



(19) **Republik  
Österreich  
Patentamt**

(11) Nummer: **AT 402 953 B**

(12)

# **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 2277/90

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **E01B 35/04**

(22) Anmeldetag: 12.11.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 2.1997

(45) Ausgabetag: 27.10.1997

(56) Entgegenhaltungen:

AT 3727258 AT 3213468 AT 3284898 US 3864039A

(73) Patentinhaber:

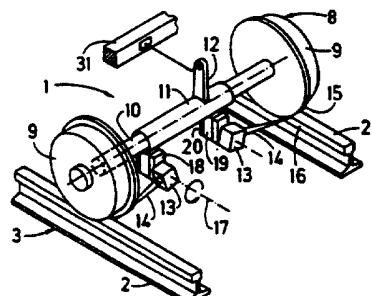
FRANZ PLASSER  
BAHNBAUMASCHINEN-INDUSTRIEGESELLSCHAFT M.B.H.  
A-1010 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

THEURER JOSEF INC.  
WIEN (AT).  
EGLEER FRANZ DKFM  
OHLSDORF, OBERÖSTERREICH (AT).

## **(54) EINRICHTUNG ZUR BERÜHRUNGSLOSEN SPURWEITENMESSUNG VON SCHIENEN EINES GLEISES**

(57) Einrichtung zur berührungslosen Spurweitenmessung von Schienen (2) eines Gleises (3) mit einem Schienenfahrwerk aufweisenden Fahrzeugrahmen und je einer Schiene zugeordneten Abstandsmesssensoren (13), die auf einer Räder (9) aufweisenden Radachse (10) gelagert und um eine in Fahrzeugrahmenlängsrichtung verlaufende Achse (17) verschwenkbar sind. Jeder Abstandsmesssensor (13) ist mit einem eigenen Schrittmotor (19) verbunden, der jeweils einen geschlossenen Regelkreis mit dem zugeordneten Abstandsmesssensor (13) zur Berechnung der - und automatischen Verschwenkung in jene - Winkelstellung bildet, die erforderlich ist, um einen vom Abstandsmesssensor emittierten Lichtstrahl (14) auf einer in konstanter Höhe auf der Schiene liegenden Stelle zu halten.



**B**

**AT 402 953**

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur berührungslosen Spurweitenmessung von Schienen eines Gleises mit einem Schienenfahrwerke aufweisenden Fahrzeugrahmen und berührungslos wirkenden, je einer Schiene zugeordneten Abstandsmeßsensoren, die auf einer Räder aufweisenden Radachse gelagert sind.

5 Eine durch die AT 372 725 B beschriebene Einrichtung dient zur berührungslosen Ermittlung der seitlichen Lage eines Gleises zum Nachbargleis. Ein Abstandsmeßgerät ist als Lasersender und -empfänger mit übereinstimmender, in einer zur Gleisachse senkrechten Ebene verlaufender und in dieser Ebene über einen Antrieb verschwenkbarer optischer Achse ausgebildet. Zur Begrenzung des Verstellbereiches seiner optischen Achse ist dem Abstandsmeßgerät ein von diesem betätigbarer Endschalter zugeordnet. Sobald 10 die optische Achse über den Schienenkopf des Nachbargleises hinausgeschwenkt wird, erfolgt eine sprunghafte Änderung des Entfernungsmeßwertes. Dieser Meßwertsprung bewirkt bei Überschreiten einer wählbaren Mindestgröße, daß die zuletzt gemessene Entfernung gespeichert und angezeigt wird. Gleichzeitig wird der Verschwenkantrieb entsprechend umgesteuert, so daß die optische Achse in Richtung zum Schienenfuß bewegt wird, bis der erwähnte Meßwertsprung beseitigt ist. Damit tastet die optische Achse 15 dauernd den Bereich zwischen dem Schienensteg und dem oberen Randbereich des Schienenkopfes ab. Die dabei jeweils gemessene Minimalentfernung zum Schienenkopf wird angezeigt und ausgewertet. Diese bekannte Einrichtung ist jedoch nicht zur Messung der Spurweite bzw. der Pfeilhöhen geeignet.

