTK-GPS System zum genauen und eindeutigen Anfahren von Weichen oder Schwellen, und mit einer Positionserfassung der Aktoren der Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) der Stopfmaschine
15 wobei zunächst Weichendaten ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) der zu bearbeitenden Weiche in einen Steuercomputer (27) der Stopfmaschine (C) eingelesen werden,
wobei die GPS-Position (29) der Stopfmaschine (C) im Gleis dazu benutzt wird eine zu bearbeitende Weiche zu identifizieren, wonach Positionieranweisungen (P_i) für Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) für diese Weiche aus einer Datenbank abgerufen werden,
wobei der Steuercomputer (27) in weiterer Folge positionsgenaue Daten der Positionieranweisungen (P_i) für die Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) an jeder zu stopfenden Schwelle ($a_{i,j}$) im Weichenbereich (1-51) erstellt,
25 wobei die Stopfmaschine (C) abhängig von ihrer Position in der Weiche (A, B) und von den erstellten Daten der Positionieranweisungen (P_i) diese Positionen mit der jeweiligen Position zugeordneten Arbeitsaggregaten (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) ansteuert und den Stopfvorgang an der Stelle der angesteuerten Position vollautomatisch und autonom durchführt und
30 wobei mit Hilfe des an der Stopfmaschine (C) installierten GPS oder RTK-GPS Systems über die GPS-Koordinaten eine genaue Zuordnung der Schwellen zum Gleiskilometer gemacht wird, und die Stopfmaschine (C) dabei über eine Vorfahrtomatik automatisch von Schwelle ($a_{i,j}$) zu Schwelle ($a_{i,j}$) verfährt, bis der vorge-sehene Arbeitsbereich abgearbeitet ist.
35
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erstellten Positionieranweisungen (P_i) je Schwelle ($a_{i,j}$) im Weichenbereich einem Bediener auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden (25, 27), der Positionier-vorgaben gegebenenfalls nachjustiert.
- 40 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Weichendaten ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) in den Steuercomputer (27) in Form einer charakteristischen Weichenbezeichnung eingegeben werden und der Steuer-computer (27) daraus die positionsgenauen Positionieranweisungen (P_i) für die Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) errechnet.
- 45 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Weichendaten ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) an Hand eines Weichenplanes (A) manuell in den Steuercomputer (27) eingegeben werden und daraus die positionsgenauen Positionieranweisungen (P_i) für die Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) errechnet werden.
- 50 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die als CAD-Weichendaten vorliegenden Weichendaten ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) elektronisch in den Steuercomputer (27) eingelesen werden und daraus die positionsgenauen Positionieranweisungen (P_i) für die Arbeitsaggregate (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) errechnet werden.
- 55 6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionieranweisungen (P_i) für bestimmte Weichendaten ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) aus einer dem Steuercomputer (27) zur Verfügung stehenden Datenbank abgerufen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionieranweisungen (P_i) für die Weichendaten

($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) drahtlos (30) auf den Steuercomputer (27) zur Abarbeitung geladen werden.

Claims

- 5
1. Method for automatic autonomous control of a tamping machine (C) when tamping newly laid switches ballasted to the top of the rail, for compacting the ballast bedding of a track in switches (A, B) with a device for determining a GPS position (29) of the track maintenance machine in the track, namely with a GPS or RTK-GPS system for the precise and unambiguous approach of switches or sleepers, and with a position detection of the actuators of the working units
- 10 (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) of the tamping machine, whereby firstly switch data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) of the switch to be processed are read into a control computer (27) of the tamping machine (C), whereby

the GPS position (29) of the tamping machine (C) in the track is used to identify a switch to be processed, after which positioning instructions (P_i) for working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) for this switch are retrieved from a database,

