



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.02.2023 Patentblatt 2023/07

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E01B 27/17 ^(1968.09) **E01B 27/20** ^(1968.09)
E01B 35/06 ^(1968.09)

(21) Anmeldenummer: **22186276.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E01B 27/17; E01B 27/20; E01B 35/06

(22) Anmeldetag: **21.07.2022**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Lichtberger, Bernhard**
1030 Wien (AT)
• **Hofer, Hansjörg**
4502 St. Marien (AT)

(30) Priorität: **12.08.2021 AT 506542021**

(74) Vertreter: **Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH**
Spittelwiese 4
4020 Linz (AT)

(71) Anmelder: **HP3 Real GmbH**
1130 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM STABILISIEREN DER SCHOTTERBETTUNG EINES GLEISES**

(57) Es wird ein Verfahren zum Stabilisieren der Schotterbettung eines Gleises (2) beschrieben. Zur Minimierung des Gleislagefehlers ist zwischen dem Stopfantrieb (5) und dem dynamischen Gleisstabilisator (9) ein erstes inertiales Navigationssystem (7c) angeordnet, welches den Gleisgeometrierestfehler (RF1) nach der Stopfmaschine misst und ist in Arbeitsrichtung (A) hinter dem dynamischen Gleisstabilisator (9) ein zweites inertiales Navigationssysteme (7d) angeordnet, welches den Gleisgeometrierestfehler (RF2) hinter dem Gleisstabilisator (9) misst. Über eine Ähnlichkeitstransformation der Gleisgeometrierestfehler (RF1, RF2) zueinander wird eine Regelgröße abgeleitet, die mit einer Setzungsvorgabe (WS) verknüpft und über einen Regler (K) geführt wird, dessen Ausgangssignal mit vorgebbaren Vorsteuergrößen verknüpft wird, womit mindestens ein Steuerparameter (OUT) des Dynamischen Gleisstabilisators (9) derart geregelt wird, dass der Gleisgeometrierestfehler (RF2) hinter dem Gleisstabilisator (9) minimal wird.

sator (9) misst. Über eine Ähnlichkeitstransformation der Gleisgeometrierestfehler (RF1, RF2) zueinander wird eine Regelgröße abgeleitet, die mit einer Setzungsvorgabe (WS) verknüpft und über einen Regler (K) geführt wird, dessen Ausgangssignal mit vorgebbaren Vorsteuergrößen verknüpft wird, womit mindestens ein Steuerparameter (OUT) des Dynamischen Gleisstabilisators (9) derart geregelt wird, dass der Gleisgeometrierestfehler (RF2) hinter dem Gleisstabilisator (9) minimal wird.

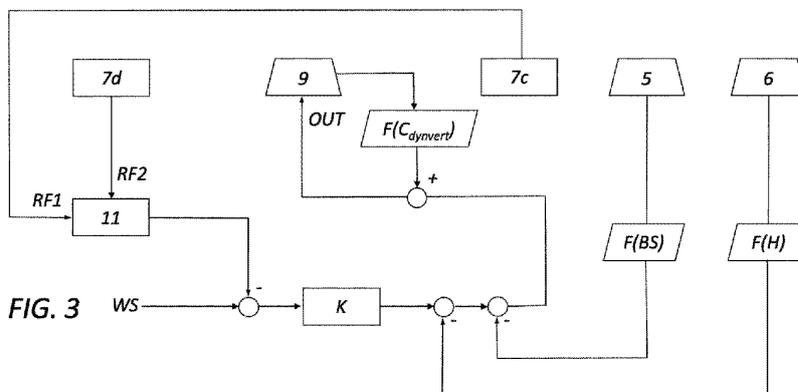


FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Stabilisieren der Schotterbettung eines Gleises, mit einer gleisfahrbaren Stopfmaschine, die das Gleis mit einer Hebe-Richteinrichtung in eine gewünschte Lage richtet, die das Gleis in der gerichteten Lage mit einem vollhydraulischen Stopfantrieb fixiert, die das in der gerichteten Lage fixierte Gleis mit einem dynamischen Gleisstabilisator durch Setzung stabilisiert und die mit Sensoren zur Ermittlung der Schotterbetteigenschaften und mit einer Gleisvermessungsvorrichtung ausgestattet ist.

[0002] Durch eine Gleisinstandhaltungsarbeit wie dem Stopfen oder dem Reinigen des Gleises wird der Querverschiebewiderstand um bis zu 60% reduziert. Bei Temperaturen über der Verspannungstemperatur herrscht in den Schienen des endlos verschweißten Gleises eine Druckspannung. Die Schienen tendieren zum Ausknicken. Über das Gleis fahrende Züge bringen Führungskräfte ein. Bei reduziertem Querverschiebewiderstand besteht die Gefahr einer Verwerfung unter dem Zug. Die Folge wäre eine Entgleisung. Daher wird ohne Verwendung eines Dynamischen Gleisstabilisators nach einer Instandhaltungsarbeit wie dem Stopfen bei hohen Schienentemperaturen eine Langsamfahrstelle eingerichtet. Die langsam fahrenden Züge weisen geringere Führungskräfte auf wodurch die Gefahr einer Verwerfung gebannt ist. Allerdings sind Langsamfahrstellen unerwünschte kostspielige Betriebsbehinderungen.

[0003] Gesteinshaufwerke, wie insbesondere aus Eisenbahnschotter, lassen sich insbesondere durch Einwirken horizontaler Schwingungen effizient verdichten, vor allem dann, wenn die Frequenz derart gewählt wird, dass der Schotter ein elastoliquides Verhalten annimmt, was bei Frequenzen von größer gleich 25 Herz der Fall ist. Dynamische Gleisstabilisationsaggregate dienen dazu, unregelmäßige Anfangssetzungen des Gleises auf dem Schotterbett durch eine gezielte gesteuerte Vornahme auszugleichen.

[0004] Bekannte dynamische Gleisstabilisatoren, sind mit einem mechanischen oder hydraulischen Schwingungsantrieb (EP2902546A1) ausgestattet. Die mechanischen Schwingungsantriebe verfügen über zwei gegengleich umlaufende exzentrische Massen. Die beiden umlaufenden exzentrischen Massen sind über Zahnräder derart gekoppelt, dass eine gegengleiche Rotation der Massen um zugeordnete Achsen gewährleistet ist. Mit dieser Anordnung heben sich die Schwingkraftkomponenten in Vertikalrichtung auf und verstärken sich die Schwingkraftkomponenten in Horizontalrichtung, also in einer gleisparallelen Ebene quer zur Gleislängsrichtung. Es existieren auch derartige Exzenterantriebe bei denen der Abstand der Massen zur Drehachse variiert werden kann, um die dynamische Schlagkraft einstellen zu können (WO2008009314A1, EP3752675A1). Bei einem hydraulischen Schwingungsantrieb (EP2902546A1) umfasst der Schwingantrieb wenigstens einen, über ein Pro-

portional- oder ein Servoventil angesteuerten, von wenigstens einem Hydraulikzylinder gebildeten, Zylindervibrator.

