

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 348/2005**
(22) Anmeldetag: **02.03.2005**
(43) Veröffentlicht am: **15.05.2007**

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

(30) Priorität:

09.03.2004 DE 102004012170
beansprucht.

(73) Patentanmelder:

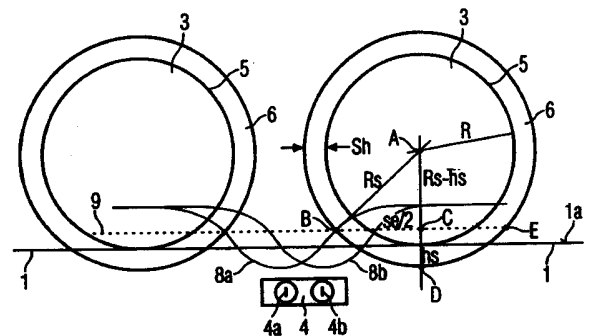
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
D-80333 MÜNCHEN (DE)

(72) Erfinder:

TALKE WOLFGANG
BLANKENBURG (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DES SPURKRANZDURCHMESSERS VON SICH LÄNGS
ZWEIER PARALLELER FAHRSCHIENEN BEWEGENDEN RÄDERN VON
SCHIENENFAHRZEUGEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers (2Rs) von Rädern (3), insbesondere von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Verwendung des Verfahrens, wobei an der Fahrschiene (1) zwei das Rad (3) erfassende Radsensoren (4a, 4b) angeordnet sind, die je ein Sensorsignal (8a, 8b) erzeugen. Um den Spurkranzdurchmesser mit geringem Aufwand selbsttätig mit hoher Genauigkeit zu bestimmen, wird vorgeschlagen, dass auf jeder Seite der Fahrschiene (1) einer der Radsensoren (4a, 4b) (3) angeordnet ist, der eine als Laufkreis-Radsensor und der andere als Spurkranz-Radsensor, dass für jedes Sensorsignal (8a, 8b) jeweils die Zeitdifferenz zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten bzw. dem Unter- und anschließenden Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes (9) erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit je eine Sehnenlänge (se) ermittelt wird, eine Laufkreis-Sehnenlänge und eine Spurkranz-Sehnenlänge, und dass aus der Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell vorgegebenen Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser und aus der Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses Laufkreisdurchmessers (2R) neu vorzugebenden Spurkranz-Hilfswert der Spurkranzdurchmesser (2Rs) berechnet wird, unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe (Sh) und anhand des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts.



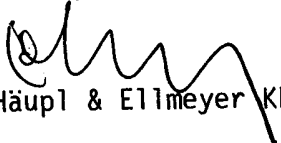
Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Spur-
kranzdurchmessers (2Rs) von Rädern (3), insbesondere von
5 Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter
Verwendung des Verfahrens, wobei an der Fahrschiene (1) zwei
das Rad (3) erfassende Radsensoren (4a,4b) angeordnet sind,
die je ein Sensorsignal (8a,8b) erzeugen. Um den Spurkranz-
durchmesser mit geringem Aufwand selbsttätig mit hoher Genau-
10 igkeit zu bestimmen, wird vorgeschlagen, dass auf jeder Seite
der Fahrschiene (1) einer der Radsensoren (4a,4b) (3)
angeordnet ist, der eine als Laufkreis-Radsensor und der
andere als Spurkranz-Radsensor, dass für jedes Sensorsignal
(8a,8b) jeweils die Zeitdifferenz zwischen dem Über- und
15 anschließenden Unterschreiten bzw. dem Unter- und
anschließenden Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes
(9) erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit je
eine Sehnenlänge (se) ermittelt wird, eine Laufkreis-
Sehnenlänge und eine Spurkranz-Sehnenlänge, und dass aus der
20 Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell vorgegebenen
Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser und aus der
Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses
Laufkreisdurchmessers (2R) neu vorzugebenden Spurkranz-
Hilfswert der Spurkranzdurchmesser (2Rs) berechnet wird,
25 unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe
(Sh) und anhand des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts.

(Hierzu Fig. 2)

Wien, am - 2. März 2005

Siemens Aktiengesellschaft
durch:

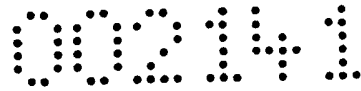

Häupl & Ellmeyer KEG

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Spur-
kranzdurchmessers von sich längs zweier paralleler Fahrschie-
nen bewegenden Rädern von Schienenfahrzeugen, insbesondere
von Güterwagen, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Ver-
wendung des Verfahrens gemäß den Oberbegriffen der Patentan-
10 sprüche 1 und 6.

