

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50591/2020
(22) Anmeldetag: 09.07.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2022

(51) Int. Cl.: **E01B 27/20** (2006.01)
E01B 35/06 (2006.01)

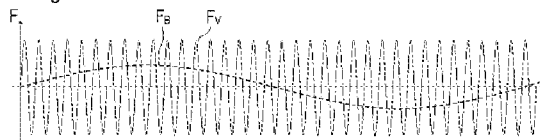
(56) Entgegenhaltungen:
EP 0688902 A1
WO 2017144152 A1

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

(54) Maschine und Verfahren zum Verdichten eines Schotterbettes eines Gleises

(57) Die Erfindung betrifft eine Maschine (1) zum Verdichten eines Schotterbettes (9) eines Gleises (4) mit einem auf Schienenfahrwerken (3) abgestützten Maschinenrahmen (2) und einem höhenverstellbar mit diesem verbundenen Stabilisationsaggregat (10), das einen Vibrationsantrieb (16) und eine Achse (17) mit auf Schienen (6) des Gleises (4) verfahrbaren Spurkranzrollen (18), deren senkrecht zur Maschinenlängsrichtung (11) verlaufender Abstand zueinander mittels eines Spreizantriebes (19) veränderbar ist, sowie eine mit Klemmantrieben (23) gegen die Schienen (6) stellbare Rollzange (21) umfasst. Dabei sind der Spreizantrieb (19) und/oder die Klemmantriebe (23) zur Beaufschlagung der Schienen (6) mit einer vorgegebenen variablen horizontalen Belastungskraft (F_B) eingerichtet, wobei eine Messvorrichtung (20) zur Erfassung einer durch die variable Belastungskraft (F_B) bewirkten Schienenkopfauslenkung ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenveränderung ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) angeordnet ist. Auf diese Weise ist mittels des Stabilisierungsaggregats (10) feststellbar, ob der Gleisrost (5) in sich stabil ist.

Fig. 3



Beschreibung

MASCHINE UND VERFAHREN ZUM VERDICHTEN EINES SCHOTTERBETTES EINES GLEISES

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft eine Maschine zum Verdichten eines Schotterbettes eines Gleises mit einem auf Schienenfahrwerken abgestützten Maschinenrahmen und einem höhenverstellbar mit diesem verbundenen Stabilisationsaggregat, das einen Vibrationsantrieb und eine Achse mit auf Schienen des Gleises verfahrbaren Spurkranzrollen, deren senkrecht zur Maschinenlängsrichtung verlaufender Abstand zueinander mittels eines Spreizantriebes veränderbar ist, sowie eine mit Klemmantrieben gegen die Schienen stellbare Rollzange umfasst. Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben der Maschine.

STAND DER TECHNIK

[0002] Zur Schaffung bzw. Wiederherstellung einer vorgegebenen Gleislage werden Gleise mit Schotterbettung mittels einer Stopfmaschine bearbeitet. Konkret erfolgt eine Lageberichtigung des im Schotterbett gelagerten Gleisrostes, der aus den Schwellen und den darauf mittels Schienenbefestigungen befestigten Schienen besteht. Beim Berichtigungsvorgang befährt die Stopfmaschine das Gleis und hebt den 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 Schotterbettes 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. Mit einem sogenannten Dynamischen Gleisstabilisator (DGS) 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 betriebsbedingte Gleissetzungen vorweg. Auch die Erhöhung des Querverschiebewiderstands geht mit der Verdichtung einher.

[0004] Die EP 0 616 077 A1 offenbart eine entsprechende Maschine mit einem zwischen zwei Schienenfahrwerken angeordneten Stabilisationsaggregat. Das Stabilisationsaggregat umfasst Spurkranzrollen, die am Gleis verfahrbar sind und mittels eines Vibrationsantriebs erzeugte Schwingungen auf das Gleis übertragen. Während eines Stabilisationsvorgangs werden die auf einer gemeinsamen Achse angeordnete Spurkranzrollen mittels eines Spreizantriebs an die Schienenkopffinnenflanken gepresst, um ein Spurspiel zu vermeiden.

[0005] EP 0 688 902 A2 zeigt ein Verfahren zum Messen des Querverschiebewiderstandes eines Gleises mit Hilfe eines dynamischen Gleisstabilisators während des Stabilisierungsvorganges.

[0006] Eine derartige Maschine ist auch aus WO 2017/144152 A1 bekannt, wobei durch Messen der Auslenkung des Gleisrostes während des Stabilisierungsvorganges auf den Zustand des Gleises geschlossen wird.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Maschine der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass während eines Stabilisierungsvorgangs Schwachstellen des Gleises erkannt werden. Des Weiteren ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein entsprechendes Verfahren anzugeben.

[0008] Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 8. Abhängige Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

[0009] Dabei sind der Spreizantrieb und/oder die Klemmantriebe zur Beaufschlagung der Schienen mit einer vorgegebenen variablen horizontalen Belastungskraft eingerichtet, wobei eine Messvorrichtung zur Erfassung einer durch die variable Belastungskraft bewirkten Schienenkopfauslenkung und/oder Spurweitenveränderung angeordnet ist. Bei Aktivierung dieser Vorrichtung wird quer zur Maschinenlängsrichtung auf die Schienen eine mechanische Spreizkraft mit einem vorgegebenen Verlauf aufgebracht und die sich ergebende veränderte Schienenkopfauslenkung bzw. Spurweite gemessen. Auf diese Weise ist mittels des Stabilisierungsaggregats feststellbar, ob der Gleisrost in sich stabil ist. Für diese Überprüfung sind keine separaten Gleissperren notwendig, weil die Messungen im Zuge der Instandhaltungsmaßnahmen mittels des Stabilisationsaggregats durchgeführt werden.

[0010] Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird die jeweilige Schiene am Schienenkopf zwischen den Spurkranzrollen und der Rollzange eingeklemmt. Die durch die Rollzange auf die Schienen wirkende Klemmkraft ist dabei auf die Spreizkraft abgestimmt. Spreizkraft und Klemmkraft ergeben in Summe die variierte Belastungskraft, die zusätzlich zur dynamischen Schlagkraft des Vibrationsantriebs auf die jeweilige Schiene wirkt. Konkret werden Änderungen dieser Belastungskraft durch eine variierte Spreizkraft und/oder eine variierte Klemmkraft erreicht. Die durch eine Belastungskraftänderung hervorgerufene Spurweitenveränderung gibt in weiterer Folge Aufschluss über den Zustand der jeweiligen Schienenbefestigung.

[0011] Gegenüber einem intakten Gleisrost bewirkt eine beschädigte oder unzureichend fixierte Schienenbefestigung bei einer Änderung der horizontalen Belastungskraft eine größere Spurweitenveränderung. Die erfasste Spurweitenveränderung kann somit als Kenngröße für den Zustand der Schienenbefestigungen dienen. Lose Schienenbefestigungen treten beispielsweise durch Überbeanspruchungen oder durch Zerstörung infolge falscher Bearbeitung auf. Holzschwellen altern durch Bakterienbefall und witterungsbedingte Einflüsse, wodurch sich Schienenbefestigungen lockern können. Eine optische Überprüfung ist hier in der Regel unzureichend.

[0012] Zudem sind Gleisstellen mit fehlerhaften Schienenbefestigungen mit herkömmlichen Oberbaumessfahrzeugen oftmals nicht zu finden, weil sicherheitsrelevante Grenzen noch nicht überschritten sind. Bei der vorliegenden Erfindung bewirken die dynamischen Schlagkräfte des Stabilisationsaggregats, dass vorgeschädigte Schienenbefestigungen als solche erkannt werden. Insbesondere werden bereits bestehende Materialrisse in Schienenbefestigungskomponenten eskaliert, wodurch eine sofortige Erkennung möglich wird. Dieser Synergieeffekt resultiert unmittelbar aus dem erfindungsgemäßen Einsatz des Stabilisationsaggregats zur Überprüfung der Gleisroststabilität. Bekannte Systeme (Gauge Restraint Measuring System, GRMS) messen lediglich eine veränderte Spurweite infolge einer entlang des Gleises geführten Spreizachse mit statischen Querkräften. Dabei fehlt die dynamische Komponente, die eine Erkennung von vorgeschädigten Schienenbefestigungen bewirkt.