[0005] In diesem Zusammenhang ist es auch bekannt, zwei in Gleislängsrichtung hintereinander angeordnete Exzenter-schwingaggregate miteinander in einem Stabilisationsaggregat zu verbauen, wobei beide Schwingaggregate dann üblicherweise über eine Kardanwelle gekoppelt sind, damit diese Frequenzsynchron laufen. Um zu vermeiden, dass das Stabilisationsaggregat auf der Schiene frei herumrutscht und dabei gegebenenfalls Rattermarken bzw. übermäßigen Verschleiß an den Schienen verursacht, ist es notwendig, die Aggregate statisch über Hydraulikzylinder gegen den Maschinenrahmen abzustützen und zusätzlich zu Spurkranzrollen mit Teleskopachsen auch Einspannrollen vorzusehen, welche das Stabilisationsaggregat am Gleis praktisch spielfrei halten. Die Vertikalkraft der Vertikalzylinder ist einstellbar, damit kann ebenfalls die Setzung des Gleises unter der Einwirkung der Schwingaggregate beeinflusst werden. Hauptsächliches Ziel des Dynamischen Gleisstabilisators ist es durch die erzielte Setzung den Querverschiebewiderstand des Gleises zu erhöhen.

[0006] Nachteilig beim Anwenden des Dynamischen Gleisstabilisators ist insbesondere, dass die erzielten Setzungen ungleichmäßig sind. Typischerweise verringert sich durch den Einsatz des Dynamischen Gleisstabilisators die Höhenlage des Gleises. Dies bedeutet eine Reduktion der Haltbarkeit der Gleislage und damit verbunden eine Verkürzung der Instandhaltungszyklusdauer. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass die Setzung des Gleises durch den Dynamischen Gleisstabilisator von den Parametern Gleishebung durch die Stopfmaschine in einem vorangegangenen Stopfprozess, vom Schotterbettzustand (verschmutzt oder rein), von der Stabilisierungsfrequenz, von der Exzentrizität des Stabilisators, von der vertikalen Auflast auf den Gleisstabilisator, von der Einwirkdauer (Vorfahrtgeschwindigkeit), vom Aufbau des Gleises (der Art der Schwellen, der Befestigungsmittel und der Unterlagsplatten) sowie von der Feuchtigkeit (trockenes oder nasses Schotterbett) abhängt. Zusammenhänge zwischen Hebung, Exzentermasse, vertikaler Auflast, Einwirkdauer und Vibrationsfrequenz sind näherungsweise bekannt (Lichtberger, B.: Handbuch Gleis, DVV Media Group, Eurailpress, 3. Auflage 2010 S486 ff). Die Ergebnisse der vorhandenen Verfahren sind unbefriedigend, weil sie die insbesondere exakt gerichtete Gleishöhenlage und die Querhöhenlage nach der Gleislageberichtigung mit einer Stopfmaschine wieder verschlechtern.

[0007] Es ist bekannt einen Dynamischen Gleisstabilisator auf einem Anhänger einer Stopfmaschine vorzusehen. Stopfmaschinen werden hinsichtlich der Gleisgeometrie durch einen Gleisgeometrie-computer gesteuert. Dieser gibt der Maschine die notwendigen Korrekturwerte für Höhe, Richtung und Querhöhe vor (EP3209832A1). Die absoluten Hebungen werden meist über eine unabhängige Vorvermessung des Gleises be-

stimmt. Die Vorvermessung ermittelt die Absolutabweichung der Istlage des Gleises von seiner Solllage. Die Solllage ist eine von einer Bahnbaubehörde vorgegebene Gleislage. Gleisgeometrierestfehler nach einer Bearbeitung werden stets bezüglich der Solllage berechnet. Der Gleisgeometrierestfehler berechnet sich also aus dem Abstand der gemessenen Gleislage nach der Bearbeitung zur Solllage.

[0008] Ebenfalls bekannt ist eine kontinuierliche dynamische Querverschiebewiderstandsmesseinrichtung, die auf dem Prinzip der Messung der hydraulischen Antriebsleistung des mechanischen Schwingaggregates und einer Gleichsetzung mit der Reibleistung des Gleises auf dem Schotter beruht. Die Reibleistung ist dabei durch Messung der Auflast als Normalkraft und dem Reibwert der Schwelle auf dem Schotter, der auch als Querverschiebewiderstand bezeichnet wird, berechenbar. Dabei wird der Verschiebewiderstand also nicht direkt gemessen, sondern indirekt. Der Querverschiebewiderstand ist die bestimmende, sicherheitskritische Größe für die Verwerfungssicherheit eines durchgehend geschweißten Gleises. Üblicherweise wird der Querverschiebewiderstand bei 2 mm Verschiebeweg einer gelösten unbelasteten Schwelle bestimmt. Die typischen Schwingungsamplituden des Gleises bei dynamischen Gleisstabilisatoren liegen bei etwa 2 bis 3 mm. Der Querverschiebewiderstand ist im Gleisbau eine der wichtigen sicherheitskritischen Größen und meist durch aufwendige Einzelschwellenmessungen in der Regel unter einer unerwünschten Gleissperre ermittelt. Die Stabilisierungsfrequenz kann von 20Hz bis 40Hz eingestellt werden.

[0009] Ausgehend von einem Stand der Technik der vorgenannten Art liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben welches den Einfluss der Schotterbetteneigenschaften und der Hebewerte bei der dynamischen Stabilisierung berücksichtigt. Außerdem soll die Erfindung die zurückbleibenden Restgleisfehler nach der Stopfung und die nach der Stabilisierung entstehenden Gleisfehler berücksichtigen und dadurch insgesamt die Gleisfehler nach der Stabilisierung minimieren. Vorteilhaft ist der dadurch entstehende größere Abnutzungsvorrat, die Verlängerung der Durcharbeitungszyklen, die entsprechende Kosteneinsparung und die Verringerung der Betriebserschwernisse und die damit verbundenen Kosten.