15

wherein the control computer (27) subsequently generates position-accurate data of the positioning instructions (P_i) for the working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) at each sleeper ($a_{i,j}$) to be tamped in the switch area (1-51),

wherein the tamping machine (C), depending on its position in the switch (A, B) and on the created data of the positioning instructions (P_i), moves to these positions with working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) assigned to the respective position and carries out the tamping process fully automatically and autonomously at the location of the respective position, and wherein with the aid of the GPS or RTK-GPS system installed on the tamping machine (C), an exact assignment of the sleepers to the track kilometer is made via the GPS coordinates, and the tamping machine (C) moves automatically from sleeper ($a_{i,j}$) to sleeper ($a_{i,j}$) via an automatic advance mechanism until the intended working area has been processed.

20

25

2. Method according to claim 1, **characterized in that** the positioning instructions (P_i) created for each sleeper ($a_{i,j}$) in the switch area are displayed (25, 27) to an operator on a display device, who readjusts the positioning instructions if necessary.
- 30

3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the switch data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) are entered into the control computer (27) in the form of a characteristic switch designation and the control computer (27) uses this to calculate the position-accurate positioning instructions (P_i) for the working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23).

- 35 4. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the switch data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) are entered manually into the control computer (27) on the basis of a switch plan (A) and the position-accurate positioning instructions (P_i) for the working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) are calculated therefrom.

- 40 5. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the switches data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n), available as CAD switch data, are electronically read into the control computer (27) and the positioning instructions (P_i) for the working units (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) are calculated therefrom.

- 45 6. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the positioning instructions (P_i) for certain switch data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n), are retrieved from a database available to the control computer (27).

7. Method according to claim 6, **characterized in that** the positioning instructions (P_i) for the switch data ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n), are loaded wirelessly (30) onto the control computer (27) for processing.

Revendications

- 50 1. Procédé pour commander de manière automatique et autonome une machine de bourrage (C), lors du bourrage d'aiguillages nouvellement posés, ballastés jusqu'au bord supérieur des rails, pour compacter le lit de ballast d'une voie dans des aiguillages (A, B), avec un dispositif de détermination de la position GPS (29) de la machine de pose de voie ferrée sur la voie, à savoir avec un système GPS ou RTK-GPS pour le parcours clair et précis d'aiguillages ou de traverses, et avec une détection de position des actionneurs des unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) de la machine de bourrage,
- 55

selon lequel des données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) de l'aiguillage à traiter sont d'abord lues dans un ordinateur de commande (27) de la machine de bourrage (C), la position GPS (29) de la machine de bourrage (C) étant utilisée pour identifier un aiguillage à traiter, puis des instructions de positionnement (P_i) pour les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) sont extraites d'une base de données pour cet aiguillage, selon lequel l'ordinateur de commande (27) établit en conséquence des données d'instructions de positionnement (P_i) précises pour les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) au niveau de chaque traverse ($a_{i,j}$) à compacter dans la région de l'aiguillage (1-51), selon lequel la machine de bourrage (C), en fonction de sa position dans l'aiguillage (A, B) et des données établies des instructions de positionnement (P_i), actionne ces positions avec les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23) associées à chaque position et exécute l'opération de compactage à l'emplacement de la position actionnée de manière entièrement automatique et autonome et selon lequel, à l'aide du système GPS ou RTK-GPS installé sur la machine de bourrage (C), une association précise des traverses avec le kilomètre de voie est effectuée par le biais des coordonnées GPS, et la machine de bourrage (C) progresse automatiquement de traverse ($a_{i,j}$) en traverse ($a_{i,j}$) par le biais d'un automatisme de progression, jusqu'à ce que la zone de travail prévue soit traitée.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les instructions de positionnement (P_i) de chaque traverse ($a_{i,j}$) dans la zone d'aiguillage sont indiquées sur un dispositif d'affichage (25, 27) à un opérateur qui réajuste le cas échéant des directives de positionnement.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) sont entrées dans l'ordinateur de commande (27) sous la forme d'une désignation d'aiguillage spécifique et que l'ordinateur de commande (27) calcule à partir de cela les instructions de positionnement (P_i) précises pour les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23).
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) sont entrées manuellement à l'aide d'un plan d'aiguillage (A) dans l'ordinateur de commande (27) et que les instructions de positionnement (P_i) précises sont calculées à partir de cela pour les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23).
5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) présentes sous la forme de données de CAO sont lues électroniquement dans l'ordinateur de commande (27) et que les instructions de positionnement (P_i) précises sont calculées à partir de cela pour les unités de travail (L_a , L_i , R_a , R_i , 16, 18, 19, 20, 22, 23).
6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les instructions de positionnement (P_i) pour certaines données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) sont extraites d'une base de données mise à la disposition de l'ordinateur de commande (27).
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les instructions de positionnement (P_i) pour les données d'aiguillage ($a_{i,j}$, β , WP, t, L, n) sont chargées sans fil (30) sur l'ordinateur de commande (27) pour le traitement.

