

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 949 183 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
13.10.1999 Patentblatt 1999/41

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **B66C 9/18**, B66C 13/06,  
B66C 9/14, B66C 11/06

(21) Anmeldenummer: **99250093.4**

(22) Anmeldetag: **26.03.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- Hauschild, Axel, Dipl.-Ing.  
59423 Unna (DE)
- Koschorrek, Rolf, Dipl.-Ing.  
58300 Wetter (DE)
- Sattler, Torsten, Dipl.-Ing.  
58456 Witten (DE)

(30) Priorität: **07.04.1998 DE 19816573**

(71) Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft  
40213 Düsseldorf (DE)**

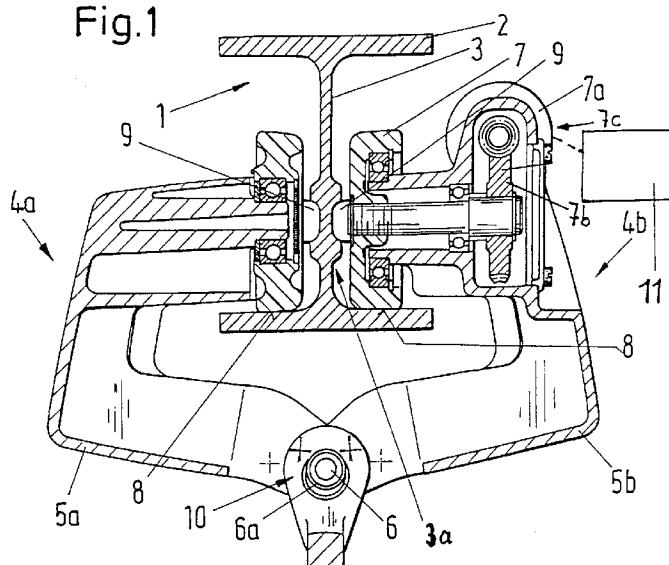
(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al  
Meissner & Meissner,  
Patentanwaltsbüro,  
Hohenzollerndamm 89  
14199 Berlin (DE)**

(72) Erfinder:  
• Gersemsky, Udo, Dipl.-Ing.  
58313 Herdecke (DE)

**(54) Fahrwerk, insbesondere für Hebezeuge und hängende Lasten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Bremsverfahren für ein Fahrwerk, insbesondere für Hebezeuge und hängende Lasten, das mindestens ein direkt von einem Elektromotor über ein Schneckengetriebe angetriebenes Laufrad aufweist. Um Schlingerbewegungen des Fahrwerks beim Abbremsen zu vermeiden, die normalerweise mit einem erhöhten Verschleiß des Fahrwerks als auch der Fahrschiene verbunden sind, wird vorgeschlagen, daß für das ein selbsthemmendes Schnecken-

kengetriebe (7b) aufweisende Fahrwerk während des Anfahrvorgangs nach dem Einschalten einer stationären Motorspannung jeweils eine Anfahrzeitkonstante aus dem mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments (M) bestimmt wird und daß zum Abbremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment (M) so verringert wird, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments (M) jeweils mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist.

**Fig.1****EP 0 949 183 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Fahrwerk gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 6.

**[0002]** Aus der DE 196 20 150 A1 ist ein gattungsbildenden Fahrwerk bekannt, das eine aus Flanschteilen und Stegteilen bestehende Fahrschiene umfaßt. An diesem Fahrwerk ist ein Paar von Laufrädern vorgesehen, die sich einander gegenüberliegend auf den Innenseiten des unteren Flansches abstützen. Zur Führung liegen vor und hinter den Laufrädern angeordnete Führungsrollen beidseitig an den Seitenflächen des unteren Steges an. Die Laufräder und die Führungsrollen sind an Holmen drehgelagert, die unterhalb der Schiene miteinander verbunden sind. Der Antrieb des Fahrwerks erfolgt dadurch, daß eines der Laufräder durch einen Motor über eine Schnecke antreibbar ist. Zusätzlich sind am Steg der Fahrschiene in Fahrschienenlängsrichtung angeordnete Führungen angeordnet, in denen die Führungsräder des Fahrwerks laufen.