In der Zeitschrift "Schienen der Welt", Juni 85, Seiten 17 bis 27, ist bereits eine Meßeinrichtung zur Spurweitenmessung beschrieben. Diese Meßeinrichtung besteht im wesentlichen aus einem etwa horizontal

20 und quer zur Schienennärlängsrichtung gerichteten Lasersender, einem Spiegelgalvanometer und einer eine Vielzahl von lichtempfindlichen Dioden aufweisenden Kamera. Unter Zuhilfenahme des Spiegelgalvanometers wird ein Laserstrahl 14 mm unter die Oberkante der Schiene projiziert. Durch die Kamera wird über das reflektierte Licht die Position des projizierten Punktes und auf diese Art die relative Verschiebung zwischen Schiene und Drehgestellrahmen ermittelt.

25 Diese bekannte Einrichtung ist insbesondere bezüglich des Verstellmechanismus für den Spiegel konstruktiv relativ aufwendig. Außerdem sind noch verschiedene Meßwandler für die Ermittlung der Verschiebewerte zwischen Achsgehäuse und Fahrzeugkörper erforderlich.

Die AT 344 773 B beschreibt eine Vorrichtung zum optischen Messen der seitlichen Abweichungen einer Schiene von ihrer Soll-Lage. Zu diesem Zweck sind über jeder Schiene in deren Längsrichtung 30 voneinander distanziert ein Empfänger und ein Projektor angeordnet. Durch Anordnung entsprechender Spiegel wird das durch eine Spaltblende emittierte Licht an der inneren Seite des Schienenkopfes reflektiert. Die beiden Empfänger und Projektoren sind mit Hilfe eines Meßrahmens direkt auf den Lagergehäusen eines Drehgestell-Fahrwerkes befestigt. Diese bekannte Meßeinrichtung ist ebenfalls konstruktiv sehr aufwendig und erfordert außerdem eine spezielle Ausbildung des Fahrwerkes.

35 Schließlich sind aus AT 321 346 B, AT 328 489 B und US 3 864 039 A Vorrichtungen zum Messen der Spurweite eines Gleises bekannt. Dabei werden von fix montierten Sendern Lichtstrahlen ausgesandt und von dem jeweiligen Schienenkopf reflektiert. Der reflektierte Lichtstrahl wird von einem Empfänger aufgefangen, der ein entsprechendes Ausgangssignal herstellt, mit dem die tatsächliche Spurweite aufgezeigt wird.

40 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt nun in der Schaffung einer Einrichtung der eingangs beschriebenen Art, die mit geringem konstruktiven Aufwand direkt auf einer Radachse zu befestigen ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jeder Abstandsmeßsensor um eine in Fahrzeugrahmenlängsrichtung verlaufende Achse verschwenkbar gelagert und mit einem eigenen Schrittmotor verbunden ist, der jeweils einen geschlossenen Regelkreis mit dem zugeordneten Abstandsmeßsensor zur Berechnung der - und automatischen Verschwenkung in jene - Winkelstellung bildet, die erforderlich 45 ist, um einen vom Abstandsmeßsensor emittierten Lichtstrahl auf einer in konstanter Höhe auf der Schiene liegenden Stelle zu halten. Eine derartig ausgebildete Einrichtung mit einem direkt auf den Schienenkopf gerichteten Lichtstrahl ist auf Grund der geringen Anzahl von erforderlichen Bauteilen derartig miniaturisierbar, daß ein Einbau in jedwede Drehgestellkonstruktion ohne konstruktive Änderung des Drehgestells möglich ist. Da die Anzahl der benötigten Bauteile auf ein Minimum reduziert wird, ist auch gleichzeitig eine 50 vereinfachte, den robusten Einwirkungen bestens standhaltende Konstruktion der Einrichtung sichergestellt.

