

(19)



(11)

**EP 1 003 661 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**16.09.2009 Patentblatt 2009/38**

(51) Int Cl.:  
**B61F 5/38 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**05.01.2005 Patentblatt 2005/01**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP1999/003430**

(21) Anmeldenummer: **99925009.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 1999/065751 (23.12.1999 Gazette 1999/51)**

(22) Anmeldetag: **19.05.1999**

(54) **VERFAHREN ZUR KURVENERKENNUNG UND ACHSAUSRICHTUNG BEI SCHIENENFAHRZEUGEN**

METHOD FOR CURVE RECOGNITION AND AXLE ALIGNMENT IN RAIL VEHICLES

PROCEDE DE RECONNAISSANCE DE COURBES ET D'ALIGNEMENT D'ESSIEUX POUR VEHICULES SUR RAILS

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE DK ES FR GB IT PT SE**

• **KROUZILEK, Rolf**  
**D-14197 Berlin (DE)**

(30) Priorität: **13.06.1998 DE 19826451**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**31.05.2000 Patentblatt 2000/22**

(73) Patentinhaber: **Bombardier Transportation GmbH**  
**10785 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 271 592 DE-A- 19 617 003**  
**DE-C1- 19 612 695 DE-C2- 3 532 247**  
**US-A- 4 103 547**

(72) Erfinder:  
• **KOCH, Markus**  
**D-13349 Berlin (DE)**  
• **HENTSCHEL, Frank**  
**D-12161 Berlin (DE)**  
• **HIMMELSTEIN, Günther**  
**D-61440 Oberursel (DE)**

• **PROF.DR.-ING. FRITZ FREDERICH:**  
**'Spurführung in engen Gleisbögen' DER**  
**NAHVERKEHR Bd. 2/85, AACHEN, Seiten 52 - 61**

**EP 1 003 661 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur lenkenden Ausrichtung einer drehbar an einem Fahrwerkrahmen befestigten Achse eines Schienenfahrwerkes nach der Gleiskrümmung.

**[0002]** Insbesondere im Nahverkehr kommen überwiegend Schienenfahrzeuge mit zweiachsigen Fahrwerken zum Einsatz. Dabei führen enge Kurven, die oftmals durch den Straßenverlauf vorgegeben sind, zu einer schlechten Kurvengängigkeit von mehrachsigen Fahrwerken. Dies ist vornehmlich bei Schienenfahrzeugen zu beobachten, deren Räder hinsichtlich ihrer Gierbewegung starr mit dem Fahrwerksrahmen verbunden sind.

**[0003]** Eine Lösung dieses Problems wird dadurch erzielt, daß die Achse bzw. die Räder lenkbar im Fahrwerksrahmen gelagert sind. Durch eine Vorrichtung zum Ausrichten der Achse bzw. der Räder kann eine Lenkbewegung entsprechend der Gleiskrümmung erfolgen.

**[0004]** Aus der DE 195 38 379 C1 ist ein zweirädriges Fahrwerk mit Einzelradantrieb für spurgeführte Fahrzeuge mit gesteuerter Lenkung bekannt, bei dem das Fahrwerk pro Radträger zwei jeweils außerhalb der Radaufstandspunkte befindliche vertikale Schwenkachsen aufweist, wobei abwechselnd - unter Arretierung der Position der aktuell bogenäußeren Schwenkachse - der Radträger um genau diese arretierte Achse geschwenkt wird.

**[0005]** Aus der DE 92 19 042 U1 ist ein Verfahren zur Kurvenerkennung bekannt, das die Gleiskrümmung durch Induktivtaster bestimmt.

**[0006]** Weiterhin sind Verfahren bekannt, bei denen die Lenkung der Räder bzw. Achsen passiv erfolgt. Dies kann entweder durch die Spurführungskräfte oder durch eine mechanische Kopplung der Achsstellung mit dem Verdrehwinkel zwischen den Wagenkästen erfolgen. Diese mechanischen Lösungen haben jedoch den Nachteil, daß sie nur eine sehr ungenaue Lenkung ermöglichen.