[0013] In einer vorteilhaften Ausprägung der Erfindung sind in einer Steuerungseinrichtung zur Ansteuerung des Spreizantriebs und der Klemmantriebe Steuerungssignale hinterlegt, die eine periodisch veränderte Belastungskraft bewirken. Die periodische Veränderung der Belastungskraft erfolgt dabei mit einer Frequenz, die deutlich niedriger ist als eine Vibrationsfrequenz des Vibrationsantriebs. Gewöhnlich wird das Stabilisationsaggregat mit einer Vibrationsfrequenz zwischen 30 Hz und 35 Hz betrieben. Die Periodendauer der variablen Belastungskraft beträgt hingegen ca. 1 Sekunde, sodass die Frequenz von 1 Hz deutlich unter der Vibrationsfrequenz liegt. Auf diese Weise wird eine störende Beeinflussung der Vibration auf die durch die Belastungskraft hervorgerufene Schienenkopfauslenkung vermieden. Die gemessenen Auslenkungswerte bzw. Spurweitenveränderungen sind eindeutig dem periodischen, niederfrequenten Verlauf der Belastungskraft zuordenbar.

[0014] Vorteilhafterweise ist die Messvorrichtung mit der Achse der Spurkranzrollen gekoppelt. Die Spurweitenmessung erfolgt dadurch direkt in der Kraftachse der auf die Schienen wirkenden Spreizkraft, wodurch der unmittelbare Zusammenhang zwischen Spreizkraft und Spurweite erfasst wird.

[0015] In einer weitergebildeten Ausführung der Erfindung ist die Messvorrichtung mit einer Aus-

werteinrichtung gekoppelt, wobei die Auswerteeinrichtung zur Bewertung einer Schienenbefestigung auf Basis der erfassten Schienenkopfauslenkung und/oder Spurweitenveränderung eingerichtet ist. Die Auswerteeinrichtung ermöglicht eine automatisierte Auswertung des Zustandes der jeweiligen Schienenbefestigung.

[0016] Dabei ist es von Vorteil, wenn die Auswerteeinrichtung zur Auswertung von an einer Messstelle erfassten Schienenkopfauslenkungen und/oder Spurweitenwerten in Abhängigkeit eines Verlaufs von veränderten Belastungswerten eingerichtet ist, um einen Zustand von im Bereich der Messstelle positionierten Schienenbefestigungen zu bewerten. Auf diese Weise werden Wertepaare eines Kraft-Weg-Diagramm erfasst und verglichen, um daraus eine Zustandsgröße der jeweiligen Schienenbefestigung abzuleiten.

[0017] Eine weitere Verbesserung sieht vor, dass eine Positionsbestimmungseinheit zur ortsbezogenen Erfassung der Schienenkopfauslenkungen und/oder der Spurweitenveränderung angeordnet ist. Der damit erreichte Ortsbezug erleichtert einen Abgleich zwischen den Messergebnissen und den Positionen der jeweiligen Schienenbefestigungen im befahrenen Gleis. Auch für Dokumentationszwecke ist die ortsbezogene Erfassung vorteilhaft.

[0018] In einer Weiterbildung der Maschine sind zwei Stabilisationsaggregate hintereinander angeordnet, wobei jedes Stabilisationsaggregat eine Messvorrichtung zur Erfassung einer durch die jeweilige horizontale Belastungskraft bewirkten Schienenkopfauslenkungen und/oder Spurweitenveränderung umfasst. Mit dieser Anordnung können während einer kontinuierlichen Vorfahrt der Maschine an derselben Stelle Messungen mit unterschiedlichen Belastungskräften durchgeführt werden. Zuerst misst das vordere Stabilisationsaggregat mit einer ersten Belastungskraft. Sobald das hintere Stabilisationsaggregat zur selben Messstelle gelangt, erfolgt eine zweite Messung mit einer zweiten Belastungskraft.

[0019] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird das Stabilisationsaggregat mit den Spurkranzrollen zunächst auf die Schienen des Gleises abgesenkt. Im nächsten Schritt werden die Schienen mittels des Spreizantriebes und/oder der Klemmantriebe mit einer vorgegebenen variablen horizontalen Belastungskraft beaufschlagt, wobei mittels der Messvorrichtung eine durch die Belastungskraft bewirkte Schienenkopfauslenkung und/oder Veränderung der Spurweite erfasst wird, um daraus auf einen Zustand einer Schienenbefestigung zu schließen. Diese zusätzliche Nutzung des Stabilisationsaggregats ist mit geringem Aufwand verbunden. Ein ohnedies durchzuführender Verdichtungsvorgang wird mit der Zustandsüberprüfung der Schienenbefestigungen verknüpft.

[0020] In einer vorteilhaften Ausprägung des Verfahrens wird die horizontale Belastungskraft mittels einer Steuerungseinrichtung periodisch verändert mit einer Frequenz, die niedriger ist als eine Vibrationsfrequenz des Vibrationsantriebs. Dabei wird ein periodisches Steuerungssignal des Spreizantriebes und/oder der Klemmantriebe mit niedriger Frequenz (z.B. 1 Hz) gleichsam auf den Schwingungsverlauf des Vibrationsantriebs aufmoduliert. Die periodisch veränderte Belastungskraft resultiert aus der Spreizkraft der Spurkranzrollen und der Klemmkraft der von außen gegen die Schienen gestellten Rollzange. Diese variierte Belastungskraft überlagert die auf die Schienen wirkende Schlagkraft, welche durch den Vibrationsantrieb hervorgerufen wird. Das ist insbesondere beim Betrieb eines einzelnen Stabilisationsaggregats sinnvoll.

[0021]] Bei einer weiteren Verfahrensvariante werden die Schienen mittels des Stabilisationsaggregats mit einer ersten horizontalen Belastungskraft beaufschlagt, wobei die Schienen zusätzlich mittels eines weiteren Stabilisationsaggregats mit einer zweiten horizontalen Belastungskraft beaufschlagt werden. Bei diesem Verfahren werden beide Stabilisationsaggregate zur Messung der Spurweite in Abhängigkeit der jeweiligen Belastungskraft genutzt. Durch die Vorgabe unterschiedlicher horizontaler Belastungskräfte ist die für den Zustand der Schienenbefestigungen aussagekräftige Spurweitenveränderung erfassbar.

[0022] Bei einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Maschine kontinuierlich entlang des Gleises bewegt. Dabei werden die Schienen im Bereich der jeweiligen Schienenbefestigungen im Vorbeifahren mit unterschiedlichen Spreizkräften beaufschlagt und die Auswirkungen auf die

Spurweite gemessen.

[0023] Für eine automatisierte Auswertung ist es sinnvoll, wenn die Veränderung der Spurweite in Abhängigkeit der variierten Belastungskraft mittels einer Auswerteeinrichtung erfasst und bewertet wird. Beispielsweise ist in der Auswerteeinrichtung ein Algorithmus eingerichtet, der Spurweitenveränderungen mit vorgegebenen Grenzwerten abgleicht.

[0024] In einer Weiterbildung dieses Vorgangs werden mittels der Auswerteeinrichtung an einer Messstelle erfasste Werte der Schienenkopfauslenkung und/oder Spurweitenwerte in Abhängigkeit unterschiedlicher Belastungskraftwerte gemeinsam ausgewertet. Dabei werden Wertepaare eines Kraft-Weg-Diagramms in Beziehung zueinander gesetzt, um auf den Zustand der jeweiligen Schienenbefestigung zu schließen.

