



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 590 234 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **93106248.3**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **B61F 5/38, B61C 15/14**

22 Anmeldetag: **16.04.93**

30 Priorität: **29.09.92 EP 92116656**

71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**D-80333 München(DE)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.04.94 Patentblatt 94/14**

72 Erfinder: **Reng, Leonhard, Dipl.-Ing.**  
**Dr.-Wölfel-Strasse 4**  
**W-8522 Herzogenaurach(DE)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL**

54 **Verfahren und Vorrichtung zur Behebung einer Schrägstellung eines Radblock-Drehgestells.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern (11,12,21,22) versehenen Radblock-Drehgestells (4,5) eines Schienenfahrzeugs. Erfindungsgemäß werden die ermittelten Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ ) des Radblock-Drehgestells (4,5) kreuzweise aufsummiert, diese gebildeten Summendrehzahlen ( $ns_1, ns_2$ ) zu einem Summendifferenzdrehzahl-Istwert ( $g$ ), der die tatsächliche Schrägstellung des Drehgestells (4) wiedergibt, verknüpft und dieser Schrägstellungs-Istwert ( $g$ ) auf einen vorgebbaren Schrägstellungs-Sollwert ( $g^*$ ) geregelt. Somit wird eine Schrägstellung des Radblock-Drehgestells (4,5) ohne zusätzliche Sensorik erkannt und ausgeregelt, unabhängig davon, wie diese verursacht wurde, wodurch ein optimales Laufverhalten in Geraden und in Kurven gleichermaßen erreicht wird.

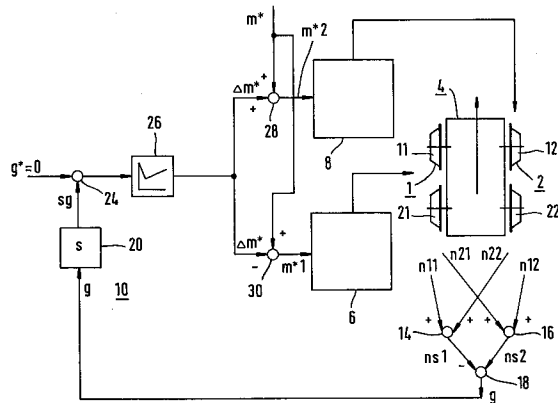


FIG 2

EP 0 590 234 A1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern versehenen Radblock-Drehgestells.

Schienenfahrzeuge bestehen aus Wagenkasten und Fahrwerk. Das Fahrwerk hat zwei Aufgaben: Es übernimmt die Führung des Fahrzeugs im Spurkanal des Gleises, und es muß den Wagenkasten vor Stößen schützen.

Die Spurführung ist ideal, wenn das Fahrzeug der Gleismitte exakt folgt. Das Spurführungsverhalten des Fahrwerks nähert sich der idealen Spurführung, je schneller Abweichungen von der Gleisachse korrigiert werden.

Anhand von nur zwei Größen läßt sich das Spurführungsverhalten schnell beurteilen:

- dem Abbau eines Querversatzes und
- dem Abbau einer Schrägstellung im Gleis.

Zum Querverschieben werden Kräfte, zum Abbau der Schrägstellung wird ein Wendemoment benötigt. Letzteres erfordert wiederum Kräfte, die mit einem Hebelarm um einen geeigneten Drehpunkt oder als Kräftepaar das gewünschte Moment liefern.

In der Rad/Schiene-Berührungsfläche entstehen Kräfte, die zum Führen herangezogen werden können. Abhängig vom physikalischen Effekt sind zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Kräften zu unterscheiden.

Es sind Kraftschlußkräfte, wenn das Rad im Radaufstandpunkt relativ zur Schiene quer oder längs gleitet. Das Produkt aus Relativgeschwindigkeit und Kraftschlußkraft ist eine Kraftschlußverlustleistung. Sie macht sich als Spurführungswiderstand bemerkbar und wird im Rad/Schiene-Kontakt in Wärme und Verschleiß an Rad und Schiene umgesetzt. Auch das Rollgeräusch hängt eng damit zusammen.

Im Aufsatz "Aspekte zur Spurführung" abgedruckt in der Zeitschrift "ZEV-Glas. Ann. 114 (1990), Nr. 1/2, Seiten 24 bis 29, werden verschiedene Spurführungsprinzipien vorgestellt und hinsichtlich des Spurführungsverhaltens untersucht.

Aus diesem Aufsatz ist das Spurführungsprinzip "Radblock" bekannt. Beim Radblock werden zwei Einzelräder verwendet, die nicht nebeneinander, sondern hintereinander angeordnet sind. Die hintereinander angeordneten Einzelräder erweisen sich als nahezu ideal zur Korrektur von Schrägstellungen. Am schrägstehenden Radblock greifen an beiden Rädern wegen desselben Schräglaufwinkels  $\delta$  gleichgroße Kraftschlußquerkräfte an. In Bezug auf den Drehpunkt kompensieren sie die dadurch entstehenden Wendemomente. Der Radblock befindet sich aus dieser Sicht immer in einer indifferenten Gleichgewichtslage. Aus jeder beliebigen Stellung des Phasendiagramms des Radblocks werden die Querauslenkungen und eine Schräg-

stellung sehr schnell auf Werte um Null reduziert. Der Radblock baut sowohl den Querversatz als auch Schrägstellungen mit Profil-Seitenkräften und damit verschleißfrei ab. Das Spurführungsprinzip Radblock käme dem Ideal sehr nahe, wenn es keine Kraftschlußlängskräfte, wie bei angetriebenen Rädern, gäbe.

Aus der EP 0 374 290 A1 ist ein Schienenfahrzeug bekannt, das entlang der Fahrzeuglängsachse beidseitig eine vorgebbare Zahl von Einzelrädern umfaßt, die durch Lenkung schwenkbar sind. Eine spurfehlerfreie Lenkung jedes Einzelrades in allen Kurvenbereichen wird dadurch erreicht, daß eine Schienenverlauf-Meßeinrichtung vorgesehen ist, die die Abweichung einer Fahrzeugachse vom Verlauf der Schiene mißt und die abhängig von gemessenen Abweichungen ein Lenksignal für jedes Einzelrad unabhängig vom jeweils anderen erzeugt. Somit wird jedes Einzelrad in jeder beliebigen Kurvenlage immer korrekt so gelenkt, daß Spurfehler nicht mehr auftreten können.