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

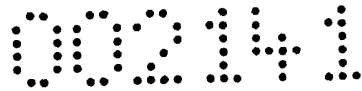
Weiter ist es bekannt, Kolbengleisbremsen an den Fahrschienen
unterhalb der Spurkränze anzuordnen, um die Güterwagen abzu-
20 bremsen. Dabei drückt der Spurkranz jeweils auf eine Kolben-
stange, die einen daran angeordneten Kolben innerhalb einer
Kolben-Zylinder-Einheit verschiebt, wobei kinetische Energie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

25 Kolbengleisbremsen werden insbesondere in Schwerkraftablauf-
anlagen eingesetzt, die beispielsweise zur Zusammenstellung
von Güterzügen mittels Verteilweichen dienen. Schwerkraftab-
laufanlagen weisen ein Gefälle auf, so dass die Güterwagen
durch die Hangabtriebskraft angetrieben werden. Durch die
30 Kolbengleisbremsen kann erreicht werden, dass die Güterwagen
im Bereich der Verteilweiche mit konstanter Geschwindigkeit



laufen und im Auslauf der Schwerkraftablaufanlage mit zulässiger nur noch sehr geringer Geschwindigkeit aufeinander aufahren.

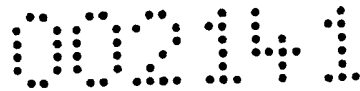
- 5 Die insbesondere bauart- und verschleißbedingte Schwankungsbreite der Spurkranzdurchmesser von ca. 300 mm bis ca. 1100 mm erschwert die Geschwindigkeitsregelung mittels Kolbengleisbremsen in Ablaufanlagen erheblich.
- 10 Die Verwendung von Kolbengleisbremsen hat dabei den Nachteil, dass die Bremswirkung abhängig vom Spurkranzdurchmesser der Räder ist. Um zu verhindern, dass es aufgrund der unterschiedlichen Spurkranzdurchmesser auf der Gefällestrecke, 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
- 15 Ablauffolge aller Güterwagen so gesteuert werden, dass sowohl mit großen als auch mit kleinen Spurkranzdurchmessern ein leistungsfähiger störungsfreier Betrieb der Anlage sichergestellt ist.
- 20
- 25 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 Lafebene der Fahrschiene angeordnet sind. Die beiden Radsensoren sind als photoelektrische Taster ausgebildet und so unterhalb der Lafebene ausgerichtet, dass ihre Haupttastrichtung wenigstens angenähert senkrecht zu einer Tangente am zugehörigen
- 30



Tastpunkt eines Messkreises (eines gedachten Raddurchmesserkreises) 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, 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 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 Abstand 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 Laufebene ist. Anhand der Sehnenhöhe und der Sehnenlänge lässt sich mittels des Satzes des Pythagoras der Raddurchmesser berechnen.

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

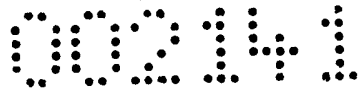
Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren vorzuschlagen, durch das der Spurkranzdurchmesser mit geringem Aufwand



selbsttätig mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann, sowie eine Schwerkraftablaufanlage unter Anwendung des Verfahrens.

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 6 angegebenen Merkmale gegeben. Die kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen.

10 Die Lösung sieht bezogen auf das Verfahren vor, dass auf jeder Seite der Fahrschiene einer der Radsensoren angeordnet ist, der eine als Laufkreis-Radsensor unterhalb des Laufkreises und der andere als Spurkranz-Radsensor unterhalb des Spurkranzes, dass für jedes Sensorsignal jeweils die Zeitdifferenz zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten bzw. dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit zu jedem Raddurchmesser eine Sehnenlänge ermittelt wird, eine Laufkreis-Sehnenlänge für den Laufkreis und eine Spurkranz-Sehnenlänge für den Spurkranz, und dass aus der Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell vorgegebenen Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser und aus der Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses Laufkreisdurchmessers neu vorzugebenden Spurkranz-Hilfswert der Spurkranzdurchmesser berechnet wird, wobei die Vorgabe des neuen Spurkranz-Hilfswerts dadurch bestimmt wird, dass aus dem Laufkreisdurchmesser unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe ein vorläufiger Spurkranzdurchmesser berechnet wird, aus dem anhand des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts eine vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge ermittelt wird, die zur Berechnung des neuen Spurkranz-Hilfswerts dient.



Ein einfaches Verfahren ergibt sich, wenn der neue Spurkranz-Hilfswert durch Korrektur des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts ermittelt wird, wobei der Korrekturfaktor die aus der Zeitdifferenz berechnete Spurkranz-Sehnenlänge dividiert
5 durch die vorläufige aus der mittleren Spurkranzhöhe abgeleitete Spurkranz-Sehnenlänge ist.

