



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.11.2017 Patentblatt 2017/44

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

(21) Anmeldenummer: **17164999.9**

(22) Anmeldetag: **05.04.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **28.04.2016 AT 503772016**

(71) Anmelder: **Siemens AG Österreich**
1210 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **Kienberger, Andreas**
8010 Graz (AT)
• **Teichmann, Martin**
8045 Graz (AT)
• **Hoffmann, Thilo**
8044 Graz (AT)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **KRAFTGEREGELTE SPURFÜHRUNG FÜR EIN SCHIENENFAHRZEUG**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung von zumindest einer ersten Achse (2) eines Schienenfahrzeugs, wobei die Achssteuerung eine Aktuatoreinheit (4), ein zu dieser wirkungsmäßig parallel geschaltetes, passives Elastiklager (5) und eine Regeleinrichtung (6) aufweist und die Regeleinrichtung (6) zumindest mit der Aktuatoreinheit (4) zwecks Datenübertragung verbunden ist.

Um vorteilhafte Bedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass von der Regeleinrichtung (6) als Steuer- bzw. Regelgröße für kinetische Zustände des Schienenfahrzeugs ausschließlich eine Ist-Stellkraft (7) der Aktu-

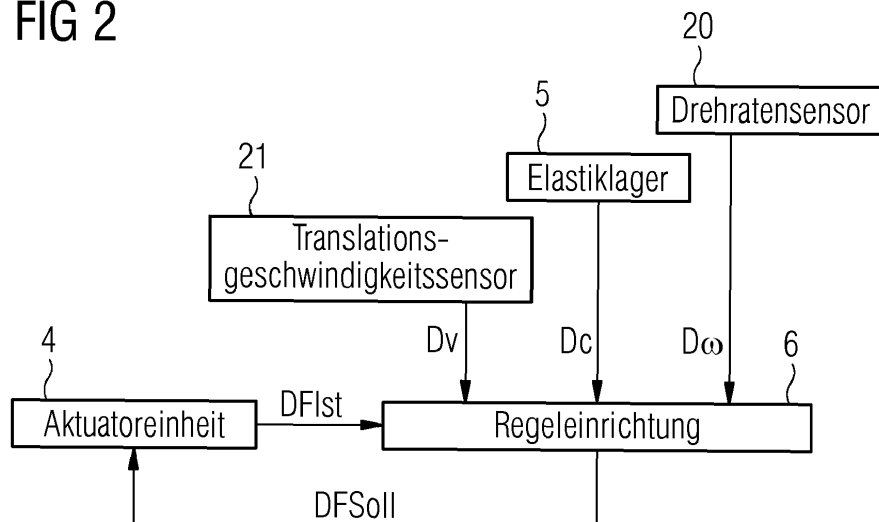
atoreinheit (4) eingesetzt wird.

Das Verfahren bewirkt den Vorteil, dass auf eine aufwendige und fehleranfällige Erfassung und Verarbeitung von Weg- bzw. Lenkwinkelinformationen für die Achssteuerung verzichtet werden kann.

Durch einen Verzicht auf Sensoren für die Weg- bzw. Lenkwinkelbestimmung werden die Zahl der Komponenten der Achssteuerung gesenkt und somit deren Raumbedarf sowie die Kosten gemindert.

Weiterhin werden dadurch die Robustheit und somit die Verfügbarkeit der Achssteuerung erhöht.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung von zumindest einer ersten Achse eines Schienenfahrzeugs, wobei die Achssteuerung eine Aktuatoreinheit, ein zu dieser wirkungsmäßig parallel geschaltetes, passives Elastiklager und eine Regeleinrichtung aufweist und die Regeleinrichtung zumindest mit der Aktuatoreinheit zwecks Datenübertragung verbunden ist.

[0002] Fahrwerke für Schienenfahrzeuge müssen eine hohe Fahrsicherheit aufweisen. Diese kann beispielsweise durch die Anordnung einer aktiven Achs- bzw. Rad- oder Radsatzsteuerung verbessert werden. Das gezielte Stellen von Achsen bzw. Rädern oder Radsätzen durch aktive Verdrehung derselben um deren Hochachsen dient in bekannter Weise dazu, instabile Fahrzustände zu verhindern.

[0003] Ferner wird dadurch der Fahrkomfort durch Vermeidung störender Schwingungen in einem Schienenfahrzeug erhöht.