Bei Kurvenfahrt sollten im Idealfall die Radebenen tangential zur Schiene stehen. Ein zwängungsfreies Abrollen der Räder ist trotzdem nur dann garantiert, wenn die Abrollradien der Räder den Bogenlängen der beiden Fahrschienen verhältnismäßig gleich sind. Dies ermöglicht einen Querversatz. Die notwendige Differenz der Abrollhalbmesser aufgrund der Konizität der Radprofile beider Räder ergibt sich zu der bekannten Abrollbedingung des Radsatzes. Wenn infolge der Gleisführung die notwendige Differenz der Abrollhalbmesser größer ist als die mögliche Differenz aufgrund des Radprofils, können die Räder nicht mehr zwängungsfrei abrollen. D.h., das kurvenäußere Rad dreht daher zu langsam, das kurzvennere zu schnell. In Bezug auf die Hochachse entsteht durch die unterschiedlichen Kraftschlußlängskräfte ein Wendemoment, welches das Fahrwerk, auch Drehgestell genannt, aus dem Bogen herausdreht. Ein Anlaufen des Spurkanzes erfolgt immer dann, wenn sich das Drehgestell schrägstellt, also nicht mehr parallel zum Gleis bzw. in Kurven nicht mehr tangential zum Gleis läuft. Das Gegenmoment kann nur durch die Kraftschlußquerkräfte bzw. durch ein Anlaufen des Spurkanzes mit entsprechendem Verschleiß aufgebracht werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Behebung einer Schrägstellung eines Radblock-Drehgestells anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die im Anspruch 1 bzw. 2 angegebenen Merkmale.

Durch die erfindungsgemäße Verknüpfung jeweils zweier Raddrehzahlen von zwei diagonal gegenüberliegenden Einzelrädern des Fahrwerks zu jeweils einem Summensignal und deren Verknüp-

fung zu einem Summendifferenzdrehzahl-Istwert, erhält man eine Aussage über die tatsächliche Schrägstellung des Drehgestells bei einer Geradeausfahrt oder einer Kurvenfahrt. Dieser Summendifferenzdrehzahl-Istwert wird mit einem vorbestimmten Summendifferenzdrehzahl-Sollwert verglichen, der gemäß einem vorgebbaren Spurgütekriterium einstellbar ist. Aus der Regelabweichung zwischen Summendifferenzdrehzahl-Sollwert und -Istwert wird eine Stellgröße erzeugt, die zu bzw. von einem Fahrhebel-Sollwert bzw. von einem gemeinsamen Bremskraft-Sollwert addiert bzw. subtrahiert wird. Dadurch erhält man für eine Steuer- und Regeleinrichtung bzw. eine Steuereinrichtung jedes Radblocks des Fahr- bzw. Laufwerks einen Sollwert, mit dem bei Kurvenfahrt oder Geradeausfahrt die entstandene Schrägstellung des Drehgestells (Trieb- bzw. Laufdrehgestell) behoben wird, wodurch sich die Laufeigenschaft dieses Fahrwerks wesentlich verbessert.

Somit wird ein ideales Spurführungsverhalten erreicht, d.h. das Radblock-Drehgestell kann in der idealen Spur geführt werden, ohne dabei zusätzliche Geber zu verwenden. Dabei ist es unerheblich, ob das Fahrzeug in der Kurve oder auf Geraden fährt. Es ist ebenfalls unerheblich, welche Störeinflüsse, wie z.B. ständig wechselnder Schienenzustand, ein Schrägstellen verursachen könnten, denn eine solche erfindungsgemäße aktive Spurführung ermittelt die Schrägstellung indirekt über die Raddrehzahlen und korrigiert unabhängig von deren Ursache.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist durch die im Anspruch 3 bzw. 5 aufgeführten Merkmale festgelegt. Diese Vorrichtung besteht aus Addieren, Vergleichen, einem Vorzeichenglied und einem Regler, wodurch der Aufbau sehr einfach und preiswert ist.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung ist zwischen dem ersten Vergleichler und dem Vorzeichenglied ein Adaptionsglied geschaltet, dessen zweiter Eingang mit einem Ausgang eines Mittelwertbildners verknüpft ist. Dadurch wird der Summendifferenzdrehzahl-Istwert auf eine Fahrwerk-Drehzahl bezogen.

Die Auswertbarkeit des Summendifferenzdrehzahl-Istwertes wird umso besser, je höher die Drehzahl des Fahrwerks und damit die Fahrzeuggeschwindigkeit wird. Dies kommt der Spurführung bei hohen Geschwindigkeiten und damit der Verschleißreduzierung besonders entgegen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Schrägstellungserkennung kann auch ohne Nutzung der Antriebs- oder Bremskräfte eingesetzt werden. Beispielsweise wäre es möglich, daß das Drehgestell mittels eines Stellmechanismus gegenüber dem Wagenkasten verdrehbar wäre, so daß aus dem ermittelten Schrägstellungs-Istwert in Abhängigkeit

eines vorbestimmten Schrägstellungs-Sollwertes eine Stellgröße für einen solchen Stellmechanismus gewonnen werden kann. Diese Stellgröße könnte auch bei einem Stellmechanismus zum Lenken der Radsätze gegenüber dem Drehgestell Anwendung finden. Das besondere am erfindungsgemäßen Verfahren zur Schrägstellungserkennung ist, daß in Abhängigkeit der Drehzahlen der Einzelräder eines Drehgestells dessen Schrägstellung ermittelt werden kann, ohne dabei zusätzliche Geber zu verwenden.

Zur weiteren Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern versehenen Radblock-Drehgestells wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der mehrere Ausführungsformen schematisch veranschaulicht sind.

Figur 1 zeigt schematisch ein angetriebenes Radblock-Drehgestell mit einem Stellmoment, den Kraftschlußlängskräften und den Querkräften, in

Figur 2 ist ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei einem angetriebenen Radblock-Drehgestells dargestellt, die

Figur 3 veranschaulicht ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei einem antriebslosen Radblock-Drehgestell und die

Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild einer vorteilhaften Vorrichtung nach Figur 2.

Zur Erläuterung der am Drehgestell 4 angreifenden Kräfte und Hebelarme dient die in Figur 1 dargestellte Skizze eines Drehgestells 4. Dieses Drehgestell 4 ist nicht mit zwei konventionellen Radsätzen (Starrachsen), sondern mit vier Einzelrädern 11,12,21 und 22 ausgerüstet. Jedes Einzelrad 11,12,21 und 22 wird über ein Getriebe von einem Motor angetrieben, wobei wegen der Übersichtlichkeit das Getriebe und ein Motor nicht dargestellt sind. Für die Stellung des Fahrwerks 4 im Gleis ist das Stellmoment M ausschlaggebend. Dieses Moment, das auf die vertikale Achse durch den Drehzapfen bezogen ist, ergibt sich zu:

$$M = (F_{x12} + F_{x22} - F_{x11} - F_{x21})b + (F_{y12} + F_{y21} - F_{y11} - F_{y22})a,$$

wobei

Fx..	Kraftschlußlängskräfte (Antriebskraft)
Fy..	Querkräfte
b	halber Abstand der Radaufstandspunkte
a	halber Achsabstand
R	Abrollradius
M	Stellmoment um vertikale Achse
$\eta$	Querversatz

- $\delta$  Schrägstellungswinkel  
 $\gamma$  Neigungswinkel des Radprofils.