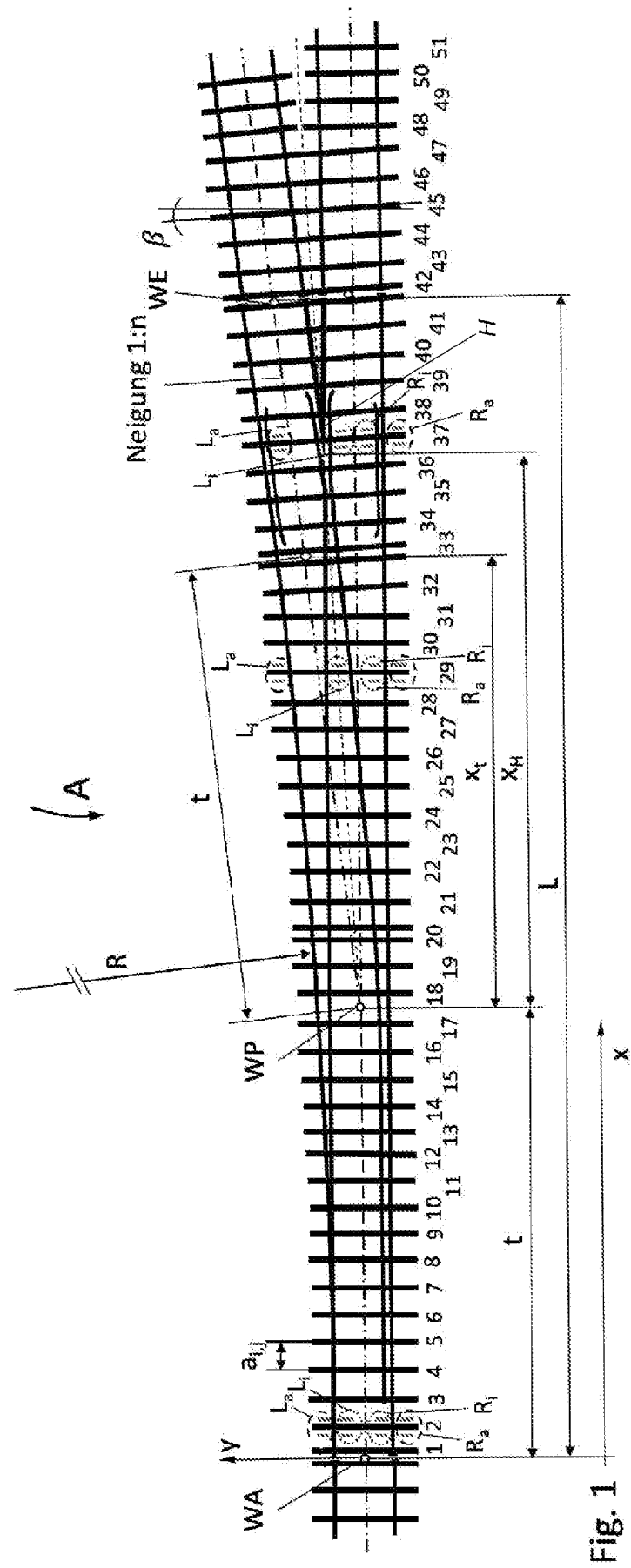


Fig. 1

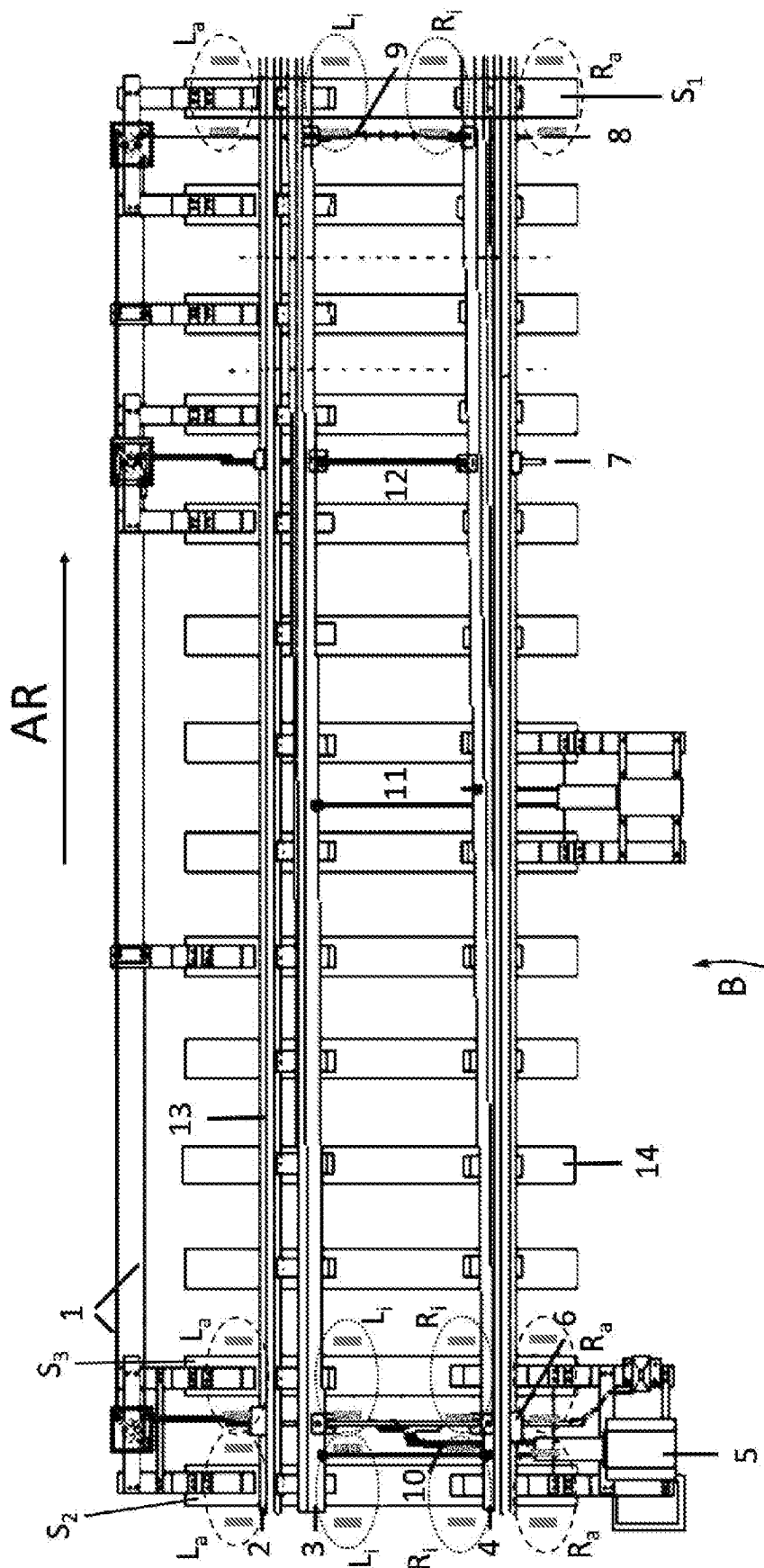


Fig. 2