[0004] Dem Rad-Schiene-Kontakt kommt eine besondere, sicherheitsrelevante Bedeutung zu. Unregelmäßigkeiten des Rad-Schiene-Kontakts, z.B. aufgrund der Beschädigung eines Rades, können zu erheblichen Folgeschäden bis hin zu Entgleisungen führen. Auch leichte Beschädigungen, wie z.B. feine Risse können große Schwierigkeiten verursachen, da sie Instandhaltungsarbeiten erforderlich machen, die hohe Kosten und eine eingeschränkte Verfügbarkeit der Schienenfahrzeuge bewirken können.

[0005] Durch den Einsatz einer aktiven Achs- bzw. Rad- oder Radsatzsteuerung wird eine Verminderung des Verschleißes bzw. der Rollkontaktermüdung (Rolling Contact Fatigue, RCF) und somit von Unregelmäßigkeiten des Rad-Schiene-Kontakts bei Rädern und Schienen erzielt.

[0006] Nach dem Stand der Technik beschreibt beispielsweise die EP 0 870 664 B1 ein Verfahren zur Radsatzführung von Schienenfahrzeugen. Beispielhaft wird unter anderem eine Einrichtung gezeigt, bei welcher eine Zweikammer-Fluidbuchse zwischen einem Schwingarm und einem Fahrwerksrahmen angeordnet ist, die eine Relativbewegung zwischen dem Schwingarm und dem Fahrwerksrahmen erzeugt und dadurch einen Radsatz-Stellwinkel einstellt.

[0007] Als Steuergröße für den Radsatz-Stellwinkel werden ein Ausdrehwinkel zwischen dem Fahrwerksrahmen und einem Wagenkasten oder ein Ausdrehwinkel zwischen zwei Radsätzen und dem Wagenkasten verwendet.

[0008] Der genannte Ansatz weist in seiner bekannten Form den Nachteil auf, dass Mess- und Auswerteeinheiten im Zusammenhang mit der Verarbeitung der genannten Ausdrehwinkel, d.h. z.B. Winkelgeber, vorgesehen sein müssen.

[0009] In der EP 2 371 656 A1 wird ein Schienenfahrzeug mit variabler Achsgeometrie vorgestellt. Eine hori-

zontale Winkellage jeder Achse eines Fahrwerks wird während des Betriebs des Schienenfahrzeugs kontinuierlich so eingestellt, dass eine vorgegebene Querverschiebung der Achsen gegeneinander und ein vorgegebener Winkel zwischen den Achsen erzielt wird.

[0010] Der genannte Ansatz weist in seiner bekannten Form den Nachteil auf, dass für eine Ansteuerung von exakten Winkeln aufwendige Winkel- oder Wegmessungen erforderlich sind.

[0011] Die DE 198 61 086 B4 zeigt ein Verfahren für eine lenkende Ausrichtung von drehbar an einem Fahrwerk befestigten Rädern eines Schienenfahrzeugs in einem Gleis, wobei ein Soll-Lenkwinkel der Räder in Abhängigkeit von einer Krümmung des Gleises bestimmt wird.

[0012] Der genannte Ansatz weist in seiner bekannten Form den Nachteil auf, dass das Verfahren als Lenkwinkelregelung ausgeführt ist, die, für eine Überprüfung auf Erreichung bzw. Einhaltung eines Soll-Lenkwinkels Sensoren für die Winkelerfassung, z.B. Winkelgeber, erfordert. Eine Regelung bezüglich einer Rad-Stellkraft ist in dieser Schrift nicht offenbart.

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren anzugeben.

[0014] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem von der Regeleinrichtung als Steuer- bzw. Regelgröße für kinetische Zustände des Schienenfahrzeugs, insbesondere für Lenkwinkel γ , ausschließlich eine Ist-Stellkraft der Aktuatoreinheit eingesetzt wird.

[0015] Durch einen Verzicht auf Sensoren für die Weg- bzw. Lenkwinkelbestimmung werden die Zahl der Komponenten einer Achs- bzw. Rad- oder Radsatzsteuerung gesenkt und somit deren Bauraumbedarf sowie die Kosten gemindert.

[0016] Weiterhin werden dadurch die Robustheit und somit die Verfügbarkeit der Achs- bzw. Rad- oder Radsatzsteuerung erhöht.

