



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 013 994 A1** 2005.10.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 013 994.6**

(22) Anmeldetag: **19.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2005**

(51) Int Cl.7: **B60L 7/28**  
**B60L 13/00**

(71) Anmelder:  
**ThyssenKrupp Transrapid GmbH, 34127 Kassel,  
DE**

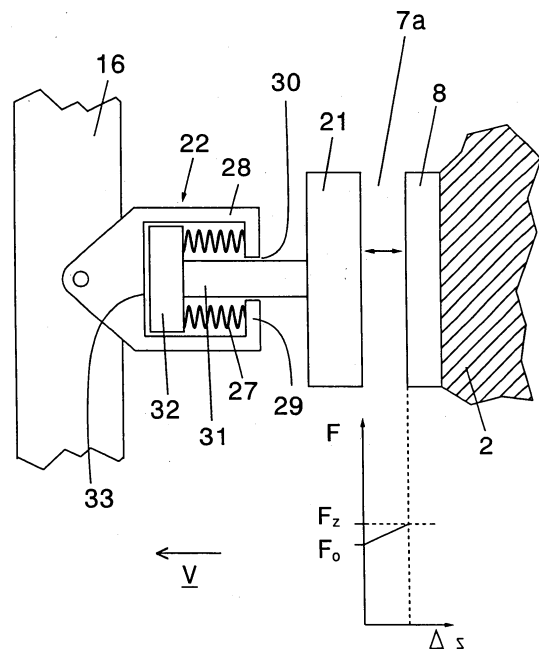
(74) Vertreter:  
**Frhr. von Schorlemer, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw.,  
34117 Kassel**

(72) Erfinder:  
**Kunz, Siegbert, 83714 Miesbach, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Magnetschwebbahn mit einer Wirbelstrombremse**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Magnetschwebbahn mit einer Wirbelstrombremse (20) beschrieben, die mit einer Reaktionsschiene (8) des Fahrwegs (2) zusammenwirkt. Erfindungsgemäß hat die Wirbelstrombremse (20) wenigstens einen Bremsmagneten (21), der quer zur Reaktionsschiene (8) bewegbar am Fahrzeug (16) gelagert ist und sich beim Überschreiten einer z. B. durch Federn (27) festgelegten Normalkraft an die Reaktionsschiene (8) anlegt (Fig. 4).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Magnetschwebbahn der im Oberbegriff des Anspruch 1 angegebenen Gattung und ein Magnetschwebfahrzeug dafür.

**[0002]** Bekannte Magnetschwebbahnen dieser Art werden z.B. durch Langstator-Linearmotoren angetrieben, die zum Antrieb der Fahrzeuge mit längs des Fahrwegs in einem Langstator verlegten Dreiphasen-Wechselstrom-Wicklungen versehen sind. Das Erregerfeld der Linearmotoren wird dabei von gleichzeitig als Erregermagnete wirkenden, im Fahrzeug angeordneten Tragmagneten geliefert (DE 39 19 058 C2). Die Linearmotoren können außer für den Antrieb auch zum Bremsen der Fahrzeuge verwendet werden. Hierzu ist es lediglich erforderlich, einen Strom mit einem im Vergleich zum üblichen Fahrbetrieb entgegengesetzten Vorzeichen in die Dreiphasen-Wechselstrom-Wicklungen des jeweiligen Langstators einzuspeisen.

**[0003]** Da z.B. beim Ausfall einzelner oder aller Trag- und Erregermagnete keine Bremsmöglichkeit mehr besteht, sind für hohe Geschwindigkeiten bestimmte Magnetschwebfahrzeuge zusätzlich mit einer sogenannten "sicheren" Bremse ausgerüstet, die z.B. eine Druckluftbremse sein kann (DE 30 04 705 C2). Wegen der bei Magnetschwebfahrzeugen ohnehin vorhandenen Trag- und Führungsmagnete bietet sich allerdings an, als sichere Bremse eine ebenfalls aus Magnetanordnungen bestehende Wirbelstrombremse zu verwenden, wie dies für die Magnetschwebbahn der eingangs bezeichneten Gattung zutrifft (z.B. ZEVrail Glasers Annalen, Sonderheft Transrapid, Oktober 2003, Seite 63). Eine derartige Wirbelstrombremse weist an vorgewählten Positionen jeweils Bremsmagnete auf, die mit am Fahrweg angebrachten, elektrisch leitenden Seitenführ- bzw. Reaktionsschienen zusammenwirken und in diesen bremsend wirkende Wirbelströme erzeugen. Nachteilig dabei ist, daß die zusätzlich von den Bremsmagneten senkrecht zu den Reaktionsschienen erzeugten Normalkräfte mit abnehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs zunehmen, insbesondere wenn die Wirbelstrombremsen auf konstante Bremskraft geregelt werden und daher zur Einhaltung der gewünschten Bremskräfte immer größere Ströme erforderlich werden, je stärker die Fahrzeuggeschwindigkeit abnimmt. Das hat zur Folge, daß die auf die Reaktionsschienen wirkenden Kräfte so stark zunehmen, daß sie zulässige, kritische Werte übersteigen und dadurch die mechanischen Verankerungen der Reaktionsschienen beschädigen können. Dem kann bisher nur dadurch abgeholfen werden, daß die mechanische Struktur des Fahrwegs entsprechend verstärkt wird.

