



(10)

AT 502 733 A2 2007-05-15

(12)

(51) Int. Cl.⁸: **G01B 21/12** (2006.01)

(51) Int. Cl.⁸: **G01B 21/12** (2006.01)

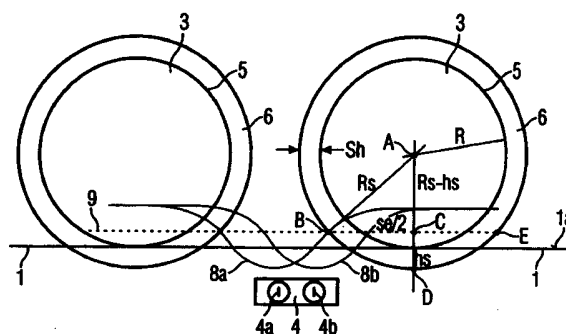
(51) Int. Cl.⁸: **G01B 21/12** (2006.01)

(73) Patentanmelder:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
D-80333 MÜNCHEN (DE)

TALKE WOLFGANG
BLANKENBURG (DE)

(57) Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermittlung des Durchmessers der Räder von Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Anwendung des Verfahrens Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermittlung des Raddurchmessers (2R,2Rs) von Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Verwendung des Verfahrens, wobei ein bekannter Raddurchmesser (2R,2Rs) als Referenz verwendet wird und an einer Fahrachse (1) ein das Rad (3) erfassender Radsensor (4a,4b) angeordnet ist, wobei der Radsensor (4a,4b) ein Sensorsignal (8a,8b) erzeugt. Um ein nicht durchmesserabhängiges Verfahren zu erhalten, das mit geringem Aufwand unabhängig von den vielfältigen Einflussgrößen und deren zeitlichen oder verschleißbedingten Schwankungen selbstkalibrierend ist, wird vorgeschlagen, dass daraus eine dem Raddurchmesser (2R,2Rs) entsprechende Sehnienlänge (se, ses) ermittelt wird, aus der wiederum anhand eines vorgegebenen Hilfswertes (hs(i-1), hss(i-1)) der Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berechnet wird. Zur Kalibrierung wird anhand des bekannten Raddurchmessers (2R,2Rs) ein vorläufiger Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berechnet und anhand der Abweichung des vorläufigen Raddurchmessers (2Rv,2Rsv) von dem bekannten Raddurchmesser (2Rb,2Rsb) mittels eines Sehnienkorrekturfaktors (Cd) jeweils eine korrigierte Sehnienlänge (sek, sesk) berechnet, aus der anhand des bekannten Raddurchmessers (2R,2Rs) jeweils ein Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) und dann mittels dieses Korrektur-Hilfswerts (ihs, ihss) aus dem vorgegebenen Hilfswert (hs(i-1), hss(i-1)) ein neuer vorgegebener Hilfswert (hs(i), hss(i)) bestimmt wird.



Zusammenfassung

Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermittlung des Durchmessers der Räder von Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter
 5 Anwendung des Verfahrens

Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermittlung des Raddurchmessers ($2R, 2Rs$) von Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage
 10 unter Verwendung des Verfahrens, wobei ein bekannter Raddurchmesser ($2R, 2Rs$) als Referenz verwendet wird und an einer Fahrschiene (1) ein das Rad (3) erfassender Radsensor (4a, 4b) angeordnet ist, wobei der Radsensor (4a, 4b) ein Sensorsignal ($8a, 8b$) erzeugt. Um ein nicht durchmesserabhängiges Verfahren
 15 zu erhalten, das mit geringem Aufwand unabhängig von den vielfältigen Einflussgrößen und deren zeitlichen oder verschleißbedingten Schwankungen selbstkalibrierend ist, wird vorgeschlagen, dass daraus eine dem Raddurchmesser ($2R, 2Rs$) entsprechende Sehnenlänge (se, ses) ermittelt wird, aus der
 20 wiederum anhand eines vorgegebenen Hilfwertes ($hs(i-1), hss(i-1)$) der Raddurchmesser ($2Rv, 2Rsv$) berechnet wird. Zur Kalibrierung wird anhand des bekannten Raddurchmessers ($2R, 2Rs$) ein vorläufiger Raddurchmesser ($2Rv, 2Rsv$) berechnet und anhand der Abweichung des vorläufigen Raddurchmessers
 25 ($2Rv, 2Rsv$) von dem bekannten Raddurchmesser ($2Rb, 2Rsb$) mittels eines Sehnenkorrekturfaktors (Cd) jeweils eine korrigierte Sehnenlänge ($sek, sesk$) berechnet, aus der anhand des bekannten Raddurchmessers ($2R, 2Rs$) jeweils ein Korrektur-Hilfswert ($ihs, ihss$) und dann mittels dieses Korrektur-
 30 Hilfwerts ($ihs, ihss$) aus dem vorgegebenen Hilfwert ($hs(i-1), hss(i-1)$) ein neuer vorgegebener Hilfwert ($hs(i), hss(i)$) bestimmt wird.

(Fig. 2)

Wien, am - 2. März 2005

Siemens Aktiengesellschaft

durch:

Häupl & Eltner KEG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermittlung des Durchmessers von sich längs
5 zweier paralleler Fahrschienen bewegenden Rädern von Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, bei dem ein bekannter Raddurchmesser verwendet wird, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Verwendung des Verfahrens gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 28.

10

Allgemein bekannt sind Güterwagen als Schienenfahrzeuge, deren Räder mittels einer Radachse paarweise verbunden sind und die auf zwei parallelen Fahrschienen abrollen. Zur Führung weisen die Räder bezogen auf das Fahrschienenpaar innenseitig
15 einander gegenüberliegende Spurkränze auf.

Weiter ist es bekannt, Kolbengleisbremsen an den Fahrschienen unterhalb der Spurkränze anzuordnen, um die Güterwagen abzubremsen. Dabei drückt der Spurkranz jeweils auf eine Kolbenstange, die einen daran angeordneten Kolben innerhalb einer
20 hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit verschiebt, wobei kinetische Energie des Güterwagens in Wärme umgewandelt wird.

Kolbengleisbremsen werden insbesondere in Schwerkraftablaufanlagen eingesetzt, die beispielsweise zur Zusammenstellung von Güterzügen mittels Verteilweichen dienen. Schwerkraftablaufanlagen weisen ein Gefälle auf, so dass die Güterwagen durch die Hangabtriebskraft angetrieben werden. Durch die
25

Kolbengleisbremsen kann erreicht werden, dass die Güterwagen im Bereich der Verteilweichen mit konstanter Geschwindigkeit laufen und in den Richtungsgleisen der Schwerkraftablaufanlage mit zulässiger nur noch sehr geringer Geschwindigkeit auf bewegte oder stehende Wagen auflaufen.

Die insbesondere bauart- und verschleißbedingte Schwankungsbreite der Spurkranzdurchmesser von ca. 300 mm bis ca. 1100 mm erschwert die Geschwindigkeitsregelung mittels Kolbengleisbremsen in Ablaufanlagen erheblich.

Die Verwendung von Kolbengleisbremsen hat dabei den Nachteil, dass die Bremswirkung abhängig vom Spurkranzdurchmesser der Räder ist. Um zu verhindern, dass es aufgrund der unterschiedlichen Spurkranzdurchmesser auf der Gefällestrecke und insbesondere im Weichenbereich zu Einholvorgängen und Eckstößen der Güterwagen kommt, wird die zeitliche Ablauffolge aller Güterwagen in der Schwerkraftablaufanlage relativ groß gewählt. Die Leistung (Bergleistung) der Ablaufanlage ist so deutlich gemindert. Nur mit Vorabkenntnis der Raddurchmesser der nacheinander ablaufenden Güterwagen kann die zeitliche Ablauffolge aller Güterwagen so gesteuert werden, dass sowohl mit großen als auch mit kleinen Spurkranzdurchmessern ein leistungsfähiger störungsfreier Betrieb der Anlage sichergestellt ist.