[0025] Eine weitere Verbesserung sieht vor, dass mittels einer Positionsbestimmungseinheit eine Positionsbestimmung der Messvorrichtung erfolgt, um Schienenkopfauslenkungen und/oder Spurweitenveränderungen ortsbezogen zu erfassen. Die damit erreichte Ortsbezogenheit der Ergebnisse erlaubt eine einfache nachträgliche Zuordnung zur jeweiligen Schienenbefestigung.

[0026] Dabei ist es sinnvoll, wenn Auswertedaten zur Zustandsbeurteilung einer jeweiligen Schienenbefestigung ortsbezogen abgespeichert werden. Die abgespeicherten Daten dienen in weiterer Folge zur Dokumentation der durchgeführten Gleisüberprüfung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

[0028] Fig. 1 Maschine mit zwei Stabilisationsaggregaten am Gleis in Seitenansicht

[0029] Fig. 2 Stabilisationsaggregat und Gleis im Querschnitt

[0030] Fig. 3 Zeitlicher Verlauf der Schlagkraft und der Belastungskraft

[0031] Fig. 4 Schienenprofil

[0032] Fig. 5 Diagramme zu Fig. 4

[0033] Fig. 6 Detail aus Fig. 2

[0034] Fig. 7 Kraftverläufe über der Zeit

[0035] Fig. 8 Kraft-Weg-Diagramm

[0036] Fig. 9 Stabilisationsaggregate in Draufsicht

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0037] Die in Fig. 1 dargestellte Maschine 1 ist ein sogenannter Dynamischer Gleisstabilisator (DGS) mit einem Maschinenrahmen 2, der auf Schienenfahrwerken 3 auf einem Gleis 4 verfahrbar ist. Das Gleis 4 umfasst einen Gleisrost 5, der aus Schienen 6, Schienenbefestigungen 7 und Schwellen 8 besteht und in einem Schotterbett 9 gelagert ist. Die Maschine 1 kommt in der Regel nach einem Stopfvorgang zum Einsatz, um Setzungen des Gleisrostes 5 vorwegzunehmen. Die Erfindung betrifft auch eine nicht dargestellte kombinierte Stopf- und Stabilisationsmaschine oder eine sonstige mit einem Stabilisationsaggregat 10 ausgestattete Gleisbaumaschinen.

[0038] Am Maschinenrahmen 2 der dargestellten Maschine 1 sind in Maschinenlängsrichtung 11 hintereinander zwei Stabilisationsaggregate 10 befestigt. Des Weiteren umfasst die Maschine 1 einen Fahrantrieb 12 und ein Messsystem 13 zur Erfassung einer Gleislage sowie eine Kabine 14 für Bedienpersonal. Mittels Höhenstellantriebe 15 ist das jeweilige Stabilisationsaggregat 10 aus einer Außerbetriebsstellung auf die Schienen 6 absenkbar.

[0039] Jedes Stabilisationsaggregat 10 weist einen Vibrationsantrieb 16 auf. Die Vibrationserzeugung erfolgt in der Regel mittels rotierender Unwuchtmassen. Zudem umfasst jedes Stabilisationsaggregat 10 eine quer zur Maschinenlängsrichtung 11 ausgerichtete Achse 17 mit Spur-

kranzrollen 18. In Betriebsstellung ist das Stabilisationsaggregat 10 mittels dieser Spurkranzrollen 18 auf den Schienen 6 verfahrbar. In der Achse 17 ist ein Spreizantrieb 19 angeordnet, mittels dem der Abstand der Spurkranzrollen 18 zueinander veränderbar ist. Fig. 2 zeigt die Achse 17 mit einer linken und einer rechten Spurkranzrolle 18 und dem Spreizantrieb 19.

[0040] Erfindungsgemäß ist der Spreizantrieb 19 zur Beaufschlagung der Schienen 6 mit einer vorgegebenen Spreizkraft F_S eingerichtet. Demnach dient der Spreizantrieb 19 nicht lediglich zum spielfreien Andrücken der Spurkranzrollen 18 gegen die Innenseite des jeweiligen Schienenkopfes. Vielmehr wird die Spreizkraft F_S mit einer konkreten Größe vorgegeben, die in weiterer Folge in Bezug zu einer gemessenen Spurweite s bzw. Spurweitendifferenz Δs gesetzt wird. Die jeweilige Schiene 6 wird von innen mit der vorgegebenen Spreizkraft F_S beaufschlagt.

[0041] Gemessen wird die Spurweite s bzw. die Spurweitendifferenz Δs mittels einer Messvorrichtung 20. Diese umfasst beispielsweise einen elektromechanischen Wegsensor, der mit der Achse 17 gekoppelt ist. Dabei ist eine erste Komponente des Sensors mit einem Wellenabschnitt verbunden, der in Achsrichtung verschiebbar gelagert und mit der linken Spurkranzrolle 18 verbunden ist. Eine zweite Komponente des Sensors ist mit einem verschiebbar gelagerten Wellenabschnitt der rechten Spurkranzrolle 18 verbunden. Werden die Wellenabschnitte mittels des Spreizantriebs 19 gegeneinander bewegt, verschieben sich auch die Komponenten des Sensors zueinander, wodurch ein Verschiebeweg gemessen wird. Bei an den Schienenköpfen anliegenden Spurkranzrollen 18 entspricht dieser Verschiebeweg der Spurweitendifferenz Δs .

[0042] Das in Fig. 2 dargestellte Stabilisationsaggregat 10 umfasst eine Rollenzange 21 mit Klemmrollen 22, die von außen gegen den jeweiligen Schienenkopf stellbar sind. Die linke Klemmrolle 22 befindet sich in Klemmstellung. Die rechte Klemmrolle 22 ist in einer Freiposition dargestellt. Diese Position wird auch im Betrieb des Stabilisationsaggregats 10 genutzt, um Hindernissen auszuweichen (z.B. gelaschter Schienenstoß).

[0043] In Klemmposition üben die Klemmantriebe 23 über die Klemmrollen 22 auf die Schienen 6 eine vorgegebene Klemmkraft F_K aus, die der Spreizkraft F_S entgegenwirkt. Dabei sind die Klemmantriebe 23 und der Spreizantrieb 19 mittels einer Steuerungseinrichtung 24 so aufeinander abgestimmt, dass auf jede Schiene 6 eine gewünschte horizontale Belastungskraft F_B wirkt.

[0044] In einer vorteilhaften Ausprägung der Erfindung wird die Belastungskraft F_B mittels der Steuerungseinrichtung 24 periodisch verändert, wie in Fig. 3 dargestellt. Beispielsweise folgt die Veränderung der Belastungskraft F_B einer Kreisfunktion. Ausgewertet wird der dem Belastungsverlauf folgende Verlauf der Spurweitenveränderung. Dabei wird ein periodisches Steuerungssignal des Spreizantriebs 19 und/oder der Klemmantriebe 23 mit niedriger Frequenz (z.B. 1 Hz) gleichsam auf den Schwingungsverlauf des Vibrationsantriebs aufmoduliert. Bei einer Vorwärtsgeschwindigkeit des Stabilisationsaggregats 10 von ca. 2 bis 2,5 km/h und üblicher Schwellenteilung tritt bei jeder Schienenbefestigung 7 eine gewünschte Änderung der Belastungskraft F_B auf.

[0045] Die Frequenz der veränderten Belastungskraft F_B ist deutlich niedriger als die Vibrationsfrequenz, die gewöhnlich in einem Bereich von 30 Hz bis 35 Hz liegt. Massenträgheiten sind bei diesem Frequenzwert vernachlässigbar. Auch eine abwechselnd nach außen und nach innen wirkende Belastungskraft F_B stellt eine sinnvolle Variante dar. Dabei werden die schienenaußen- und schieneninnenliegenden Schienenbefestigungen 7 gleichermaßen beansprucht.