Der Laufkreisdurchmesser wird jeweils durch Lösung folgender Gleichung berechnet: $R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2$ mit $2R =$ Raddurchmesser, $hs =$ vorgegebener Laufkreis-Hilfswert und $se =$ Laufkreis-Sehnenlänge und der Spurkranzdurchmesser ($2R_s$) jeweils durch Lösung der Gleichung berechnet wird: $R_s^2 = (R_s-hss)^2 + (ses/2)^2$ mit $hss =$ neuer Spurkranz-Hilfswert und $ses =$ ermittelte Spurkranz-Sehnenlänge, wobei sich der neue Spurkranz-Hilfswert hss aus $hss = hss' \cdot (ses/ses')$ ergibt, mit $ses' =$ vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge und $hss' =$ aktuell vorgegebener Spurkranz-Hilfswert, wobei für ses' gilt $R_s'^2 = (R_s' - hss')^2 + (ses'/2)^2$ mit $2R_s' = 2R + 2Shv$, wobei Shv die vorgegebene mittlere Spurkranzhöhe ist. Der Raddurchmesser wird
10
15
20 durch Lösung folgender Gleichung berechnet: $R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2$ mit $2R =$ Raddurchmesser, $hs =$ vorgegebener Hilfswert und $se =$ Sehnenlänge.

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.
25

30

Um den Fehlereinfluss des vom Gleis und von der Achse abhängigen Sinuslaufes zu korrigieren, wird vorgeschlagen, dass je zwei Radsensoren innenseitig oder außenseitig am Fahrschie-

nenpaar einander zu- bzw. abgewandt als Radsensorpaar angeordnet sind, wobei diese beiden Radsensoren auf einer quer, vorzugsweise senkrecht, zu den Fahrschienen verlaufenden gedachten Gerade liegen, dass die ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmesser des Doppelradsensorpaars jeweils gemittelt werden oder dass jeweils von den ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmessern des Doppelradsensorpaars der größere Spurkranzdurchmesser verwendet wird oder dass jeweils von den ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmessern des Doppelradsensorpaars der kleinere Spurkranzdurchmesser verwendet wird.

Die Lösung sieht bezogen auf die Schwerkraftablaufanlage vor, dass zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers auf jeder Seite der Fahrschiene einer der Radsensoren angeordnet ist, der eine als Laufkreis-Radsensor unterhalb des Laufkreises und der andere als Spurkranz-Radsensor unterhalb des Spurkranzes, dass für jedes Sensorsignal jeweils die Zeitdifferenz zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten bzw. dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit zu jedem Raddurchmesser eine Sehnenlänge ermittelt wird, eine Laufkreis-Sehnenlänge für den Laufkreis und eine Spurkranz-Sehnenlänge für den Spurkranz, und dass aus der Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell vorgegebenen Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser und aus der Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses Laufkreisdurchmessers neu vorzugebenden Spurkranz-Hilfswert der Spurkranzdurchmesser berechnet wird, wobei die Vorgabe des neuen Spurkranz-Hilfswerts dadurch bestimmt wird, dass aus dem Laufkreisdurchmesser unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe ein vorläufiger Spurkranzdurchmesser berechnet wird, aus dem anhand des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts eine vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge

ermittelt wird, die zur Berechnung des neuen Spurkranz-Hilfswerts dient. Die starke Schwankungsbreite der Spurkranzdurchmesser von ca. 300 mm bis ca. 1100 mm beeinflusst unzulässig stark die Geschwindigkeitsregelung mittels Kolbengleisbremsen in Ablaufanlagen. Mit der genauen Ermittlung der Spurkranzdurchmesser kann dem unterschiedlichen Arbeitsvermögen von Kolbengleisbremsen durch Variation der Abdrückgeschwindigkeit am Startpunkt (an der Bergkuppe) optimal entsprochen werden.

10

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

15

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

20

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

30

Fig. 1 zeigt einen Abschnitt zweier paralleler Fahrschienen 1, die mittels Schwellen 2 miteinander verbunden sind. Längs der Fahrschienen 1 können sich Schienenfahrzeuge (nicht gezeigt) bewegen. Zu solchen Schienenfahrzeugen gehören 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.

10 In Fig. 1 sind bezogen auf das Fahrschienenpaar an einer Fahrschiene 1 innen- und außenseitig je ein Radsensor 4 angeordnet. Jeder Radsensor 4 ist als Doppelsensor ausgebildet, d. h. er besteht aus zwei voneinander unabhängigen induktiv wirkenden Radsensoren 4a, 4b, die parallel zur Schienenlängsrichtung voneinander beabstandet angeordnet sind. Jeder Radsensor 4a, 4b erzeugt bei einem auf der Fahrschiene 1 darüberrollenden Rad 3 ein entsprechendes Sensorsignal (s. 15 8a, 8b in Fig. 2 und Fig. 3).

20 Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung ein auf der Fahrschiene 1 abrollendes Rad 3 zu zwei verschiedenen Zeitpunkten. Das Rad 3 in Fig. 2 rollt mit seinem Laufkreis 5 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 ragt. Die Spurkränze 6 sind bezogen auf 25 das Fahrschienenpaar innenseitig einander gegenüberliegend angeordnet.