Aus der EP 0 212 052 A2 ist bereits eine Einrichtung zur Vermessung von im Fahrzeug eingebauten Rädern bekannt, die zu entsprechenden Radsätzen gehören. Die Vermessung der Räder wird während langsamer Fahrt des Fahrzeuges vorgenommen, wobei an einer Fahrschiene zumindest zwei unabhängig voneinander das Rad erfassende Radsensoren unterhalb der Lauffebene der Fahrschiene angeordnet sind. Die beiden Radsensoren sind

als photoelektrische Taster ausgebildet und so unterhalb der Laufebene ausgerichtet, dass ihre Haupttastrichtung wenigstens angenähert senkrecht zu einer Tangente am zugehörigen Tastpunkt eines Messkreises (eines gedachten Raddurchmesser-

5 kreises) verläuft. Die beabstandeten Radsensoren sind dazu einander unter einem Winkel zugewandt angeordnet, wobei der Abstand in Abhängigkeit von dem zu bestimmenden Raddurchmesser gewählt ist. Die Taster sind mit einer Zeiterfassungseinrichtung verbunden, welche die jeweiligen Zeiten feststellt,

10 zu denen die Taster von einem darüber rollenden Rad betätigt werden. Bewegt sich ein Rad auf der Laufebene entlang der Fahrschiene und kommt die Lauffläche des Rades in den Bereich des ersten Tastpunktes, so löst es bei dessen Erreichen über den photoelektrischen Taster ein Zeitsignal aus, wobei der

15 Taster jeweils am Anfang ein stetig ansteigendes und am Ende ein wieder stetig abfallendes Sensorsignal oder umgekehrt abgibt. Dasselbe Auslösen eines Zeitsignals erfolgt, wenn die Lauffläche in den Bereich des zweiten Tastpunktes des zweiten Tasters kommt. Die Tastpunkte liegen in einem gleichen Ab-

20 stand oberhalb der Laufebene, welcher kleiner gleich dem halben Raddurchmesser ist. Anhand der Radgeschwindigkeit lässt sich aus der Zeitdifferenz der beiden Zeitsignale die Länge einer Kreissehne im gedachten Raddurchmesserkreis bestimmen, deren Sehnenhöhe gleich dem Abstand der Tastpunkte von der

25 Laufebene ist. Anhand der Sehnenhöhe und der Sehnenlänge lässt sich mittels des Satzes des Pythagoras der Raddurchmesser berechnen.

Ferner ist aus der DE 40 18 999 A1 ein induktiv wirkender

30 Radsensor für Schienenfahrzeuge bekannt, der innenseitig an dem Fahrschienenpaar angeordnet ist. Diese Radsensoren, die je zwei längs der Fahrschienen beabstandete Radsensoren aufweisen, werden häufig in Form von Doppelradsensoren zur Achszählung verwendet.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung mit Radsensoren zur Ermittlung des Raddurchmessers von Schienenfahrzeugrädern anhand eines bekannten Raddurchmessers vorzuschlagen, das nicht durchmesserabhängig ist und durch das der Raddurchmesser, insbesondere
5 der Spurkranzdurchmesser, mit geringem Aufwand selbst kalibrierend bestimmt werden kann, und zwar unabhängig von den vielfältigen Einflussgrößen und deren zeitlichen oder verschleißbedingten Schwankungen.

10

Weiter ist die Aufgabe der Erfindung eine Schwerkraftablaufanlage unter Anwendung des Verfahrens anzugeben.

15

Die Lösung dieser Aufgabe ist bezogen auf das Verfahren durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale und bezogen auf die Schwerkraftablaufanlage durch die im Anspruch 28 angegebenen Merkmale gegeben. Die kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche enthalten jeweils vorteilhafte Ausgestaltungen.

20

Die Lösung sieht bezogen auf das Verfahren vor, dass die Zeitdifferenz des Sensorsignals erfasst wird zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten oder umgekehrt dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes, dass anhand der Radgeschwindigkeit

25

aus der Zeitdifferenz eine dem Raddurchmesser entsprechende Sehnenlänge ermittelt wird, aus der anhand eines vorgegebenen Hilfswertes der Raddurchmesser berechenbar ist, dass zur Kalibrierung nach dem bekannten Raddurchmesser ein vorläufiger Raddurchmesser berechnet wird und anhand der Abweichung des

30

berechneten vorläufigen Raddurchmessers von dem bekannten Raddurchmesser mittels eines Sehnenkorrekturfaktors jeweils eine korrigierte Sehnenlänge berechnet wird und dass mittels der korrigierten Sehnenlänge anhand des bekannten Raddurch-

messers jeweils ein Korrektur-Hilfswert und dann mittels des Korrektur-Hilfswerts durch Anpassung des vorgegebenen Hilfswertes ein auch die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigender neuer vorgegebener Hilfswert bestimmt wird. Der Radsensor ist dabei so ausgelegt, dass der zeitliche Verlauf des Sensorsignals bei einem darüber rollenden Rad jeweils am Anfang stetig ansteigt oder abfällt und am Ende umgekehrt wieder stetig abfällt bzw. ansteigt und dass die Sehnenlänge der Länge einer Kreissehne und der Hilfswert der Sehnenhöhe in dem gedachten Raddurchmesserkreis entspricht.

Am einfachsten lässt sich der Sehnenkorrekturfaktor der Messanordnung empirisch ermitteln.

Die Genauigkeit der Kalibrierung lässt sich erhöhen, wenn der Hilfswert anhand einer Vielzahl darüber rollender Räder mit bekanntem Raddurchmesser laufend bestimmt wird

Eine höhere Genauigkeit bei gleichzeitiger Vereinfachung der Kalibrierung ergibt sich, wenn der Hilfswert aus einer Vielzahl darüber rollender Räder mit einer bekannten Verteilung der Raddurchmesser bestimmt wird, wobei als bekannter Raddurchmesser der statistisch gesicherte Mittelwert der Verteilung verwendet wird.

Eine weitere Genauigkeitsverbesserung erhält man, wenn aus einer Vielzahl darüber rollender Räder eine Gruppe mit einer bekannten Verteilung der Raddurchmesser ausgewählt und der Hilfswert anhand des statistisch gesicherten Mittelwerts dieser Gruppe bestimmt wird.

Eine genauere Ermittlung ergibt sich, wenn die auszuwählenden Räder in Rahmen mit festem Abstand angeordnet sind und die

Räder der ausgewählten Gruppe zu gleichen Rahmenachsabständen gehören.

- 5 Noch genauer ist es, wenn die Räder der auszuwählenden Gruppe zu Laufwerken in Form von Drehgestellen gehören, deren Räder in Rahmen mit festem Abstand angeordnet sind und die Räder der ausgewählten Gruppe zu gleichen Drehgestellen gehören.

- 10 Vorteilhaft sind 1800mm-Drehgestelle, da die Verteilung der Raddurchmesser der Räder dieser Drehgestelle normal ist und gegenüber den zu anderen Rahmenachsabständen gehörenden Rädern die kleinere Streuung aufweist. Die kleinere Streuung ist hier das Ergebnis einer Analyse.

- 15 Zur besseren Anpassung an zeitliche Schwankungen wird vorgeschlagen, dass aus jedem neu bestimmten Korrektur-Hilfswert der jeweils vorhergehende Hilfswert anhand dieses Korrektur-Hilfswertes zum neuen Hilfswert korrigiert wird.

- 20 Eine noch bessere Anpassung erhält man, wenn der Korrekturwert mittels eines vorgegebenen Korrekturfaktors graduell angepasst wird.

- 25 Zweckmäßig ist der erste vorgegebene Hilfswert ein geschätzter Wert.

Der Raddurchmesser wird durch Lösung folgender Gleichung berechnet:

$$R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2 \text{ bzw. } Rs^2 = (Rs-hss)^2 + (ses/2)^2$$

- 30 mit $2R$, $2Rs$ als Raddurchmesser, hs , hss als vorgegebener Hilfswert und se , ses als Sehnenlänge.

Zur Ermittlung des Hilfswertes wird vorgeschlagen, dass der Hilfswert bei vorgegebenem Schwellwert und davon abhängiger Sehnenlänge empirisch bestimmt wird.