**[0004]** Das von der vorliegenden Erfindung zu lösende Problem besteht darin, das Magnetschweb-

fahrzeug der eingangs bezeichneten Gattung so auszubilden, daß die Bremsmagnete der Wirbelstrombremse auch bei langsamer Fahrt keine unerwünscht großen Normalkräfte auf die Reaktionsschienen ausüben.

**[0005]** Zur Lösung dieses Problems dienen die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

**[0006]** Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß die Bremsmagnete bei langsamer Fahrt aufgrund der dabei unter Umständen über einen vorgewählten Grenzwert ansteigenden Normalkräfte an die Reaktionsschienen angelegt werden. Dadurch verlieren die Normalkräfte ihre Wirkung, d.h. die Reaktionsschienen werden nicht mehr von den Bremsmagneten angezogen. Die dadurch bewirkten Reibungskräfte haben in vorteilhafter Weise eine zusätzliche Bremswirkung zur Folge. Der durch die entstehende Reibung mögliche Verschleiß der Bremsmagnete kann durch Anbringung von Gleitplatten reduziert werden.

**[0007]** Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0008]** Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es zeigen:

**[0009]** [Fig. 1](#) schematisch einen Teilschnitt durch eine übliche Magnetschwebbahn;

**[0010]** [Fig. 2](#) eine Vorderansicht eines Teils der Magnetschwebbahn nach [Fig. 1](#) in einem vergrößerten Maßstab;

**[0011]** [Fig. 3](#) den Bremsmagneten einer Wirbelstrombremse für ein Magnetschwebfahrzeug der Magnetschwebbahn nach [Fig. 1](#) in perspektivischer Darstellung;

**[0012]** [Fig. 4](#) schematisch die erfindungsgemäße Montage eines Bremsmagneten der Wirbelstrombremse nach [Fig. 3](#) am Magnetschwebfahrzeug.

**[0013]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch einen Querschnitt durch ein Magnetschwebfahrzeug **1**, das in üblicher Weise auf einem in Längsrichtung einer Trasse verlaufenden Fahrweg fahrbar montiert ist, der aus Stahl und/oder Beton hergestellte Träger **2** und auf diesen montierte Fahrwegplatten **3** enthält. Der Antrieb des Magnetschwebfahrzeugs **1** erfolgt mittels eines Langstatormotors, der unterhalb der Fahrwegplatte **3** befestigte, in deren Längsrichtung aufeinander folgende Statorpakete **4** aufweist. Die Statorpakete **4** weisen abwechselnd aufeinander folgende, nicht dargestellte Zähne und Nuten auf, in die Wicklungen eingelegt sind, die mit Drehstrom variabler Amplitude und Frequenz gespeist werden. Das eigentliche Erregerfeld des Langstatormotors wird durch wenigstens

einen Tragsmagneten **5** erzeugt, der mit wenigstens einem seitlichen Gestellbügel **6** am Magnetschwebefahrzeug **1** befestigt ist und den in [Fig. 1](#) nach unten offenen Nuten der Statorpakete **4** zugewandte Magnetpole aufweist. Der Tragsmagnet **5** stellt nicht nur das Erregerfeld bereit, sondern erfüllt auch die Funktion des Tragens und Schwebens, indem er beim Betrieb des Magnetschwebefahrzeugs **1** einen vorgegebenen Spalt **7** von z.B. 10 mm zwischen dem Tragsmagneten **5** und den Statorpaketen **4** aufrecht erhält.