Die miniaturisierte Einrichtung ermöglicht außerdem eine derartige Montage des Meßsystems, daß der Meßpunkt am Schienenkopf sehr nahe beim Radaufstandspunkt des zugeordneten Schienenfahrwerkes liegt. Daraus folgend sind optimale Meßverhältnisse gegeben. Das Meßsystem arbeitet derartig schnell, daß genaue und wiederholbare Meßergebnisse bei Geschwindigkeiten von 0 bis 300 kmh gewährleistet sind.

55 Durch den geschlossenen Regelkreis erfolgen die Schwenkbewegungen des Abstandsmeßsensors derart automatisch, daß der abgetastete Punkt am Schienenkopf immer an derselben gewünschten Stelle, z.B. 14 mm unterhalb der Schienenoberkante, liegt. Dabei wird auch eine durch das Spurspiel mögliche Querverschiebung der Einrichtung innerhalb der beiden Schienen zur Sicherstellung exakter Meßergebnisse

automatisch berücksichtigt.

Die direkte Montage der Abstandsmeßsensoren auf der Radachse gemäß Anspruch 2 hat den Vorteil, daß auf die bei bekannten Meßsystemen erforderliche Kompensation der Vertikalbewegungen zwischen dem Schienenfahrwerk und dem auf diesem abgestützten Wagenkasten verzichtet werden kann. Außerdem besteht damit die Möglichkeit, bereits im Einsatz befindliche Drehgestellfahrwerke ohne konstruktive Änderung derselben mit einer derartigen Einrichtung auszustatten. Eine derartige direkte Anordnung des Meßsystems auf der Radachse ist jedoch nur deshalb möglich, weil die Einrichtung besonders miniaturisierbar ist und auf Grund der sehr einfachen Ausbildung den sehr robusten Krafteinwirkungen auf das Schienenfahrwerk bestens standhalten kann.

10 Durch die Ausgestaltung der Erfindung gemäß Anspruch 3 ist es möglich, den berechneten Verdrehwinkel des Abstandsmeßsensors um seine Schwenkachse vom Schrittmotor exakt auf den Sensor zu übertragen.

Mit der Weiterbildung nach Anspruch 4 sind optimale Meßverhältnisse zur Erzielung genauerer Meßwerte geschaffen.

15 Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 5 ist es möglich, beispielsweise auch zwischen den Rädern nicht genügend Platz aufweisende Antriebsachsen eines Drehgestells mit einem Abstandsmeßsensor zu verbinden, wobei durch die direkte Lagerung des Rahmens am Achslager jedwede durch eine Fahrwerkeinfederung bewirkte Verfälschung des Meßergebnisses ausgeschlossen wird.

Der gemäß Anspruch 6 ausgebildete Abstandsmeßsensor zeichnet sich durch besondere Robustheit 20 aus und ist außerdem weitgehend unempfindlich gegenüber Änderungen von Temperatur, Umgebungslicht und Oberflächenbeschaffenheit des Meßobjektes.

Schließlich ist mit einer weiteren Ausgestaltung nach Anspruch 7 zusätzlich zur Spurweitenmessung auch eine exakte Pfeilhöhenmessung durchführbar, wobei durch die beiden äußeren Abstandsmeßsensoren eine Referenzbasis gebildet und dergegenüber durch den mittigen Sensor die Pfeilhöhe gemessen wird.

25 Im folgenden wird die Erfindung an Hand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine vereinfachte Seitenansicht eines Meßwagens mit einer auf einem Drehgestellfahrwerk angeordneten Einrichtung zur berührungslosen Spurweitenmessung der Schienen eines Gleises,

30 Fig. 2 eine schematische Schrägangsicht einer Laufachse des Drehgestellfahrwerkes, die mit der zwei Abstandsmeßsensoren aufweisenden Einrichtung verbunden ist,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der verschiedenen Meßgrößen zur Durchführung der berührungslosen Spurweitenmessung,

35 Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit drei in Schienentlängsrichtung hintereinander angeordneten, jeweils zwei Abstandsmeßsensoren aufweisenden Schienenfahrwerken zur Ermittlung der Pfeilhöhe und

Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei die Abstandsmeßsensoren auf einem eigenen, auf den Achslagergehäusen gelagerten Rahmen befestigt sind.