- 5 Als Raddurchmesser lässt sich mit Vorteil der Laufkreisdurchmesser bestimmen, wenn der Radsensor unterhalb des seitlich über den Schienenkopf hinausragenden Laufkreises angeordnet ist.
- 10 Weisen die jeweils paarweise angeordneten Räder bezogen auf das Fahrschienenpaar innenseitig einander gegenüberliegende Spurkränze auf, so entspricht der Raddurchmesser dem Spurkranzdurchmesser, wobei die Radsensoren jeweils unterhalb der Spurkränze an der Fahrschiene anzuordnen sind.
- 15 Zur Bestimmung des Spurkranzdurchmessers kann der Radsensor unterhalb der Spurkränze und/oder der Laufkreise angeordnet sein, wobei der Spurkranzdurchmesser gleich dem Laufkreisdurchmesser plus der doppelten Spurkranzhöhe ist.
- 20 Eine konstruktive einfache Ausführung des Radsensors ergibt sich, wenn dieser als induktiv wirkender Sensor ausgebildet ist.
- 25 Zur Vermeidung von Messfehlern und instabilen Signalreaktionen sind unter Berücksichtigung einer zweckmäßig einzustellenden Hysteresis des Sensors zwei unterschiedliche Schwellwerte vorzugeben.
- 30 Um anhand der Sensorsignalkurven (zeitlicher Verlauf der Sensorsignale) die Geschwindigkeit zu bestimmen, wird vorgeschlagen, dass der Radsensor als Doppelradsensor mit zwei Radsensoren ausgebildet ist, wobei aus dem zeitlichen und

geometrischen Versatz der beiden Sensorsignalkurven die Geschwindigkeit bestimmt wird.

Um den Fehlereinfluss des vom Gleis und von der Achse abhängigen Sinuslaufes zu korrigieren, wird vorgeschlagen, dass je
 5 zwei Radsensoren innenseitig oder außenseitig am Fahrschienenpaar einander zu- bzw. abgewandt als Radsensorpaar angeordnet sind, wobei diese beiden Radsensoren auf einer quer, vorzugsweise senkrecht, zu den Fahrschienen verlaufenden ge-
 10 dachten Gerade liegen, dass für jeden Radsensor ein Korrektur-Hilfswert bestimmt wird, und dass die Korrektur-Hilfswerte des Radsensorpaars sowie die anhand ihrer Sensorsignale ermittelten Sehnenlängen jeweils gemittelt und anstelle des Korrektur-Hilfswerts sowie der Sehnenlänge des einzelnen Rad-
 15 sensors verwendet werden.

Vorteilhafterweise werden zwei Doppelradsensoren entsprechend paarweise innenseitig oder außenseitig am Fahrschienenpaar einander zu- bzw. abgewandt angeordnet, so dass gleichzeitig
 20 die Geschwindigkeit der Räder bestimmbar ist.

Die Mittelung kann gleisabhängig erfolgen:

- indem jeweils die Korrektur-Hilfswerte der beiden Radsensoren eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale ermittelten Sehnenlängen des Paares gemittelt werden,
 25
- indem jeweils der größere Korrektur-Hilfswert der beiden Radsensoren eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale ermittelte größere Sehnenlänge des Paares verwendet werden,
- 30 - indem jeweils der kleinere Korrektur-Hilfswert der beiden Radsensoren eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale ermittelte kleinere Sehnenlänge des Paares verwendet werden,

- indem die ermittelten Raddurchmesser des Doppelradsensorpaars jeweils gemittelt werden,
 - indem jeweils von den ermittelten Raddurchmessern des Doppelradsensorpaars der größere Raddurchmesser verwendet
 - 5 wird oder
 - indem jeweils von den ermittelten Raddurchmessern des Doppelradsensorpaars der kleinere Raddurchmesser verwendet wird.
- 10 Die Lösung sieht bezogen auf die Schwerkraftablaufanlage vor, dass die Zeitdifferenz des Sensorsignals erfasst wird zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten oder umgekehrt dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest
- 15 eines vorgegebenen Schwellwertes, dass anhand der Radgeschwindigkeit aus der Zeitdifferenz eine dem Raddurchmesser entsprechende Sehnenlänge ermittelt wird, aus der anhand eines jeweils vorgegebenen Hilfwertes der Raddurchmesser berechenbar ist, dass zur Kalibrierung nach dem bekannten Raddurchmesser ein vorläufiger Raddurchmesser berechnet wird und
- 20 anhand der relativen Abweichung des berechneten vorläufigen Raddurchmessers von dem bekannten Raddurchmesser mittels eines Sehnenkorrekturfaktors jeweils eine korrigierte Sehnenlänge berechnet wird und dass mittels der jeweils korrigierten Sehnenlänge anhand des bekannten Raddurchmessers jeweils
- 25 ein Korrektur-Hilfswert und dann mittels des Korrektur-Hilfwerts durch Anpassung des jeweils vorgegebenen Hilfwertes ein jeweils auch die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigender neuer vorgegebener Hilfwert bestimmt wird. Die starke Schwankungsbreite der Spurkranzdurchmesser von ca. 300 mm bis
- 30 ca. 1100 mm beeinflusst unzulässig stark die Geschwindigkeitsregelung mittels Kolbengleisbremsen in Ablaufanlagen. Mit der selbsttätigen und genauen Ermittlung der Spurkranzdurchmesser kann dem unterschiedlichen Arbeitsvermögen von

Kolbengleisbremsen durch Variation der Abdrückgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Raddurchmesser am Startpunkt der Abläufe optimal entsprochen werden.

- 5 Die Anpassung an das Arbeitsvermögen der Schwerkraftablaufanlage ist dann besonders einfach, wenn die zeitliche Differenz eines nachfolgend ablaufenden Schienenfahrzeugs zum unmittelbar vorhergehenden Schienenfahrzeug am Startpunkt anhand des ermittelten Spurkranzdurchmessers des nachlaufenden oder/und
10 des vorlaufenden Schienenfahrzeugs bestimmt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

- 15 Fig. 1 ein Schienenpaar mit innenseitig an einer Fahrschiene angeordnetem Doppelradsensor,
Fig. 2 eine schematische Darstellung eines auf einer Fahrschiene abrollenden Rades mit den erzeugten Radsensorsignalen zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers,
20 Fig. 3 eine schematische Darstellung analog zu Fig. 2 zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers,
Fig. 4 ein Fahrschienenpaar gemäß Fig. 1 mit einem außenseitig an einer Fahrschiene angeordneten Doppelradsensor und
Fig. 5 ein Fahrschienenpaar gemäß Fig. 1 mit einem außenseitig und einem innenseitig an einer Fahrschiene angeordneten Doppelradsensorpaar.
25

- Fig. 1 zeigt einen Abschnitt zweier paralleler Fahrschienen 1, die mittels Schwellen 2 miteinander verbunden sind. Längs
30 der Fahrschienen 1 können sich Schienenfahrzeuge (nicht gezeigt) bewegen. Zu solchen Schienenfahrzeugen gehören insbesondere nicht angetriebene Güterwagen. Die Schienenfahrzeuge weisen zumindest zwei in Bewegungsrichtung beabstandete Paare

von Rädern 3 (s. Fig. 2 und Fig. 3) auf, die jeweils mittels Achsen fest verbunden sein können.

Schienenfahrzeuge besitzen Laufwerke in Form von Drehgestel-
 5 len, in denen die Räder 3 in Rahmen mit festem Abstand angeordnet sind (nicht gezeigt). Die Drehgestelle sind in der Praxis 1500mm-, 1700mm-, 1800mm- oder 2000mm-Drehgestelle.

In Fig. 1 ist bezogen auf das Fahrschienenpaar an einer Fahr-
 10 schiene 1 innenseitig ein Radsensor einer Messanordnung zur Ermittlung des Raddurchmessers angeordnet. Der Radsensor ist als Doppelradsensor 4 ausgebildet, d. h. er besteht aus zwei voneinander unabhängigen induktiv wirkenden Radsensoren 4a, 4b, die in Schienenlängsrichtung voneinander beabstandet
 15 sind. Jeder Radsensor 4a, 4b erzeugt bei einem auf der Fahrschiene 1 darüber rollenden Rad 3 ein entsprechendes Sensor-signal (s. 8a, 8b in Fig. 2 und Fig. 3).

Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung ein auf der
 20 Fahrschiene 1 abrollendes Rad 3 zu zwei verschiedenen Zeitpunkten. Wie Fig. 2 erkennen lässt, rollt das Rad 3 mit seinem Laufkreis 5 (Laufkreisradius R) auf der Lauffläche 1a der Fahrschiene 1 ab, während der Laufkranz 6 des Rads 3 seitlich über die Lauffläche 1a der Fahrschiene 1 hinaus nach unten
 25 ragt. Die Spurkränze 6 sind bezogen auf das Fahrschienenpaar innenseitig einander gegenüberliegend angeordnet. Die Radsensoren 4a, 4b befinden sich unterhalb des Laufkranzes 6 an den in Fig. 2 eingezeichneten Positionen auf der Innenseite der Fahrschiene 1. Der Radius des Außenumfangs des Spurkranzes 6
 30 ist der Spurkranzradius R_s . Die von den Radsensoren 4a, 4b abgegebenen Sensorsignale 8a, 8b sind in ihrem zeitlichen Verlauf korrespondierend zu dem sich bewegenden Rad 3 in Fig. 2 eingezeichnet. Man erkennt, dass beide Sensorsignale 8a, 8b

zunächst stetig abfallen, um dann umgekehrt wieder stetig an-
 zusteigen. Je nach Ausgestaltung der Radsensoren 4a, 4b kön-
 nen die Sensorsignale 8a, 8b selbstverständlich auch umge-
 kehrt verlaufen, also zuerst ansteigen und dann wieder abfal-
 5 len. Zur Bestimmung einer dem Spurkranzradius R_s entsprechen-
 den Länge ist eine Triggerschwelle 9 vorgegeben, anhand derer
 jeweils die Zeitdifferenz der Sensorsignale 8a, 8b zwischen
 dem Über- und anschließend Unterschreiten der Trigger-
 schwelle 9 ermittelt wird. Damit die induktiv wirkenden Sen-
 10 soren 4a, 4b eine Hysteresis aufweisen, können zwei unter-
 schiedliche Triggerschwellwerte 9 bei ansteigendem und abfal-
 lendem Sensorsignal 8a, 8b verwendet werden.

In Fig. 3 ist schematisch eine ähnliche Situation wie in Fig.
 15 2 dargestellt: Ein Rad 3 zu zwei unterschiedlichen Zeitpunk-
 ten sowie die Sensorsignale 8a, 8b der beiden Radsensoren 4a,
 4b. Im Unterschied zu Fig. 2 weist das Rad 3 keinen Spurkranz
 6 auf.

20 Die Radien R , R_s des Laufkreises und des Spurkranzes werden
 auf die gleiche Weise ermittelt. Die Radsensoren 4a, 4b müs-
 sen dazu lediglich unterhalb des Laufkreises 5, also außen-
 seitig an einer Fahrschiene 1 wie in Fig. 4 gezeigt, anstatt
 unterhalb des Spurkranzes 6 angeordnet sein, da in diesem
 25 Fall der darüber rollende Laufkreis und nicht der Spurkranz
 mittels der Radsensoren 4a, 4b erfasst werden muss.

Im Folgenden wird deshalb die Ermittlung der Radien R , R_s nur
 anhand des Laufkreisradius R beschrieben.

30 Der Spurkranzdurchmesser $2R_s$ lässt sich anhand des Laufkreis-
 durchmessers $2R$ und der Spurkranzhöhe Sh berechnen; der Spur-

kranzdurchmesser $2R_s$ ist gleich dem Laufkreisdurchmesser $2R$ plus der doppelten Spurkranzhöhe $2R_s = 2R + 2Sh$.

Fig. 3 zeigt weiter mittels der Triggerschwelle 9 aus den
5 Sensorsignalen 8a, 8b erzeugte Ausgangssignale 9a, 9b (Ausgangsimpulse), die eine einfache Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen der ansteigenden und der abfallenden Flanke der Sensorsignale 8a, 8b ermöglichen.

10 Anhand der zeitlichen Verschiebung der beiden rechteckimpulsförmigen Ausgangssignale 9a, 9b kann weiter eine dem Abstand der Radsensoren 4a, 4b entsprechende Zeit bestimmt und daraus die Geschwindigkeit des Rades 3 berechnet werden. Die Geschwindigkeit ist selbstverständlich auch auf andere Weise
15 bestimmbar.

Zur Berechnung des unbekannten Laufkreisradius R (Abstand A-B) dient der gedachte Raddurchmesserkreis RDK (hier identisch mit dem Laufkreis 5), in den die halbe Sehnenlänge $se/2$ (Ab-
20 stand B-C, halber Abstand B-E) eingezeichnet ist. Man erkennt, dass sich der Laufkreisradius R sofort berechnen lässt, wenn die Sehnenhöhe hs (Abstand C-D) bekannt ist, und zwar nach folgender Formel:

$$25 \quad R^2 = (R - hs)^2 + (se/2)^2 \quad (1)$$

Die Sehnenhöhe hs ist hier ein vorgegebener Hilfwert zur Berechnung des unbekannten Raddurchmessers $2R$, welcher dem Maximalabstand der Sehne im Raddurchmesserkreis RDK entspricht.
30 Dieser Hilfwert hs kann bei eingestellter Triggerschwelle 9 wie nachfolgend gezeigt empirisch ermittelt werden.

Die Kalibrierung der Messanordnung erfolgt durch iterative Korrektur des jeweils vorgegebenen Hilfswertes hs , der nachfolgend bezogen auf den Laufkreises als Hilfswert $hs(i-1)$ und bezogen auf den Spurkranz als Hilfswert $hss(i-1)$ bezeichnet wird. Die positive ganze Zahl i ist dabei eine Laufzahl; der Hilfswert $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ ist der vor dem Hilfswert $hs(i)$, $hss(i)$ vorgegebene Wert. Der Hilfswert $hs(i)$, $hss(i)$ ist also jeweils der im darauf folgenden Schritt korrigierte Hilfswert $hs(i-1)$, $hss(i-1)$.

10

Die Korrektur des Hilfswertes $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ erfolgt, indem bei einem darüber rollenden Rad 3 mit bekanntem Raddurchmesser, nachfolgend mit $2Rb$ für den bekannten Laufkreisdurchmessers und $2Rsb$ für den bekannten Spurkranzdurchmesser bezeichnet, anhand des bekannten Raddurchmessers $2Rb$, $2Rsb$ mittels der Formel

$$Rb^2 = (Rb - hs(i-1))^2 + (se/2)^2 \text{ bzw. } Rsb^2 = (Rsb - hss(i-1))^2 + (ses/2)^2 \quad (2)$$

20

jeweils ein neuer Hilfswert $hs(i)$, $hss(i)$ bestimmt und als neuer vorgegebener Hilfswert $hs(i)$, $hss(i)$ für die weiteren Raddurchmesserberechnungen verwendet wird, und zwar durch Korrektur des jeweils vorgegebenen (alten) Hilfswertes $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ wie nachfolgend beschrieben.

25

Dazu wird jeweils anhand der Formel (2) die dem bekannten Raddurchmesser $2Rb$, $2Rsb$ entsprechende vorläufige Sehnenlänge, nachfolgend mit sev , $sesv$ bezeichnet, ermittelt und anschließend mit dem (alten) Hilfswert $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ ein korrigierter vorläufiger Raddurchmesser $2Rv$, $2Rsv$ berechnet.

30

Die vorläufige Sehnenlänge sev , $sesv$ ist aber bedingt durch die Durchmesserabhängigkeit der Messanordnung fehlerbehaftet.

So liefert ein Rad 3 mit größerem Durchmesser $2R_b, 2R_{sb}$ eine größere als die wirkliche Sehnenlänge $sev, sesv$, ein kleineres Rad 3 eine kleinere als die wirkliche Sehnenlänge $sev, sesv$. Der Wert für die Sehnenlänge $sev, sesv$ kann beim kleinsten und größten Durchmesser $2R_b, 2R_{sb}$ um bis zu $\pm 20\%$ vom wirklichen Wert abweichen.

Um dies zu korrigieren wird anhand der relativen Abweichung des berechneten vorläufigen Raddurchmessers $2R_v, 2R_{sv}$ von dem bekannten Raddurchmesser $2R_b, 2R_{sb}$ und mittels eines Sehnenkorrekturfaktors C_d jeweils eine die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigende korrigierte Sehnenlänge $sek, sesk$ berechnet:

$$15 \quad sek = sev(1 - (C_d(2R_v - 2R_b)/2R_b)) \text{ bzw. } sesk = sesv(1 - (C_d(2R_{sv} - 2R_{sb})/2R_{sb})) \quad (3)$$

Weiter wird mittels der korrigierten Sehnenlängen $sek, sesk$ anhand des bekannten Raddurchmessers $2R_b, 2R_{sb}$ mittels der

20 Formel

$$R_b^2 = (R_b - ihs)^2 + (sek/2)^2 \text{ bzw. } R_{sb}^2 = (R_{sb} - ihss)^2 + (sesk/2)^2$$

(2)

25 jeweils ein Korrektur-Hilfswert $ihs, ihss$ und dann mittels der Korrektur-Hilfswerte $ihs, ihss$ durch Anpassung (iterative dynamische Korrektur) die vorgegebenen Hilfswerte $hs(i-1), hss(i-1)$ ein auch die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigende neue vorgegebene Hilfswerte $hs(i), hss(i)$ bestimmt

30

Zur Anpassung an zeitliche und verschleißbedingte Schwankungen wird also aus jedem neu bestimmten Korrektur-Hilfswert $ihs, ihss$ der jeweils vorhergehende Hilfswert $hs(i-1), hss(i-$

1) anhand der Korrektur-Hilfswerte ihs , $ihss$ zum jeweils neuen Hilfswert $hs(i)$, $hss(i)$ korrigiert.