Die Querkräfte  $F_{yij}$  sind abhängig von dem vom Rad aufzunehmenden Gewichtsanteil des Fahrzeugs, dem Neigungswinkel des Radprofils im jeweiligen Aufstandspunkt, dem Stellungswinkel des Drehgestells zur Gleislängsachse und dem Gleitwinkel Rad/Schiene. Bei Querverschiebung des Radsatzes im Gleis ändern sich die Querkräfte im wesentlichen nur dann, wenn sich der Neigungswinkel des Radprofils ändert. Bei dem vorgeschlagenen Radprofil ist dieser Winkel jedoch im möglichen Laufbereich konstant. Dadurch bleiben die Querkräfte konstant und sind an allen Rädern gleich groß, solange kein Anlaufen an den Spurkranz erfolgt. Somit heben sich die Querkräfte in der angegebenen Momentengleichung auf. Die Kraftschlußlängskräfte  $F_{xij}$  sind die Antriebskräfte des Fahrzeugs und können aktiv über die Steuereinrichtung beeinflußt werden. Für die weitere Betrachtung genügt die vereinfachte Berechnungsgleichung für das Stellmoment:

$$M = b(F_{x12} + F_{x22} - F_{x11} - F_{x21}).$$

Die jeweilige Kraft  $F_{xij}$  ist positiv, wenn die Radumfangsgeschwindigkeit im Radaufstandspunkt größer ist als die Fahrzeuggeschwindigkeit. Entsprechend wird die Kraft Null bei gleicher Geschwindigkeit oder negativ, wenn die Radumfangsgeschwindigkeit geringer als die Fahrzeuggeschwindigkeit ist. Kraftschlußlängskräfte sind daher immer im Zusammenhang mit einem Rad/Schiene-Schlupf zu sehen.

Wird das Drehgestell 4 und damit die Räder 11,12,21 und 22 unter einem Winkel  $\delta$  schräg zur Radebene bewegt, so gleitet es mit einem Querschlupf relativ zur Schiene. Der Relativbewegung ist eine durch den Rad/Schiene-Kraftschluß hervorgerufene Kraftschlußseitenkraft  $F_y$  entgegengerichtet. Dieses führt zu einer unerwünschten Reibleistung, welche in Wärme, Verschleiß und Geräusch umgesetzt wird. Die Schrägstellung kann sogar zum Anlaufen des Spurkranzes führen und wird nur dadurch verhindert, daß beim schräg um die Vertikalachse ausgelenktem Drehgestell 4 ein Wendemoment  $M$  entsteht, daß eine Rückbewegung in eine zur Fahrtrichtung parallele bzw. zum Gleis parallele Stellung bewirkt, d.h. die Schrägstellung  $\delta$  wieder zu Null wird.

Ein Querversatz  $\eta$  allein erzeugt weder Verschleiß noch Geräusche und ist daher ohne spurführungstechnische Nachteile. Aufgrund der Konizität der Radprofile aber ergeben sich unterschiedliche Abrollradien und es entstehen je nach gewähltem Antriebskonzept Unterschiede in den Kraftschlußlängskräften, wodurch ein Wendemoment  $M$  entsteht.

Ein Anlaufen des Spurkranzes kann nur dadurch verhindert werden, daß bei einmal ausgelenktem Radsatz bzw. Drehgestell ein Stellmoment entsteht, das eine Rückbewegung in die Mittellage bewirkt.

In der Figur 2 ist ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern 11,12,21 und 22 versehenen Fahrwerks 4, auch angetriebenes Drehgestell genannt, dargestellt. Jedem Einzelrad 11,12,21 und 22 ist ein Fahrmotor zugeordnet, der aus Übersichtlichkeitsgründen nicht näher dargestellt ist. Bei diesem Fahrwerk 4 werden die Einzelräder 11,12,21 und 22 radblockweise gespeist. Dazu werden die Fahrmotoren der Einzelräder 11 und 21 von einem ersten Stellglied, beispielsweise einem Umrichter, insbesondere einem Pulsrichter, und die Fahrmotoren der Einzelräder 12 und 22 werden von einem zweiten Stellglied, beispielsweise einem Umrichter, insbesondere beim Pulsrichter gespeist. Auch diese Umrichter sind aus Übersichtlichkeitsgründen nicht näher dargestellt. Es besteht somit die Möglichkeit, den linken Radblock 1 mit anderem Drehmoment und Drehzahl zu betreiben als den rechten Radblock 2, was insbesondere für zwängungsfreie Kurvenfahrten von Vorteil ist.

Die Antriebsmomente  $m^*1$  und  $m^*2$  der links- und rechtsseitigen Motoren werden mit Hilfe von zwei Steuer- und Regeleinrichtungen 6 und 8 annähernd gleich groß eingestellt. Prägt man mittels dieser beiden Steuer- und Regeleinrichtungen 6 bzw. 8 auf beiden Seiten des Drehgestells 4 exakt die gleichen Motor-Drehmomente  $m^*1$  und  $m^*2$  ein, dürfte man unter der theoretischen Annahme von gleichen Abrollradien an allen vier Rädern 11,12,21 und 22 einen Geradeauslauf des Drehgestells 4 erwarten.

Der Drehmomentregelung dieser radblockweise gespeisten Fahrmotoren der Einzelräder 11,12,21 und 22 des Fahrwerks 4 ist eine Spurgüteregelung 10 überlagert, wodurch eine Schrägstellung bei beliebigem Bogenradius erkannt wird und durch geeignete Steuereingriffe auf die radblockweise gespeisten Fahrmotoren der Einzelräder 11,12,21 und 22 die Kraftschlußlängskräfte so geregelt werden, daß eine Rückbewegung aus der ermittelten Schrägstellung erfolgt.

Diese überlagerte Spurgüteregelung 10 besteht eingangsseitig aus zwei Addierern 14 und 16, die ausgangsseitig mit einem ersten Vergleicher 18 verknüpft sind. Der Addierer 14 summiert die Raddrehzahlen  $n_{11}$  und  $n_{22}$  zweier diagonal gegenüberliegender Einzelräder 11 und 22 des Fahrwerks 4, wobei der Addierer 16 die Raddrehzahlen  $n_{12}$  und  $n_{21}$  der beiden anderen diagonal gegenüberliegenden Einzelräder 12 und 21 dieses Fahr-