**[0003]** Bei diesem Fahrwerk kann es insbesondere beim Abbremsen zu Schlingerbewegungen kommen, die normalerweise mit einem erhöhten Verschleiß des Fahrwerks als auch der Fahrschiene verbunden sind.

**[0004]** Die Lösung dieser Aufgabe ist hinsichtlich des Verfahrens durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gegeben. Durch die kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche 2 bis 5 ist das Verfahren in vorteilhafter Weise weiter ausgestaltet. Ein die Aufgabe lösendes Fahrwerk weist die Merkmale der Ansprüche 6 bis 8 auf.

**[0005]** Die Lösung sieht hinsichtlich des Verfahrens vor, daß für das ein selbsthemmendes Schneckengetriebe aufweisende Fahrwerk nach dem Einschalten einer stationären Motorspannung ( $U_0$ ) während des Anfahrvorgangs jeweils eine Anfahrzeitkonstante aus dem reziproken mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments ( $M$ ) multipliziert mit dem Motordrehmoment ( $M_0$ ) der stationären Phase bestimmt wird und daß zum Bremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment ( $M$ ) so verringert wird, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments ( $M$ ) zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist. Die wirksame Selbsthemmung und der damit verbundene Bremseffekt nehmen hierbei stetig so zu, daß es zu keinem Blockieren der Räder kommt. Hierzu wird die Verzögerung des Fahrwerks über die Änderung des Motordrehmoments so eingestellt, daß ein ähnlicher Effekt wie bei einem Fahrentrieb mit Schwungscheibe und mechanischer Bremse erzielt wird. Die Motordrehmomentsreduzierung im Zusammenspiel mit dem selbsthemmenden Schneckengetriebe hat dieselbe Wirkung wie das Einschalten der Bremse bei einem Fahrentrieb mit Schwungscheibe, nämlich ein weiches Abbremsen ohne Schlingerbewegungen, allerdings mit dem Vorteil, daß keine Bremse nachgestellt und gewartet werden muß und daß auf den platz-

intensiven und kostenaufwendigen Anbau der üblicherweise notwendigen Schwungscheibe verzichtet werden kann.

**[0006]** Das Verfahren läßt sich einfach ausführen, wenn die Anfahrzeitkonstante aus der mittleren zeitlichen Änderung der Stromaufnahme in einem vorbestimmten Zeitintervall ( $t_1$ ,  $t_2$ ), das zwischen dem Einschaltzeitpunkt und dem Zeitpunkt bis zum Erreichen des stationären Motorstromes ( $I_0$ ) liegt, dividiert durch den stationären Motorstrom ( $I_0$ ) bestimmt wird. Vorteilhafterweise enthält der Anstieg der Stromaufnahme nach dem Einschalten des Elektromotors bereits die aktuelle Last, so daß diese nicht mehr explizit ermittelt werden muß.

**[0007]** Eine weitere Vereinfachung ergibt sich, wenn zum Bremsen des Fahrwerks die Motorspannung ( $U$ ) dividiert durch die stationäre Motorspannung ( $U_0$ ) zeitlich so reduziert wird, daß die zeitliche Änderung der normierten Motorspannung ( $U/U_0$ ) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) größer als die Anfahrzeitkonstante ist.

**[0008]** Um die zur aktuellen Last gehörende Anfahrzeitkonstante mit größerer Genauigkeit zu ermitteln, wird vorgeschlagen, daß das Zeitintervall jeweils erst bei Erreichen eines vorgegebenen Stromschwellenwertes nach dem Einschaltvorgang beginnt.