**[0014]** Zur Spurführung des Magnetschwebefahrzeugs **1** weist die Fahrwegplatte **3** seitlich angebrachte Reaktions- bzw. Führschiene **8** auf, denen ebenfalls an den Gestellbügeln **6** montierte Führungsmagnete **9** gegenüberstehen, die beim Betrieb dazu dienen, zwischen sich und der Reaktionsschiene **8** einen dem Spalt **7** entsprechenden Spalt **7a** aufrecht zu erhalten. Dabei bilden der in [Fig. 1](#) gezeigte Tragsmagnet **5** und der Führungsmagnet **9** jeweils ein an den Gestellbügeln **6** befestigtes Modul mit je einer Magnetanordnung für die Funktionen "Tragen" bzw. "Führen". Es ist jedoch klar, daß am Magnetschwebefahrzeug **1** seitlichen nebeneinander und in Fahrtrichtung hintereinander in der Regel eine Mehrzahl derartiger Module angebracht sein kann. Jedes Modul weist vorzugsweise einen Magnetrückenkasten auf, mit dem es an den Gestellbügeln **6** befestigt ist, die ihrerseits mit einem biegesteifen, Längs- und Querverbinde aufweisenden Untergestell bzw. Schweberahmen **16** verbunden sind, auf dem ein mit einer Fahrgastzelle versehener Wagenkasten **17** des Magnetschwebefahrzeugs **1** ([Fig. 1](#)) abgestützt ist.

**[0015]** Magnetschwebefahrzeuge **1** und deren Magnetanordnungen sind dem Fachmann z.B. aus den Druckschriften US-PS 4,698,895, DE 39 28 278 A1, DE 39 28 278 A1 und PCT WO 97/30 50 4 A1 allgemein bekannt, die hiermit der Einfachheit halber und Referenz zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht werden.

**[0016]** In [Fig. 2](#) ist vereinfachend nur der Schweberahmen **16** und der darauf z.B. mittels Federn **18** abgestützte Wagenkasten **17** dargestellt. An der Innenseite des Schweberahmens **16** ist in Höhe der Reaktionsschiene **8** wenigstens je eine Wirbelstrombremse **20** vorgesehen. Diese enthält insbesondere einen Bremsmagneten **21**, der mittels wenigstens einer Halterung **22** starr oder gelenkig am Schweberahmen **16** befestigt ist und dessen Wirkungsweise weiter unten näher erläutert wird.

**[0017]** Der Bremsmagnet **21** ist vergrößert in [Fig. 3](#) gezeigt. Er enthält in Richtung einer Längsachse **23** hintereinander angeordnete Magnetpole, die je einen nicht näher dargestellten Eisenkern **24** und eine diesen umgebende Wicklung **25** enthalten. Die verschiedenen Wicklungen **25** des Bremsmagneten **21** sind elektrisch in Reihe geschaltet und in nicht darge-

stellter Weise an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen. Dabei ist der Wicklungssinn der Wicklungen **25** so gewählt, daß die Magnetpole beim Durchleiten eines elektrischen Stroms abwechselnd Nord- und Südpole bilden. Die einzelnen Eisenkerne **24** sind vorzugsweise durch nicht dargestellte Polrücken miteinander verbunden, und die gesamte Anzahl der Magnetpole ist an einem Magnetrückenkasten **26** befestigt, der z.B. entsprechend [Fig. 2](#) zur Befestigung des Bremsmagneten **21** am Magnetschwebefahrzeug **1** dient. Die Zahl der Magnetpole ist dabei an sich beliebig. Im Ausführungsbeispiel sind zwölf Magnetpole vorhanden.

**[0018]** Im übrigen ist der Bremsmagnet **21** mit seiner Längsachse **23** parallel zur Reaktionsschiene **8** und so angeordnet, daß seine Magnetpole der Reaktionsschiene **8** normalerweise mit einem Abstand gegenüberstehen, der im wesentlichen dem Spalt **7a** in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) entspricht.