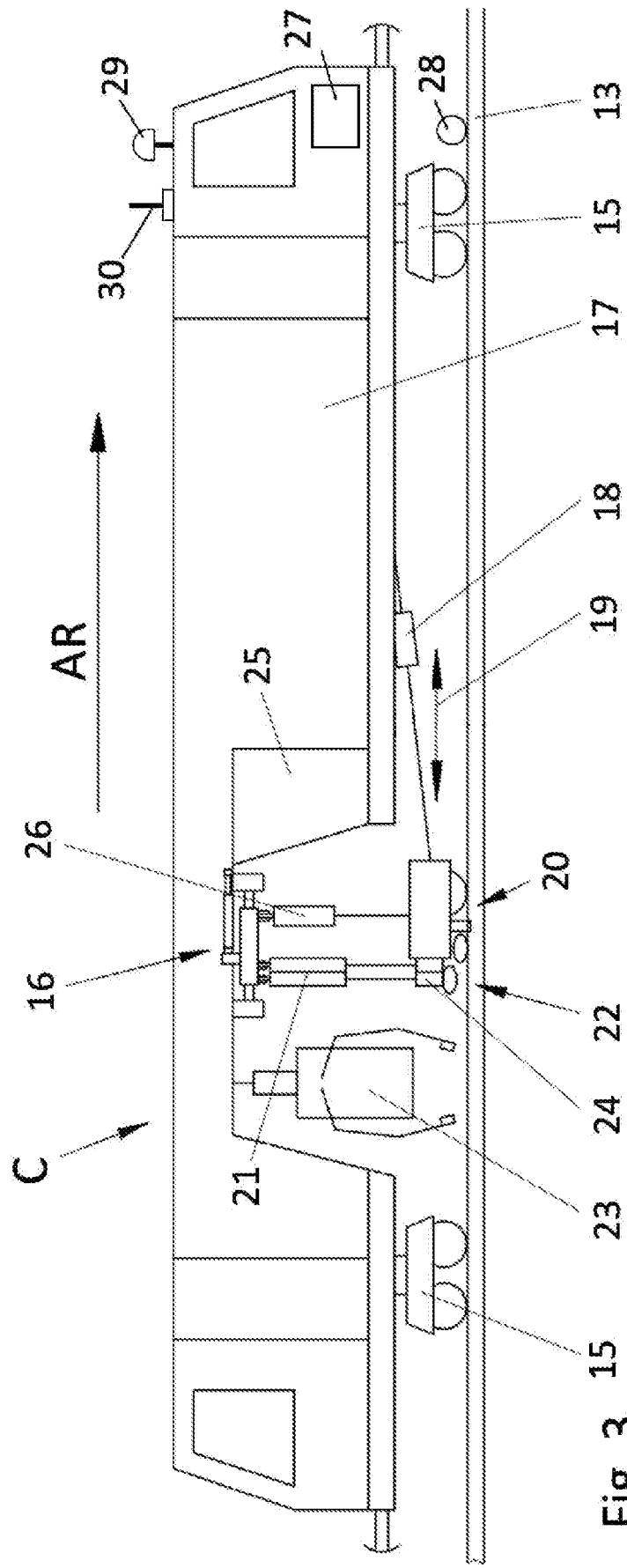


Fig. 3

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

- WO 2016081971 A1 [0008]
- AT 518692 A1 [0008]
- DE 3923733 A1 [0009]
- CN 211142667 U1 [0009]