**[0009]** Der Steuerungsaufwand verringert sich, wenn die stationäre Motorspannung ( $U_0$ ) aus identischen Spannungsimpulsen gebildet wird, deren zeitlicher Abstand in der Anfahrphase und in der stationären Phase äquidistant gehalten und in der Bremsphase kontinuierlich vergrößert wird, wobei die Zeitkonstante der Änderung des normierten Mittelwerts der Motorspannung ( $U$ ) zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) größer als die Anfahrzeitkonstante des belasteten Fahrwerks ist. Normiert heißt hierbei bezogen auf den Mittelwert der Motorspannung ( $U$ ) in der stationären Phase.

**[0010]** Die Lösung sieht hinsichtlich des Fahrwerks vor, daß das Fahrwerk ein selbsthemmendes Schneckengetriebe aufweist und daß eine Steuerungseinrichtung vorgesehen ist, die während des Anfahrvorgangs nach dem Einschalten einer stationären Motorspannung jeweils eine Anfahrzeitkonstante aus dem reziproken mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments ( $M$ ) multipliziert mit dem Motordrehmoment ( $M_0$ ) der stationären Phase bestimmt wird und daß zum Bremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment ( $M$ ) so verringert wird, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments ( $M$ ) zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist.

**[0011]** Als Elektromotor kann vorteilhafterweise ein permanent erregter Gleichstromelektromotor verwendet werden, da bei der vorgesehenen nur motorischen Betriebsweise von dem Elektromotor kein Bremsmoment aufgebracht werden muß. Kostengünstig ist die Verwendung eines Kollektormotors.

**[0012]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in

der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vorderansicht eines Fahrwerks,  
 Fig. 2 eine Draufsicht auf das Fahrwerk gemäß Fig. 1 und  
 Fig. 3 eine schematische Darstellung des Verlauf des Motorstroms  $I/I_0$  beim Anfahren sowie der Motorspannung  $U/U_0$  beim Bremsen.

**[0013]** In Fig. 1 ist in einer Vorderansicht ein Fahrwerk dargestellt, das eine Fahrschiene 1 umfaßt, die aus Flanschteilen 2 und einem Steg 3 mit seitlichen Führungen 3a besteht. Das Fahrwerk weist zwei armförmige Radträger 4a, 4b auf, die einen Rahmen 5a, 5b bilden. Die beiden Radträger 4a, 4b sind um eine sich in Richtung der Fahrschiene 1 erstreckende und unter dem Fahrschienenquerschnitt verlaufende Achse 6 schwenkbar gelagert, was ein Einschwenken an der Fahrschiene 1 ermöglicht, können aber auch starr miteinander verbunden sein. Darüberhinaus ist auch eine Kombination dieser beiden Varianten möglich, bei der die beiden Radträger 4a, 4b nach dem Einschwenken an der Fahrschiene 1 fixierbar sind.

**[0014]** Fig. 1 läßt erkennen, daß im oberen Bereich der Radträger 4a, 4b ein Paar sich gegenüberliegender Laufräder 7 angeordnet ist, deren Drehachsen horizontal verlaufen und die sich an den Radträgern 4a, 4b abstützen. Eines der beiden Laufräder 7 wird mittels eines nur motorisch betriebenen Elektromotors 7a angetrieben, wobei zwischen dem Elektromotor 7a und dem angetriebenen Laufrad 7 ein Schneckengetriebe 7b geschaltet ist. Die Laufräder 7 rollen auf den Laufflächen 8 des unteren Flansches ab. Vor und hinter den Laufrädern 7 sind in den Radträgern 4a, 4b jeweils paarweise angeordnete horizontale Führungsrollen 9 drehgelagert, die paarweise am Steg 3 der Fahrschiene 1 anliegen.

**[0015]** Aus der Fig. 1 geht hervor, daß die Radträger 4a, 4b so weit über den unteren Flanschteil 2 des Fahrschienenquerschnitts der Fahrschiene 1 eingeschwenkt sind, daß die Laufräder 7 sich unmittelbar in Stegnähe des Stegs 3 bewegen. Auf Höhe des mittels der Achse 6 gebildeten Gelenks 10 der beiden miteinander verbundenen Radträger 4a, 4b greift die Last an der Achse 6 an. Das unterhalb der Fahrschiene 1 angeordnete Gelenk 10 ist hier zugleich das Aufhängemittel für die Last.