In Fig. 2 befinden sich die Radsensoren 4a, 4b unterhalb des Spurkranzes 6 an den eingezeichneten Positionen auf der Innenseite der Fahrschiene 1. Der Radius des Außenumfangs des Spurkranzes 6 ist der Spurkranzradius R_s . Die von den Radsensoren 4a, 4b abgegebenen Sensorsignale 8a, 8b sind in ihrem 30

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 anzusteigen. Je nach Ausgestaltung der Radsensoren 4a, 4b können die Sensorsignale 8a, 8b selbstverständlich auch umgekehrt verlaufen, also zuerst ansteigen und dann wieder abfallen. Zur Bestimmung einer dem Spurkranzradius R_s entsprechenden Länge, der Sehnenlänge s_e , ist eine Triggerschwelle 9 vorgegeben, anhand derer jeweils die Zeitdifferenz der Sensorsignale 8a, 8b zwischen dem Über- und anschließendem Unterschreiten der Triggerschwelle 9 ermittelt wird. Damit die induktiv wirkenden Sensoren 4a, 4b eine Hysterese aufweisen, können auch zwei unterschiedliche Triggerschwellwerte 9 bei ansteigendem und abfallendem Sensorsignal 8a, 8b verwendet werden.

Fig. 3 zeigt eine analoge Situation wie Fig. 2 für den Laufkreis 5: Das Rad 3 zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten, die Sensorsignale 8a, 8b der beiden hier im Unterschied zu Fig. 2 unterhalb des Laufkreises 5 also außenseitig angeordneten Radsensoren 4a, 4b sowie wiederum eine hier allerdings dem Laufkreisradius R entsprechende Sehnenlänge s_e .

Zur Bestimmung der Sehnenlängen s_e des Spurkranzes 6 und des Laufkreises 5 ist die jeweilige Geschwindigkeit des Rades 3 erforderlich.

Dazu werden mittels der Triggerschwelle 9 aus den Sensorsignalen 8a, 8b Ausgangssignale 9a, 9b (Ausgangsimpulse) erzeugt (nur in Fig. 3 für den Laufkreis 5 gezeigt), die zunächst eine einfachere Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen der ansteigenden und der abfallenden Flanke der Sensorsignale 8a, 8b ermöglichen. Anhand der zeitlichen Verschiebung der beiden

rechteckförmigen Ausgangssignale 9a, 9b kann weiter eine dem Abstand der Radsensoren 4a, 4b entsprechende Zeit bestimmt und daraus die Geschwindigkeit des Rades 3 berechnet werden.

- 5 Die Geschwindigkeit ist selbstverständlich auch auf jede andere Weise ermittelbar.

Zur Berechnung des unbekanntes Laufkreisradius R (Abstand A-B) dient der gedachte Raddurchmesserkreis RDK (hier identisch mit dem Laufkreis 5), in den die halbe Sehnenlänge $se/2$ (Abstand B-C, halber Abstand B-E), hier die Laufkreis-Sehnenlänge, 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:

15

$$R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2.$$

Die Sehnenhöhe hs ist ein vorgegebener Hilfswert, hier ein aktuell vorgegebener Laufkreis-Hilfswert, zur Berechnung des unbekanntes Raddurchmessers, hier des Laufkreisdurchmessers $2R$, welcher dem Maximalabstand der Sehne im Raddurchmesserkreis RDK entspricht. Dieser Hilfswert hs kann jeweils bei vorgegebener Triggerschwelle 9 empirisch ermittelt werden, beispielsweise statistisch gesichert anhand einer entsprechenden Anzahl von Rädern 3 mit bekanntem Laufkreisradius R oder einer bekannten Laufkreisradiusverteilung.

Analog könnte aus der Sehnenlänge se für den Spurkranz 6 mittels der den außenseitigen Radsensoren 4a, 4b zugeordneten Sehnenhöhe hs auch der Spurkranzdurchmesser $2Rs$ berechnet werden. Unterschiedliche Spurkranzhöhen Sh führen aber durch das unterschiedlich tiefe Eintauchen des Spurkranzes 6 in das "Messvolumen" des Sensors zu Fehlern. Aus diesem Grunde wird

30

vor der Berechnung des wirklichen Spurkranzdurchmessers $2R_s$ der vorgegebene Hilfwert h_s , hier der aktuell vorgegebene Spurkranz-Hilfwert, entsprechend korrigiert, und zwar unter Verwendung des bereits bestimmten Laufkreisdurchmessers $2R$,
 5 der diesen Fehler nicht aufweist.

Zum besseren Verständnis werden nachfolgende differenziertere Bezeichnungen eingeführt: ermittelte Laufkreis-Sehnenlänge s_{er} , aktuell vorgegebener Laufkreis-Hilfwert h_{sr} , ermittelte
 10 Spurkranz-Sehnenlänge s_{es} und aktuell vorgegebener Spurkranz-Hilfwert h_{ss} .