Vorzugsweise wird der jeweilige Korrekturwert mittels eines vorgegebenen Korrekturfaktors K graduell angepasst, der beispielsweise zwischen 1% und 20% gewählt werden kann, und zwar so:

$$\begin{aligned} hs(i) &= hs(i-1) - K(hs(i-1) - ihs) \text{ bzw.} \\ hss(i) &= hss(i-1) - K(hss(i-1) - ihss) \end{aligned} \quad (4)$$

mit $K = 0,01 \dots 0,20$ und einem Korrekturwert $K(hs(i-1)-ihs)$ bzw. $K(hss(i-1)-ihss)$.

K kann beliebig zwischen $0,01 \dots 0,20$ gewählt werden; Kriterien sind die Schwankungsbreite der Korrekturwert $hs(i)$, $hss(i)$ und die Stabilität der Regelung. Die Korrekturwerte $hs(i)$, $hss(i)$ sind abhängig vom Typ, vom Exemplar, von der Montage und von der Sorgfalt der Schaltpunkteinstellung der verwendeten Radsensoren 4a,4b.

Eine spezielle Ausgestaltung sieht vor, dass die Hilfswerte ihs , $ihss$ anhand von darüber rollenden ausgewählten Rädern 3 einer Gruppe bestimmt werden, bei denen die Verteilung der Raddurchmesser $2Rb$, $2Rsb$ bekannt ist. Die Räder 3 der ausgewählten Gruppe gehören zu gleichen Rahmenachsabständen und damit zu gleichen Drehgestellen. Als bekannter Raddurchmesser $2Rb$, $2Rsb$ wird jeweils der statistisch gesicherte Mittelwert der Verteilung verwendet.

Insbesondere die 1800mm-Drehgestelle weisen eine Normal-Verteilung der Raddurchmesser $2Rb$, $2Rsb$ mit einer relativ kleinen Streuung auf (also gegenüber den zu anderen Rahmenachsabständen gehörenden Rädern 3 die kleinere Streuung), weshalb man beispielsweise die Gruppe der Räder 3 der 1800mm-Drehge-

stelle vorzugsweise für die Kalibrierung der Messanordnung verwendet. Die Schwankungsbreite des Spurkranz-Durchmessers der Räder in 1800mm-Drehgestellen beträgt etwa $965 \text{ mm} \pm 28 \text{ mm}$ (Standardabweichung).

5

Der jeweils aktuelle Korrektur-Hilfswert ihs , $ihss$ wird hierbei aus der jeweils korrigierten Sehne sek , $sesk$ und dem vorgegebenen gemittelten "Normal-Durchmesser" $2Rb$, $2Rsb$ errechnet. Die Kalibrierung beruht darauf, dass bestimmte ausgewählte Räder 3 (und nur diese werden für die Kalibrierung benutzt) gemittelt genau dem "Normal-Durchmesser" $2Rb$, $2Rsb$ entsprechen.

10

Die Größen ihs , $ihss$ sowie $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ und $hs(i)$, $hss(i)$ sind damit immer auf das "Normal" bezogen und die jeweils gemessene Sehne se , ses somit dem "Normal-Durchmesser" zugeordnet.

15

Als erster jeweils vorgegebener Hilfswert $hs(i-1)$, $hss(i-1)$ bei dem das Verfahren zur Kalibrierung startet, kann ein hinreichend (genauer) Schätzwert als Anfangswert gewählt werden.

20

Jede der in Fig. 1 und Fig. 4 dargestellten Radsensoranordnungen (Messanordnungen) kann in einer Schwerkraftablaufanlage für Schienenfahrzeuge (zweckmäßigerweise vor dem Startpunkt) eingesetzt und gemäß dem oben beschriebenen Verfahren betrieben werden. Die selbsttätig ermittelten Spurkranzdurchmesser $2Rs$, welche die Kolbengleisbremsen betätigen, legen dabei den kleinstmöglichen zeitlichen Abstand der Schienenfahrzeuge durch die Vorgabe der jeweils grössten möglichen Abdrückgeschwindigkeit am Startpunkt fest, und zwar anhand des ermittelten Spurkranzdurchmessers $2Rs$ des nachlaufenden und/oder des vorlaufenden Schienenfahrzeuges.

25

30

Fig. 5 zeigt ein Fahrschienenpaar gemäß Fig. 1 mit einem außen- und einem innenseitig an einer Fahrschiene angeordneten Doppelradsensorpaar 4,4. Dabei sind je zwei Radsensoren 4a1,4a2 und 4b1,4b2 innenseitig am Fahrschienenpaar einander zugewandt als Radsensorpaar 4a1,4a2;4b1,4b2 angeordnet sind, wobei diese beiden Radsensoren 4a1,4a2 oder 4b1,4b2 auf einer quer, vorzugsweise senkrecht, zu den Fahrschienen verlaufenden gedachten Gerade liegen. Dasselbe gilt analog für das außenseitige Doppelradsensorpaar 4, bei dem die beiden Radsensoren 4a1,4a2 und 4b1,4b2 einander abgewandt als Radsensorpaar 4a1,4a2;4b1,4b2 angeordnet sind. Um den vom Gleis abhängigen Sinuslauf zu berücksichtigen, wird für jeden Radsensor 4a1,4a2,4b1,4b2 zunächst ein Korrektur-Hilfswert ihs , $ihss$ bestimmt. Dann werden die Korrektur-Hilfswerte ihs , $ihss$ jedes Radsensorpaars 4a1,4a2;4b1,4b2 sowie die anhand ihrer Sensorsignale 8a1, 8a2 bzw. 8b1,8b2 ermittelten Sehnenlängen se , ses jeweils gemittelt und anschließend anstelle des Korrektur-Hilfswerts ihs , $ihss$ sowie der Sehnenlänge se , ses des einzelnen Radsensors 4a1,4a2,4b1,4b2 verwendet.

Die Radsensoren 4a1,4a2, 4b1,4b2 jedes Paars 4a1,4a2 und 4b1,4b2 sind jeweils mindestens in einem Abstand längs der Fahrschienen angeordnet, der jeweils die Zuordnung der Betätigungen des Paars 4a1,4a2 und 4b1,4b2 zu einer einzigen Radachse sichert.

Die Mittelung kann so aussehen, dass jeweils der Korrektur-Hilfswert ihs , $ihss$ der beiden Radsensoren 4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2 eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale 8a1,8b1 bzw. 8a2,8b2 ermittelte zugehörige Sehnenlänge se , ses gemittelt werden. Es kann auch eine Auswahl getroffen werden, dass jeweils der größere Korrektur-Hilfswert ihs ,

ihss der beiden Radsensoren 4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2 eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale 8a1,8b1 bzw. 8a2,8b2 ermittelte zugehörige größere Sehnenlänge s_e , s_{es} verwendet werden. Oder aber jeweils der kleinere Korrektur-Hilfswert

5 ihs , $ihss$ der beiden Radsensoren 4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2 sowie die entsprechend ermittelte kleinere Sehnenlänge s_e , s_{es} des Paares 4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2 werden verwendet. Es können aber auch erst die Raddurchmesser 2R,2Rs des Doppelradsensorpaares 4a1,4b1;4a2,4b2 ermittelt und diese danach jeweils gemittelt

10 werden. Praktikabel ist aber auch, dass jeweils von den ermittelten Raddurchmessern 2R,2Rs des Doppelradsensorpaares 4a1,4b1;4b1,4b2 der größere oder aber der kleinere Raddurchmesser verwendet wird. Welche Möglichkeit gewählt wird, richtet sich nach der Konstruktion und dem Zustand des Gleises,