**[0007]** Eine genaue Ausrichtung ist hingegen nur möglich, wenn die Achse aktiv, z.B. mit einem Servoantrieb, eingestellt wird. Die Regelung des Lenkwinkels, der dem Relativwinkel zwischen Rad bzw. Achse und Fahrwerkrahmen entspricht, erfordert die Vorgabe eines Lenkwinkelsollwertes. Zur Bestimmung des Lenkwinkelsollwertes bedarf es wiederum der Kenntnis der Gleiskrümmung.

**[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Messung der Gleiskrümmung für Schienenfahrzeuge zu schaffen, um mit Hilfe dieses Wertes den Sollwert für die Lenkwinkelregelung zu berechnen.

**[0009]** Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1, u.a. dadurch, daß die Gleiskrümmung aus der Division einer Giergeschwindigkeit durch eine Translationsgeschwindigkeit berechnet wird und die Räder nach einem Soll-Lenk Winkel ausgerichtet werden, der durch Multiplikation der so berechneten Gleiskrümmung mit dem halben Abstand zwischen den beiden Achsen des Fahrwerks berechnet wird.

**[0010]** Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Die Erfindung ist in der beiliegenden Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher beschreiben; es zeigt:

Fig. 1 das Verhältnis der Translations- und der Giergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Krümmung der Schiene;

Fig. 2 die Abhängigkeit der idealen Winkelstellung der Achse von der Kurvenkrümmung;

Fig. 3 den Krümmungsverlauf an der Hinterachse im Vergleich zu der Näherung durch das Meßverfahren beim Durchfahren einer Gleiskrümmung;

Fig. 4 den idealen Lenkwinkelverlauf ( $\gamma_{ideal}$ ) im Vergleich mit dem berechneten Soll-Lenk Winkel ( $\gamma_{soll}$ );

Fig. 5 den idealen Lenkwinkelverlauf ( $\gamma_{ideal}$ ) im Vergleich mit dem berechneten Soll-Lenk Winkel ( $\gamma_{soll}$ ) nach der Filterung der Giergeschwindigkeit ( $\Omega$ );

**[0011]** Die Figuren 1 und 2 zeigen ein Fahrwerk 10 für ein nicht näher dargestelltes Schienenfahrzeug, mit Achsen 12 und 13, an denen Räder 16 befestigt sind. Die Achse 12 und 13 sind in dem Fahrwerk 10 befestigt. Das Fahrwerk 10 bzw. die Achsen 12 und 13 sind durch ein zentrisch angeordnetes Gelenk 15 drehbar gelagert.

**[0012]** Das Fahrwerk 10 ist dargestellt, während es mit einer Translationsgeschwindigkeit  $v$  einen Gleisbogen 11 durchfährt, der einen Radius  $R$  aufweist. Mit Hilfe von Mitteln, die die Giergeschwindigkeit  $\Omega$  bestimmen, kann der Radius  $R$  bzw. die Gleiskrümmung  $\chi$  berechnet werden. Die Gleiskrümmung  $\chi$  entspricht hierbei dem Kehrwert des Radius  $R$ . Die Division der Giergeschwindigkeit  $\Omega$  durch die Translationsgeschwindigkeit  $v$  ergibt die Gleiskrümmung  $\chi$ , entsprechend der in Figur 1 dargestellten Gleichung. Der hieraus gewonnene Wert der Gleiskrümmung  $\chi$  wird zur Lenkung der Achsen 12 bzw. 13 genutzt. Das Verhältnis zwischen der realen und berechneten Gleiskrümmung  $\chi$  kann der Figur 3 entnommen werden.

**[0013]** Die Giergeschwindigkeit  $\Omega$  wird vorzugsweise durch einen nicht näher dargestellten Drehraten- oder Kreisel sensor bestimmt, wie er beispielsweise aus der Navigationstechnik bekannt ist.