**[0016]** Die Last erzeugt in den Radträgern 4a, 4b ein Schließmoment, das ein Zuschwenken bewirkt, wodurch die Führungsrollen 9 am Steg 3 des Fahrschienenquerschnitts eingeschwenkt gehalten werden. Die Winkelstellung zwischen den Radträgern 4a, 4b wird in Fig. 1 durch die am Steg 3 beidseitig anliegenden Führungsrollen 9 begrenzt; die Anlage der Führungsrollen 9 erfolgt kraftbeaufschlagt durch die Last.

**[0017]** In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf das Fahrwerk mit Fahrschiene gemäß Fig. 1 dargestellt.

**[0018]** Der nur motorisch betriebene Elektromotor 7a ist ein permanent erregter Gleichstrommotor 7c; speziell ist hier ein kostengünstiger Kollektormotor mit Permanentmagneten vorgesehen. Der Elektromotor 7a gibt während seines Betriebes stets ein Motordrehmoment  $M$  ab, da er durch die Zusammenschaltung mit dem selbsthemmenden Schneckengetriebe 7b mit einem Grundlastmoment betrieben wird. Die Kombination aus dem Gleichstrommotor 7a und dem selbsthemmenden Schneckengetriebe 7b entspricht folglich einem Antrieb "mit eingeschalteter Bremse".

**[0019]** Eine in Fig. 1 schematisch dargestellte Steuerungseinrichtung 11 sorgt für den gewünschten zeitlichen Verlauf der am Elektromotor 7a anliegenden Motorspannung  $U$ .

**[0020]** So wird bei einer ersten Ausführung beim Anfahren des Fahrwerks nach Betätigung eines Einschalters die stationäre Motorspannung  $U_0$  in Form einer Gleichspannung an den Elektromotor 7a als Spannungssprung angelegt. Mit stationär ist hier gemeint, daß sich der zeitliche Mittelwert der Motorspannung  $U_0$  zunächst nicht ändert, wie das bei einer Gleichspannung selbstverständlich der Fall ist. Dies führt zu dem in Fig. 3 schematisch skizzierten Verlauf des Motorstroms  $I$ , zu dem das Motordrehmoment  $M$  proportional ist. Wie Fig. 3 erkennen läßt, steigt der Motorstrom  $I$  nach einem anfänglich etwas langsameren Anstieg nahezu linear mit der Zeit an, um dann zum Zeitpunkt  $t_s$  seinen stationären Wert  $I_0$  (entspricht dem stationären Motordrehmoment  $M_0$ ) zu erreichen. Der Anstieg und der stationäre Motorstrom  $I_0$  sind lastabhängig. Zur Veranschaulichung des annähernd linearen Stromanstieges ist eine Gerade 12 in Fig. 3 eingezeichnet, die der mittleren Stromänderung pro Zeiteinheit entspricht.

**[0021]** Die Steuerungseinrichtung 11 verfügt über einen vorgebbaren unteren Stromschwellenwert  $ISU$  und einen oberen Stromschwellenwert  $ISO$  und kann den Motorstrom  $I$  kontrollieren. Während des Anfahrvorgangs wird bei Erreichen des Stromschwellenwertes  $ISU$  der Zeitpunkt  $t_1$  und bei Erreichen des Stromschwellenwertes  $ISO$  der Zeitpunkt  $t_2$  in der Steuerungseinrichtung 11 erfaßt und mittels der Zeitdifferenz  $t_2 - t_1$  die mittlere Stromänderung pro Zeiteinheit gebildet.

**[0022]** Durch Division mit dem stationären Strom  $I_0$  und Bildung des Kehrwerts ( $= 1/(I/I_0/\text{Sekunde})$ ) berechnet die Steuerungseinrichtung 11 eine Anfahrzeitkonstante des belasteten Fahrwerks.