werks 4 summiert. Am Ausgang des Addierers 14 steht eine erste Summendrehzahl  $n_{s1}$  und am Ausgang des Addierers 16 steht eine zweite Summendrehzahl  $n_{s2}$  an. Mittels des nachfolgenden ersten Vergleichers 18 wird ein Summendifferenzdrehzahl-Istwert  $g$  gebildet, der ein Maß für die Schrägstellung des Fahrwerks 4 im Gleis darstellt. Somit wird der Summendifferenzdrehzahl-Istwert  $g$  auch als Schrägstellungs-Istwert  $g$  bezeichnet. Der Ausgang des ersten Vergleichers 18 ist mit einem Vorzeichenglied 20 versehen, der den ermittelten Summendifferenzdrehzahl-Istwert  $g$  bzw. den Schrägstellungs-Istwert  $g$  mit einem Vorzeichen  $s$  versieht. Dieses Vorzeichen  $s$  ist gleich  $+1$  beim Rückwärtsfahren, Vorwärtsbremsen (bei einem negativen Fahrhebel-Sollwert  $m^*$ ) und  $-1$  beim Vorwärtsfahren, Rückwärtsbremsen (bei einem positiven Fahrhebel-Sollwert  $m^*$ ). Dieser vorzeichenbehaftete Schrägstellungs-Istwert  $sg$  wird einem ersten weiteren Addierer 24 zugeführt, an dessen zweitem Eingang ein Schrägstellungs-Sollwert  $g^*$  ansteht. Damit die ermittelte Schrägstellung des Fahrwerks 4 im Gleis rückgängig gemacht werden kann, muß der ermittelte Schrägstellungs-Istwert  $g$  im Normalfall zu Null geregelt werden. Deshalb ist in diesem Fall der Schrägstellungs-Sollwert  $g^*$  gleich Null. Aus dem am weiteren Addierer 24 anstehenden Summensignal wird mittels eines Reglers 26, insbesondere einem Proportional-Integral-Differential-Regler (PID-Regler), eine Stellgröße  $\Delta m^*$  erzeugt. Diese Stellgröße  $\Delta m^*$  wird einem Addierer 28 und einem Subtrahierer 30 zugeführt, an deren ersten Eingängen ein Fahrhebel-Sollwert  $m^*$ , auch Drehmoment-Sollwert genannt, ansteht. Der Ausgang des Addierers 28 ist mit der Steuer- und Regeleinrichtung 8 für das Stellglied der Motoren der Einzelräder 12 und 22 des rechten Radblocks 2 und der Ausgang des Subtrahierers 30 ist mit der Steuer- und Regeleinrichtung 6 für das Stellglied der Motoren der Einzelräder 11 und 21 des linken Radblocks 1 verbunden. Am Ausgang des Addierers 28 bzw. des Subtrahierers 30 steht ein Drehmoment-Sollwert  $m^*2$  bzw.  $m^*1$  an, der die Kraftschlußlängskräfte über die Umrichter in der Weise verändert, daß die Motoren der Einzelräder 12 und 22 des rechten Radblocks 2 etwas mehr und die Motoren der Einzelräder 11 und 21 des linken Radblocks 1 etwas weniger Drehmoment machen. Dadurch entsteht ein Wendemoment, das der Schrägstellung entgegenwirkt, wodurch sich das Drehgestell 4 aus der Schrägstellung herausdreht, bis es die ideale Spurführung parallel zum Gleis wieder erreicht hat. Ist dieser Zustand erreicht, ist der Schrägstellungs-Istwert  $g$  gleich Null und der Reglervorgang beendet.

Durch die erfindungsgemäße Verknüpfung der vier Drehzahlen der Einzelräder des Fahrwerks 4 erfolgt die Erkennung einer Schrägstellung ohne

zusätzliche Geber mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Spurgütekriteriums. Die ideale Spur ist dann gegeben, wenn die kreuzweise Verknüpfung der vier Raddrehzahlen gemäß des erfindungsgemäßen Spurgütekriteriums

$$g = (n_{12} + n_{21}) - (n_{11} + n_{22}) \text{ (Spurgütekriterium)}$$

gleich einem vorgebbaren Schrägstellungs-Sollwert  $g^*$  ist. Im Normalfall ist dieser vorgebbare Schrägstellungs-Sollwert  $g^*$  gleich Null, er kann jedoch auch von Null verschieden sein (Optimierung).

Nehmen wir an, das Drehgestell 4 sei, wie in Figur 1 im Uhrzeigersinn gegenüber der Gleisrichtung verdreht, d.h. der Schrägstellungswinkel  $\delta$  ist positiv. Die Abrollradien der diagonal zueinander liegenden Räder 12 und 21 sind damit größer als die der anderen diagonal gegenüberliegenden Räder 11 und 22. Die gemessene Motordrehzahlen  $n_{11}, n_{12}, n_{21}$  und  $n_{22}$  werden entsprechend dem Spurgütekriterium verknüpft. Man erhält einen Schrägstellungs-Istwert  $g$  kleiner Null. Bei einem im Gegenuhrzeigersinn verdrehtem Drehgestell 4 würde der Schrägstellungs-Istwert  $g$  größer Null sein. Wie bereits erwähnt, wird in Abhängigkeit dieses ermittelten Schrägstellungs-Istwertes  $g$  ein Wendemoment am Drehgestell 4 erzeugt, das der Schrägstellung entgegenwirkt.

Die Auswertbarkeit vom Schrägstellungs-Istwert  $g$  wird umso besser, je höher die Drehzahl und damit die Fahrzeuggeschwindigkeit  $n$  wird. Dies kommt der Spurführung bei hohen Geschwindigkeiten und damit der Verschleißreduzierung besonders entgegen.

Das Spurgütekriterium gilt für beliebige Bogenradien  $r$ , da sich die Drehzahldifferenz zwischen innenlaufendem Radblock und außenlaufendem Radblock wegen der diagonalen Addition der Drehzahlen herausheben.

Ähnliches gilt auch für den Querversatz  $\eta$  des Drehgestells 4: Ein reiner Querversatz  $\eta$  aus der Gleismitte beeinträchtigt die Spurführung nicht. Bei einem Querversatz  $\eta$  nach rechts beispielsweise vergrößern sich die Drehzahlen  $n_{11}$  und  $n_{21}$  des linken Radblocks 1, während sich die Drehzahlen  $n_{12}$  und  $n_{22}$  des rechten Radblocks 2 verringern. Die Drehzahlunterschiede heben sich, ähnlich wie bei Kurvenfahrt, aufgrund der diagonalen Addition der Drehzahlen im Spurgütekriterium wie gewünscht heraus. Das Spurgütekriterium liefert auch hier das richtige Ergebnis  $g$ .