[0046] Fig. 4 zeigt die Kräfte und Momente, die auf die Schiene 6 wirken. Dargestellt ist ein Querschnitt der Schiene 6 (Schieneprofil), deren Schienenfuß auf einer Zwischenlage 25 gelagert ist. Mittels des Stabilisationsaggregats 10 wird auf den Schienenkopf eine Querkraft Y und eine Vertikalkraft Q ausgeübt. Eine Lastangriffshöhe h ist durch die Dimensionen des Schienenprofils vorgegeben und bemisst sich von der Unterkante des Schienenfußes bis zur Fahrkante (14mm unterhalb der Schienenoberkante). Die Querkraft Y führt zu einem Biegemoment in der Schiene (gegenüber der Schienenfußebene), welches in Längsrichtung ein Torsionsmoment ausbildet.

[0047] Das Torsionsmoment muss über mehrere Schienenstützpunkte aufgenommen werden. In den Schienenstützpunkten wird bedingt durch die Verdrillung der Schiene 6 ein reaktives Moment

auf den Schienenfuß entwickelt. Der Schienenkopf lenkt sich so weit aus, bis ein eingebrachtes Moment M_t und ein reaktives Moment M_r gleich groß sind. Das eingebrachte Moment M_t ist dabei abhängig von der Querkraft Y :

$$M_t = Y \cdot h$$

[0048] Das reaktive Moment M_r (rückstellendes Moment) resultiert aus der Vertikalkraft Q und aus Niederhaltekräften F_{Sk1} der Schienenbefestigungen 7, wobei sich in der Schienenfußebene eine Distanz b zwischen der Schienenfußmitte und einem Schwerpunkt einer Druckverteilung ergibt:

$$M_r = (Q + 2 \cdot F_{Sk1}) \cdot b$$

[0049] Die Kräfte bzw. Momente bewirken eine Schienenkopfauslenkung $\Delta s_{L/R}$ und eine Schienenfußrandeinsenkung a . Am Schienenfußrand stellt sich in der Zwischenlage 25 eine Randdruckspannung σ_R ein. Der Zusammenhang dieser Größen ist für unterschiedliche Niederhaltekräfte F_{Sk1} , F_{Sk2} , F_{Sk3} in Fig. 5 dargestellt. Insbesondere im Diagramm rechts unten ist ersichtlich, dass bei einem konstanten eingebrachten Moment M_t^1 die Schienenkopfauslenkung $\Delta s_{L/R1}$, $\Delta s_{L/R2}$, $\Delta s_{L/R3}$ mit fallender Niederhaltekraft F_{Sk3} , F_{Sk2} , F_{Sk1} zunimmt. Das konstante eingebrachte Moment M_t^1 ist bei unverändertem Schienenprofil auf eine konstante Querkraft Y zurückzuführen. Das Diagramm zeigt somit den Zusammenhang zwischen der Querkraft Y , der Schienenkopfauslenkung $\Delta s_{L/R}$ bzw. Spurweitenänderung und der Niederhaltekraft F_{Sk1} , wobei letztere den Zustand der Schienenbefestigung 7 repräsentiert.

[0050] Im Detail werden die am Stabilisationsaggregat 10 und an den Schienen 6 wirkenden Kräfte mit Bezug auf die Fig. 6 und 7 erläutert. Während einer Gleisstabilisierung überlagern sich die Belastungskraft F_B und die Schlagkraft F_V des Vibrationsantriebs 16. Auf die jeweilige Schiene 6 wirkt die resultierende horizontale Querkraft Y_L , Y_R . Die vorgegebenen Kräfte F_K , F_S und die erfasste Schienenkopfauslenkung Δs_L bzw. Spurweitendifferenz sind einer Auswerteeinrichtung 26 zugeführt. In der Auswerteeinrichtung 26 ist ein Algorithmus zur Bewertung des Zustandes der jeweiligen Schienenbefestigung 7 eingerichtet. Zur Übertragung der Ergebnisse umfasst die Auswerteeinrichtung 26 beispielsweise ein Funkmodul 27.

[0051] Günstigerweise ist der Auswerteeinrichtung 26 auch die aktuelle Lastangriffshöhe h der horizontale Querkraft Y_L , Y_R zugeführt (Fig. 4). Zur Bestimmung der Lastangriffshöhe h ist es sinnvoll, wenn die Maschine 1 Sensoren zur automatischen Erkennung des Schienenprofils des befahrenen Gleises 4 umfasst. Alternativ dazu erfolgt eine Eingabe der Lastangriffshöhe h über ein Eingabegerät.

[0052] Sinnvoll ist auch die automatische Erfassung der Schwellenpositionen (Stützpunkte der Schienen 6), um eine Schwellenteilung zu ermitteln. Die Frequenz des Verlaufs der horizontalen Belastungskraft F_B (Fig. 3) ist dabei an die ermittelte Schwellenteilung und an eine Vorwärtsgeschwindigkeit des Stabilisationsaggregats 10 angepasst. Die Anpassung erfolgt in der Weise, dass auf jede Schienenbefestigung 7 dieselbe Belastungskraft F_B wirkt.

[0053] Die auf die jeweilige Schiene 6 wirkende Vertikalkraft Q ist vorteilhafterweise mit einem periodischen Verlauf vorgegeben. Dabei werden die Höhenstellantriebe 15 mit einem periodischen Steuerungssignal angesteuert, um das Stabilisationsaggregat 10 mit veränderlicher Kraft gegen den Maschinenrahmen 2 abzustützen. Die Frequenz des Verlaufs der horizontalen Belastungskraft F_B ist dabei an den Verlauf der Vertikalkraft Q angepasst. Auf diese Weise werden unterschiedliche Vorspannungsniveaus beim Zusammenpressen der Zwischenlagen 25 berücksichtigt. Überwachbar ist dann die Kippfederwirkung der jeweiligen Schienenbefestigung 7 (Federzahl der Zwischenlage 25).

[0054] Bei der in Fig. 6 dargestellten Messung ist die Spreizkraft F_S , mit der die jeweilige Schiene 6 beaufschlagt ist, größer als die von außen wirkende Klemmkraft F_K . Demnach ist die resultierende Belastungskraft F_B nach außen gerichtet. Dadurch wird eine Vergrößerung der Spurweite s bewirkt. Hier übersteigt die Spurweitenveränderung ein zulässiges Maß, weil die an der Messstelle befindliche Schienenbefestigung 7 fehlerhaft ist. Im konkreten Beispiel ist die rechte Verschraubung der am Schienenfuß anliegenden Halterung nicht angezogen. Dadurch verdreht sich

die Schiene 6 im belasteten Bereich nach außen.

[0055] Beispielhafte Verläufe der einzelnen Kräfte F über der Zeit t sind in Fig. 7 dargestellt. Zur Veranschaulichung sind in drei zeitlichen Phasen I, II, III unterschiedliche, jeweils konstanten Belastungskräfte F_{B0} , F_{B1} , F_{B2} angenommen. Während die Schlagkraft F_V synchron auf beide Schienen 6 wirkt, drückt die Belastungskraft F_B die Schienen auseinander bzw. zueinander. Aus der Schlagkraft F_V resultiert eine Schwingung des beaufschlagten Gleisrostabschnittes in Gleisquerrichtung. Die Belastungskraft F_B wirkt innerhalb des Gleisrostes 5. Daraus resultieren die Schienenkopfauslenkungen $\Delta s_{L/R}$ bzw. die Spurweitenveränderungen, deren Ausmaß vom Elastizitätsverhalten der Schienen 6 und vom Zustand der Schienenbefestigungen 7 abhängt.

[0056] In einer ersten Phase I ist die Belastungskraft F_B gleich null. Spreizkraft F_S und Klemmkraft F_K sind gleich groß, sodass die jeweilige Schiene 6 ohne Querkraftwirkung lediglich eingespannt ist. Der Verlauf der Schlagkraft F_V ist mit einer dünnen durchgezogenen Linie dargestellt. In der ersten Phase I teilt sich die Wirkung der Schlagkraft F_V gleichmäßig auf beide Schienen 6 auf. Somit wirkt auf jede Schiene 6 als resultierende Querkraft Y_L , Y_R die halbe Schlagkraft F_V .