**[0023]** Beim Bremsen wird die Motorspannung  $U$ , das ist die aktuell am Elektromotor 7a anliegende Spannung, von der Steuerungseinrichtung 11 zeitlich so verringert, daß die zeitliche Änderung der Motorspannung  $U$  dividiert durch die stationäre Motorspannung  $U_0$  jeweils mit einer Zeitkonstanten (Bremszeitkonstanten) erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist (entspricht der Geraden 13, die entgegengesetzt zur Geraden 12 verläuft; die Beträge der Anstiege der beiden Geraden sind identisch). Die Motorspannungsänderung

pro Zeiteinheit kann beispielsweise mit einer Zeitkonstanten erfolgen, die halb so groß wie die Anfahrzeitkonstante ist. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß die Selbsthemmung so langsam zugeschaltet wird, daß die Laufräder 7 nicht blockieren.

**[0024]** Der Motorspannung U folgt jeweils zeitlich verzögert der Motorstrom I und damit das dazu proportionale Motordrehmoment M.

**[0025]** Eine zweite Ausführung sieht vor, daß der Elektromotor 7a von der Steuerungseinrichtung 11 mit identischen Rechteckspannungsimpulsen angesteuert wird, deren zeitlicher Abstand durch die Steuerungseinrichtung 11 verändert werden kann. In der Anfahrphase und in der stationären Phase wird der zeitliche Abstand äquidistant gehalten. In der Bremsphase erfolgt eine kontinuierliche Vergrößerung der zeitlichen Abstände, und zwar so, daß die Änderung des Mittelwerts der Motorspannung U pro Zeiteinheit zu jedem Zeitpunkt t größer als die Anfahrzeitkonstante des belasteten Fahrwerks ist.

**[0026]** Allgemein gesagt wird die Anfahrzeitkonstante aus dem reziproken mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments (M), also  $(t_2 - t_1)/M$ , multipliziert mit dem Motordrehmoment (M0) der stationären Phase, also  $(t_2 - t_1)M_0/M$ , bestimmt und zum Bremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment (M) so verringert, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments (M) jeweils mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist.

**[0027]** Bei dieser sehr einfach auszuführende Spannungssteuerung des Elektromotors 7a verhält sich das Fahrwerk wie ein ballistisches System oder wie ein Energiespeicher, das bzw. der auf die Spannungsimpulse wie auf eine stationäre Motorspannung U mit gleichem Mittelwert reagiert. Der schaltungstechnische Vorteil liegt darin, daß zum Bremsen des Elektromotors 7a lediglich die Taktfrequenz verändert werden muß.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0028]**

1	Fahrschiene
2	Flanschteil
3	Steg
3a	Führung
4a, 4b	Radträger
5a, 5b	Rahmen
6	Achse
7	Laufrad
7a	Elektromotor
7b	Schneckengetriebe
7c	Gleichstrommotor
8	Lauffläche
9	Führungsrolle
10	Gelenk
11	Steuerungseinrichtung
12, 13	Anstiegsgerade

ISU	unterer Stromschwellenwert
ISO	oberer Stromschwellenwert
U	Motorspannung
M	Motordrehmoment
I	Motorstrom
I0	stationärer Motorstrom