**[0014]** Da der Abstand zwischen den Spurkränzen der Räder 16 einer Achse 12 bzw. 13 etwas kleiner ist als der Abstand zwischen den Schienen 17, kann sich die Lage der Achse im Spurkanal lateral um einige Millimeter verschieben. Somit können Kraftstöße, die wegen der oft nicht exakten Gleisführung auf das Fahrwerk 10 wirken, zur Gierbewegung führen. Diese pendelnden Bewegungen haben jedoch auf die Meßwerte des Kreisel-

sensors einen nicht unwesentlichen Einfluß. Zur Eliminierung der Wirkung der pendelnden Gierbewegung des Fahrwerks im Gleis wird der Meßwert der Giergeschwindigkeit  $\Omega$  mittels eines - nicht dargestellten - Tiefpaßfilters geglättet. Die Wirkung des Tiefpaßfilters beim Durchfahren eines Gleisbogens ist Figur 5 zu entnehmen.

**[0015]** Mit Hilfe der so berechneten Gleiskrümmung  $\chi$  erfolgt die Ausrichtung der Achsen 12 und 13. Dabei dient die Gleiskrümmung  $\chi$  zur Ermittlung des Soll-Lenkwinkels  $\gamma_{\text{soll}}$  nach dem die Achsen 12 und 13 ausgeregelt werden. Die Einstellung der Achsen 12 und 13 kann z.B. durch einen Servomotor erfolgen.

**[0016]** Der Sinus des Soll-Lenkwinkels  $\gamma_{\text{soll}}$  des - nicht dargestellten - Reglersystems berechnet sich durch Multiplikation der Gleiskrümmung  $\chi$  mit dem halben Abstand  $b$  zwischen den Achsen 12 und 13, entsprechend der Gleichung in Figur 2.

**[0017]** So ergeben sich während des Kurveneinlaufs zwei Näherungen. Die erste Näherung besagt, daß für eine exakte Sollwertberechnung beim Kurveneinlauf sowohl der Krümmungsverlauf an der Vorderachse 12 als auch an der Hinterachse 13 bekannt sein müßte, jedoch wird aufgrund der Fahrwerksdrehung nur ein Wert dazwischen gemessen, wie Figur 3 zeigt. Außerdem erfolgt eine Näherung bei der Lenkwinkelberechnung während des Kurveneinlaufs, da die geometrische Beziehung nach Figur 2 nur exakt richtig ist, wenn sich beide Achsen 12 und 13 in der Kurve befinden. Die beiden Näherungen heben sich im wesentlichen auf, so daß der berechnete Soll-Wert  $\gamma_{\text{soll}}$ , wie Figur 4 zeigt, sehr gut mit dem idealen Lenkwinkel  $\gamma_{\text{ideal}}$  übereinstimmt.

**[0018]** Weist ein Schienenfahrzeug mehrere Fahrwerke 10 auf, so muß nur der Soll-Lenkwinkel  $\gamma_{\text{soll } 1}$  für das in Fahrtrichtung vorderste Fahrwerk ermittelt werden. Die weiteren Fahrwerke können diesen Soll-Lenkwinkel zeitlich versetzt übernehmen. Die Soll-Lenkwinkel  $\gamma_{\text{soll } 1 + i}$  für die in Fahrtrichtung nachfolgenden Fahrwerke werden durch zeitliche Verzögerungen  $\Delta t$  aus dem ersten Soll-Lenkwinkel  $\gamma_{\text{soll } 1}$  berechnet. Die Verzögerung  $\Delta t$  ergibt sich aus der Division des Abstandes  $a_i$  des nachlaufenden Fahrwerkes  $i$  zum ersten Fahrwerk durch die Translationsgeschwindigkeit  $v$ .