[0017] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0018] Es zeigen beispielhaft:

Fig. 1: Eine Seitenansicht einer beispielhaften Ausführung eines Fahrwerks, wobei ein Ausschnitt eines Fahrwerksrahmens, ein Rad sowie ein Schwingarm dargestellt sind und, zwischen dem Fahrwerksrahmen und dem Schwingarm angeordnet, eine Aktuatoreinheit sowie ein Elastiklager gezeigt werden,

Fig. 2: Ein Funktionsschaubild zu einer beispielhaften Variante eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer Aktuatoreinheit, einem Elastiklager, einer Regeleinrichtung, einem Drehratensensor und einem Translationsgeschwindigkeitssensor, und

Fig. 3: Ein Fahrwerk eines Schienenfahrzeuges mit einem ersten Radsatz mit einer ersten Achse und einem zweiten Radsatz mit einer zweiten Achse in einem Gleisbogen, wobei Abhängigkeiten eines Lenkwinkels von Parametern des Fahrwerks und dessen Bewegungszustands sowie von Parametern des Gleisbogens angegeben sind.

[0019] Ein in Fig. 1 in Seitenansicht dargestellter Ausschnitt einer beispielhaften Variante eines Fahrwerks umfasst einen Ausschnitt eines Fahrwerksrahmens 1 sowie auf einer ersten Schiene 22 ein erstes Rad 8, dessen Mittelpunkt auf einer ersten Achse 2 angeordnet ist.

[0020] Das erste Rad 8 ist über eine nicht gezeigte mechanische Kopplung mit einem nicht dargestellten zweiten Rad 9 verbunden, dessen Mittelpunkt ebenfalls auf der ersten Achse 2 angeordnet ist und das auf einer nicht gezeigten zweiten Schiene 23 aufliegt.

[0021] Weiterhin werden ein Radlager 14, ein Schwingarm 15 und ein Radlagergehäuse 16 gezeigt.

[0022] Zwischen dem Fahrwerksrahmen 1 und dem Schwingarm 15 ist für die Erzeugung einer dynamischen Steifigkeit ein als hydraulische Buchse ausgeführtes, passives Elastiklager 5 mit frequenz- und amplitudenabhängiger statischer und erhöhter dynamischer Steifigkeit vorgesehen.

[0023] Die hydraulische Buchse weist eine stabilisierende, federnde und dämpfende Wirkung vornehmlich in der Ebene ihrer Grundfläche auf, d.h. die Steifigkeit wirkt in Richtung einer Fahrwerkslängsachse 17 sowie in Richtung einer Fahrwerkshochachse 18.

[0024] Eine Aktuatoreinheit 4 ist dem Elastiklager 5 bezüglich der mechanischen Wirkungsweise parallel geschaltet. Sie ist hinsichtlich ihrer Lage in einer Weise angeordnet, dass sie eine Ist-Stellkraft 7 erzeugt, die parallel bezüglich der Richtung der Fahrwerkslängsachse 17 wirkt und über die genannte mechanische Kopplung mit dem zweiten Rad 9 eine Verdrehung des ersten Rades 8 um die Fahrwerkshochachse 18 bzw. um eine zu dieser parallelen Drehachse bewirkt.

[0025] Die Aktuatoreinheit 4 weist in dieser beispielhaften Ausführungsvariante einen pneumatischen Aktuator 19 auf, der über nicht dargestellte Aggregate, Leitungen und Ventile mit Druckluft versorgt wird und eine definierte, steuer- bzw. regelbare Ist-Stellkraft 7 erzeugt.

[0026] Fig. 2 stellt eine beispielhafte Variante eines erfindungsgemäßen Verfahrens dar. Es werden funktionale Zusammenhänge zwischen einer Aktuatoreinheit 4, einem Elastiklager 5, einer Regeleinrichtung 6, einem Drehratensensor 20 und einem Translationsgeschwindigkeitssensor 21 gezeigt.

[0027] Die Aktuatoreinheit 4 erzeugt über einen in Fig. 2 nicht dargestellten pneumatischen Aktuator 19 eine Ist-Stellkraft 7 für die Einstellung von Lenkwinkeln γ für eine Achs- bzw. Rad- oder Radsatzsteuerung.

[0028] Das Elastiklager 5 weist eine Steifigkeitscharakteristik c auf, die mathematisch einer nichtlinearen

Funktion entspricht.

[0029] Über den Drehratensensor 20 wird eine Giergeschwindigkeit ω eines Fahrwerks gemessen. Sein Einsatz stellt eine vorteilhafte Lösung für die Bestimmung von Gleisbogengeometrien dar. Erfindungsgemäß sind jedoch auch andere Mittel vorstellbar, wie z.B. Ortungssysteme, Kreisel Sensoren oder Beschleunigungssensoren.

[0030] Über den Translationsgeschwindigkeitssensor 21 wird eine Translationsgeschwindigkeit v des Fahrwerks gemessen. Deren Erfassung kann jedoch auch über andere Mittel erfolgen, z.B. über ein Multifunction Vehicle Bus - System (MVB), aus dem entsprechende Daten ausgelesen werden können.