#### **Patentansprüche**

- Verfahren zum Bremsen eines Fahrwerks, insbesondere für Hebezeuge und hängende Lasten, das mindestens ein direkt von einem Elektromotor über ein Schneckengetriebe angetriebenes Laufrad aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß für das ein selbsthemmendes Schneckengetriebe (7b) aufweisende Fahrwerk nach dem Einschalten einer stationären Motorspannung (U0) während des Anfahrvorgangs jeweils eine Anfahrzeitkonstante aus dem reziproken mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments (M) multipliziert mit dem Motordrehmoment (M0) der stationären Phase bestimmt wird und daß zum Bremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment (M) so verringert wird, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments (M) zu jedem Zeitpunkt (t) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist.
- Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Anfahrzeitkonstante aus der reziproken mittleren zeitlichen Änderung der Stromaufnahme in einem vorbestimmten Zeitintervall ( $t_1$ ,  $t_2$ ), das zwischen dem Einschaltzeitpunkt und dem Zeitpunkt bis zum Erreichen des stationären Motorstromes (I0) liegt, multipliziert mit dem stationären Motorstrom (I0) bestimmt wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß zum Bremsen des Fahrwerks die Motorspannung (U) dividiert durch die stationäre Motorspannung (U0) zeitlich so reduziert wird, daß die zeitliche Änderung der normierten Motorspannung ( $U/U_0$ ) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die zu jedem Zeitpunkt (t) größer als die Anfahrzeitkonstante ist.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das Zeitintervall jeweils bei Erreichens eines ersten vorgegebenen Stromschwellenwertes (ISU) nach dem Einschaltvorgang beginnt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Motorspannung (U0) aus identischen Span-

nungsimpulsen gebildet wird, deren zeitlicher Abstand in der Anfahrphase und in der stationären Phase äquidistant gehalten und in der Bremsphase kontinuierlich vergrößert wird, wobei die Zeitkonstante der Änderung des normierten Mittelwerts der Motorspannung ( $U$ ) zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) größer als die Anfahrzeitkonstante ist. 5

6. Fahrwerk, insbesondere für Hebezeuge und hängende Lasten, das das mindestens ein direkt von einem Elektromotor über ein Schneckengetriebe angetriebenes Laufrad aufweist, 10  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das Fahrwerk ein selbsthemmendes Schneckengetriebe (7b) aufweist und daß eine Steuerungseinrichtung (11) vorgesehen ist, die während des Anfahrvorgangs nach dem Einschalten einer stationären Motorspannung jeweils eine Anfahrzeitkonstante aus dem reziproken mittleren zeitlichen Anstieg des Motordrehmoments ( $M$ ) multipliziert mit dem Motordrehmoment ( $M_0$ ) der stationären Phase bestimmt wird und daß zum Bremsen des Fahrwerks das Motordrehmoment ( $M$ ) so verringert wird, daß die momentane zeitliche Änderung des Motordrehmoments ( $M$ ) zu jedem Zeitpunkt ( $t$ ) mit einer Zeitkonstanten erfolgt, die größer als die Anfahrzeitkonstante ist. 15 20 25
7. Fahrwerk nach Anspruch 6, 30  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Elektromotor (7a) ein permanent erregter Gleichstrommotor (7c) ist.
8. Fahrwerk nach Anspruch 7, 35  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Elektromotor (7a) ein Kollektormotor ist.