Bezugszeichen

**[0019]**

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 10       | Schienenfahrzeug-Fahrwerk   |
| 11       | Gleiskrümmung               |
| 12       | Achse, vorne                |
| 13       | Achse, hinten               |
| 15       | Gelenk                      |
| 16       | Rad                         |
| 17       | Schiene                     |
| $\chi$   | Gleiskrümmung               |
| $\Omega$ | Giergeschwindigkeit         |
| $v$      | Translationsgeschwindigkeit |
| $R$      | Krümmungsradius             |

|                         |                                                   |
|-------------------------|---------------------------------------------------|
| $\gamma_{\text{soll}}$  | Soll-Lenkwinkel                                   |
| $\gamma_{\text{ideal}}$ | Ideal-Lenkwinkel                                  |
| $b$                     | Abstand zwischen den Achsen                       |
| $\Delta t$              | zeitliche Verzögerung                             |
| $a_i$                   | Abstand zwischen dem 1. und dem $i$ -ten Fahrwerk |

## Patentansprüche

1. Verfahren zur lenkenden Ausrichtung von drehbar auf einem Fahrwerk befestigten Rädern eines Schienenfahrzeuges in einer Gleiskrümmung, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Räder nach einem Soll-Lenkwinkel ( $\gamma_{\text{soll}}$ ) ausgerichtet werden, der durch Multiplikation der Gleiskrümmung ( $\chi$ ) mit dem halben Abstand ( $b$ ) zwischen beiden Achsen des Fahrwerks berechnet wird, wobei die Gleiskrümmung ( $\chi$ ) aus der Division der Giergeschwindigkeit ( $\Omega$ ) des Fahrwerks durch die Translationsgeschwindigkeit ( $v$ ) berechnet wird, wobei zur Eliminierung des Einflusses der pendelnden Gierbewegung des Fahrwerks im Spurkanal der Meßwert der Giergeschwindigkeit ( $\Omega$ ) mittels eines Tiefpaßfilters geglättet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Giergeschwindigkeit ( $\Omega$ ) durch einen Drehraten- bzw. Kreissensor bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Lenkung mehrerer Fahrwerke eines Schienenfahrzeuges nur die Gleiskrümmung ( $\chi$ ) und der Soll-Lenkwinkel ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ) für das erste Fahrwerk bestimmt wird, während die Soll-Lenkwinkel ( $\gamma_{\text{soll } 1 + i}$ ) für die in Fahrtrichtung nachfolgenden Fahrwerke durch zeitliche Verzögerung ( $\Delta t$ ) aus dem ersten Soll-Lenkwinkel ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ) berechnet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Verzögerung aus  $\Delta t = a_i / v$  ergibt, wobei  $a_i$  der Abstand des nachlaufenden Fahrwerks  $i$  zum ersten Fahrwerk und  $v$  die Translationsgeschwindigkeit ist.

## Claims

1. A method for steered orientation of wheels attached rotatably to an undercarriage structure of a rail vehicle in a curved track, **characterised in that** the wheels are steered according to a target steering angle ( $\gamma_{\text{soll}}$ ) that is calculated by multiplying the rail curvature ( $\chi$ ) by half the distance ( $b$ ) between the two axles of the undercarriage structure, the rail curvature ( $\chi$ ) being determined by dividing the yaw rate ( $\Omega$ ) of the undercarriage structure by the translatory rate ( $v$ ), wherein the measured value of yaw rate ( $\Omega$ ) is smoothed using a low pass filter to eliminate the

effect of the alternating yaw movement of the undercarriage structure in the track channel.

premier train de roulement et  $v$  étant la vitesse de translation.

2. The method according to claim 1, **characterised in that** the yaw rate ( $\Omega$ ) is determined by an angular rate sensor or gyroscopic sensor. 5
3. The method according to claim 1 or 2, **characterised in that**, in order to steer a plurality of undercarriage structures, only the rail curvature ( $\chi$ ) and the target steering angle ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ) are determined for the leading undercarriage structure, whereas the target steering angles ( $\gamma_{\text{soll } 1 + i}$ ) for the undercarriage structures following in the direction of travel are calculated from the first target steering angle ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ) by temporal delaying ( $\Delta t$ ). 10 15
4. The method according to claim 3, **characterised in that** the delay is yielded by  $\Delta t = a_i / v$ , where  $a_i$  is the distance between the following undercarriage structure and the first undercarriage structure, and  $v$  is the translatory rate. 20