[0031] Die Regeleinrichtung 6 umfasst nicht dargestellte Softwaremodule für die Implementierung von Regelungsalgorithmen.

[0032] Die Aktuatoreinheit 4, das Elastiklager 5, der Drehratensensor 20 und der Translationsgeschwindigkeitssensor 21 weisen Datenschnittstellen zu der Regeleinrichtung 6 sowie nicht dargestellte Einrichtungen für die Aufbereitung der über die genannten Datenschnittstellen zu übertragenden Informationen auf.

[0033] Die Regeleinrichtung 6 empfängt in einer Frequenz von größer oder gleich 10 Hz Informationen über die Ist-Stellkraft 7 bzw. entsprechende Ist-Stellkraftdaten DF_{Ist} von der Aktuatoreinheit 4, Informationen über die Steifigkeitscharakteristik c bzw. entsprechende Steifigkeitsdaten D_c von dem Elastiklager 5, Informationen über die Giergeschwindigkeit ω bzw. entsprechende Giergeschwindigkeitsdaten D_ω von dem Drehratensensor 20 sowie Informationen über die Translationsgeschwindigkeit v bzw. entsprechende Translationsgeschwindigkeitsdaten D_v von dem Translationsgeschwindigkeitssensor 21.

[0034] Bei genanntem Transfer von Steifigkeitsdaten D_c handelt es sich um eine besonders vorteilhafte Lösung. Erfindungsgemäß ist bei Lagern mit bekanntem Steifigkeitsverhalten jedoch auch eine Implementierung von Steifigkeitsverläufen in die Softwaremodule der Regeleinrichtung 6 und somit ein Verzicht auf Datenschnittstellen und Einrichtungen für die Aufbereitung der zu übertragenden Informationen vorstellbar.

[0035] In den Softwaremodulen der Regeleinrichtung 6 werden aus den empfangenen Ist-Stellkraftdaten DF_{Ist} , den Steifigkeitsdaten D_c , den Giergeschwindigkeitsdaten D_ω und den Translationsgeschwindigkeitsdaten D_v Soll-Stellkraftdaten DF_{Soll} gebildet.

[0036] Dabei wird aus den Giergeschwindigkeitsdaten D_ω bzw. einer Giergeschwindigkeit ω sowie aus den Translationsgeschwindigkeitsdaten D_v bzw. der Translationsgeschwindigkeit v über die bekannte Vorschrift, wonach sich ein Krümmungsradius als Quotient einer Translationsgeschwindigkeit v und einer Giergeschwindigkeit ω ergibt, zunächst ein Gleisbogenradius R bestimmt.

[0037] Mittels des Gleisbogenradius R sowie einer in Fig. 3 dargestellten halben Radsatzlänge a und eines

ebendort gezeigten Achsabstands b wird ein Stellweg s für den in Fig. 1 gezeigten pneumatischen Aktuator 19 der Aktuatoreinheit 4 gebildet. Die entsprechenden Zusammenhänge sind in Fig. 3 dargestellt. Entsprechende Werte für die halbe Radsatzlänge a und den Achsabstand b sind in den Softwaremodulen der Regeleinrichtung 6 implementiert.

[0038] Über die bekannte Vorschrift, wonach sich eine Kraft aus dem Produkt einer Steifigkeit und eines Weges ergibt, wird aus den Steifigkeitsdaten D_c bzw. der Steifigkeitscharakteristik c des Elastiklagers 5 und dem Stellweg s eine Soll-Stellkraft gebildet bzw. Soll-Stellkraftdaten DFS_{Soll} für die Aktuatoreinheit 4 erzeugt. Die Soll-Stellkraft ist jene Kraft, die für die Überwindung der Steifigkeit des Elastiklagers 5 und für die Erzeugung des Stellwegs s des pneumatischen Aktuators 19 der Aktuatoreinheit 4 erforderlich ist.

[0039] Entsprechend einem Abgleich der gebildeten Soll-Stellkraft und der momentan wirkenden Ist-Stellkraft 7 wird der in Fig. 1 dargestellte pneumatische Aktuator 19 angesteuert. Hierzu umfasst die Aktuatoreinheit 4 nicht dargestellte Einrichtungen.

[0040] Über den bekannten Zusammenhang zwischen einer Kraft, einer Kolbenfläche und einem Druck wird in dem pneumatischen Aktuator 19 ein Druck erzeugt, der die Soll-Stellkraft erzeugt. Ist die Soll-Stellkraft erreicht und wird gehalten, wird sie formal zur Ist-Stellkraft 7, mit der im darauffolgenden Regelungszyklus gegebenenfalls eine neue Soll-Stellkraft abgeglichen wird.