40 Eine in Fig. 1 dargestellte Einrichtung 1 zur berührungslosen Spurweitenmessung von Schienen 2 eines Gleises 3 ist mit einem auf Schienenfahrwerken 4 abgestützten Fahrzeugrahmen 5 ausgebildet. Die Energieversorgung eines Fahrantriebes 6 erfolgt durch einen Motor 7.

Eine in Fig. 2 schematisch dargestellte Laufachse 8 eines Schienenfahrwerkes 4 setzt sich aus zwei Rädern 9 und einer diese miteinander verbindenden Radachse 10 zusammen. Zwischen den beiden 45 Rädern 9 ist ein auf der Radachse 10 gelagertes Rohr 11 montiert, das mit einer an einem Fahrwerksrahmen 31 befestigten Drehmomentstütze 12 derart gehalten wird, daß bei vertikalen oder horizontalen Achsbzw. Drehgestellrahmenbewegungen keine Drehbewegung des Rohres 11 um die Radachse 10 ausgeführt werden. An jedem Ende des Rohres 11 ist jeweils ein Abstandsmeßsensor 13 derart befestigt, daß von diesem emittierte Lichtstrahlen 14 außerhalb von Spurkränzen 15 der Räder 9 auf die Schieneninnenseite 50 16 treffen. Es ist aber auch möglich, jeden Abstandsmeßsensor 13 auf einem eigenen Rohr 11 zu lagern. Um den Auftreffpunkt des Lichtstrahls 14 in einem konstanten Abstand von der Schienenoberkante (SOK) halten zu können, sind die Abstandsmeßsensoren 13 um eine in Längsrichtung des Fahrzeugrahmens 5 bzw. des Gleises 3 verlaufende Achse 17 verschwenkbar ausgebildet. Damit ist es möglich, die aus dem Spurspiel der Radachse 10 resultierenden möglichen Querverschiebungen der Räder 9 zu berücksichtigen.

55 Zur Durchführung einer automatischen Schwenkbewegung ist jeder Abstandsmeßsensor 13 über ein Unterstellungsgetriebe 18 mit einem Schrittmotor 19 verbunden, der seinerseits an einer mit dem Rohr 11 verbundenen Tragplatte 20 befestigt ist. Jeder Abstandsmeßsensor 13 bildet mit dem Schrittmotor einen geschlossenen Regelkreis zur Berechnung der automatischen Verschwenkung in jene Winkelstellung, die

erforderlich ist, um den vom Abstandsmeßsensor 13 emittierten Lichtstrahl 14 auf einer in konstanter Höhe auf der Schiene liegenden Stelle zu halten.

Jeder Abstandsmeßsensor 13 weist sowohl eine Lichtquelle zum Aussenden eines Laser-Lichtstrahls 14 als auch einen Fotodetektor auf. Dieser ist im sichtbaren und nahen Infrarotbereich empfindlich und ermittelt

5 genau den "Schwerpunkt" jedes auftreffenden Lichtstrahls 14, wobei ein dessen Position proportionales Signal gebildet wird. Jedes Nähern oder Entfernen des Abstandsmeßsensors 13 zum bzw. vom Schienenkopf hat eine Verschiebung des Bildpunktes auf dem Fotodetektor zur Folge. Daher ist es möglich, auf Grund des bekannten Signals des Fotodetektors die Position des Meßobjektes genau zu erfassen. Sowohl der Lichtquelle als auch dem Fotodetektor ist jeweils eine entsprechende Optik vorgeordnet.