15 ist also von diesem abhängig.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung einer Messanordnung zur Ermitt-
5 lung des Raddurchmessers (2R,2Rs) von sich längs zweier
paralleler Fahrschienen (1) bewegenden Rädern (3) von
Schienenfahrzeugen, insbesondere von Güterwagen, deren je-
weils paarweise angeordnete Räder (3) einander gegenüber-
liegen,
10 bei dem ein bekannter Raddurchmesser (2R,2Rs) als Referenz
verwendet wird, und
bei dem zumindest an einer Fahrschiene (1) ein das Rad (3)
erfassender Radsensor (4a,4b) unterhalb der auf der Fahr-
schiene (1) abrollenden Räder (3) angeordnet ist, wobei
15 der Radsensor (4a,4b) ein Sensorsignal (8a,8b) erzeugt,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zeitdifferenz des Sensorsignals (8a,8b) erfasst
wird zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten
oder umgekehrt dem Unter- und anschließenden Überschreiten
20 zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes (9),
dass anhand der Radgeschwindigkeit aus der Zeitdifferenz
eine dem Raddurchmesser (2R,2Rs) entsprechende Sehnenlänge
(se, ses) ermittelt wird,
aus der anhand eines vorgegebenen Hilfswertes ($hs(i-1)$,
25 $hss(i-1)$) der Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berechenbar ist,
dass zur Kalibrierung nach dem bekannten Raddurchmesser
(2R,2Rs) ein vorläufiger Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berech-
net wird und anhand der Abweichung des berechneten vorläu-
figen Raddurchmessers (2Rv,2Rsv) von dem bekannten Rad-
30 durchmesser (2Rb,2Rsb) mittels eines Sehnenkorrekturfak-
tors (Cd) jeweils eine korrigierte Sehnenlänge (sek, sesk)
berechnet wird und
dass mittels der korrigierten Sehnenlänge (sek, sesk) an-

hand des bekannten Raddurchmessers ($2R, 2R_s$) jeweils ein Korrektur-Hilfswert ($ihs, ihss$) und dann mittels des Korrektur-Hilfswerts ($ihs, ihss$) durch Anpassung des vorgegebenen Hilfswertes ($hs(i-1), hss(i-1)$) ein auch die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigender neuer vorgegebener
5 Hilfswert ($hs(i), hss(i)$) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,
10 dass der zeitliche Verlauf des Sensorsignals (8a, 8b) bei einem darüber rollenden Rad (3) jeweils am Anfang stetig ansteigt oder abfällt und am Ende umgekehrt wieder stetig abfällt bzw. ansteigt und
dass die Sehnenlänge (se, ses) der Länge einer Kreissehne
15 und der Hilfswert (hs, hss) der Sehnenhöhe im gedachten Raddurchmesserkreis (RDK) entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,
20 dass der Sehnenkorrekturfaktor (C_d) ein empirisch ermittelter Faktor der Messanordnung ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

dadurch gekennzeichnet,
25 dass der jeweilige Korrektur-Hilfswert ($ihs, ihss$) anhand laufend darüber rollender Räder (3) mit bekanntem Raddurchmesser ($2R, 2R_s$) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

30 dadurch gekennzeichnet,
dass der jeweilige Korrektur-Hilfswert ($ihs, ihss$) anhand laufend darüber rollender Räder (3) mit einer bekannten Verteilung der Raddurchmesser ($2R, 2R_s$) bestimmt wird, wo-

bei als bekannter Raddurchmesser ($2R, 2Rs$) der statistisch gesicherte Mittelwert der Verteilung verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

5 dadurch gekennzeichnet,
dass aus laufend darüber rollenden Rädern (3) eine Gruppe mit einer bekannten Verteilung der Raddurchmesser ($2R, 2Rs$) ausgewählt und der jeweilige Korrektur-Hilfswert (ihs ihs_s) anhand des statistisch gesicherten Mittelwerts dieser Gruppe bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Räder (3) in Rahmen mit festem Abstand angeordnet sind und die Räder (3) der ausgewählten Gruppe zu gleichen Rahmenachsabständen gehören.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,

20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Räder (3) der auszuwählenden Gruppe zu Laufwerken in Form von Drehgestellen gehören, deren Räder (3) in Rahmen mit festem Abstand angeordnet sind und dass die Räder (3) der ausgewählten Gruppe zu gleichen Drehgestellen gehören.

25 9. Verfahren nach Anspruch 8,

30 dadurch gekennzeichnet,
dass die Drehgestelle 1800mm-Drehgestelle sind, wobei die Verteilung der Raddurchmesser ($2R, 2Rs$) der Räder (3) dieser Drehgestelle normal ist und gegenüber den zu anderen Rahmenachsabständen gehörenden Rädern die kleinere Streuung aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Drehgestelle 1500mm-, 1700mm- oder 2000mm-Drehge-
stelle sind.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass aus jedem jeweilig neu bestimmten Korrektur-Hilfswert
(ihs, ihss) ein zum jeweils vorhergehenden Hilfswert
10 (hs(i-1), hss(i-1)) graduell angepasster neuer Hilfswert
(hs(i), hss(i)) gebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11,
dadurch gekennzeichnet,

15 dass der jeweils erste vorgegebene Hilfswert ein geschätz-
ter Wert ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 12,
dadurch gekennzeichnet,

20 dass bei der Messanordnung der Raddurchmesser (2R, 2Rs)
durch Lösung folgender Gleichung berechnet wird:
$$R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2 \text{ bzw. } Rs^2 = (Rs-hss)^2 + (ses/2)^2$$

mit 2R, 2Rs als Raddurchmesser, hs, hss als vorgegebener
Hilfswert und se, ses als Sehnenlänge.

25

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 13,
dadurch gekennzeichnet,

dass bei der Messanordnung der jeweils vorgegebene Hilfs-
wert (hs, hss) bei vorgegebenem Schwellwert (9) und je-
30 weils davon abhängiger Sehnenlänge (se, ses) empirisch er-
mittelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung der Raddurchmesser der Lauf-
kreisdurchmesser (2R) ist.

5

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung die jeweils paarweise angeord-
neten Räder (3) bezogen auf das Fahrschienenpaar (1) in-
nenseitig einander gegenüberliegende Spurkränze (6) auf-
weisen und der Raddurchmesser der Spurkranzdurchmesser
(2Rs) ist.

10

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung der Radsensor (4a,4b) unterhalb
der Spurkränze (6) und/oder der Laufkreise (5) angeordnet
ist, wobei der Spurkranzdurchmesser (2Rs) gleich dem
Laufkreisdurchmesser (2R) plus der doppelten Spurkranzhöhe
(2Sh) ist.

15

20

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung der Radsensor (4a,4b) als in-
duktiv wirkender Sensor ausgebildet ist.

25

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung zur Einstellung einer
Schalthysteresis des Sensors (4a,4b) zwei unterschiedliche
Schwellwerte (9) vorgegeben sind.

30

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Messanordnung der Radsensor (4a,4b) als Doppelradsensor (4) mit zwei Radsensoren (4a und 4b) ausgebildet ist, wobei aus dem zeitlichen und geometrischen Versatz der beiden Sensorsignalkurven die Geschwindigkeit bestimmt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass je zwei Radsensoren (4a1,4a2 oder 4b1,4b2) innenseitig oder außenseitig am Fahrschienenpaar einander zu- bzw. abgewandt als Radsensorpaar (4a1,4a2;4b1,4b2) angeordnet sind, wobei diese beiden Radsensoren (4a1,4a2 oder 4b1,4b2) auf einer quer, vorzugsweise senkrecht, zu den Fahrschienen verlaufenden gedachten Gerade liegen, dass für jeden Radsensor (4a1,4a2,4b1,4b2) ein Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) bestimmt wird, und dass die Korrektur-Hilfswerte (ihs, ihss) des Radsensorpaars (4a1,4a2;4b1,4b2) sowie die anhand ihrer Sensorsignale (8a1, 8a2 bzw. 8b1,8b2) ermittelten Sehnenlängen (se, ses) jeweils gemittelt und anstelle des Korrektur-Hilfswerts (ihs, ihss) sowie der Sehnenlänge (se, ses) des einzelnen Radsensors (4a1,4a2,4b1,4b2) verwendet werden.