#### Revendications

25

1. Procédé d'orientation dirigée de roues montées en rotation sur un train de roulement d'un véhicule ferroviaire dans une courbure de voie ferrée, **caractérisé en ce que** les roues sont orientées suivant un angle de direction de consigne ( $\gamma_{\text{soll}}$ ) calculé en multipliant la courbure de voie ferrée ( $\chi$ ) avec la moitié de la distance ( $b$ ) entre les deux essieux du train de roulement, la courbure de voie ferrée ( $\chi$ ) étant déterminée en divisant la vitesse de lacet ( $\Omega$ ) du train de roulement par la vitesse de translation ( $v$ ), la valeur mesurée de la vitesse de lacet ( $\Omega$ ) étant lissée au moyen d'un filtre passe-bas pour éliminer l'influence du mouvement pendulaire en lacet du train de roulement dans le canal de voie. 30 35 40
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vitesse de lacet ( $\Omega$ ) est définie par un détecteur de vitesse de rotation ou à gyroscope. 45
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, pour diriger plusieurs trains de roulement d'un véhicule ferroviaire, on ne définit que la courbure de voie ferrée ( $\chi$ ) et l'angle de direction de consigne ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ) pour le premier train de roulement, tandis que les angles de direction de consigne ( $\gamma_{\text{soll } 1 + i}$ ) pour les trains de roulement suivants dans le sens de marche sont calculés par retardement ( $\Delta t$ ) à partir du premier angle de direction de consigne ( $\gamma_{\text{soll } 1}$ ). 50 55
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le retardement résulte de  $\Delta t = a_i / v$ ,  $a_i$  étant la distance entre le train de roulement suivant  $i$  et le