10 Mit der schematischen Darstellung der verschiedenen Meßgrößen in Fig.3 wird im folgenden der Algorithmus näher erklärt, der dazu dient, den Verdreh- bzw. Verschwenkwinkel für den Abstandsmeßsensor 13 kontinuierlich zu berechnen, um den Lichtpunkt auf der Schieneninnenseite unabhängig vom Lauf der Räder 9 und der Spurweite immer im definierten Abstand zur SOK zu halten. Ein weiterer Zweck dieses 15 Algorithmus besteht auch darin, eine fortlaufende Berechnung des horizontalen Abstandes zwischen dem Abstandsmeßsensor 13 und der durch den reflektierten Lichtpunkt markierten Stelle der Schieneninnenseite, z.B. 14 mm unter SOK, durchzuführen. Dieser Algorithmus erfordert, wie aus dem nachstehend angeführten formelmäßigen Zusammenhang ersichtlich ist, eine einmalige Kalibrierung des Meßsystems vor der Inbetriebnahme.

20 Mit  $O$  ist der Drehpunkt des mit der Radachse 10 verbundenen Abstandsmeßsensors 13 (um die Achse 17) zum Zeitpunkt der Kalibrierung bezeichnet.

Mit  $\bar{O}$  ist derselbe Drehpunkt (um die Achse 17) nach einer Querverschiebung der Radachse 10 innerhalb des Spurspiels bezeichnet, das einer Verschiebung der Schiene durch eine Spurerweiterung gleichzusetzen ist.

a, b und d sind systemkonstante Größen.

25 Die der Dicke des Spurkranzes entsprechende Größe c muß vor der Kalibrierung gemessen werden und dient als Eingangsgröße für die Berechnung der Kalibrierwerte für  $\alpha_{kal}$  und  $L_{kal}$ .

Berechnung der Kalibrierwerte  $\alpha_{kal}$  und  $L_{kal}$ :

$$L_{kal} = \sqrt{(b+d)^2 + (a+c+s)^2}$$

30

$$\alpha_{kal} = \arcsin \left( \frac{b+d}{L_{kal}} \right)$$

35

Die erforderliche Nachdrehung bzw. Schwenkbewegung des Abstandsmeßsensors 13 errechnet sich wie folgt, wenn  $L \neq L_{kal}$  ist:

40

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{b+d}{L} \right)$$

45

Nachdrehwinkel  $\beta = \alpha_{kal} - \alpha$ , wobei positive Werte für  $\beta$  eine Drehrichtung im Uhrzeigersinn bedeuten, und  $\beta$  immer auf den kalibrierten Ausgangswinkel  $\alpha_{kal}$  bezogen wird.

Die Verschiebung v, die sich aus einer durch das Spurspiel bedingten Querverschiebung der Radachse 10 bzw. durch eine Spurerweiterung ergibt, errechnet sich daraus wie folgt:

50

$$v = \frac{2 \cdot (L - L_{kal})}{\cos \alpha_{kal} + \cos \alpha}$$

55

Die oben genannten Berechnungen sowie die daraus folgenden Steuerungen müssen in nachstehender

Reihenfolge innerhalb einer sich wiederholenden Schleife kontinuierlich durchgeführt werden:

- 1) Meßsignal L des Abstandsmeßsensors 13 abtasten,
- 2) Verdrehwinkel  $\beta$  berechnen,
- 3) Abstandsmeßsensor 13 auf die durch den Verdrehwinkel  $\beta$  vorgegebene Position einstellen,

- 4) Meßsignal L des Abstandsmeßsensors 13 abtasten,
- 5) Verschiebung v berechnen und als Meßwert ausgeben,
- 6) Rücksprung zu 2).

Die Verdrehung des Abstandsmeßsensors 13 um die Achse 17 erfolgt mit dem Schrittmotor 19 über das spielfreie Untersetzungsgetriebe 18, wobei der Schrittmotor 19 in Abhängigkeit vom berechneten Verdrehwinkel  $\beta$  gesteuert wird.

Die bei der Kalibrierung vorzunehmende Einstellung auf den Winkel  $\alpha_{kal}$  erfolgt durch Vorgabe der dem Winkel entsprechenden Schrittzahl.

Mit dem oben angeführten Algorithmus ist das Meßsystem in der Lage, einwandfreie Messungen sowohl an Neuschienen als auch an bereits abgefahrenen Schienen mit Seitenabnutzung durchzuführen.