22. Verfahren nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass vier Radsensoren (4a1,4a2,4b1,4b2) von zwei Doppelradsensoren (4;4) entsprechend paarweise innenseitig oder außenseitig am Fahrschienenpaar einander zu- bzw. abgewandt angeordnet sind und dass jeweils der Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) der beiden Radsensoren (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale

(8a1,8b1 bzw. 8a2,8b2) ermittelte Sehnenlänge (se, ses) des Paares (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) gemittelt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,

5 dadurch gekennzeichnet,

dass jeweils der größere Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) der beiden Radsensoren (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale (8a1,8b1 bzw. 8a2,8b2) ermittelte größere Sehnenlänge (se, ses) des Paares (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) verwendet werden.

24. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass jeweils der kleinere Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) der beiden Radsensoren (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) eines Paares sowie die anhand ihrer Sensorsignale (8a1,8b1 bzw. 8a2,8b2) ermittelte kleinere Sehnenlänge (se, ses) des Paares (4a1,4a2 bzw. 4b1,4b2) verwendet werden.

20 25. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass die ermittelten Raddurchmesser (2R,2Rs) des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4a2,4b2) jeweils gemittelt werden.

25 26. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass jeweils von den ermittelten Raddurchmessern (2R,2Rs) des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4b1,4b2) der größere Raddurchmesser verwendet wird.

30

27. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass jeweils von den ermittelten Raddurchmessern (2R,2Rs)

des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4b1,4b2) der kleinere Raddurchmesser verwendet wird.

28. Schwerkraftablaufanlage für Schienenfahrzeuge mit sich
- 5 längs zweier paralleler Fahrschienen (1) bewegenden Rädern (3), insbesondere für Güterwagen, mit zumindest einer Kolbengleisbremse zum Abbremsen der Schwerkraft angetriebenen Schienenfahrzeuge, bei denen die Räder (3) jeweils paarweise angeordnet sind und einander gegenüberliegen,
- 10 bei der zumindest an einer Fahrschiene (1) ein das Rad (3) erfassender Radsensor (4a,4b) unterhalb der auf der Fahrschiene (1) abrollenden Räder (3) angeordnet ist, wobei der Radsensor (4a,4b) ein Sensorsignal (8a,8b) erzeugt, dadurch gekennzeichnet,
- 15 dass die Zeitdifferenz des Sensorsignals (8a,8b) erfasst wird zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten oder umgekehrt dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes (9), dass anhand der Radgeschwindigkeit aus der Zeitdifferenz
- 20 eine dem Raddurchmesser (2R,2Rs) entsprechende Sehnenlänge (se, ses) ermittelt wird, aus der anhand eines jeweils vorgegebenen Hilfwertes (hs(i-1), hss(i-1)) der Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berechenbar ist,
- 25 dass zur Kalibrierung nach dem bekannten Raddurchmesser (2R,2Rs) ein vorläufiger Raddurchmesser (2Rv,2Rsv) berechnet wird und anhand der relativen Abweichung des berechneten vorläufigen Raddurchmessers (2Rv,2Rsv) von dem bekannten Raddurchmesser (2Rb,2Rsb) mittels eines Sehnenkorrekturfaktors (Cd) jeweils eine korrigierte Sehnenlänge (sek, sesk) berechnet wird und
- 30 dass mittels der jeweils korrigierten Sehnenlänge (sek, sesk) anhand des bekannten Raddurchmessers (2R,2Rs) je-

weils ein Korrektur-Hilfswert (ihs, ihss) und dann mittels des Korrektur-Hilfswerts (ihs, ihss) durch Anpassung des jeweils vorgegebenen Hilfswertes (hs(i-1), hss(i-1)) ein jeweils auch die Durchmesserabhängigkeit berücksichtigender neuer vorgegebener Hilfswert (hs(i), hss(i)) bestimmt wird.

29. Schwerkraftablaufanlage nach Anspruch 28,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass die zeitliche Differenz eines nachfolgend ablaufenden Schienenfahrzeugs zum unmittelbar vorhergehenden Schienenfahrzeug am Startpunkt anhand des ermittelten Spurkranzdurchmessers (2Rs) des nachlaufenden oder/und des vorlaufenden Schienenfahrzeugs bestimmt wird.