[0010] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass zwischen dem Stopfantrieb und dem dynamischen Gleisstabilisator ein erstes inertiales Navigationssystem angeordnet ist, welches den Gleisgeometrierestfehler nach der Stopfmaschine misst und dass in Arbeitsrichtung hinter dem dynamischen Gleisstabilisator ein zweites inertiales Navigationssystem angeordnet ist, welches den Gleisgeometrierestfehler hinter dem Gleisstabilisator misst, dass über eine Ähnlichkeitstransformation der Gleisgeometrierestfehler zueinander eine Regelgröße abgeleitet wird, die mit einer Setzungsvorgabe verknüpft und über einen Regler geführt wird, dessen Ausgangssignal mit vorgebbaren Vorsteuergrößen

verknüpft wird und dass damit mindestens ein Steuerparameter des Dynamischen Gleisstabilisators derart geregelt wird, dass der Gleisgeometrierestfehler hinter dem Gleisstabilisator minimal wird.

[0011] Erfindungswesentlich ist, dass mittels der Messdaten der beiden inertialen Navigationssysteme die Gleisgeometrierestfehler einerseits nach der Stopfung und vor der Gleisstabilisierung und andererseits zudem nach der Gleisstabilisierung ermittelt werden können. Die Gleisgeometrierestfehler berechnen sich aus dem Abstand der aktuell gemessenen Gleislage zur vorgegebenen Solllage. Aus den Gleisgeometrierestfehlern wird eine Regelgröße für den Dynamischen Gleisstabilisator abgeleitet, um die Gleisgeometrierestfehlern nach dem Dynamischen Gleisstabilisator zu minimieren. Die einfachste Ähnlichkeitstransformation zur Ableitung einer Regelgröße aus den Gleisgeometrierestfehlern wäre es, wenn das Verhältnis der quadratischen Mittelwerte der beiden Gleisgeometrierestfehler minimiert wird, also die Methode der kleinsten Quadrate zu verwenden, die ein mathematisches Standardverfahren der Ausgleichsrechnung ist.

[0012] Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen ergibt sich gegenüber dem Stand der Technik, ein Verfahren welches sowohl Hebewerte als auch die Schottereigenschaften berücksichtigt und durch den Vergleich zwischen Gleisgeometrierestfehlern nach dem Stopfen mit Gleisgeometrierestfehler nach dem Stabilisieren und entsprechender Ansteuerung der Gleisstabilisator-Parameter, wie Frequenz, Exzentrizität und/ oder vertikale Auflast, die zurückbleibenden Gleisfehler mit einem Regler minimiert, der gegebenenfalls einen Regler mit einem Computer mit maschinellem Lernvermögen umfasst. Dieser Computer kann aus Erfahrungswerten, wie dem Schotterzustand, dem Gleiskilometer samt Erfahrungswerten aus vorigen Arbeitsvorgängen mit statistischen Methoden unwahrscheinliche Parameterbereiche ausschließen und hochwahrscheinliche Parameterbereiche priorisieren.

[0013] Die Setzung wird maßgeblich durch die dynamische Schlagkraft beeinflusst-Für diese gilt:

$$F_{dyn} = m_{exz} \cdot e \cdot (2\pi f)^2$$

F_{dyn} Dynamische Schlagkraft (N)
 m_{exz} Exzentrische Masse (kg)
 e Exzentrizität (m)
 f Vibrationsfrequenz (Hz) - typischer Regelbereich 25-40Hz

[0014] Soll die dynamische Schlagkraft geregelt werden, dann kann dies durch die wirksame Exzentrizität, die exzentrische Masse oder die Frequenz erfolgen. Die Schlagkraft hängt von der Frequenz quadratisch ab, von den anderen Größen linear. Daher hat die Veränderung der Frequenz den größten Einfluss auf die Schlagkraft und damit auf die Setzung.

[0015] Die Räder des DGS werden über Teleskopachsen hydraulisch an die Schiene beidseitig angepresst. Mit Hilfe der seitlichen Rollen werden die Schienen durch den DGS eingespannt, damit die Schlagkraft gut übertragen werden kann. Wird der Druck in den Teleskopzylindern der Teleskopachsen mittels Drucksensoren gemessen, dann kann die dynamische Schlagkraft direkt gemessen werden. So ist die dynamische Schlagkraft als Stellgröße gut erfassbar. Ein auf dem DGS-Gehäuse aufgebauter Beschleunigungssensor misst die Beschleunigungen. Daraus kann die Schwingfrequenz erfasst und zur Regelung als Ist-Wert benutzt werden.

[0016] Zusätzlich empfiehlt es sich, wenn das Stabilisationsaggregat über, vorzugsweise vertikal ausgerichtete, hydraulische Auflastzylinder höhenverstellbar am Maschinenrahmen angelenkt und unter Auflast gegen das Gleis anstellbar und schwingungserregbar ist, wobei die Auflastzylinder ebenfalls einen von einem Proportional- oder Servoventil geregelten Zylindervibrator bilden. Die Auflastzylinder sind dabei vorzugsweise wiederum je mit wenigstens einem die Lage des Kolbens messenden Sensor ausgerüstet und vorzugsweise zur Ermittlung einer statischen und dynamischen Vertikalsteifigkeit des Gleises mit den Hydraulikdruck messenden Drucksensoren ausgestattet. Alle Proportional- bzw. Servoventile werden vorzugsweise stets direkt an den zugeordneten Zylinder angebaut, um etwaige Druckverluste und Schwingungen in den Zuleitungen so gering wie möglich zu halten. Durch die Erfassung dieser Signale ist die Berechnung einer dynamischen vertikalen Gleissteifigkeit möglich. Diese ergibt sich durch

$$C_{dynvert} = \frac{F_{dynvert}}{s_{dyn}}$$

$C_{dynvert}$	dynamische vertikale Steifigkeit (N/m)
$F_{dynvert}$	Vertikale dynamische Kraft über Drucksensoren gemessen (N)
s_{dyn}	vertikale Schwingamplitude mit Wegsensoren gemessen (m)

[0017] Der Einfluss der vertikalen Gleissteifigkeit auf die Setzung kann mit dem Computer mit maschinellem Lernvermögen erfasst und zur Regelung benutzt werden. Für den Regelkreis wird der Einfluss der vertikalen Gleissteifigkeit als Vorsteuergröße berücksichtigt.

[0018] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung die über die Schwingfrequenz die Setzung beeinflusst erlaubt besonders hohe Regelgeschwindigkeiten des Systems. Demgegenüber weisen traditionelle Exzenterysteme mit hydraulischer Exzenterverstellung aufgrund hoher Zeitkonstanten eine erhebliche Verstelldauer auf. Eine vertikale Vibration der Auflastzylinder führt nicht nur zu einer verbesserten Regelbarkeit der Setzungsunterschiede zwischen linker und rechter Gleisseite, sondern überhaupt zu einer höheren Verdichtwirkung und zu bes-

seren Setzungen, was die Haltbarkeit der geometrischen Gleislage zudem erhöht.