[0057] In einer zweiten Phase II ist eine geänderte Spreizkraft F_S vorgegeben, aus der eine auf die jeweilige Schiene 6 wirkende erste Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} resultiert. Äquivalent zur Vorgabe einer geänderten Spreizkraft F_S kann auch eine geänderte Klemmkraft F_K vorgegeben werden. Auch die Vorgabe der resultierenden ersten Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} kann in äquivalenter Weise sinnvoll sein. Dabei werden zum Beispiel Spreizkraft F_S und/oder Klemmkraft F_K in einem Regelkreis geändert, bis sich die vorgegebene erste Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} einstellt.

[0058] In Fig. 7 wirkt die jeweilige erste Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} nach außen, weil die erste Spreizkraft F_{S1} größer ist als die Klemmkraft F_K . Konkret ist eine linke erste Belastungskraft F_{B1L} entgegen einer rechten ersten Belastungskraft F_{B1R} gerichtet. Im Diagramm sind nach links gerichtete Kräfte positiv und nach rechts gerichtete Kräfte negativ dargestellt. Des Weiteren sind die auf die linke Schiene 6 wirkenden Kräfte F_{B1L} , Y_{1L} , mit strichpunktierten Linien und die auf die rechte Schiene 6 wirkenden Kräfte F_{B1R} , Y_{1R} , mit gestrichelten Linien eingezeichnet.

[0059] In einer dritten Phase III gibt die Steuerungseinrichtung 24 eine zweite Spreizkraft F_{S2} vor, die höher als die erste Spreizkraft F_{S1} ist. Die jeweilige Klemmkraft F_K bleibt dabei unverändert, sodass die auf die jeweilige Schiene 6 wirkende zweite Belastungskraft F_{B2L} , F_{B2R} ebenfalls nach außen gerichtet ist. Die veränderte Belastungskraft F_{B2L} , F_{B2R} ist auch durch eine Änderung der zugeordneten Klemmkraft F_K vorgebar. Mit den unterschiedlich großen Belastungskräften F_{B1L} , F_{B1R} , F_{B2L} , F_{B2R} ist die Veränderung der Spurweite s infolge zweier unterschiedlicher Belastungszustände erfassbar.

[0060] Die auf die linke Schiene 6 wirkende Querkraft Y_{1L} , Y_{2L} ist die Summenkraft der halben Schlagkraft F_V und der linken Belastungskraft F_{B1L} , F_{B2L} . Auf die rechte Schiene 6 wirkt als Querkraft Y_{1R} , Y_{2R} die Summenkraft der halben Schlagkraft F_V und der entgegenwirkenden rechten Belastungskraft F_{B1R} , F_{B2R} . Nach außen ergeben die beiden Querkräfte Y_{1L} , Y_{1R} bzw. Y_{2L} , Y_{2R} in Summe wiederum die ganze Schlagkraft F_V , wobei sich die Belastungskräfte F_{B1L} , F_{B1R} bzw. F_{B2L} , F_{B2R} im Gleisrost 5 gegenseitig aufheben und zur Veränderung der Spurweite s führen.

[0061] Fig. 8 zeigt beispielhaft die Abhängigkeit der Spurweite s von der Spreizkraft F_S bzw. von der resultierenden Belastungskraft F_B . In der ersten Phase I gemäß Fig. 7 bleibt die gemessene Spurweite s_0 unverändert, weil sich Spreizkraft F_S und Klemmkraft F_K gegenseitig aufheben. In der zweiten Phase II wird eine erste erhöhte Spreizkraft F_{S1} vorgegeben, woraus sich die auf die jeweilige Schiene 6 wirkende erste Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} ergibt. Dabei wird mittels der Messvorrichtung 20 die sich ergebende neue Spurweite s_1 bzw. eine erste Spurweitendifferenz Δs_1 gemessen. In der dritten Phase III wird eine zunehmend erhöhte zweite Spreizkraft F_{S2} vorgegeben. Aufgrund der resultierenden erhöhten Belastungskräfte F_{B2L} , F_{B2R} steigt die Spurweite s auf einen höheren Wert s_2 an und es ergibt sich eine zweite Spurweitendifferenz Δs_2 .

[0062] Bereits aus der ersten Spurweitendifferenz Δs_1 lassen sich Rückschlüsse auf die Qualität der an der Messstelle befindlichen Schienenbefestigungen 7 ziehen. Insbesondere die Differenz Δs_2 der beiden Spurweitenwerte s_1 , s_2 bei unterschiedlichen Belastungszuständen bildet eine

Kenngroße zur Beurteilung der jeweiligen Schienenbefestigung 7. Aussagekräftig sind auch abgeleitete Kenngroßen wie die Steigung des Spurweitenverlaufs in Abhängigkeit der Belastungsänderungen.

[0063] Zur ortsbezogenen Erfassung der Spurweitenveränderung umfasst die Maschine 1 sinnvollerweise eine Positionsbestimmungseinheit 28. Zum Beispiel ist ein GNSS-Modul am Dach der Maschine 1 angeordnet. Zur Positionsbestimmung einer aktuellen Messstelle wird die relative Lage des Stabilisationsaggregats 10 bzw. der Messvorrichtung 20 bezüglich des GNSS-Moduls mit ausgewertet. Die Positionsbestimmungseinheit 28 kann auch direkt am Stabilisationsaggregat 10 oder an einem Schienenfahrwerk 3 angeordnet sein.

[0064] In einer einfachen Ausbildung der Erfindung werden die Messergebnisse der Messvorrichtung 20 einer Bedienperson in der Kabine 14 in Echtzeit angezeigt. Die Bedienperson kann unmittelbar darauf reagieren und eine fehlerhafte Schienenbefestigung 7 dokumentieren. Mit der Positionsbestimmungseinheit 28 können Messdaten bzw. Auswertedaten positionsbezogen abgespeichert werden. Auf diese Weise sind die Zustände der Schienenbefestigungen 7 am gesamten mit der Maschine 1 befahrenen Abschnitt des Gleises 4 automatisch dokumentiert. Über ein Funkmodul 27 erfolgt bei Bedarf eine Übertragung der Ergebnisse an eine Zentrale, um die Instandsetzung fehlerhafter Schienenbefestigungen 7 zu organisieren.

[0065] Für eine effiziente und präzise Zustandsüberprüfung der Schienenbefestigungen 7 umfasst die Maschine 1 zwei hintereinander angeordnete Stabilisationsaggregate 10, wie in Fig. 1 und Fig. 9 dargestellt. Das jeweilige Stabilisationsaggregat 10 wird mit vorgegebener Spreizkraft F_S betrieben und weist eine eigene Messvorrichtung 20 auf. Dazu werden die Spreizantriebe 19 der jeweils vorderen Achse 17 mittels der zugeordneten Steuerungseinrichtung 24 angesteuert. Beispielsweise ist für das vordere Stabilisationsaggregat 10 eine erste Spreizkraft F_{S1} vorgegeben, die eine konstante erste Belastungskraft F_{B1L} , F_{B1R} bewirkt. Eine vorgegebene zweite Spreizkraft F_{S2} des hinteren Stabilisationsaggregats 10 bewirkt eine konstante zweite Belastungskraft F_{B2L} , F_{B2R} .

[0066] Mittels der beiden Messvorrichtungen 20 erfolgen positionsbezogene Messungen der jeweiligen Spurweite s_1 , s_2 . Die erfassten Spurweitenwerte s_1 , s_2 sind der Auswerteeinrichtung 26 zugeführt, um einen positionsbezogenen Kennwert zu bestimmen. Ein aussagekräftiger Indikator für den Zustand der Schienenbefestigungen ist die Differenz der Spurweiten s_1 , s_2 infolge der unterschiedlichen Belastungskräften F_{B1L} , F_{B1R} , F_{B2L} , F_{B2R} .