In der Figur 3 ist ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern 11,12,21 und 22 versehenen Laufwerks 5, auch Laufdrehgestell oder antriebsloses Drehgestell genannt, dargestellt. Jedem Einzelrad 11,12,21 und 22 ist wie in Figur 2

eine Drehzahlmeßeinrichtung, die aus Übersicht-  
lichkeitsgründen nicht näher dargestellt ist, zuge-  
ordnet. Außerdem ist jedem Radblock 1 bzw. 2  
eine Bremsenrichtung zugeordnet, die ebenfalls  
nicht näher dargestellt sind. Diese Bremsenrich-  
tungen werden mittels Steuereinrichtungen 7 und 9  
bedient. Dabei wirken die Steuereinrichtung 7 auf  
die Bremsenrichtung der Einzelräder 11 und 21  
des linken Radblocks 1 und die Steuereinrichtung 9  
auf die Bremsenrichtung der Einzelräder 21 und  
22 des rechten Radblocks 2 ein. Den Steuerein-  
richtungen 7 und 9 werden jeweils ein Bremsmo-  
ment  $m_B^*1$  und  $m_B^*2$  zugeführt, die jeweils gleich  
einem gemeinsamen Bremskraft-Sollwert  $m_B^*$  sind,  
wenn das Laufdrehgestell 5 ein ideales Spurverhal-  
ten aufweist. Dieser Bremssteuerung ist eine Spurgü-  
terege- lung 10 gemäß Figur 2 überlagert. Die-  
se Spurgüterege- lung 10 erzeugt in Abhängigkeit  
der gemessenen Raddrehzahlen  $n_{11}, n_{12}, n_{21}$  und  
 $n_{22}$  einen Schrägstellungs-Istwert  $g$ , der auf einen  
vorbestimmten Schrägstellungs-Sollwert  $g^*$  (im Nor-  
malfall gleich Null) geregelt wird, in dem eine  
Brems-Stellgröße  $\Delta m_B^*$  einerseits dem Bremskraft-  
moment  $m_B^*2$  eines Radblocks 2 aufaddiert und  
andererseits vom Bremskraftmoment  $m_B^*1$  des an-  
deren Radblocks 1 subtrahiert werden. Das Vorzei-  
chen  $S$  des Vorzeichengliedes 20 ist gleich  $+1$  bei  
Vorwärtsfahrt (in Pfeilrichtung) und  $-1$  bei Rück-  
wärtsfahrt (gegen die Pfeilrichtung). Ansonsten  
funktioniert diese Spurgüterege- lung 10 genauso  
wie bei einem Triebdrehgestell 4 gemäß Figur 2.

Wenn sich das Fahrzeug im Zustand "Antrei-  
ben" oder "Ausrollen" befindet, kann das nötige  
Wendemoment für ein Laufdrehgestell durch leicht-  
es "Anbremsen" des entsprechenden Radblocks 1  
oder 2 bewirkt werden. Die Spurgüterege- lung 10 ist  
unabhängig vom Bremssystem. Das Bremssystem  
kann auf beliebigen physikalischen Prinzipien beru-  
hen, solange jeder Radblock 1 und 2 eine eigene  
Bremsenrichtung aufweist.

Dieses Spurführungsverfahren kann prinzipiell  
auch angewendet werden, wenn auf jeder Drehge-  
stellseite nur ein einzelnes Rad gebremst wird.

Ebenso ist das Prinzip auf Triebdrehgestelle  
anwendbar, wenn die elektrische Antriebseinheit  
ausgefallen ist und ersatzweise die mechanische  
Bremsen (Ersatzbremse) aktiviert wird.

Die Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild einer vor-  
teilhaften Ausführungsform der Vorrichtung nach  
Figur 2 bzw. 3. Der Unterschied zur Vorrichtung  
nach Figur 2 besteht darin, daß zwischen diesem  
ersten Vergleichers 18 und dem Vorzeichenglied  
20 ein Adaptionsglied 32 geschaltet ist, dessen  
zweiter Eingang mit einem Ausgang eines Mittel-  
wertbildners 34 verknüpft ist. An den ersten Ein-  
gängen dieses Mittelwertbildners 34 stehen die er-  
mittelten Raddrehzahlen  $n_{11}, n_{12}, n_{21}$  und  $n_{22}$  und  
am zweiten Eingang der Zahlenwert der Anzahl  $a$

der Einzelräder 11,12,21 und 22 des Fahrwerks 4  
an. Dieser Mittelwertbildner 34 summiert die anste-  
henden Raddrehzahlen  $n_{11}, n_{12}, n_{21}$  und  $n_{22}$  und  
teilt diese Summe durch die Anzahl  $a$  der Einzelrä-  
der 11,12,21 und 22 des Fahrwerks 4, so daß am  
Ausgang eine Fahrwerk-Drehzahl  $n$  ansteht. Mittels  
des Adaptionsgliedes 32 wird der ermittelte  
Schrägstellungs-Istwert  $g$  auf die Fahrwerk-Dreh-  
zahl  $n$  bezogen. Dadurch wird die überlagerte  
Spurgüterege- lung 10 von der Geschwindigkeit des  
Drehgestells 4 unabhängig.

Die überlagerte Spurgüterege- lung 10, auch ak-  
tive Spurführung genannt, ermöglicht ohne zusätz-  
liche Sensorik, wie z.B. Gelenkwinkelgeber, ein op-  
timales Laufverhalten in Geraden und in Kurven  
gleichermaßen. Eine Schrägstellung des Drehge-  
stells 4 bzw. 5 kann praktisch immer erkannt und  
ausgeregelt werden, unabhängig davon wie diese  
verursacht werden. So kann z.B. ein Schiefziehen  
des Drehgestells 4 infolge einseitigen Gleit- und  
Schleudervorgängen erkannt und korrigiert werden.

Unterschiedliche Raddurchmesser zwischen  
rechter und linker Seite des Drehgestells 4 bzw. 5  
spielen keine Rolle. Die Raddurchmesser auf je-  
weils einer Seite müssen gleich sein, was aber  
durch die Parallelschaltung der Fahrmotoren ge-  
währleistet bleibt.

Diese aktive Spurführung ist eine ideale Lö-  
sung der Spurführungsproblematik. Die Abrollbe-  
dingung ist immer erfüllt. Ohne zusätzliche Geber  
kann das Drehgestell 4 bzw. 5 in der idealen Spur  
geführt werden. Dabei ist es unerheblich, ob das  
Fahrzeug in der Kurve oder auf Geraden fährt. Es  
ist ebenfalls unerheblich, welche Störeinflüsse, wie  
z.B. ständig wechselnder Schienenzustand, ein  
Schrägstellen verursachen könnten, denn die akti-  
ve Spurführung ermittelt die Schrägstellung und  
korrigiert diese unabhängig von deren Ursache.