[0019] Mit der erfindungsgemäßen Steuerung von Gleisstabilisatoren können die vorausgegangenen Hebewerte und die damit einhergehende Auflockerung des Gleises und die Schotterbetteigenschaften berücksichtigt werden. Große Hebungen führen zweifellos zu einer größeren beeinflussten Störung der Kornverzahnung unter den Schwellen und damit in der Folge auch zu höheren und unregelmäßigen Setzungen und damit entstehenden Gleisfehlern. Je nach den Schottereigenschaften, insbesondere dem Grad der Verschmutzung und der Abnutzung, kommt es ebenfalls zu unterschiedlichen Gleissetzungen. Mit der Erfindung besteht die Möglichkeit die Gleisstabilisator-Parameter automatisch an die unterschiedlichsten Schotterverhältnisse oder die vorangegangenen Hebungen anzupassen. Geregelt wird dazu entweder die vertikale Auflast und/oder die dynamische Schlagkraft. Die durch die Stabilisierung entstehenden Gleisfehler bzw. die nach einem Stopfen des Gleises zurückbleibenden Restfehler werden berücksichtigt.

[0020] In der Zeichnung ist die Erfindung schematisch anhand eines Ausführungsbeispiels dargestellt. Es zeigen

- Fig. 1 eine Stopfmaschine mit Gleisstabilisator-Anhänger in Seitenansicht,
- Fig. 2 ein Gleisstabilisator-Aggregat in Längsansicht,
- Fig. 3 ein Schema eines erfindungsgemäßen Regelkreises,
- Fig. 4 ein alternatives Schema eines erfindungsgemäßen Regelkreises mit künstlicher (maschinellem) Intelligenz und
- Fig. 5 ein Schema der miteinander verbundenen Computersysteme.

[0021] Eine Vorrichtung zum Stopfen und Stabilisieren der Schotterbettung eines Gleises 2 umfasst eine Stopfmaschine 1 und einen Anhänger 4 mit dynamischen Gleisstabilisierungsaggregaten 9, kurz DGS-Aggregaten, die in Arbeitsrichtung A arbeiten. Die DGS-Aggregate 9 werden über vertikale Auflastzylinder 10 am Rahmen des Anhängers 4 abgestützt und mit den Auflastzylindern 10 gegen die Schiene 2 angepresst. Die Stopfmaschine 1 und der Anhänger 4 ruhen auf gleisfahrbaren Laufwerken 3. Die Stopfmaschine 1 verfügt über eine Gleisvermessungsvorrichtung bestehend aus drei Messwagen 7a-c mit einer dazwischen gespannten Messsehne 8, ein Stopfaggregat 5 und eine Hebe-Richt-Einrichtung 6. Die Messsehne 8 der Gleisvermessungsvorrichtung mit der Länge l weist eine Teilung a, b auf. Der hintere Messwagen der Stopfmaschine bildet einerseits das hintere Ende der Messsehne 8 und trägt andererseits ein erstes inertiales Navigationssystem 7c mit dessen Hilfe die Lage des Gleises nach der Stopfung gemessen und aufgezeichnet und ein Gleisgeometrierestfehler bezogen auf eine Solllage ausgewertet wird. Ein weiterer Messwagen mit inertialem Navigationssystem 7d ist zur

Messung des Gleisgeometriestfehlers nach der Gleisstabilisierung im Heckbereich des Anhängers 4, also in Arbeitsrichtung A hinter dem Gleisstabilisator 9 vorgesehen.

[0022] Fig. 2 stellt schematisch ein DGS-Aggregat 9 dar. Zwei Unwuchtmassen 19 werden derart gegenläufig betrieben, dass sich die Vertikalkomponenten aufheben und die Kräfte in Horizontalrichtung 20 in der Wirkebene E addieren, was eine gleisparallele Schwingung zur Folge hat. Das Gleis 2 wird dadurch vorwiegend in Horizontal-Querrichtung in Schwingung versetzt. Über Teleskopzylinder 22 werden die Räder 13 an die Schienen 2 angepresst. Über äußere Rollenzangen 18 wird die Schiene 2 eingespannt. Über einen Beschleunigungsaufnehmer 23 auf dem DGS-Aggregat 9 werden die Beschleunigungen und die Schwingfrequenz f gemessen.

[0023] Über Drucksensoren 28 wird die dynamische Schlagkraft gemessen. Über einen Hebel 14 und einen Antrieb werden die Rollen 18 an die Schiene 2 angepresst. Vertikale Auflastzylinder 10 stützen sich am Rahmen 17 des Anhängers ab und pressen das DGS-Aggregat 9 vertikal an die Schienen 2 an. Die Auflastzylinder 10 werden mit integriertem Wegmesssystem 15 und Drucksensor 16 ausgestattet. Über die Anstellzylinder ist somit jene Kraft einstellbar, mit der das Stabilisationsaggregat 9 unter Abstützung am Maschinenrahmen 17 gegen das Gleis 2 gepresst wird. Die Anstellzylinder 10 bilden dabei einen von einem Proportional- oder Servoventil 21 geregelten bzw. gesteuerten Zylindervibrator. Die Lage des Anstellzylinderkolbens wird mit einem Sensor 15 gemessen und den Anstellzylindern ist zur Ermittlung einer statischen und dynamischen Vertikalsteifigkeit des Gleises ein den Hydraulikdruck messender Drucksensor 16 zugeordnet.

[0024] Fig. 3 zeigt schematisch einen erfindungsgemäßen Regelkreis. Mit dem zwischen dem Stopfantrieb 5 und dem dynamischen Gleisstabilisator 9 angeordneten ersten inertialen Navigationssystem 7c wird der Gleisgeometriestfehler RF1 nach der Stopfmaschine gemessen und mit dem in Arbeitsrichtung A hinter dem dynamischen Gleisstabilisator 9 angeordneten zweiten inertialen Navigationssystem 7d wird der Gleisgeometriestfehler RF2 hinter dem Gleisstabilisator 9 gemessen. Über eine Ähnlichkeitstransformation der Gleisgeometriestfehler RF1, RF2 zueinander wird aus den Gleisgeometriestfehlern RF1, RF2 eine Regelgröße abgeleitet, die mit einer Setzungsvorgabe WS verknüpft und über einen Regler K geführt wird, dessen Ausgangssignal mit vorgebbaren Vorsteuergrößen verknüpft wird. Damit wird mindestens ein Steuerparameter OUT des Dynamischen Gleisstabilisators 9 derart geregelt, dass der Gleisgeometriestfehler RF2 hinter dem Gleisstabilisator 9 minimal wird.