Damit gilt für den Laufkreisradius R entsprechend obiger Formel:

15

$$R^2 = (R - h_{sr})^2 + (s_{er}/2)^2 \text{ und}$$

für den Zusammenhang zwischen dem Laufkreisdurchmesser $2R$ und dem noch zu korrigierenden und somit vorläufigen Spur-
 20 kranzdurchmesser $2R_s'$:

$$2R_s' = 2R + 2Sh,$$

wobei $2Sh$ die doppelte Spurkranzhöhe ist. Nachfolgend wird
 25 aber anstelle von $2Sh$ die doppelte mittlere Spurkranzhöhe $2Sh_v$ verwendet, welche die statistische Verteilung der einzelnen Spurkranzhöhen Sh berücksichtigt:

$$2R_s' = 2R + 2Sh_v.$$

30

Da für den Spurkranzdurchmesser $2R_s$ ebenfalls gilt

$$R_s'^2 = (R_s' - h_{ss}')^2 + (s_{es}'/2)^2,$$

lässt sich aus den beiden letzten Gleichungen, also unter Verwendung der vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe Shv , eine vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge ses' berechnen.

5

Der neue Spurkranz-Hilfswert hss ergibt sich folgendermaßen durch Korrektur des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts (aktuell vorgegebener Spurkranz-Hilfswert) hss' nach den Regeln der Ähnlichkeit von Dreiecken, was einem linearen Ansatz
10 entspricht:

$$hss = hss' \cdot (ses / ses'),$$

wobei der Korrekturfaktor also die aus der Zeitdifferenz berechnete Spurkranz-Sehnenlänge dividiert durch die vorläufige
15 aus der mittleren Spurkranzhöhe Shv abgeleitete Spurkranz-Sehnenlänge ses' ist. Der neue Spurkranz-Hilfswert hss ist hierbei der neu vorzugebende wirkliche Spurkranz-Hilfswert hss , mit dessen Hilfe man den wirklichen Spurkranzdurchmesser
20 $2Rs$ gemäß oben verwendeter Formel erhält:

$$Rs^2 = (Rs - hss)^2 + (ses/2)^2.$$

Fig. 4 zeigt ein Fahrschienenpaar gemäß Fig. 1 mit einem
25 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. Die Radsensoren 4a1,4a2, 4b1,4b2 jedes Paares 4a1,4a2 und 4b1,4b2 sind jeweils mindestens in einem Abstand längs der Fahrschienen angeordnet, der jeweils die Zuordnung der Betätigungen des Paares 4a1,4a2 und 4b1,4b2 zu einer einzigen Radachse sichert. Um den vom Gleis abhängigen Sinuslauf zu berücksichtigen, erfolgt eine Mittelung, die so aussieht, dass erst die wirklichen Spurkranzdurchmesser 2Rs des Doppelradsensorpaars 4a1,4b1;4a2,4b2 ermittelt und diese danach jeweils gemittelt werden oder aber dass jeweils von den ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmessern 2Rs des Doppelradsensorpaars 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 und ist von diesem abhängig.

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

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers (2Rs)
von sich längs zweier paralleler Fahrschienen (1) bewegen-
5 den Rädern (3) von Schienenfahrzeugen, insbesondere von
Güterwagen, wobei die Räder (3) jeweils paarweise angeord-
net sind und einander gegenüberliegen,
wobei an der Fahrschiene (1) unterhalb der auf der
Fahrschiene (1) abrollenden Räder (3) zwei das Rad (3)
10 erfassende Radsensoren (4a,4b) angeordnet sind, die bei
einem darüber rollenden Rad (3) je ein Sensorsignal
(8a,8b) erzeugen, deren zeitlicher Verlauf jeweils am
Anfang stetig ansteigt oder abfällt und am Ende umgekehrt
wieder stetig abfällt bzw. ansteigt,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass auf jeder Seite der Fahrschiene (1) einer der
Radsensoren (4a,4b) (3) angeordnet ist, der eine als
Laufkreis-Radsensor unterhalb des Laufkreises (5) und der
andere als Spurkranz-Radsensor unterhalb des Spurkranzes
20 (6), dass für jedes Sensorsignal (8a,8b) jeweils die
Zeitdifferenz zwischen dem Über- und anschließenden
Unterschreiten bzw. dem Unter- und anschließenden
Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes
(9) erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit zu
25 jedem Raddurchmesser (2R,2Rs) eine Sehnenlänge (se)
ermittelt wird, eine Laufkreis-Sehnenlänge für den
Laufkreis (5) und eine Spurkranz-Sehnenlänge für den
Spurkranz (6), und
dass aus der Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell
30 vorgegebenen Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser
und aus der Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses
Laufkreisdurchmessers (2R) neu vorzugebenden Spurkranz-
Hilfswert der Spurkranzdurchmesser (2Rs) berechnet wird,

wobei die Vorgabe des neuen Spurkranz-Hilfswerts dadurch bestimmt wird, dass aus dem Laufkreisdurchmesser (2R) unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren Spurkranzhöhe (Sh) ein vorläufiger Spurkranzdurchmesser berechnet wird, aus dem anhand des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts eine vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge ermittelt wird, die zur Berechnung des neuen Spurkranz-Hilfswerts dient.

- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der neue Spurkranz-Hilfswert durch Korrektur des jeweils aktuellen Spurkranz-Hilfswerts ermittelt wird, wobei der Korrekturfaktor die aus der Zeitdifferenz berechnete
15 Spurkranz-Sehnenlänge dividiert durch die vorläufige aus der mittleren Spurkranzhöhe abgeleitete Spurkranz-Sehnenlänge ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass der Laufkreisdurchmesser (2R) jeweils durch Lösung folgender Gleichung berechnet wird:

$$R^2 = (R-hs)^2 + (se/2)^2$$

- mit 2R= Raddurchmesser, hs= vorgegebener Laufkreis-Hilfswert und se= Laufkreis-Sehnenlänge und
25 dass der Spurkranzdurchmesser (2Rs) jeweils durch Lösung folgender Gleichung berechnet wird:

$$Rs^2 = (Rs-hss)^2 + (ses/2)^2$$

- mit hss = neuer Spurkranz-Hilfswert und ses = ermittelte
30 Spurkranz-Sehnenlänge, wobei sich der neue Spurkranz-Hilfswert hss aus

$$hss = hss' (ses/ses')$$

ergibt, mit ses' = vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge und

hss' = aktuell vorgegebener Spurkranz-Hilfswert, wobei für ses' gilt

$$Rs'^2 = (Rs' - hss')^2 + (ses'/2)^2 \text{ mit}$$

$$2Rs' = 2R + 2Shv,$$

5 wobei Shv die vorgegebene mittlere Spurkranzhöhe ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass der Radsensor (4) als Doppelradsensor mit zwei Radsensoren (4a,4b) ausgebildet ist, wobei aus dem zeitlichen und geometrischen Versatz der beiden Sensorsignalkurven die Geschwindigkeit bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4,

15 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
20 4b1,4b2) auf einer quer, vorzugsweise senkrecht, zu den Fahrschienen verlaufenden gedachten Gerade liegen, dass die ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmesser (2Rs) des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4a2,4b2) jeweils gemittelt werden oder dass jeweils von den ermittelten wirklichen
25 Spurkranzdurchmessern (2Rs) des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4b1,4b2) der größere Spurkranzdurchmesser (2Rs) verwendet wird oder dass jeweils von den ermittelten wirklichen Spurkranzdurchmessern (2Rs) des Doppelradsensorpaars (4a1,4b1;4b1,4b2) der kleinere Spurkranzdurchmesser
30 (2Rs) verwendet wird.

6. Schwerkraftablaufanlage für Schienenfahrzeuge mit sich 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, wobei an der Fahrschiene (1) unterhalb der auf der Fahrschiene (1) abrollenden Räder (3) zwei das Rad (3) erfassende Radsensoren (4a,4b) angeordnet sind, die bei einem darüber rollenden Rad (3) je ein Sensorsignal (8a,8b) erzeugen, deren zeitlicher Verlauf jeweils am Anfang stetig ansteigt oder abfällt und am Ende umgekehrt wieder stetig abfällt bzw. ansteigt, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Spurkranzdurchmessers (2Rs) auf jeder Seite der Fahrschiene (1) einer der Radsensoren (4a,4b) angeordnet ist, der eine als Laufkreis-Radsensor unterhalb des Laufkreises (5) und der andere als Spurkranz-Radsensor unterhalb des Spurkranzes (6), dass für jedes Sensorsignal jeweils die Zeitdifferenz zwischen dem Über- und anschließenden Unterschreiten bzw. dem Unter- und anschließenden Überschreiten zumindest eines vorgegebenen Schwellwertes (9) erfasst wird, aus der anhand der Radgeschwindigkeit zu jedem Raddurchmesser (2R,2Rs) eine Sehnenlänge (se) ermittelt wird, eine Laufkreis-Sehnenlänge für den Laufkreis (5) und eine Spurkranz-Sehnenlänge für den Spurkranz (6), und dass aus der Laufkreis-Sehnenlänge sowie aus einem aktuell vorgegebenen Laufkreis-Hilfswert der Laufkreisdurchmesser (2R) und aus der Spurkranz-Sehnenlänge und einem anhand dieses Laufkreisdurchmessers (2R) neu vorzugebenden Spurkranz-Hilfswert der Spurkranzdurchmesser (2Rs) berechnet wird, wobei die Vorgabe des neuen Spurkranz-Hilfswerts dadurch bestimmt wird, dass aus dem Laufkreisdurchmesser (2R)

unter Verwendung einer vorgegebenen mittleren
Spurkranzhöhe (Sh) ein vorläufiger Spurkranzdurchmesser
berechnet wird, aus dem anhand des jeweils aktuellen
Spurkranz-Hilfswerts eine vorläufige Spurkranz-Sehnenlänge
5 ermittelt wird, die zur Berechnung des neuen Spurkranz-
Hilfswerts dient.