[0041] Das Verfahren für die Bestimmung der Soll-Stellkraft, die Ansteuerung der Aktuatoreinheit 4 für die Erzeugung der Soll-Stellkraft sowie die Aufbereitung und Übertragung der Ist-Stellkraftdaten DF_{Ist} , der Soll-Stellkraftdaten DFS_{Soll} , der Steifigkeitsdaten D_c , der Giergeschwindigkeitsdaten D_{ω} sowie der Translationsgeschwindigkeitsdaten D_v erfolgen zyklisch mit einer Frequenz von größer oder gleich 10 Hz.

[0042] Fig. 3 zeigt ein Fahrwerk eines Schienenfahrzeuges mit einem Fahrwerksrahmen 1, einem ersten Radsatz 12 mit einem ersten Rad 8, einem zweiten Rad 9 und einer ersten Achse 2 sowie mit einem zweiten Radsatz 13 mit einem dritten Rad 10, einem vierten Rad 11 und einer zweiten Achse 3 in einem Gleisbogen.

[0043] Es sind eine erste Schiene 22 und eine zweite Schiene 23 dargestellt.

[0044] Weiterhin sind ein Gleisbogenradius R des Gleisbogens, ein Lenkwinkel γ bezogen auf eine Verdrehung des ersten Radsatzes 12 um seine Hochachse, ein Achsabstand b und eine halbe Radsatzlänge a des ersten Radsatzes 12 dargestellt.

[0045] Über eine Bildungsformel 24 wird durch Umformung in einen Ergebnisterm 25 ein Stellweg s für den in Fig. 1 gezeigten pneumatischen Aktuator 19 der Aktuatoreinheit 4 bestimmt.

[0046] Die Bildungsformel 24 verwendet die zulässige Linearisierung, wonach bei kleinen Winkeln die Sinusfunktion und die Tangensfunktion eines Winkels gleich dem Winkel selbst gesetzt werden können.

[0047] Der Sinus des Lenkwinkels γ wird als Quotient aus der Hälfte des Achsabstands b und dem Gleisbogenradius R gebildet, der Tangens des Lenkwinkels γ aus dem Stellweg s und der halben Radsatzlänge a .

[0048] Unter Berücksichtigung der genannten Linearisierung werden der Term für den Sinus des Lenkwinkels γ und der Term für den Tangens des Lenkwinkels γ gleichgesetzt, d.h. der Lenkwinkel γ ist eine reine Rechengröße und muss nicht gemessen und verarbeitet werden.

[0049] Über eine Umformung in den Ergebnisterm 25 wird der Stellweg s als Quotient aus dem im Zähler stehenden Produkt der halben Radsatzlänge a und dem Achsabstand b sowie dem im Nenner stehenden Zweifachen des Gleisbogenradius R bestimmt.

[0050] Der Stellweg s wird in dem im Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebenen Verfahren für die Bestimmung einer Soll-Stellkraft verwendet.

Liste der Bezeichnungen

[0051]

1	Fahrwerksrahmen
2	Erste Achse
3	Zweite Achse
4	Aktuatoreinheit
5	Elastiklager
6	Regeleinrichtung
7	Ist-Stellkraft
8	Erstes Rad
9	Zweites Rad
10	Drittes Rad
11	Viertes Rad
12	Erster Radsatz
13	Zweiter Radsatz
14	Radlager
15	Schwingarm
16	Radlagergehäuse
17	Fahrwerkslängsachse
18	Fahrwerkshochachse
19	Pneumatischer Aktuator
20	Drehratensensor
21	Translationsgeschwindigkeitssensor
22	Erste Schiene
23	Zweite Schiene
24	Bildungsformel
25	Ergebnisterm
γ	Lenkwinkel
c	Steifigkeitscharakteristik
v	Translationsgeschwindigkeit
ω	Giergeschwindigkeit
R	Gleisbogenradius
b	Achsabstand
a	Halbe Radsatzlänge
s	Stellweg
D_c	Steifigkeitsdaten
D_{ω}	Giergeschwindigkeitsdaten

Dv Translationsgeschwindigkeitsdaten
 DF_{Ist} Ist-Stellkraftdaten
 DF_{Soll} Soll-Stellkraftdaten