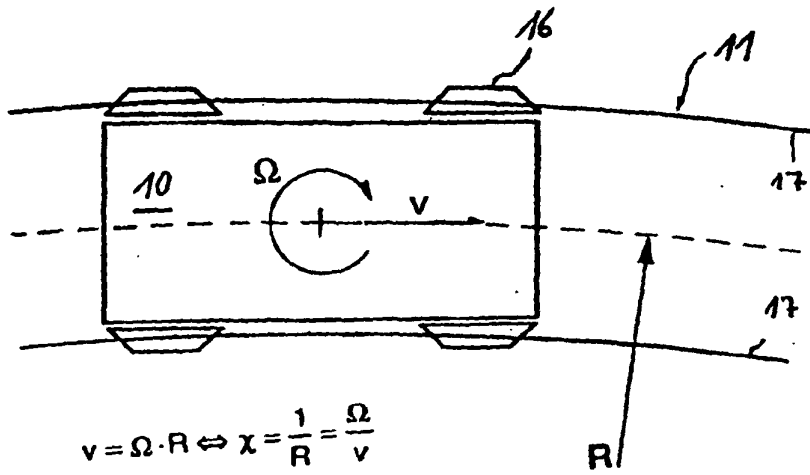


FIG. 1

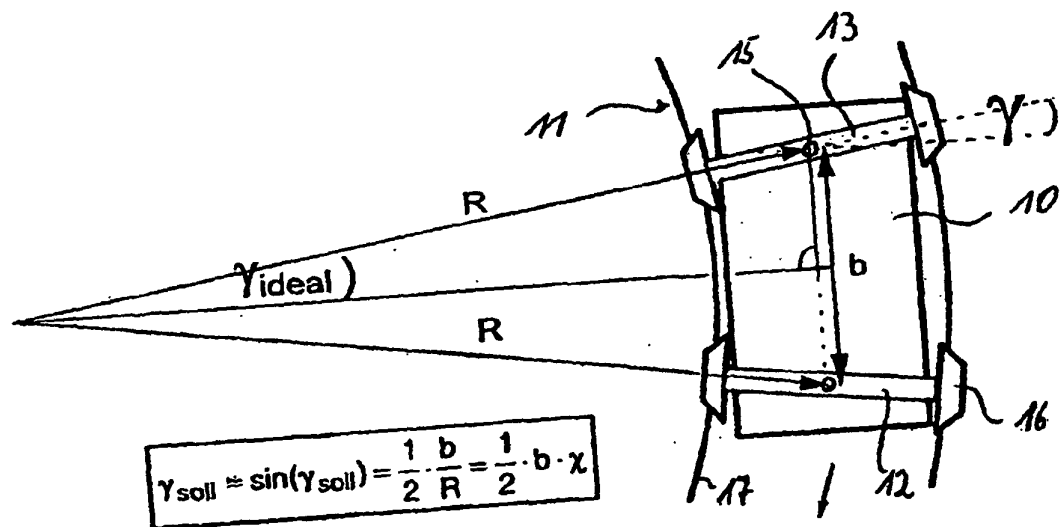


FIG. 2

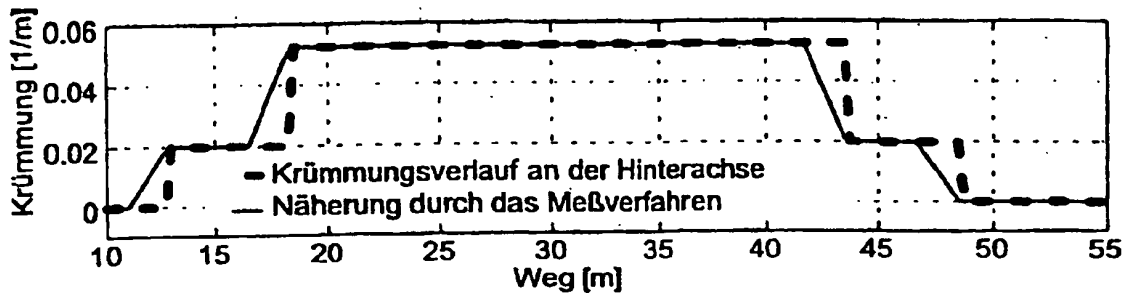


FIG. 3

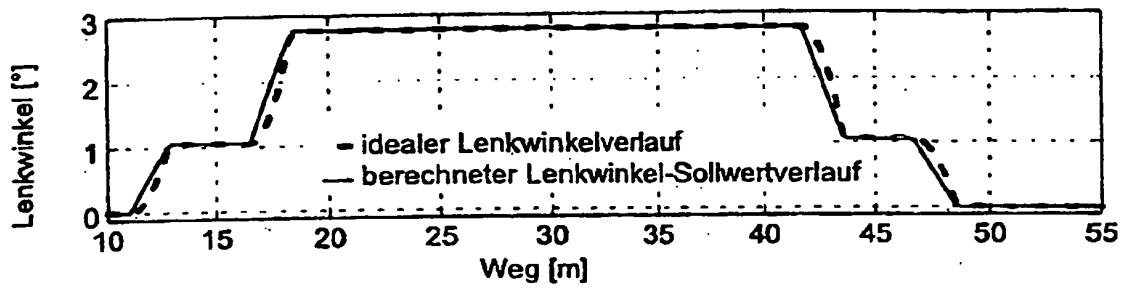


FIG. 4

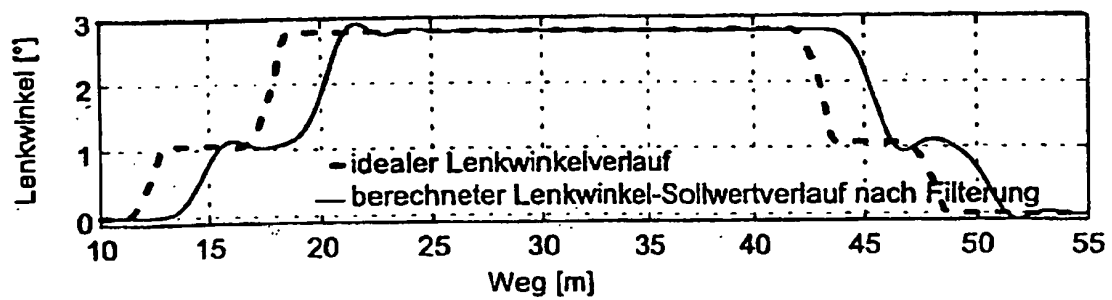


FIG. 5

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19538379 C1 [0004]
- DE 9219042 U1 [0005]