40

45

50

55

Fig.1

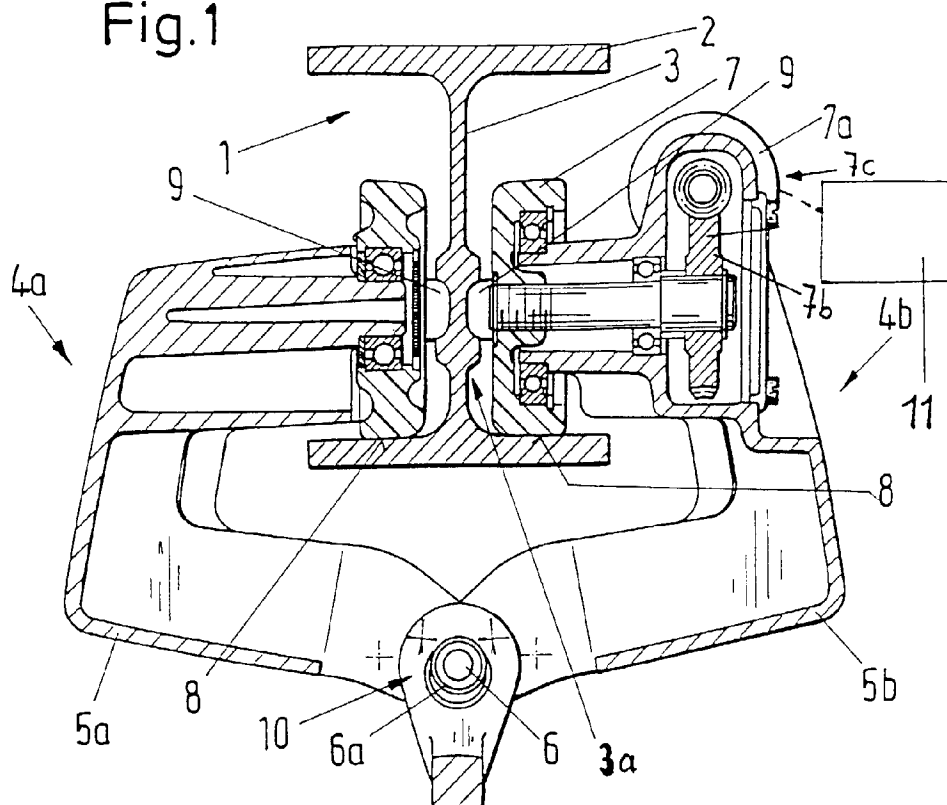


Fig. 2

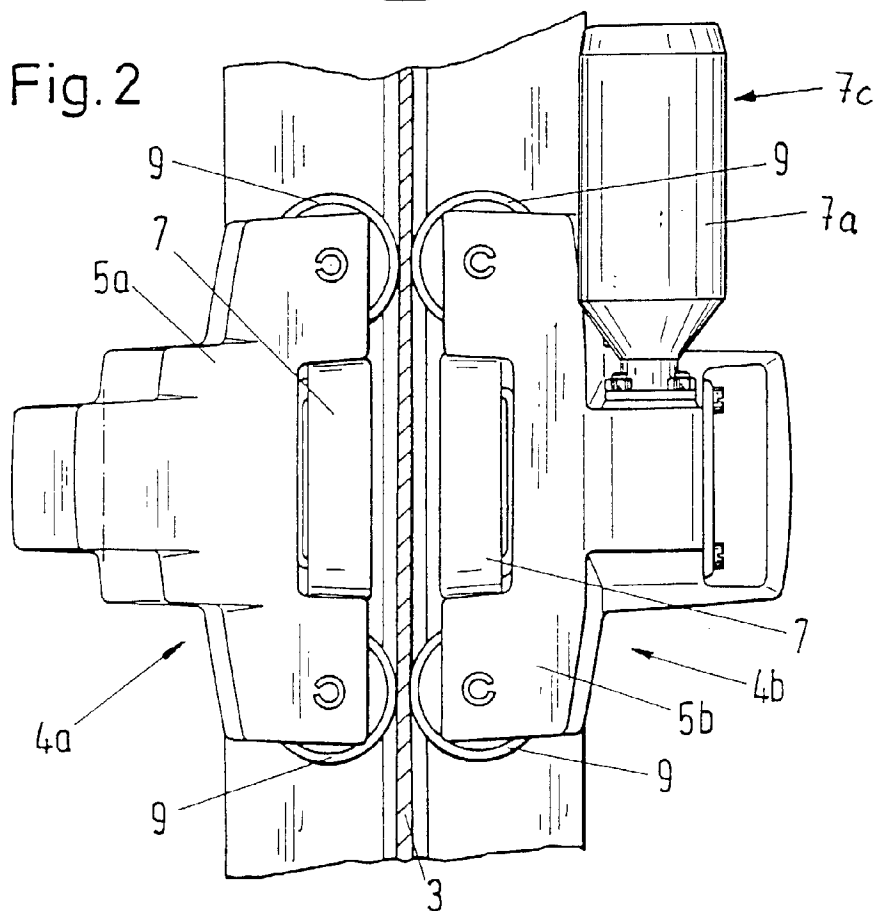


Fig. 3