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung von zumindest einer ersten Achse eines Schienenfahrzeugs, wobei die Achsteuerung eine Aktuatoreinheit, ein zu dieser wirkungsmäßig parallel geschaltetes, passives Elastiklager und eine Regeleinrichtung aufweist und die Regeleinrichtung zumindest mit der Aktuatoreinheit zwecks Datenübertragung verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** von der Regeleinrichtung (6) als Steuer- bzw. Regelgröße für kinetische Zustände des Schienenfahrzeugs, insbesondere für Lenkwinkel γ , ausschließlich eine Ist-Stellkraft (7) der Aktuatoreinheit (4) eingesetzt wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ist-Stellkraft (7) aus Informationen über zumindest eine bekannte Eigenschaft des Schienenfahrzeugs, insbesondere über eine Steifigkeitscharakteristik c des Elastiklagers (5), sowie aus Informationen über eine Gleisgeometrie gebildet wird. 25
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ist-Stellkraft (7) aus Informationen über zumindest eine bekannte Eigenschaft des Schienenfahrzeugs, insbesondere über eine Steifigkeitscharakteristik c des Elastiklagers (5), sowie aus Informationen über Bewegungszustände des Schienenfahrzeugs, insbesondere über eine Translationsgeschwindigkeit v, gebildet wird. 30 35
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die Ist-Stellkraft (7) der Lenkwinkel γ gesteuert bzw. geregelt wird. 40
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als bekannte Eigenschaft des Schienenfahrzeugs die Steifigkeitscharakteristik c des Elastiklagers (5) eingesetzt wird. 45
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** kinetische Zustände zumindest eines ersten Losradsatzes eingestellt werden. 50
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** kinetische Zustände zumindest eines ersten Radsatzes (12) eingestellt werden. 55
8. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildung von Informationen mittels zumindest eines Translationsgeschwindig-

keitssensors (21) erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildung von Informationen mittels zumindest eines Ortungssystems erfolgt. 5
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildung von Informationen mittels zumindest eines Drehratensensors (20) erfolgt. 10
11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bildung von Informationen mittels zumindest eines Kreiselsensors erfolgt. 15
12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gleisbogenradius R als Quotient einer Translationsgeschwindigkeit v und einer Giergeschwindigkeit zumindest eines Fahrwerks des Schienenfahrzeugs bestimmt wird. 20
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des Gleisbogenradius R sowie einer halben Radsatzlänge a und eines Achsabstands b des zumindest einen Fahrwerks ein Stellweg s für die Aktuatoreinheit (4) gebildet wird. 25
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Steifigkeitscharakteristik c des Elastiklagers (5) und dem Stellweg s für die Aktuatoreinheit (4) eine Soll-Stellkraft zur Steuerung bzw. Regelung der Ist-Stellkraft (7) gebildet wird. 30 35 40 45 50 55