Das beschriebene Verfahren zur Behebung ei-  
ner Schrägstellung eines eingangs beschriebenen  
Fahrwerks 4 ist auch auf Drehgestelle anwendbar,  
deren Fahrmotoren von jeweils einem Umrichter  
gespeist werden. Außerdem ist das beschriebene  
Verfahren auch bei Drehgestellen anwendbar, die  
gegenüber dem Wagenkasten mittels eines Stell-  
mechanismus verdrehbar angeordnet sind. Ferner  
ist dieses beschriebene Verfahren bei einem Dreh-  
gestell anwendbar, bei dem dessen Räder mittels  
eines Stellmechanismus gegenüber dem Drehge-  
stell verdrehbar sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Behebung einer Schrägstellung  
eines mit mehreren Einzelrädern (11,12,21,22)  
versehene- nen Fahrwerks (4) eines Schienenfahr-  
zeugs, deren Fahrmotoren mittels zweier Steu-  
er- und Regeleinrichtungen (6,8) radblockweise

- gespeist werden, wobei von den ermittelten Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ ) jeweils zwei Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{22}$  bzw.  $n_{12}, n_{21}$ ) von zwei diagonal gegenüberliegenden Einzelrädern (11,22 bzw. 12,21) des Fahrwerks (4) zu einer Summendrehzahl ( $n_{s1}, n_{s2}$ ) summiert werden, von denen ein Summendifferenz-Istwert ( $g$ ) gebildet wird, der in Abhängigkeit eines Richtungssignals ( $S$ ) mit einem Summendifferenzdrehzahl-Sollwert ( $g^*$ ) verglichen wird, wobei in Abhängigkeit der erzeugten Regeldifferenz eine Stellgröße ( $\Delta m^*$ ) erzeugt wird, die durch Addition bzw. Subtraktion eines Fahrhebel-Sollwerts ( $m^*$ ) einen Drehmoment-Sollwert ( $m^*1$  bzw.  $m^*2$ ) für jeweils einen Radblock (1 bzw. 2) bildet.
2. Verfahren zur Behebung einer Schrägstellung eines mit mehreren Einzelrädern (11,12,21,22) versehenen Laufwerks (5) eines Schienenfahrzeugs, deren Bremseinrichtungen mittels zweier Steuereinrichtungen (7,9) radblockweise gesteuert werden, wobei von den ermittelten Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ ) jeweils zwei Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{22}$  bzw.  $n_{12}, n_{21}$ ) von zwei diagonal gegenüberliegenden Einzelrädern (11,22 bzw. 12,21) des Laufwerks (5) zu einer Summendrehzahl ( $n_{s1}, n_{s2}$ ) summiert werden, von denen ein Summendifferenz-Istwert ( $g$ ) gebildet wird, der in Abhängigkeit eines Richtungssignals ( $S$ ) mit einem Summendifferenzdrehzahl-Sollwert ( $g^*$ ) verglichen wird, wobei in Abhängigkeit der erzeugten Regeldifferenz eine Stellgröße ( $\Delta m_B^*$ ) erzeugt wird, die durch Addition bzw. Subtraktion eines gemeinsamen Bremskraft-Sollwerts ( $m_B^*$ ) einen Bremskraft-Sollwert ( $m_B^*1$  bzw.  $m_B^*2$ ) für jeweils einen Radblock (1 bzw. 2) bildet.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Summendifferenz-Istwert ( $g$ ) auf eine Fahrwerk-Drehzahl ( $n$ ) bezogen wird, wobei diese Fahrwerk-Drehzahl ( $n$ ) aus der Summe der Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ ) geteilt durch die Anzahl ( $a$ ) der Räder (11,12,21,22) bestimmt wird.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 für ein mit mehreren Einzelrädern (11,12,21,22) versehenes Fahrwerk (4) eines Schienenfahrzeugs, deren Fahrmotoren mittels zweier Steuer- und Regeleinrichtungen (6,8) radblockweise gespeist werden, bestehend aus zwei Addierern (14,16), die jeweils zwei gemessene Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{22}$  bzw.  $n_{21}, n_{12}$ ) zweier diagonal gegenüberliegender Einzelräder (11,22 bzw. 12,21) des Fahrwerks (4) zu einer Summendrehzahl ( $n_{s1}, n_{s2}$ ) addieren, wobei diese Addierer (14,16) ausgangsseitig mit einem ersten Vergleicher (18) verknüpft sind, der ausgangsseitig über ein Vorzeichen-glied (20) mit einem Eingang eines weiteren Addierers (24) verknüpft ist, an dessen anderen Eingang ein Summendifferenzdrehzahl-Sollwert ( $g^*$ ) ansteht, wobei der Ausgang dieses weiteren Addierers (24) über einen Regler (26) mit einem Addierer (28) und einem Subtrahierer (30) verbunden ist, an deren ersten Eingängen jeweils ein Fahrhebel-Sollwert ( $m^*$ ) ansteht und deren Ausgänge jeweils mit einer Steuer- und Regeleinrichtung (6,8) des Fahrwerks (4) verknüpft sind.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2 für ein mit mehreren Einzelrädern (11,12,21,22) versehenes Laufwerk (5) eines Schienenfahrzeugs, deren Bremseinrichtungen mittels zweier Steuereinrichtungen (7,9) radblockweise gesteuert werden, bestehend aus zwei Addierern (14,16), die jeweils zwei gemessene Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{22}$  bzw.  $n_{21}, n_{12}$ ) zweier diagonal gegenüberliegender Einzelräder (11,22 bzw. 12,21) des Laufwerks (5) zu einer Summendrehzahl ( $n_{s1}, n_{s2}$ ) addieren, wobei diese Addierer (14,16) ausgangsseitig mit einem ersten Vergleicher (18) verknüpft sind, der ausgangsseitig über ein Vorzeichen-glied (20) mit einem Eingang eines weiteren Addierers (24) verknüpft ist, an dessen anderen Eingang ein Summendifferenzdrehzahl-Sollwert ( $g^*$ ) ansteht, wobei der Ausgang dieses weiteren Addierers (24) über einen Regler (26) mit einem Addierer (28) und einem Subtrahierer (30) verbunden ist, an deren ersten Eingängen jeweils ein gemeinsamer Bremskraft-Sollwert ( $m_B^*$ ) ansteht und deren Ausgänge jeweils mit einer Steuereinrichtung (7,9) des Laufwerks (5) verknüpft sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 5, bei dem zwischen dem ersten Vergleicher (18) und dem Vorzeichenglied (20) ein Adaptionsglied (32) geschaltet ist, dessen zweiter Eingang mit einem Ausgang eines Mittelwertbildners (34) verknüpft ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei dem an den ersten Eingängen des Mittelwertbildners (34) die gemessenen Raddrehzahlen ( $n_{11}, n_{12}, n_{21}, n_{22}$ ) und am zweiten Eingang die Anzahl ( $a$ ) der Einzelräder (11,12,21,22) des Fahrwerks (4 bzw. 5) anstehen.