[0067] In Fig. 8 ist das Ergebnis einer Messung mit intakten Schienenbefestigungen 7 mit einer gestrichelten Linie dargestellt. Die gemessenen Spurweiten s_1 , s_2 und Spurweitendifferenzen Δs_1 , Δs_2 resultieren aus dem normalen Elastizitätsverhalten des Gleisrostes 5. Bei einem fehlerhaften Zustand einer Schienenbefestigung 7 ergeben sich ausgehend von der bestehenden Spurweite s_0 veränderte Messwerte für die Spurweite s_1' , s_2' und die Spurweitendifferenzen $\Delta s_1'$, $\Delta s_2'$ (strichpunktierte Linie in Fig. 8). Auch das Verhältnis der Messwerte s_1' , s_2' , $\Delta s_1'$, $\Delta s_2'$ zueinander unterscheidet sich vom Ergebnis mit intakten Schienenbefestigungen 7. Beispielsweise vergrößert sich bei losen Befestigungen 7 die Spurweite s bereits bei geringer Erhöhung der Spreizkraft F_S .

[0068] Die Messergebnisse bieten somit eine valide Datenbasis für die Ableitung von Kenngroßen, die zur Beurteilung des Zustandes der jeweiligen Schienenbefestigung 7 dienen. Im einfachsten Fall wird bei gleicher erhöhter Spreizkraft F_S die Spurweitendifferenz Δs_1 gegenüber der normalen Spurweite s_0 ausgewertet. Bei einer fehlerhaften Schienenbefestigung 7 ist eine höhere Spurweitendifferenz Δs_1 feststellbar.

[0069] Mit der vorliegenden dynamischen Messung ist jeder entsprechend adaptierte Dynamische Gleisstabilisator zur Zustandsüberprüfung der Schienenbefestigungen 7 direkt vor Ort nutzbar. Das Verfahren ist so genau, dass einzelne lose Befestigungen 7 erkannt werden. Durch die zusätzliche Information über den Zustand der Befestigungsmittel der Schienen 6 erfolgt ein Sicherheitsanstieg bei der Freigabe des Gleises 4 nach einer Instandsetzung. Insbesondere bei der Gleisstabilisierung von Gleisneulagen kommt es immer wieder vor, dass Schienenbefestigungen 7 noch nicht fest angezogen wurden. Die vorliegende Erfindung ist daher bei der Bearbeitung von Gleisneulagen besonders vorteilhaft.

Patentansprüche

1. Maschine (1) zum Verdichten eines Schotterbettes (9) eines Gleises (4) mit einem auf Schienenfahrwerken (3) abgestützten Maschinenrahmen (2) und einem höhenverstellbar mit diesem verbundenen Stabilisationsaggregat (10), das
 - einen Vibrationsantrieb (16),
 - eine Achse (17) mit auf Schienen (6) des Gleises (4) verfahrbaren Spurkranzrollen (18), deren senkrecht zur Maschinenlängsrichtung (11) verlaufender Abstand zueinander mittels eines Spreizantriebes (19) veränderbar ist, und
 - eine mit Klemmantrieben (23) gegen die Schienen (6) stellbare Rollzange (21) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spreizantrieb (19) und/oder die Klemmantriebe (23) zur Beaufschlagung der Schienen (6) mit einer vorgegebenen variablen horizontalen Belastungskraft (F_B) eingerichtet sind, und dass eine Messvorrichtung (20) zur Erfassung einer durch die variable Belastungskraft (F_B) bewirkten Schienenkopfauslenkung ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenveränderung ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) angeordnet ist.
2. Maschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Steuerungseinrichtung (24) zur Ansteuerung des Spreizantriebs (19) und der Klemmantriebe (23) Steuerungssignale hinterlegt sind, die eine periodisch veränderte Belastungskraft (F_B) bewirken.
3. Maschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (20) mit der Achse (17) der Spurkranzrollen (18) gekoppelt ist.
4. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messvorrichtung (2) mit einer Auswerteeinrichtung (26) gekoppelt ist und dass die Auswerteeinrichtung (26) zur Bewertung einer Schienenbefestigung (7) auf Basis der erfassten Schienenkopfauslenkung ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenveränderung ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) eingerichtet ist.
5. Maschine (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinrichtung (26) zur Auswertung von an einer Messstelle erfassten Schienenkopfauslenkungen ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenwerten ($s_0, s_1, s_2, s_1', s_2'$) in Abhängigkeit eines Verlaufs von veränderten Belastungswerten (F_{B0}, F_{B1}, F_{B2}) eingerichtet ist, um einen Zustand von im Bereich der Messstelle positionierten Schienenbefestigungen (7) zu bewerten.
6. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Positionsbestimmungseinheit (28) zur ortsbezogenen Erfassung der Schienenkopfauslenkungen ($\Delta s_{L/R}$) und/oder der Spurweitenveränderung ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) angeordnet ist.
7. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Stabilisationsaggregate (10) hintereinander angeordnet sind und dass jedes Stabilisationsaggregat (10) eine Messvorrichtung (20) zur Erfassung einer durch die jeweilige horizontale Belastungskraft (F_{B1}, F_{B2}) bewirkten Schienenkopfauslenkungen ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenveränderung ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) umfasst.
8. Verfahren zum Betreiben einer Maschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Stabilisationsaggregat (10) mit den Spurkranzrollen (18) auf die Schienen (6) des Gleises (4) abgesenkt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schienen (6) mittels des Spreizantriebes (19) und/oder der Klemmantriebe (23) mit einer vorgegebenen variablen horizontalen Belastungskraft (F_B) beaufschlagt werden und dass mittels der Messvorrichtung (20) eine durch die horizontale Belastungskraft (F_B) bewirkte Schienenkopfauslenkung ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Veränderung der Spurweite (s) erfasst wird, um daraus auf einen Zustand einer Schienenbefestigung (7) zu schließen.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die horizontale Belastungskraft (F_B) mittels einer Steuerungseinrichtung (24) periodisch verändert wird mit einer Frequenz, die niedriger ist als eine Vibrationsfrequenz des Vibrationsantriebs (16).
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schienen (6) mittels des Stabilisationsaggregats (10) mit einer ersten horizontalen Belastungskraft (F_{B1}) beauf-

schlägt werden und dass die Schienen (6) mittels eines weiteren Stabilisationsaggregats (10) mit einer zweiten horizontalen Belastungskraft (F_{B2}) beaufschlagt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maschine (1) kontinuierlich entlang des Gleises (4) bewegt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels einer Auswerteeinrichtung (26) die Veränderung der Spurweite (s) in Abhängigkeit der variierten Belastungskraft (F_B) erfasst und bewertet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Auswerteeinrichtung (26) an einer Messstelle erfasste Werte der Schienenkopfauslenkung ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenwerte ($s_0, s_1, s_2, s_1', s_2'$) in Abhängigkeit unterschiedlicher Belastungskraftwerte (F_{B0}, F_{B1}, F_{B2}) gemeinsam ausgewertet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels einer Positionsbestimmungseinheit (28) eine Positionsbestimmung der Messvorrichtung (20) erfolgt, um Schienenkopfauslenkungen ($\Delta s_{L/R}$) und/oder Spurweitenveränderungen ($s_1, s_2, \Delta s_1, \Delta s_2$) ortsbezogen zu erfassen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass Auswertedaten zur Zustandsbeurteilung einer jeweiligen Schienenbefestigung (7) ortsbezogen abgespeichert werden.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