7. Schwerkraftablaufanlage nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass die zeitliche Differenz eines nachfolgend ablaufenden
Schienenfahrzeugs zum unmittelbar vorhergehenden Schienen-
fahrzeug am Startpunkt anhand des ermittelten Spurkranz-
durchmessers (2Rs) des nachlaufenden oder des vorlaufenden
Schienenfahrzeugs bestimmt wird.

15

FIG 1

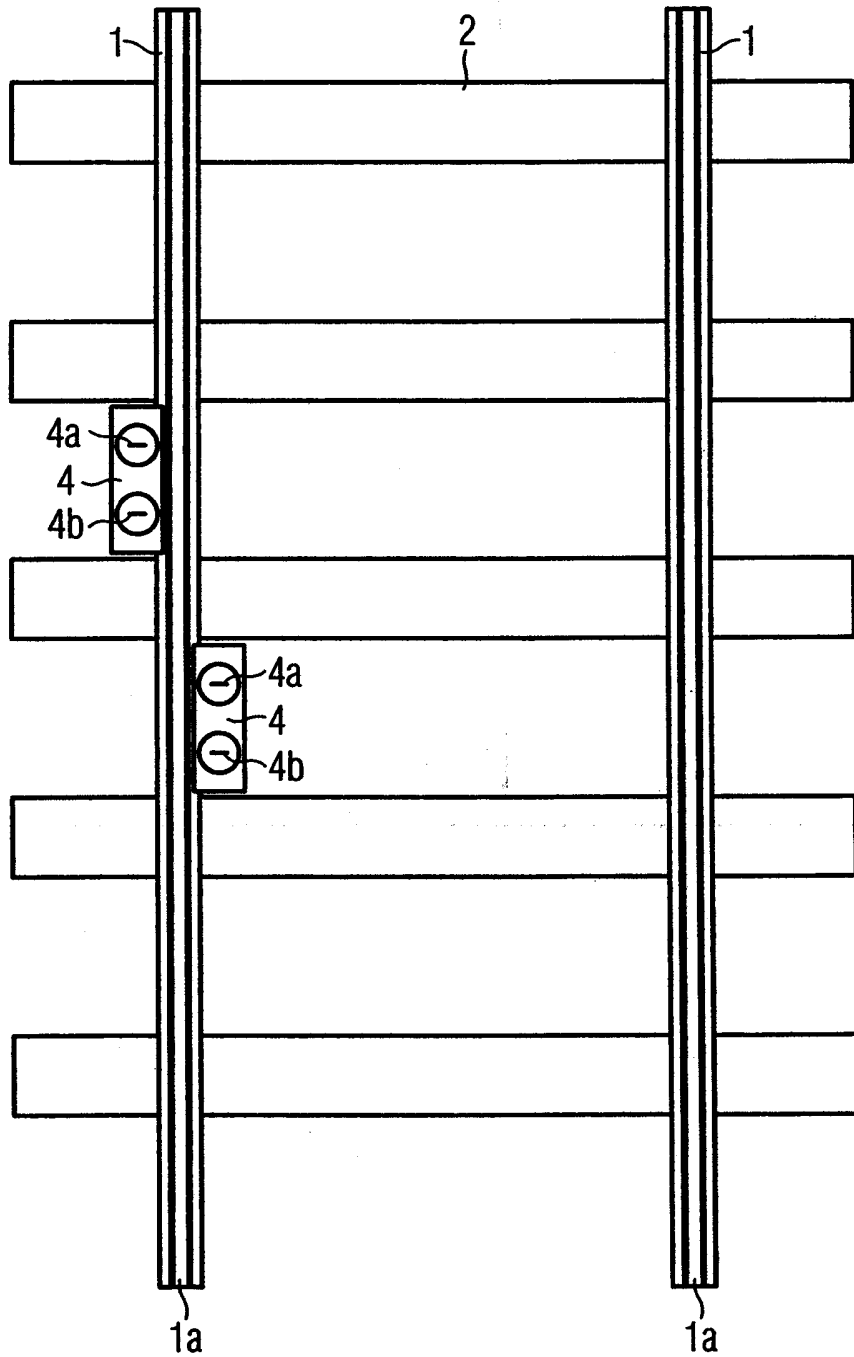


FIG 2

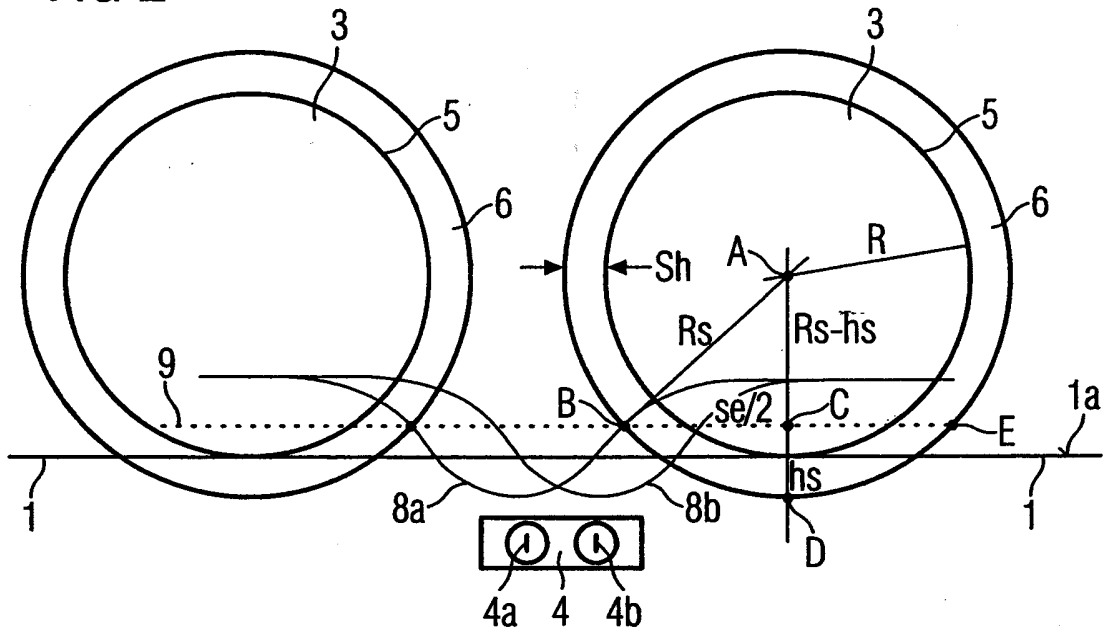


FIG 3

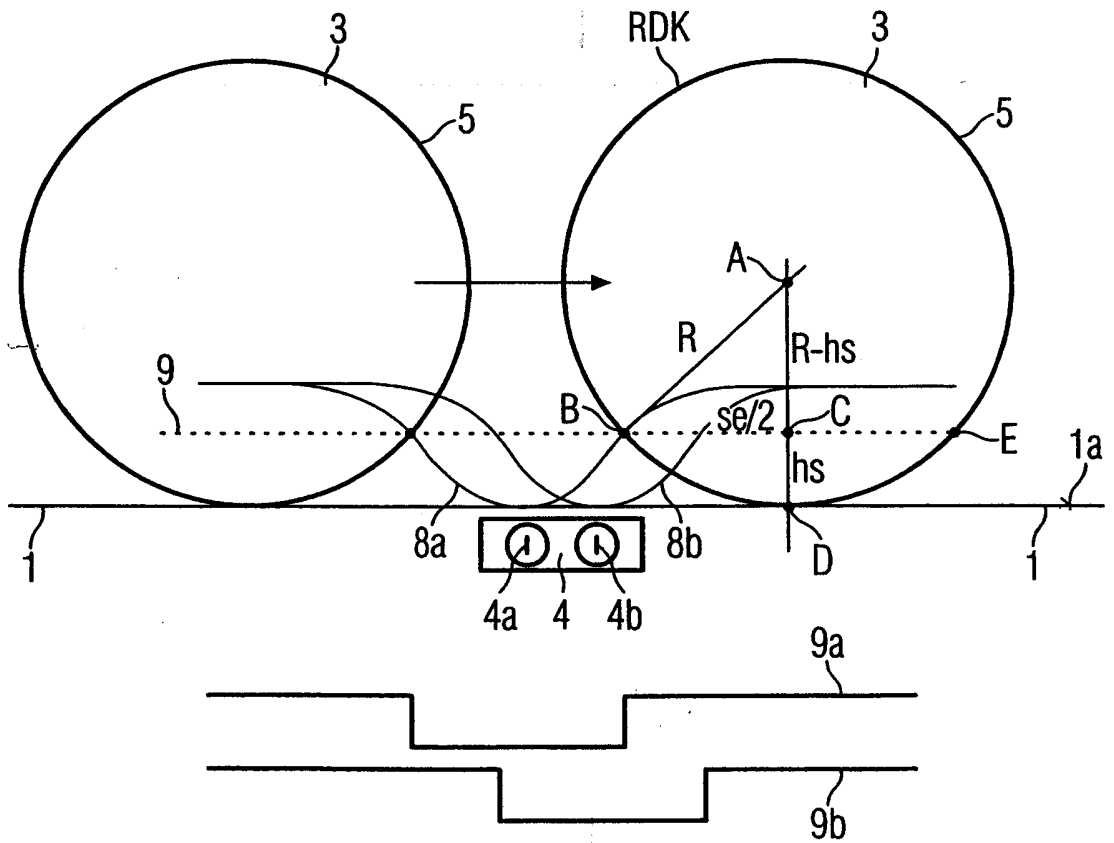


FIG 4