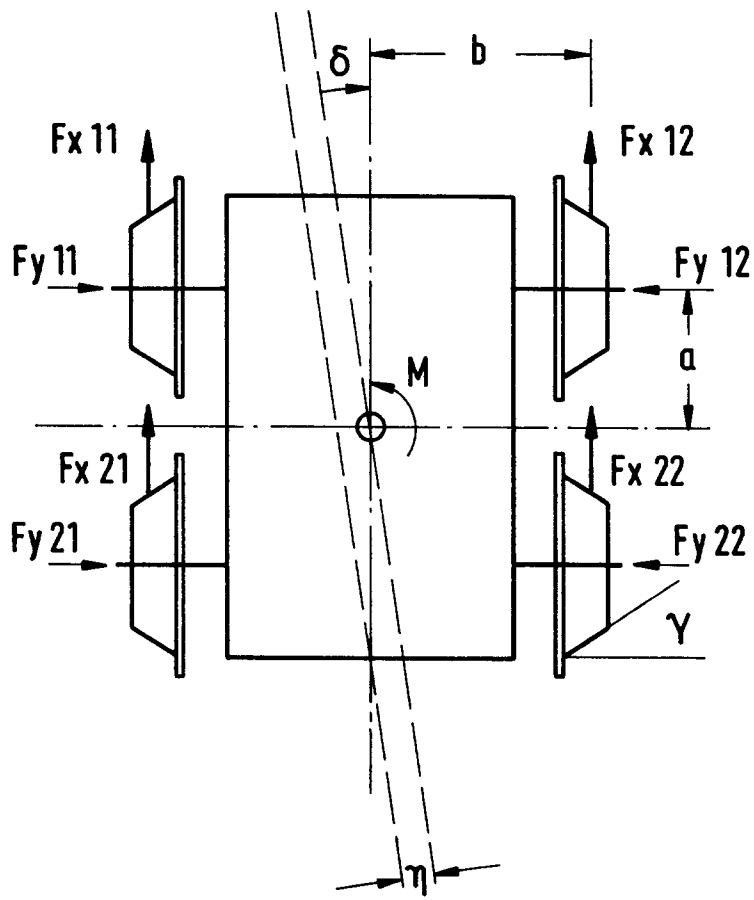


FIG 1

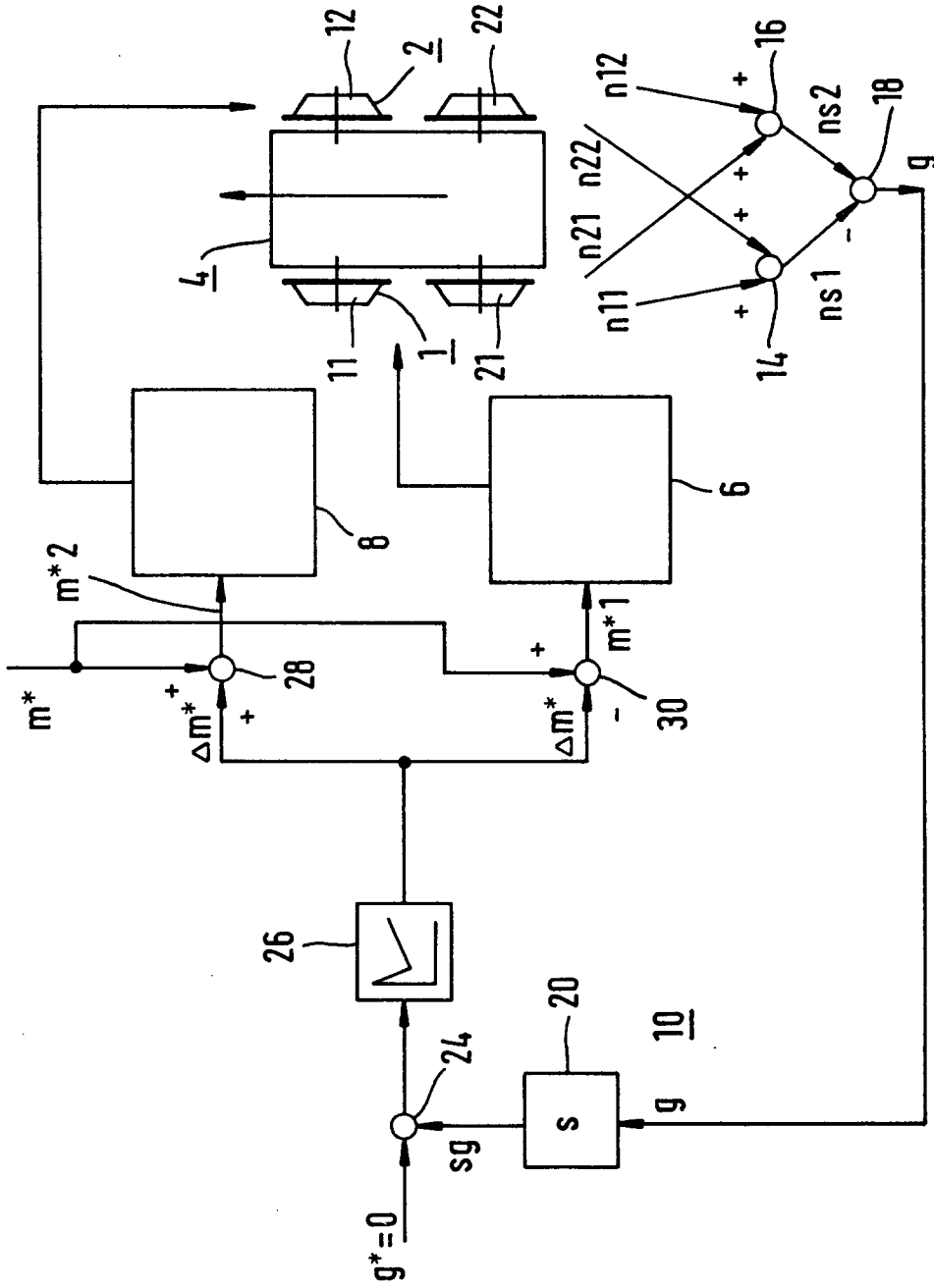


FIG 2

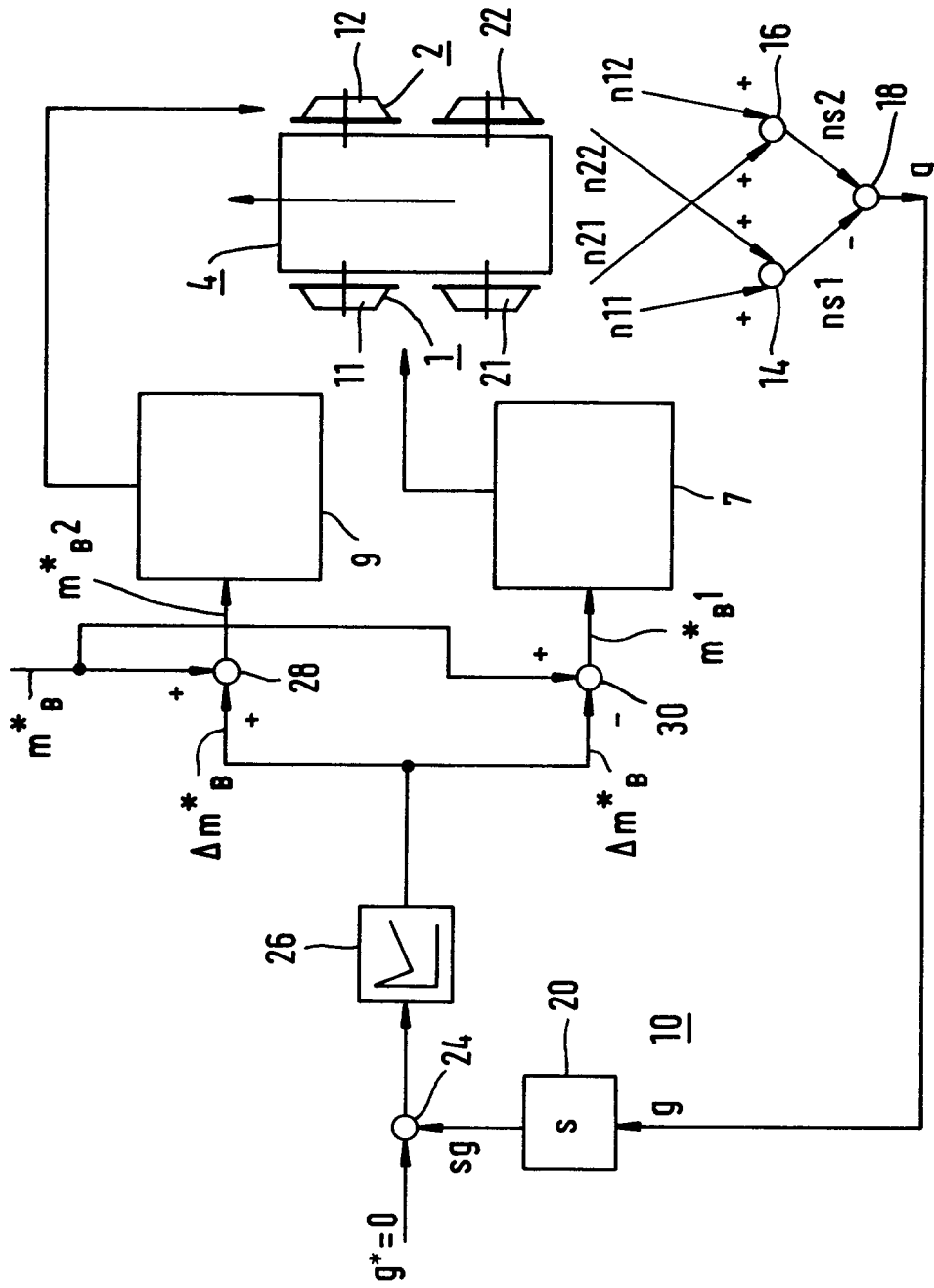


FIG 3

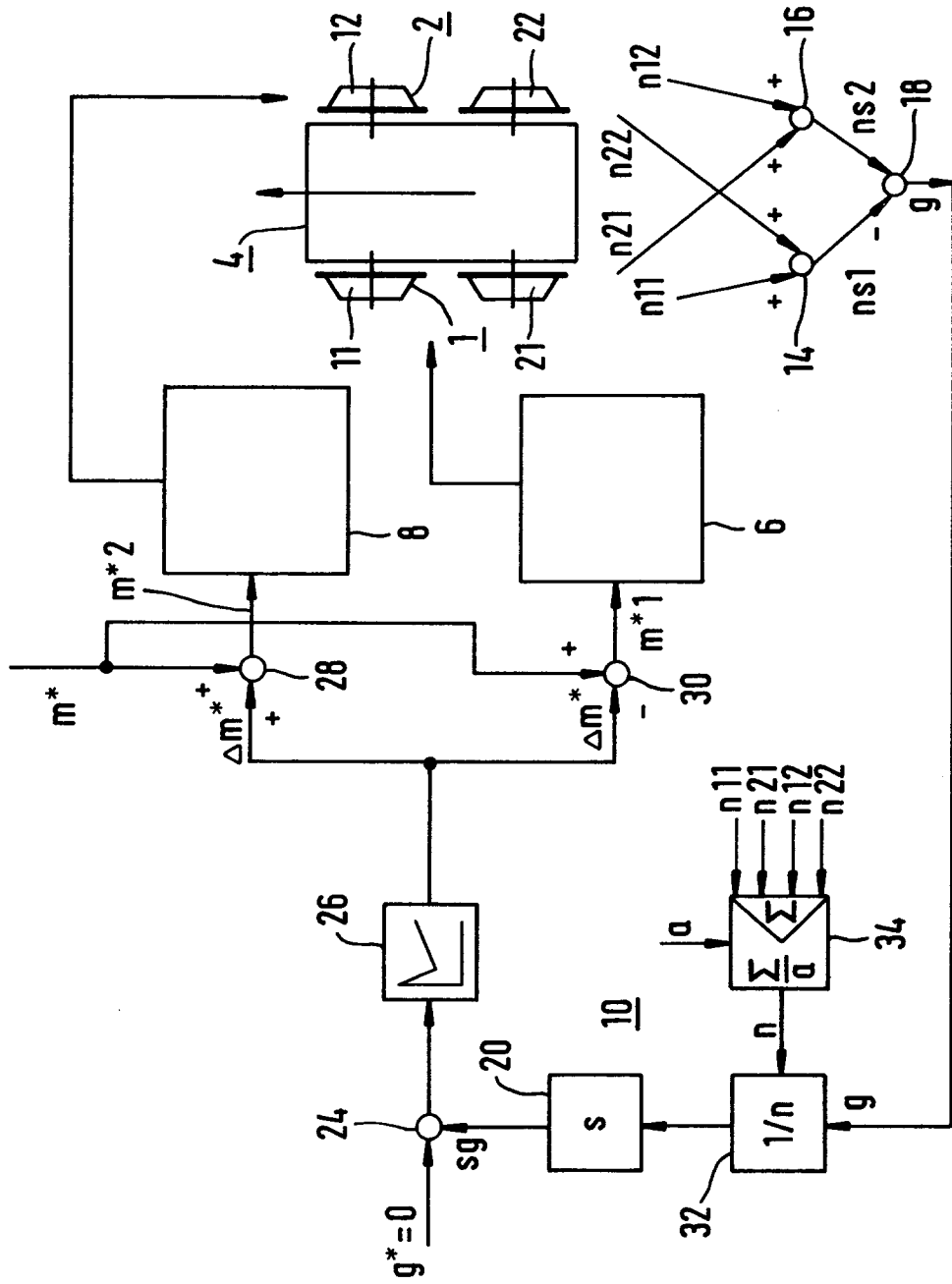


FIG 4



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 93 10 6248

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
A	DE-A-33 45 260 (MAGNET - MOTOR GMBH) * das ganze Dokument * -----	1, 2, 4	B61F5/38 B61C15/14
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			B61F B61C B60T
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 4. Januar 1994	Prüfer Chlosta, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C01)