In Fig.4 ist schematisch eine Einrichtung 21 zur berührungslosen Messung der Spurweite und der Pfeilhöhe aufweisender Meßwagen 22 mit Schienenfahrwerken 23 dargestellt. Zusätzlich zu diesen zur Abstützung eines Maschinenrahmens dienenden und mit einem Fahrantrieb versehenen Schienenfahrwerken 23 sind noch drei in Fahrzeugrahmenlängsrichtung voneinander distanzierte, als Meßradachsen dienende Schienenfahrwerke 24 vorgesehen, die jeweils gelenkig mit dem Fahrzeugrahmen des Meßwagens 22 verbunden sind. An jeder Radachse 25 der drei Schienenfahrwerke 24 sind zwei Abstandsmeßsensoren 13 der bereits beschriebenen Bauart befestigt und jeweils mit Hilfe eines eigenen Schrittmotors um eine in Maschinenlängsrichtung verlaufende Achse verschwenkbar. Zur Durchführung einer Pfeilhöhenmessung werden mit Hilfe der mittleren Abstandsmeßsensoren 13 laufend jene Pfeilhöhen ermittelt, denen die durch die äußeren Abstandsmeßsensoren 13 gebildete Referenzbasis zugrundeliegt. Zur Erzielung exakter Meßwerte werden dabei die Schienenfahrwerke 24 an eine der beiden Schienen angepreßt. Parallel zur Pfeilhöhenmessung ist auch eine Messung der Spurweite durchführbar.

Ein in Fig.5 vereinfacht dargestelltes Drehgestellfahrwerk 26 besteht aus zwei jeweils einen Antrieb 27 aufweisenden Radsätzen 28. Die gleisaußenseitig gelegenen Achslager der Räder 29 sind mit einem Rahmen 30 verbunden, an dem zwei Abstandsmeßsensoren 13 der bereits beschriebenen Bauart um eine in Schienenlängsrichtung verlaufende Achse verschwenkbar gelagert sind.

### Patentansprüche

1. Einrichtung zur berührungslosen Spurweitenmessung von Schienen eines Gleises mit einem Schienenfahrwerke aufweisenden Fahrzeugrahmen und berührungslos wirkenden, je einer Schiene zugeordneten Abstandsmeßsensoren, die auf einer Räder aufweisenden Radachse gelagert sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Abstandsmeßsensor (13) um eine in Fahrzeugrahmenlängsrichtung verlaufende Achse (17) verschwenkbar gelagert und mit einem eigenen Schrittmotor (19) verbunden ist, der jeweils einen geschlossenen Regelkreis mit dem zugeordneten Abstandsmeßsensor (13) zur Berechnung der - und automatischen Verschwenkung in jene - Winkelstellung bildet, die erforderlich ist, um einen vom Abstandsmeßsensor emittierten Lichtstrahl (14) auf einer in konstanter Höhe auf der Schiene liegenden Stelle zu halten.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Abstandsmeßsensoren (13) zwischen den Rädern auf einem Rohr (11) befestigt sind, das auf die Radachse (10) aufgeschoben sowie drehbar auf dieser gelagert ist und durch eine Drehmomentstütze (12) mit einem Rahmen teil, vorzugsweise einem die Radachse lagernden Fahrwerksrahmen, verbunden ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schrittmotor (19) durch ein spielfreies Untersetzungsgetriebe (18) mit dem Abstandsmeßsensor (13) verbunden ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei Abstandsmeßsensoren (13) zwischen den Rädern (9) einer Laufachse (8) eines Meßwagens derart angeordnet sind, daß der Auftreffpunkt des emittierten Lichtstrahles an einem Schienenkopf jeweils unmittelbar neben dem Spurkranz des zugeordneten Rades (9) vorgesehen ist.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstandsmeßsensoren (13) auf einem mit Achslagern der Räder (29) verbundenen Rahmen (30) befestigt sind.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstandsmeßsensor (13) als eine Baueinheit ausgebildet ist, die sowohl eine Laser-Lichtquelle als auch einen Photodetektor zum Abtasten des vom Schienenkopf reflektierten Lichtstrahls (14) aufweist, wobei der Lichtquelle

und dem Fotodetektor jeweils eine Optik vorgeordnet ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß insgesamt drei in Fahrzeugrahmenlängsrichtung voneinander distanzierte, jeweils wenigstens einen Abstandsmeßsensor 5 (13) aufweisende Schienenfahrwerke (24) vorgesehen sind.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