FIG 1

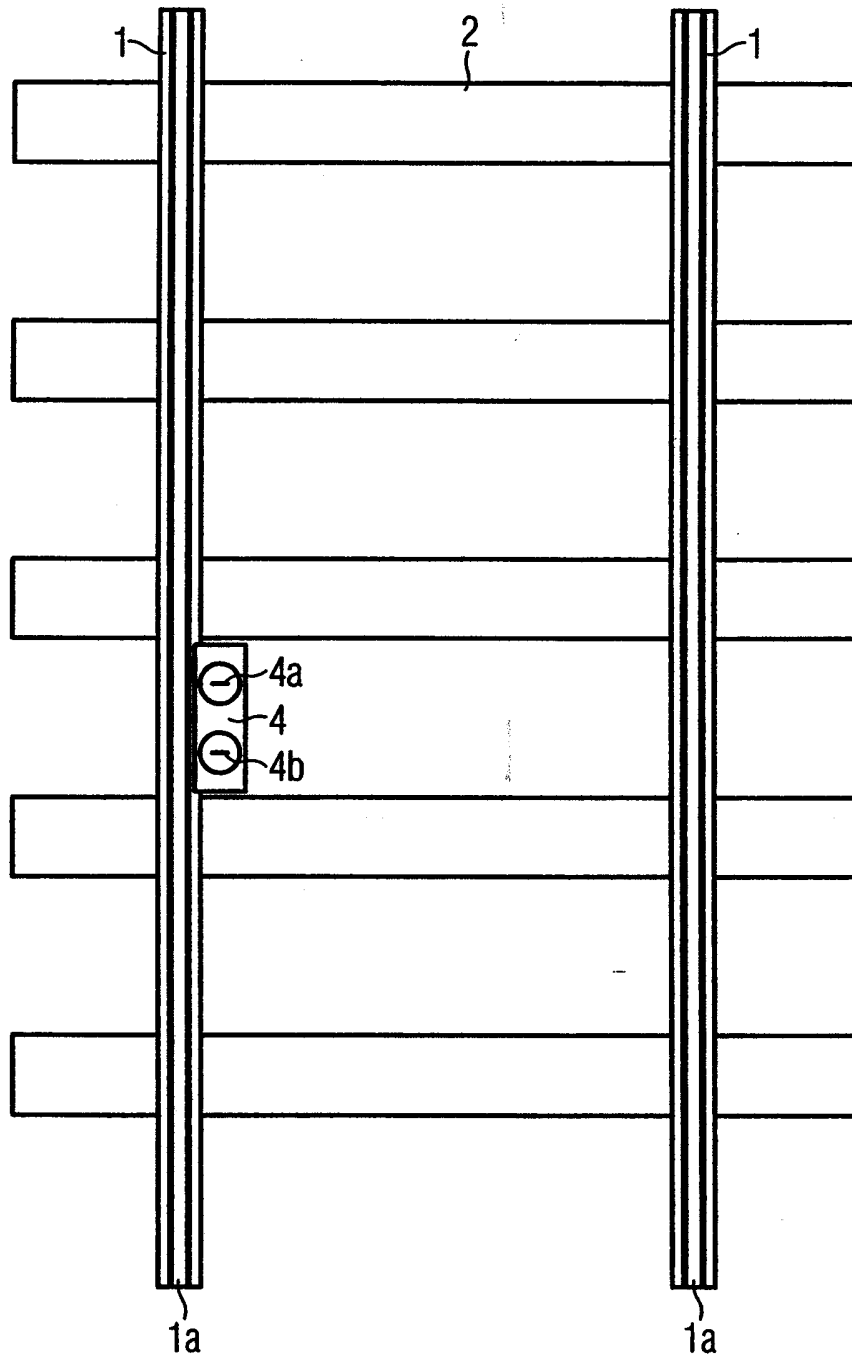


FIG 2

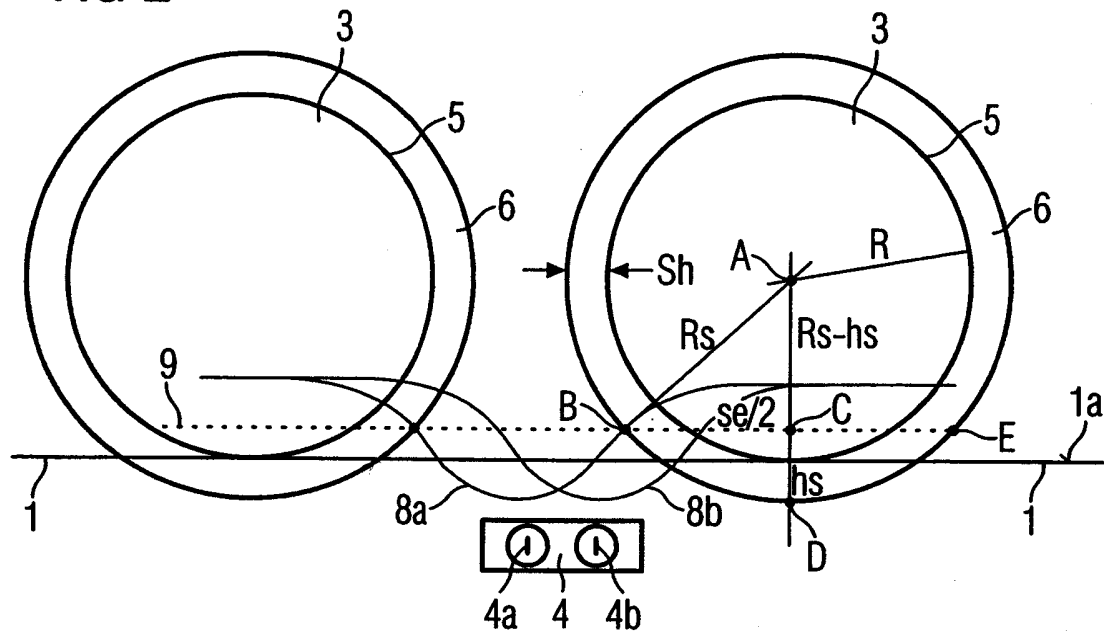


FIG 3

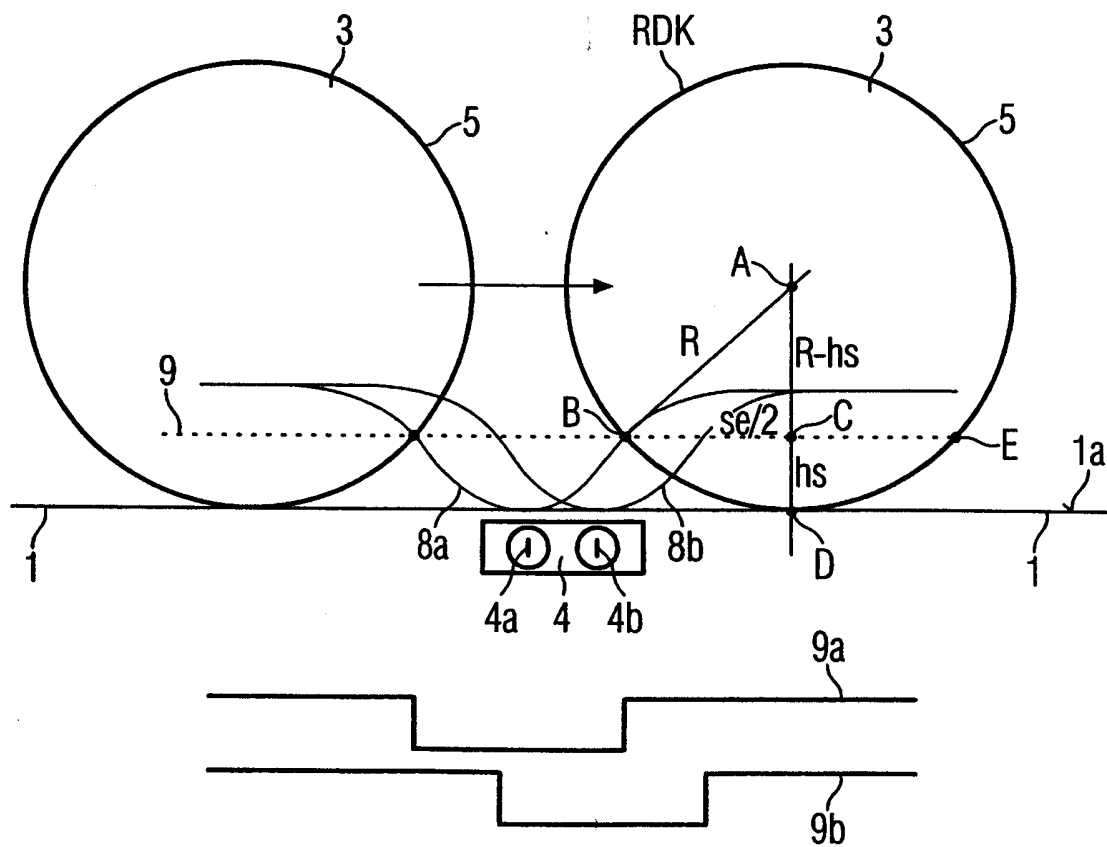


FIG 4

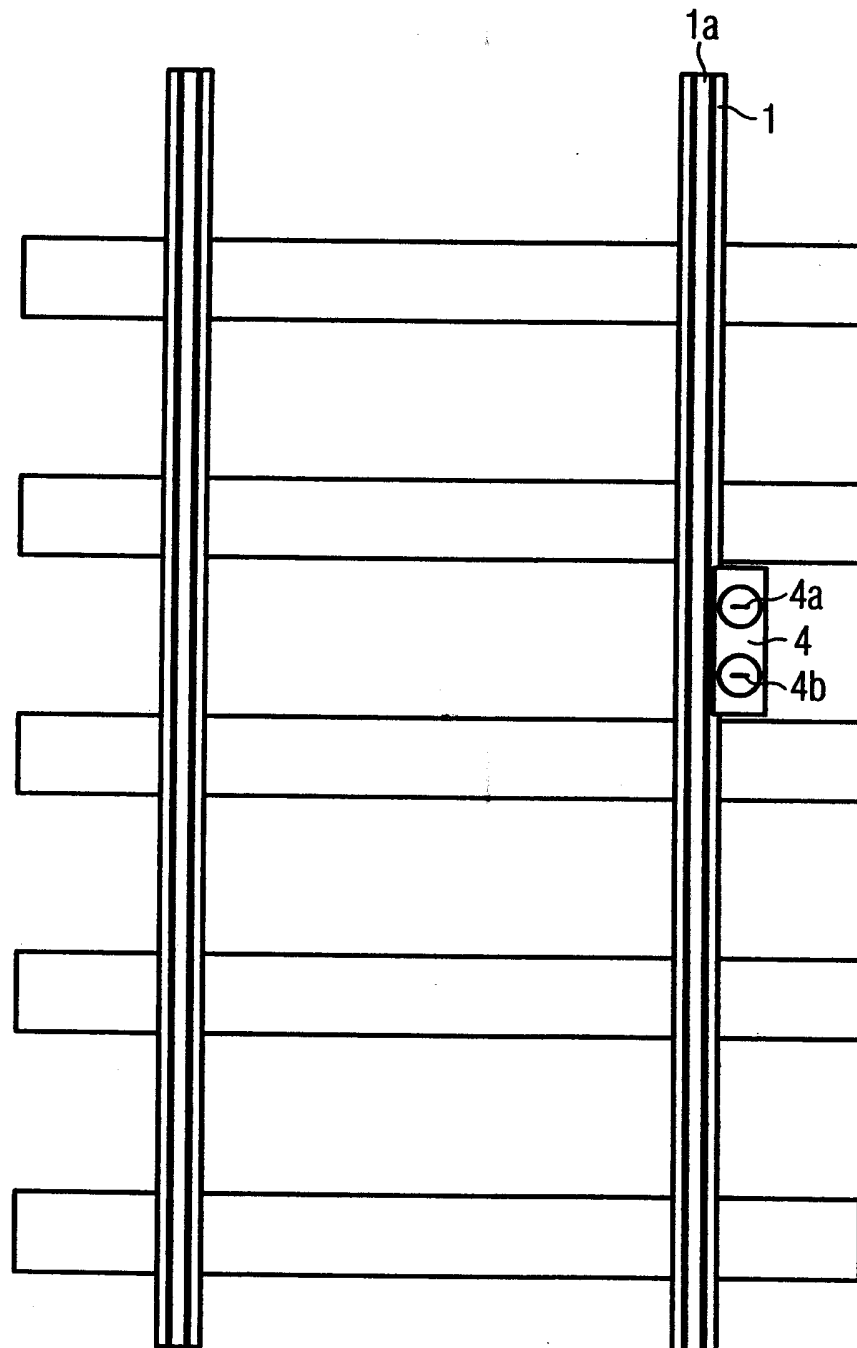


FIG 5