FIG 1

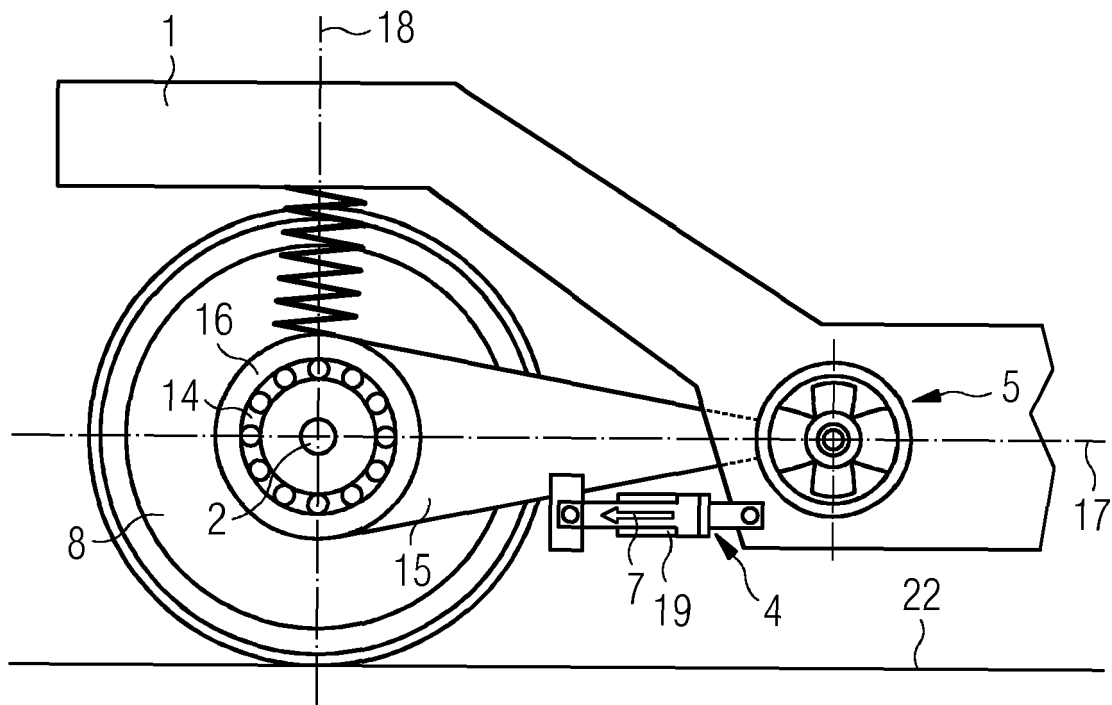


FIG 2

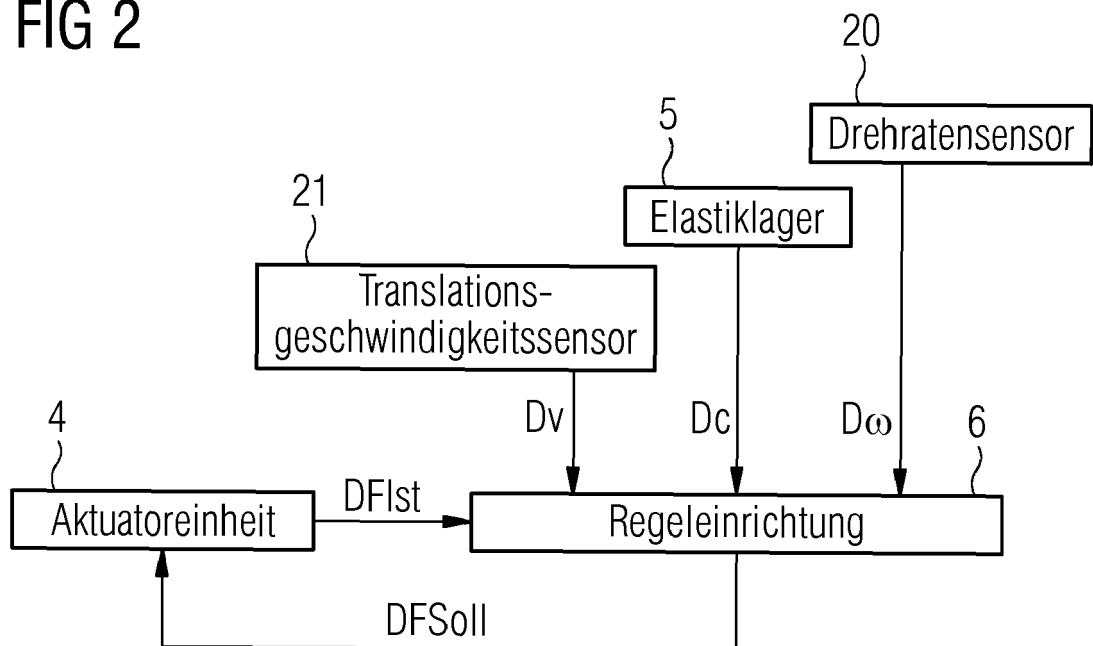
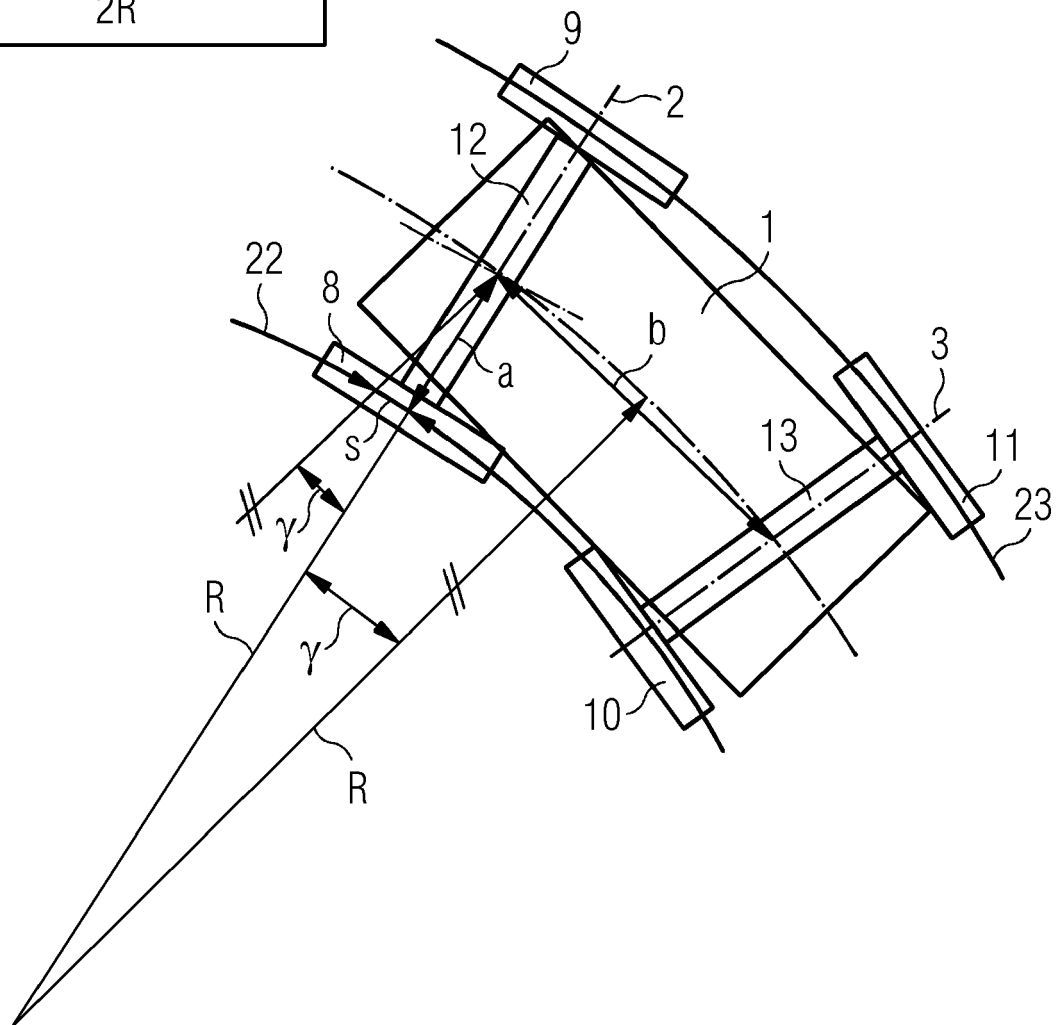