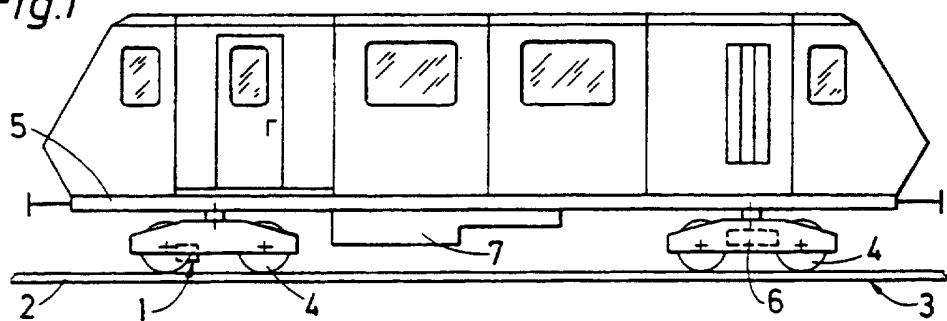


Fig.2

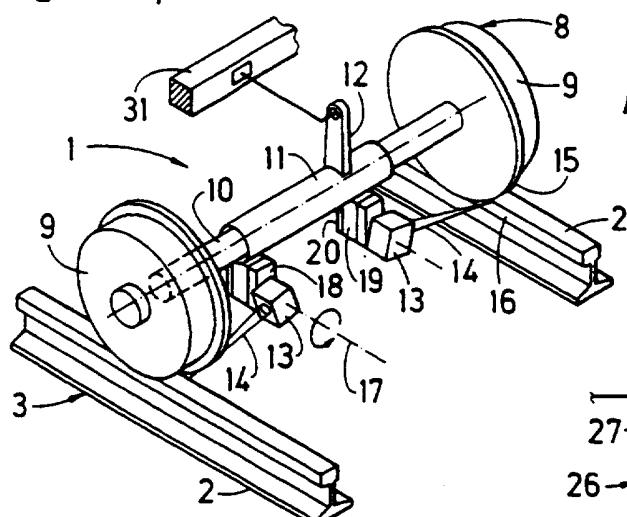


Fig. 5

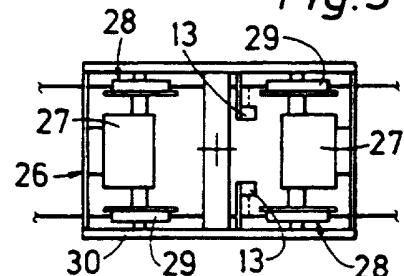


Fig. 3

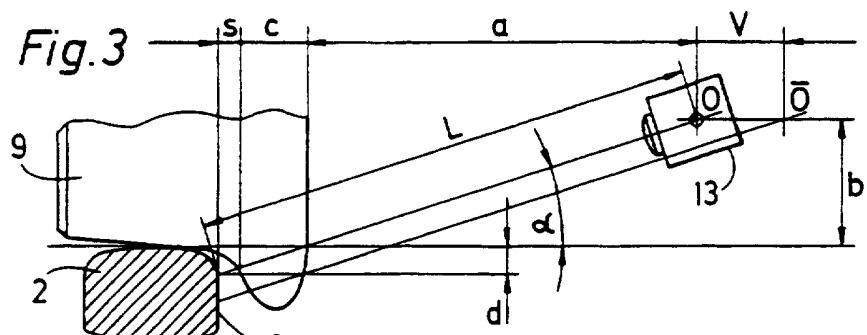


Fig.4