[0025] Das vollhydraulische Stopfaggregat 5 erfasst über seine Sensorik die Schotterbetteigenschaften wie Schotterbetthärte und Verdichtkraft, insbesondere durch Messung der in das Schotterbett eingebrachten Leistung bzw. deren Ableitungen davon. Daraus wird die Vorsteu-

ergröße $F(BS)$ (eine Funktion abhängig von der Schotterbetthärte BS) abgeleitet und dem Regelkreis zugeführt. Über die dynamische vertikale Steifigkeit $C_{dynvert}$ des Gleises wird die Vorsteuergröße $F(C)$ vorgegeben.

Je härter die vertikale Steifigkeit ist umso geringer fällt die Setzung aus. Vom Gleisführungscomputer 6 wird die Vorsteuergröße $F(H)$ abhängig von den Hebewerten H berechnet und dem Regelkreis zugeführt. Je größer die Hebung H war, umso größer fällt die Setzung aus. Je höher die Schotterbetthärte BS , insbesondere in Folge Verschmutzung, ist umso größer wird erfahrungsgemäß die Setzung sein. Die mit dem Navigationssystem 7c gemessenen Restfehler RF1 und die mit dem Navigationssystem 7d gemessenen Restfehler werden dem Rechner 11 zugeführt. Dieser führt eine Ähnlichkeitstransformation zwischen den Restfehlern durch, mit dem Ziel die Welligkeit (Amplituden) der Setzungen nach dem DGS zu minimieren. Die einfachste Ähnlichkeitstransformation wäre das Verhältnis der quadratischen Mittelwerte von RF2 zu RF1 zu minimieren. Je kleiner dieser Wert, umso mehr ist das Ziel einer Minimierung des Restfehlers erreicht. Die absolute Setzung des Gleises ist ohne Belang - sie beeinflussen die Rad-Schiene-Wechselwirkung der darüberfahrenden Züge nicht. Dem Regelkreiskontroller 25 K wird die Regelabweichung zugeführt und dieser erzeugt daraus die Stellgröße OUT für den DGS 9. OUT kann die geregelte Frequenz f , die vertikale dynamische (oder statische) Auflast $F_{dynvert}$ oder die Exzentrizität m_{exz}/e oder auch eine Kombination daraus sein. Über WS wird eine Soll-Setzung vorgegeben. Der Regelkreis regelt das System derart, dass diese Setzung möglichst konstant über die gesamte bearbeitete Strecke erzielt wird.

[0026] Fig. 4 zeigt schematisch die Regel-Anordnung bei Einsatz eines der Reglers K der einen Computer mit maschinellem Lernvermögen KI/ 11 umfasst. In das maschinelle Lernnetzwerk KI/ 11 werden die Bettungshärte BS , die Hebewerte der Stopfmaschine H , die vertikale dynamische Steifigkeit $C_{dynvert}$ und die Restfehler RF1 und RF2 eingelesen. Daraus lernt das System die DGS-Parameter so anzusteuern, dass die Setzungsfehler nach dem DGS minimalisiert werden. OUT kann die geregelte Frequenz f , vertikale dynamische (oder statische) Auflast $F_{dynvert}$ oder Exzentrizität m_{exz}/e oder auch eine Kombination daraus sein. Der Einfluss der Parameter Schotterbetthärte BS , Hebewerte H und dynamische Gleissteifigkeit $C_{dynvert}$ bzw. der Zusammenhang zwischen diesen Größen und der Setzung bewertet das maschinelle Lernsystem selbst. Der Algorithmus arbeitet mit dem Ziel die Restfehler RF1 und RF2 zu minimieren.

[0027] Fig. 5 zeigt das Zusammenwirken der Komponenten. Der Gleislagecomputer 12 liefert die Hebewerte ortsbezogen an den Regelcomputer 11/KI. Die Werte sind ortsbezogen, der zurückgelegte Weg im Gleis wird über ein Odometer 24 gemessen. In den maschineneigenen Regler K werden von den Sensoren 27, 26 der Stopfaggregate Verdichtweg und Verdichtkraft eingelesen. Daraus werden die Schotterbetteigenschaften errech-

net. Der Regler K steuert die Parameter des DGS 9 an. Die Restfehlersignale der inertialen Navigationssystemeinheiten 7c und 7d werden in den Regelcomputer 11/KI eingelesen. Dieser kommuniziert bidirektional mit dem Kontroller K und liefert diesem die Vorgaben für die Ansteuerung des DGS 9.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stabilisieren der Schotterbettung eines Gleises (2), mit einer gleisfahrbaren (3) Stopfmaschine (1), die das Gleis (2) mit einer Hebe-Richteinrichtung (6) in eine gewünschte Lage richtet, die das Gleis in der gerichteten Lage mit einem vollhydraulischen Stopfantrieb (5) fixiert, die das in der gerichteten Lage fixierte Gleis mit einem dynamischen Gleisstabilisator (9) durch Setzung stabilisiert und die mit Sensoren (26, 27) zur Ermittlung der Schotterbetteigenschaften und mit einer Gleisvermessungsvorrichtung ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Stopfantrieb (5) und dem dynamischen Gleisstabilisator (9) ein erstes inertiales Navigationssystem (7c) angeordnet ist, welches den Gleisgeometrierestfehler (RF1) nach der Stopfmaschine misst und dass in Arbeitsrichtung (A) hinter dem dynamischen Gleisstabilisator (9) ein zweites inertiales Navigationssysteme (7d) angeordnet ist, welches den Gleisgeometrierestfehler (RF2) hinter dem Gleisstabilisator (9) misst, dass über eine Ähnlichkeitstransformation der Gleisgeometrierestfehler (RF1, RF2) zueinander eine Regelgröße abgeleitet wird, die mit einer Setzungsvorgabe (WS) verknüpft und über einen Regler (K) geführt wird, dessen Ausgangssignal mit vorgebbaren Vorsteuergrößen verknüpft wird und dass damit mindestens ein Steuerparameter (OUT) des Dynamischen Gleisstabilisators (9) derart geregelt wird, dass der Gleisgeometrierestfehler (RF2) hinter dem Gleisstabilisator (9) minimal wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (K) einen Computer mit maschinellem Lernvermögen (KI/ 11) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gleisstabilisator (9) über vertikale Auflastzylinder (10) mit einer vertikalen statischen Kraft gegen das Gleis (2) angestellt wird, welcher vertikalen statischen Kraft über Proportional- oder Servoventile (21) eine dynamische Kraft überlagert wird, und dass aus von einem dem Auflastzylinder (10) zugeordneten Drucksensor (16, $F_{dynvert}$) und einem dem Auflastzylinder (10) zugeordneten Wegsensor (15, s_{dyn}) ermittelten Sensorsignalen eine dynamische vertikale Steifigkeit ($C_{dynvert}$) berechnet und daraus eine Vorsteuergröße $F(C_{dynvert})$ er-

mittelt und diese zum Ausgangssignal des Reglers (K) addiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerparameter (OUT) für den Gleisstabilisator (9) jene Frequenz (f) ist, mit welcher der Gleisstabilisator (9) schwingserregt wird bzw. schwingt.
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerparameter (OUT) für den Gleisstabilisator (9) die vertikale Auflast mit dem dynamischen Anteil ($F_{dynvert}$) ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerparameter (OUT) für den Gleisstabilisator (9) die Exzentrizität (e) und/oder die exzentrische Masse (m_{exz}) von Exzentrerschwingaggregaten des Gleisstabilisators (9) ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerparameter (OUT) für den Gleisstabilisator (9) eine Kombination aus der Frequenz (f), der vertikalen statischen Auflast mit dem dynamischen Anteil ($F_{dynvert}$), der Exzentrizität (e) und/oder der exzentrischen Masse (m_{exz}) ist.