Fig. 1

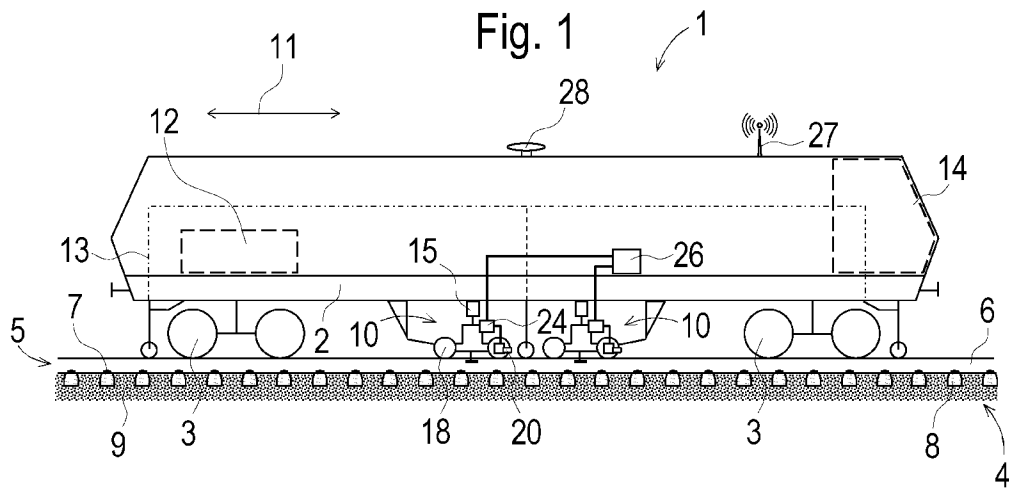


Fig. 2

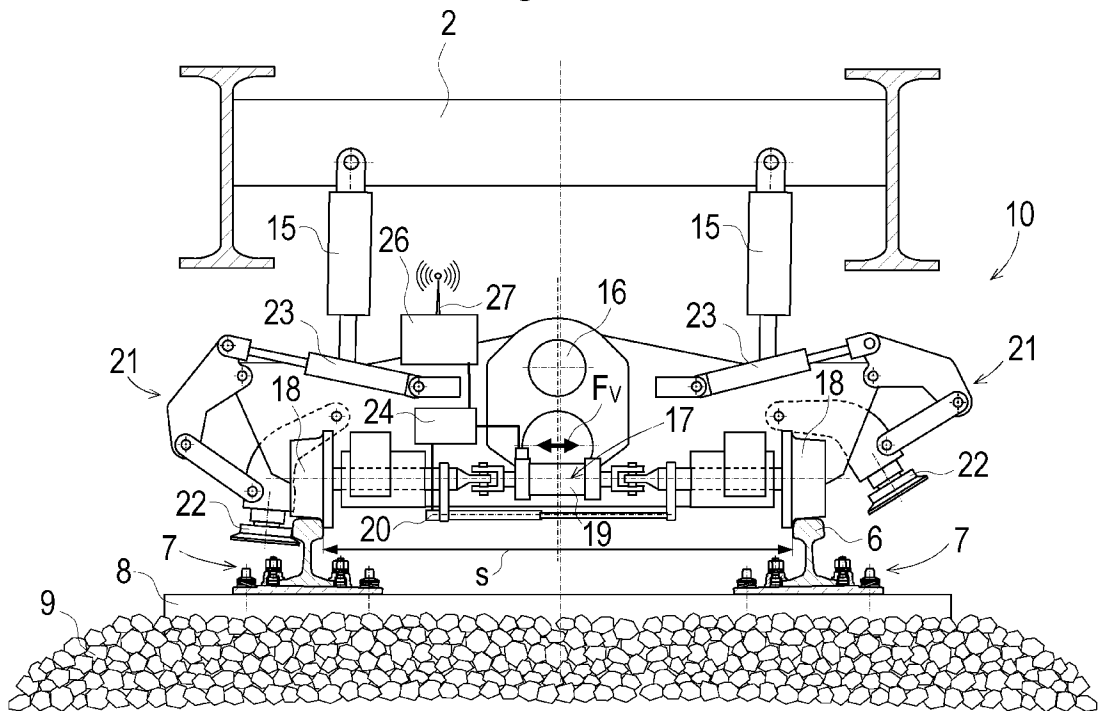


Fig. 3

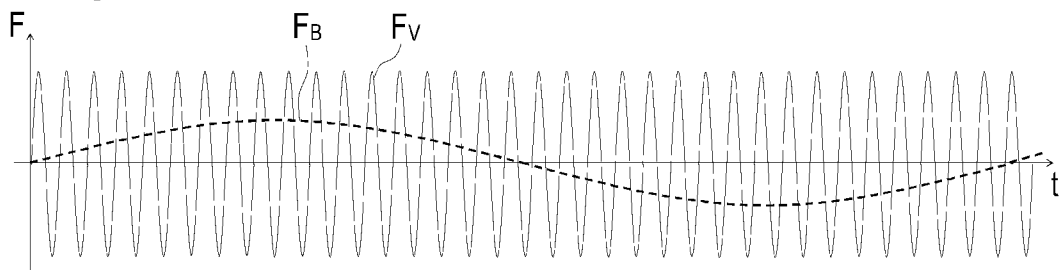


Fig. 4

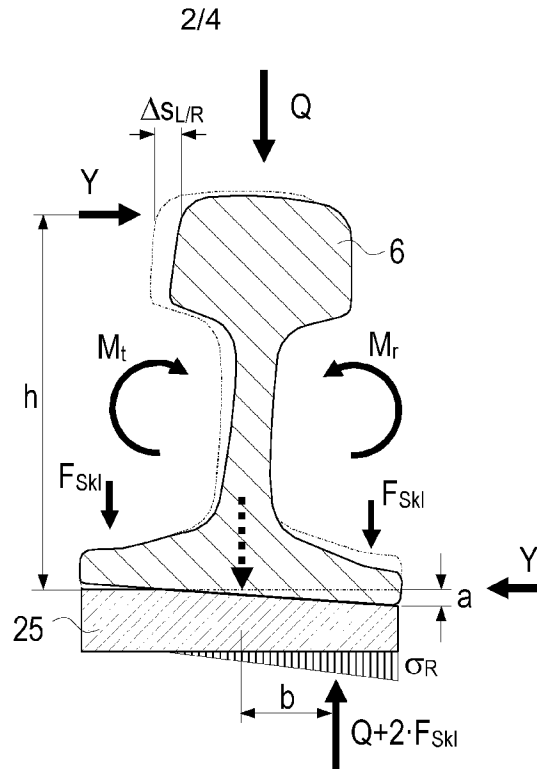
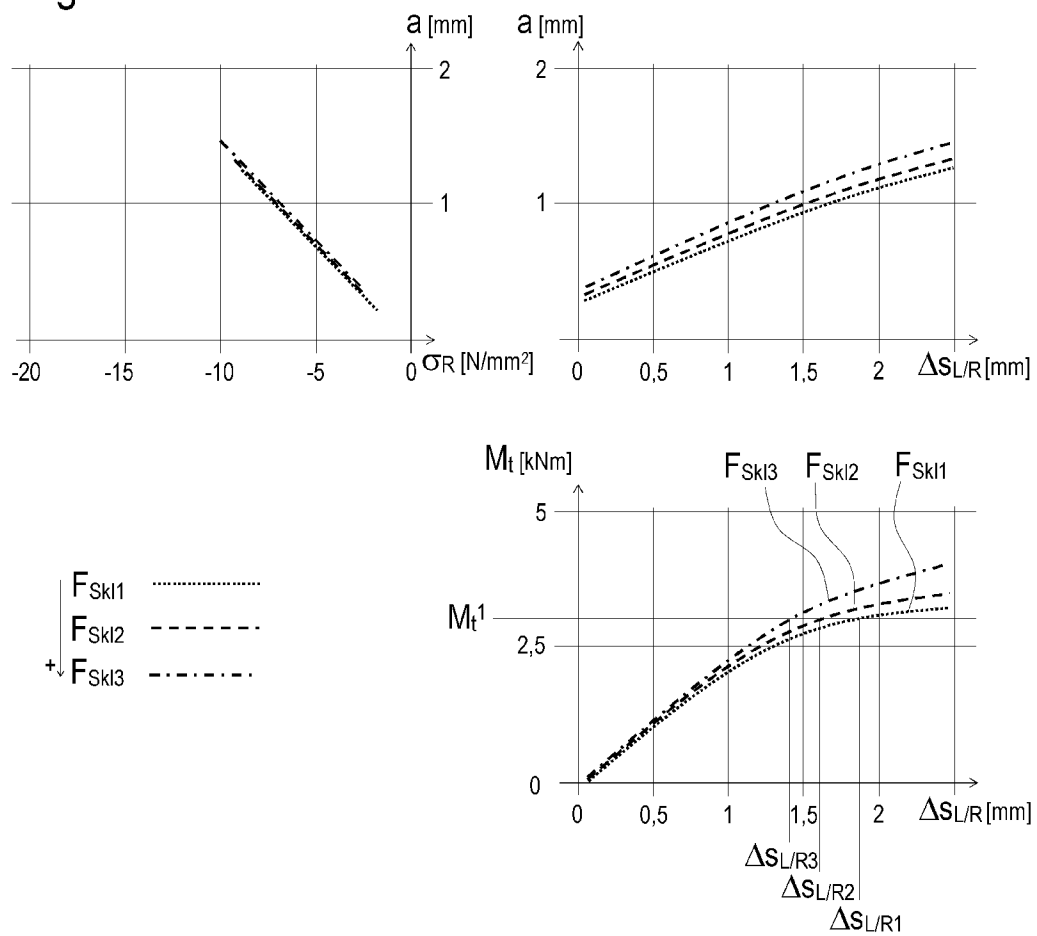