FIG 3

$$\sin \gamma = \frac{b}{2R} \approx \tan \gamma = \frac{s}{a} \quad 24$$

$$s \approx \frac{ab}{2R} \quad 25$$





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 16 4999

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2016/008731 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21. Januar 2016 (2016-01-21) * das ganze Dokument *	1-12	INV. B61F5/38
X,D	DE 198 61 086 A1 (ABB DAIMLER BENZ TRANSP [DE]) 27. Januar 2000 (2000-01-27) * das ganze Dokument *	1-4,6-13	
X	DE 10 2006 025773 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]) 6. Dezember 2007 (2007-12-06) * das ganze Dokument *	1-5,7-12	
X	EP 0 600 172 A1 (KRUPP VERKEHRSTECHNIK GMBH [DE]) 8. Juni 1994 (1994-06-08) * das ganze Dokument *	1-7,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. September 2017	Prüfer Awad, Philippe
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 16 4999

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

26-09-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016008731 A1	21-01-2016	CA 2955206 A1	21-01-2016
		DE 102014214055 A1	21-01-2016
		EP 3129272 A1	15-02-2017
		US 2017166224 A1	15-06-2017
		WO 2016008731 A1	21-01-2016
DE 19861086 A1	27-01-2000	DE 19861086 A1	27-01-2000
		DE 59911399 D1	10-02-2005
		EP 1003661 A1	31-05-2000
		HU 0003302 A2	28-02-2001
		IL 134496 A	19-02-2004
		NO 995807 A	23-12-1999
		PL 337851 A1	11-09-2000
		US 6571178 B1	27-05-2003
		WO 9965751 A1	23-12-1999
DE 102006025773 A1	06-12-2007	AU 2007267234 A1	06-12-2007
		CA 2653747 A1	06-12-2007
		CN 101489851 A	22-07-2009
		DE 102006025773 A1	06-12-2007
		EP 2021223 A2	11-02-2009
		IL 195363 A	29-02-2012
		JP 5221523 B2	26-06-2013
		JP 2009538772 A	12-11-2009
		KR 20090020634 A	26-02-2009
		RU 2008151999 A	10-07-2010
		US 2009276107 A1	05-11-2009
		WO 2007137906 A2	06-12-2007
		ZA 200809913 B	26-08-2009
EP 0600172 A1	08-06-1994	AT 170142 T	15-09-1998
		CA 2109560 A1	29-05-1994
		DE 4240098 A1	01-06-1994
		EP 0600172 A1	08-06-1994
		US 5429056 A	04-07-1995

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0870664 B1 [0006]
- EP 2371656 A1 [0009]
- DE 19861086 B4 [0011]