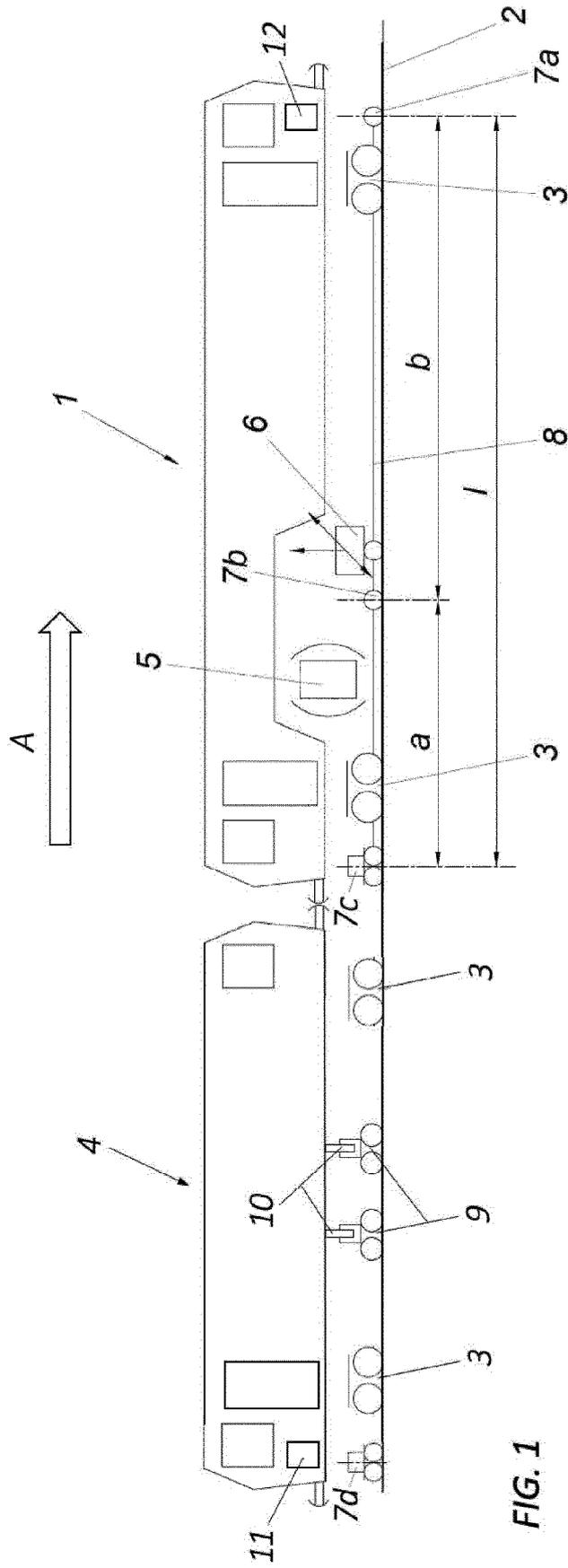
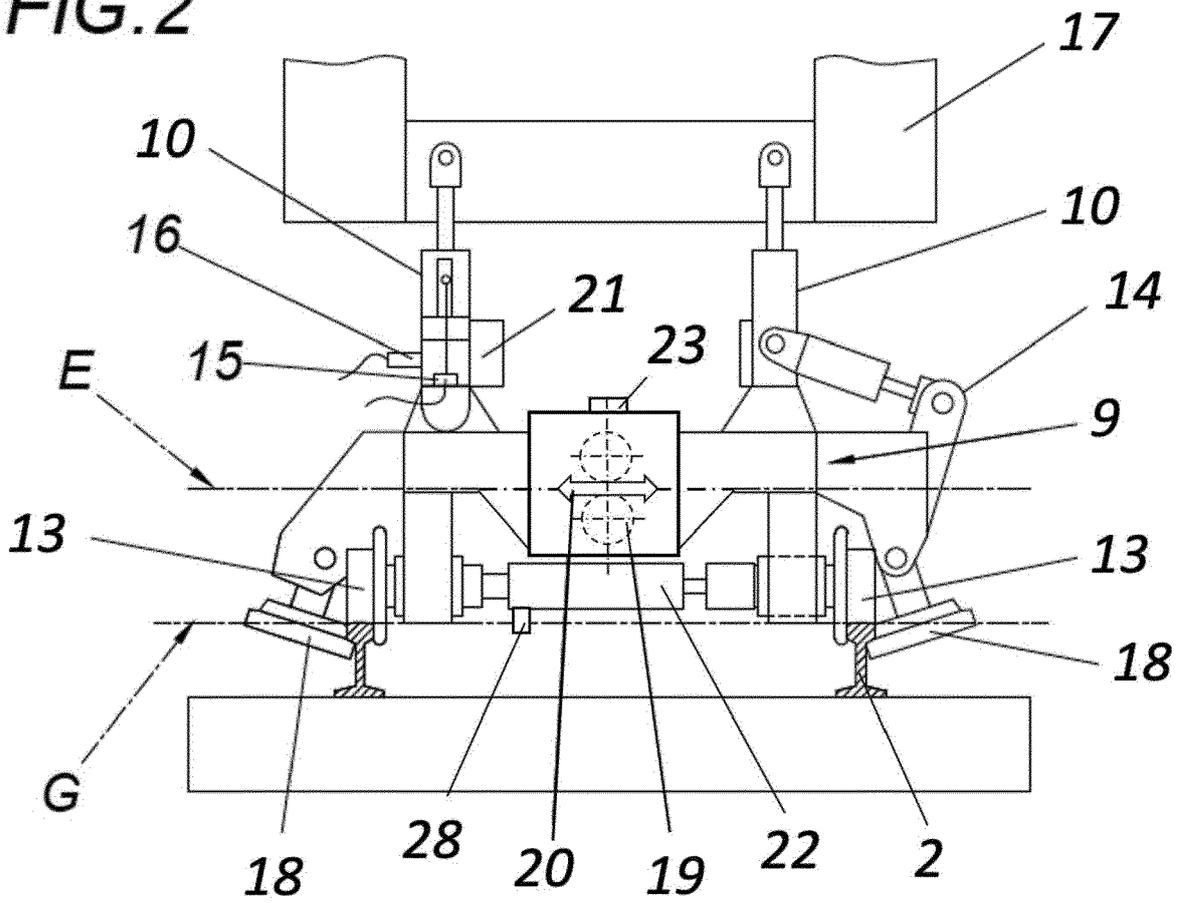