Fig. 5



3/4

Fig. 6

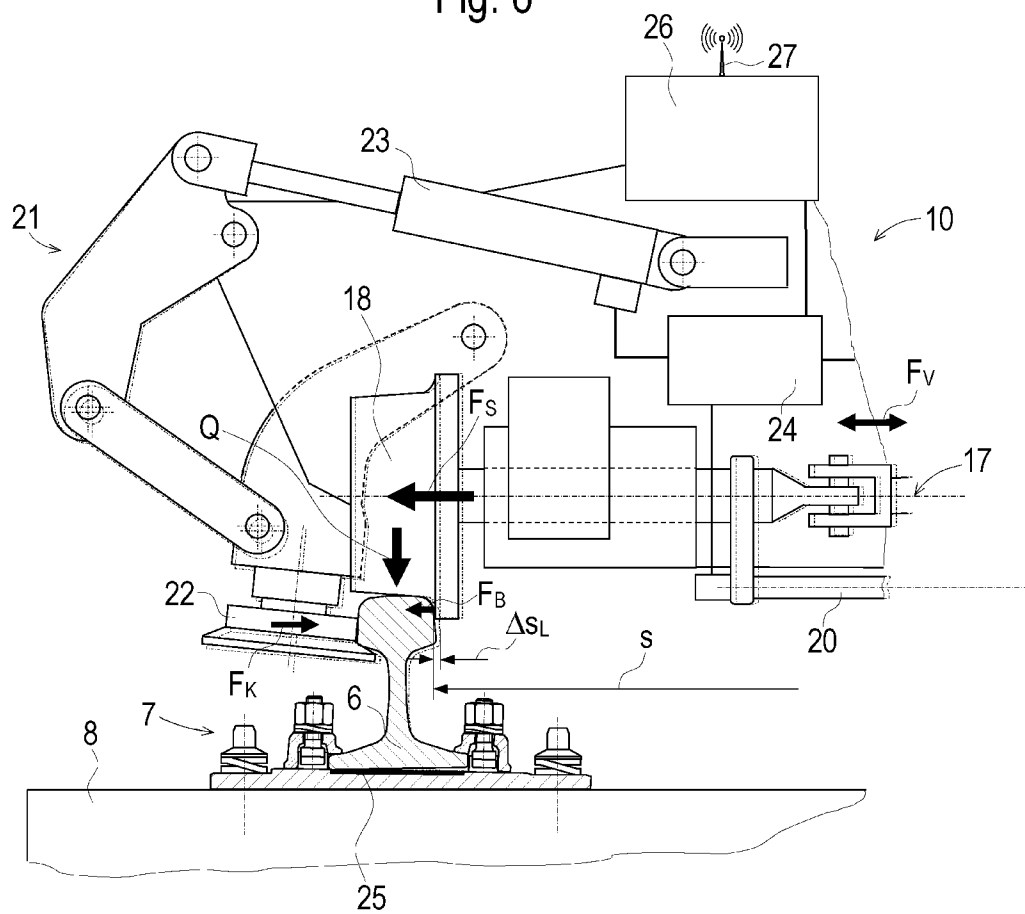
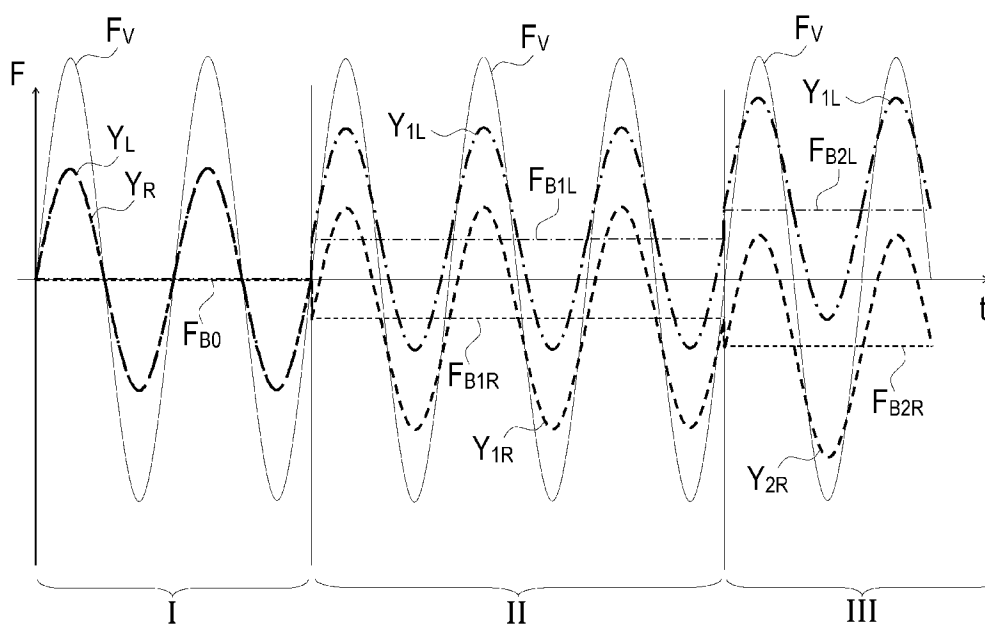


Fig. 7



4/4

Fig. 8

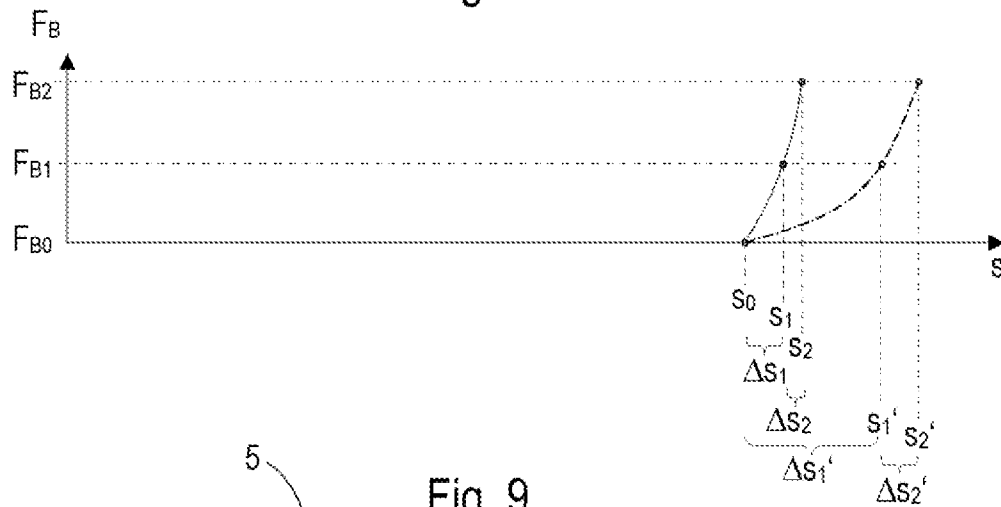


Fig. 9