FIG. 1

FIG.2



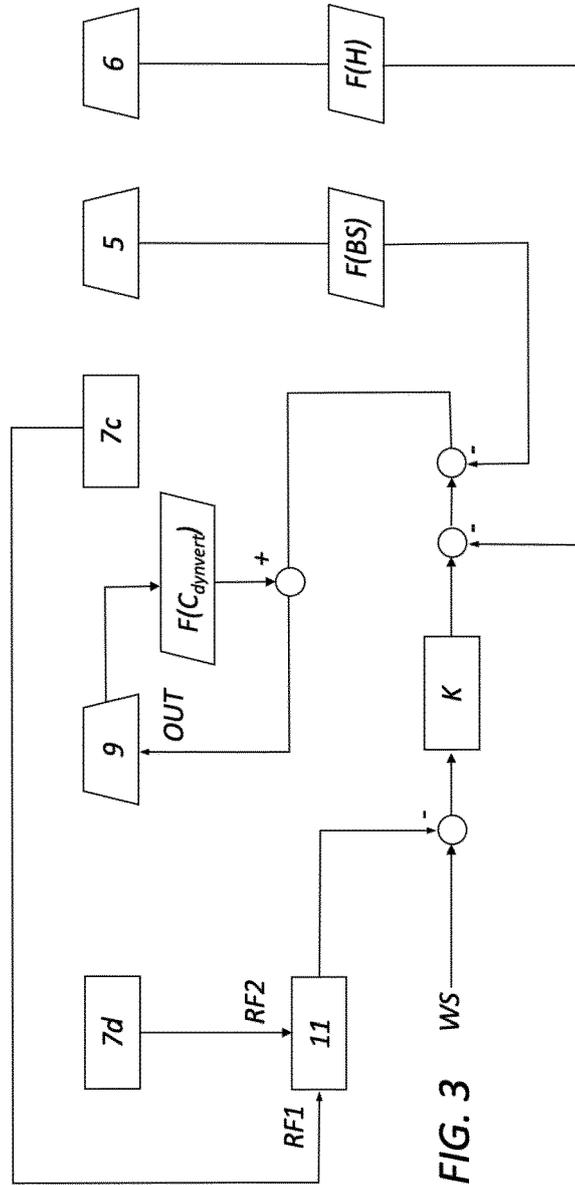


FIG. 3

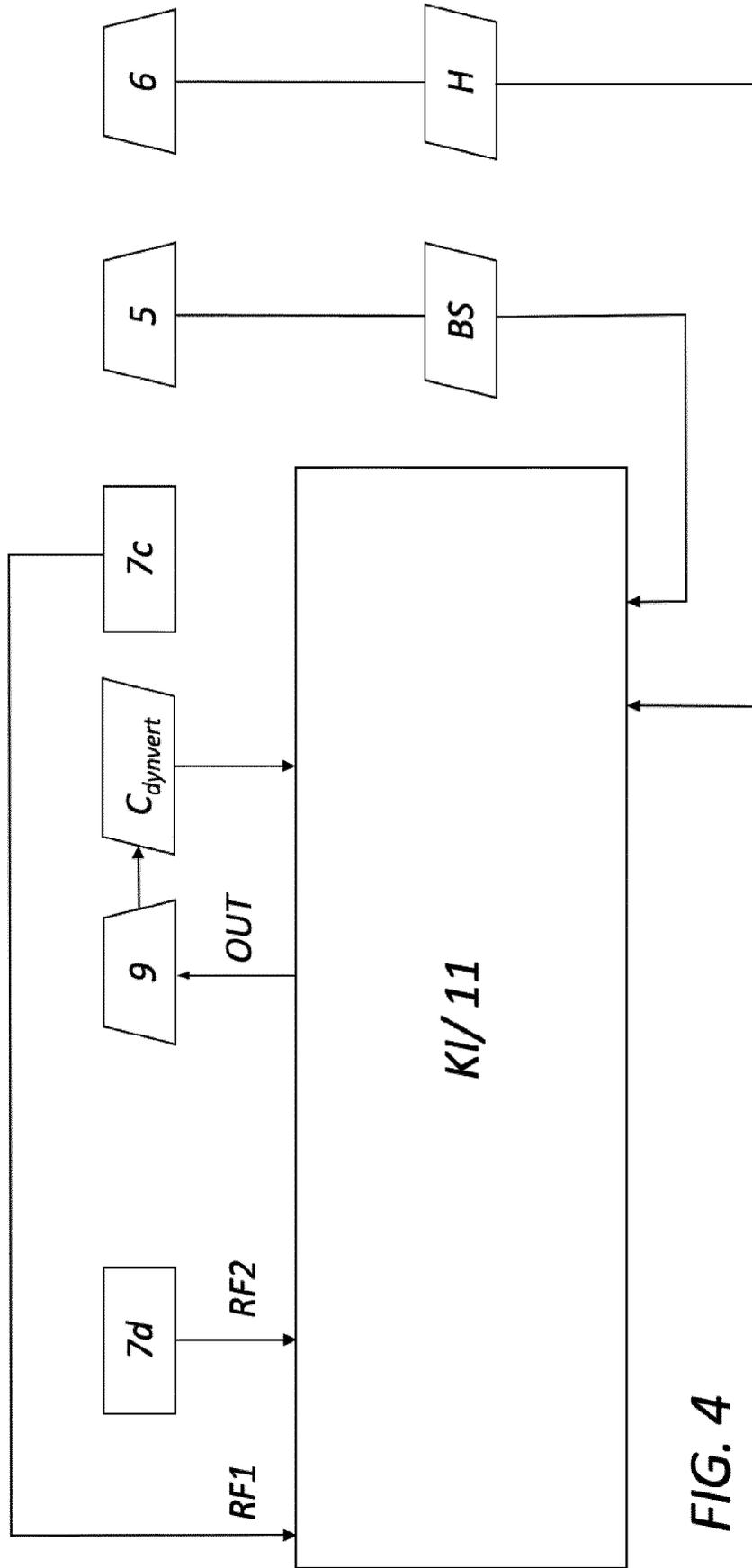


FIG. 4

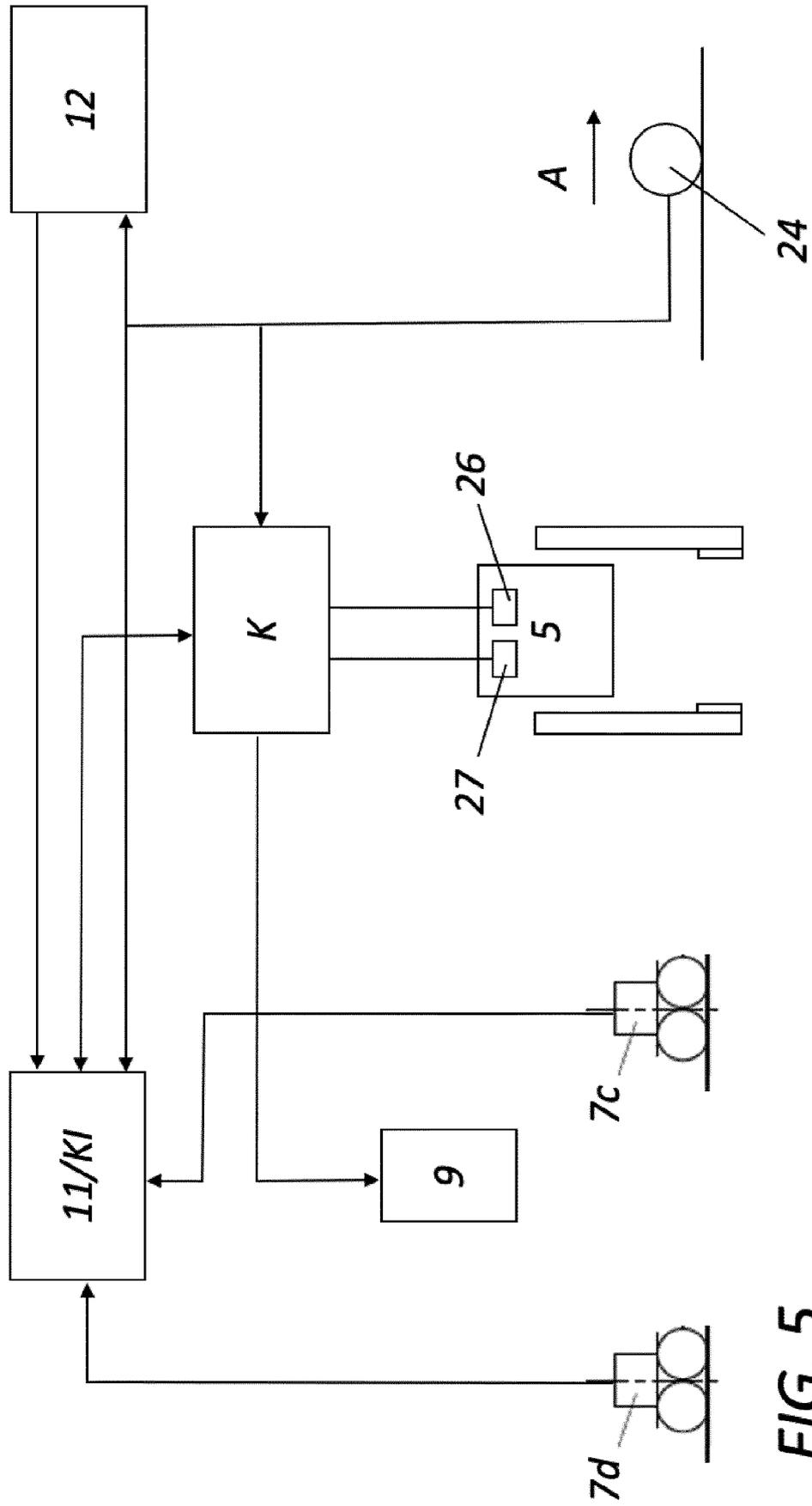


FIG. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 18 6276

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2019/140467 A1 (HP3 REAL GMBH [AT]) 25. Juli 2019 (2019-07-25) * Abbildung 1 * * das ganze Dokument * -----	1-7	INV. E01B27/17 E01B27/20 E01B35/06
A	WO 2020/233933 A1 (PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH [AT]) 26. November 2020 (2020-11-26) * Abbildungen 1-12 * * das ganze Dokument * -----	1-7	
A	WO 2018/082798 A1 (PLASSER & THEURER EXPORT VON BAHNBAUMASCHINEN GMBH [AT]) 11. Mai 2018 (2018-05-11) * Abbildungen 1-4 * * das ganze Dokument * -----	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Dezember 2022	Prüfer Klein, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 18 6276

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-12-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019140467 A1	25-07-2019	AT 520894 A1	15-08-2019
		CN 111566286 A	21-08-2020
		EP 3743561 A1	02-12-2020
		JP 7128893 B2	31-08-2022
		JP 2021510778 A	30-04-2021
		PL 3743561 T3	14-11-2022
		US 2020347557 A1	05-11-2020
		WO 2019140467 A1	25-07-2019

WO 2020233933 A1	26-11-2020	AT 522652 A1	15-12-2020
		AU 2020279435 A1	18-11-2021
		CA 3135456 A1	26-11-2020
		CN 113874687 A	31-12-2021
		EA 202100237 A1	24-02-2022
		EP 3973255 A1	30-03-2022
		JP 2022534700 A	03-08-2022
		KR 20220012835 A	04-02-2022
		US 2022235521 A1	28-07-2022
		WO 2020233933 A1	26-11-2020

WO 2018082798 A1	11-05-2018	AT 519317 A1	15-05-2018
		AU 2017355123 A1	18-04-2019
		BR 112019008960 A2	09-07-2019
		CA 3038032 A1	11-05-2018
		CN 109891027 A	14-06-2019
		DK 3535454 T3	01-03-2021
		EA 201900114 A1	30-09-2019
		EP 3535454 A1	11-09-2019
		ES 2846324 T3	28-07-2021
		JP 6985386 B2	22-12-2021
		JP 2019532201 A	07-11-2019
		PL 3535454 T3	31-05-2021
		US 2019316300 A1	17-10-2019
		WO 2018082798 A1	11-05-2018
		ZA 201901947 B	26-08-2020

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 2902546 A1 [0004]
- WO 2008009314 A1 [0004]
- EP 3752675 A1 [0004]
- EP 3209832 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **LICHTBERGER, B.** Handbuch Gleis. DVV Media Group, Eurailpress, 2010, S486 [0006]