**[0019]** Erfindungsgemäß ist der Bremsmagnet **21** mittels wenigstens einer Feder **27** beweglich am Magnetschwebefahrzeug, hier an dessen Schweberahmen **16** gehalten. Bei dieser Feder **27** kann es sich z.B. um eine Gummi-, Spiral- oder Schraubendruckfeder handeln. Zu diesem Zweck ist die Halterung **22** gemäß [Fig. 4](#) als ein Hohlkörper **28** ausgebildet, der in einer Vorderwand **29** eine zur Reaktionsschiene **8** hinweisende Öffnung **30** aufweist, in der eine Stange **31** verschiebbar gelagert ist. Die Stange **31** trägt an einem aus der Öffnung **30** herausragenden Ende den Bremsmagneten **21**, während sie an ihrem anderen Ende mit einem im Hohlkörper **28** verschiebbar gelagerten Kolben **32** versehen ist. Der Kolben **32** stützt sich mit seiner der Reaktionsschiene **8** zugewandten Breitseite an einem Ende der Feder **27** ab, deren anderes Ende an der Vorderwand **29** abgestützt ist. Dadurch drückt die Feder **27** den Kolben **32** und mit ihm den Bremsmagneten **21** in Richtung eines Pfeils **v** senkrecht von der Reaktionsschiene **8** weg, bis der Kolben **32** z.B. an einer Rückwand **33** des Hohlkörpers **28** anliegt. Aufgrund dieser Anordnung ist der Bremsmagnet **21** gegen die Vorspannkraft der Feder **27** in der zum Pfeil **v** entgegengesetzten Richtung bewegbar. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß der mögliche Hub des Kolbens **32** wenigstens gleich der Größe  $\Delta s$  ([Fig. 4](#)) des Spalts **7a** ist. Der Bremsmagnet **21** kann daher gegen die Kraft der Feder **27** und unter Überbrückung des Spalts **7a** an die Reaktionsschiene **8** angelegt werden. Außerdem ist die Vorspannkraft der Feder **27** im montierten Zustand nach [Fig. 4](#) so gewählt, daß sich der Bremsmagnet **21** dann an die Reaktionsschiene **8** anlegt, wenn entgegengesetzt zum Pfeil **v** mit einer Kraft **F** auf ihn eingewirkt wird, die einer zulässigen Kraft **F<sub>z</sub>** entspricht. Dies ist schematisch im unteren Teil der [Fig. 4](#) anhand eines Schaubildes dargestellt, in dem längs der Abszisse der Weg und längs der Ordinate die auf den Bremsmagneten **21** einwirkende Kraft abgetragen

ist.

**[0020]** Die Wirkungsweise des beschriebenen Bremsmagneten **21** ist wie folgt:

Bei normaler, mit hoher Geschwindigkeit erfolgender Fahrt des Magnetschwebefahrzeugs sind die Wicklungen **25** stromlos. Der Bremsmagnet **21** ist daher unwirksam. Ist eine Bremsung, insbesondere eine Notbremsung erforderlich, wird ein Gleichstrom von z.B. 80 A durch die Wicklungen **25** geleitet, wodurch aufgrund der hohen Fahrtgeschwindigkeit des Magnetschwebefahrzeugs **1** Wirbelströme in der aus einem elektrisch leitenden Material bestehenden Reaktionsschiene **8** erzeugt werden. Diese Wirbelströme haben einerseits die gewünschte Abbremswirkung in Fahrtrichtung des Magnetschwebefahrzeugs (= Längsrichtung **23**) zur Folge. Andererseits wird eine parallel zum Pfeil *v* wirksame, senkrecht zur Reaktionsschiene **8** gerichtete Normalkraft wirksam, die aus der magnetischen Anziehungskraft der einzelnen Magnetpole resultiert und bei hohen Fahrtgeschwindigkeiten vergleichsweise klein ist. Bei einem starr am Magnetschwebefahrzeug **1** montierten Bremsmagneten **21** würde die Reaktionsschiene **8** daher in Richtung des Pfeils *v* nur schwach zum Bremsmagneten **21** hingezogen.

**[0021]** Bei kleiner werdenden Geschwindigkeiten des Magnetschwebefahrzeugs **1** wird die beschriebene Normalkraft jedoch immer größer, insbesondere wenn der Strom durch die Wicklungen **25** so geregelt wird, daß sich eine konstante Bremskraft ergibt. Dabei kann die Normalkraft so groß werden, daß die auf die Reaktionsschiene **8** ausgeübten Kräfte zu einer dauerhaften Beschädigung von deren Befestigungspunkten am Fahrweg führen.

**[0022]** Erfindungsgemäß setzt hier die Wirkung der Feder **27** ein. Wie die Kennlinie in [Fig. 4](#) zeigt, wird der Bremsmagnet **21** bei größer werdender Normalkraft immer stärker in Richtung der Reaktionsschiene **8** bewegt, bis er, wie in [Fig. 4](#) nicht einzeln dargestellt ist, an der Reaktionsschiene **8** anschlägt. Dadurch wird die auf die Reaktionsschiene **8** wirkende Normalkraft aufgehoben. Die statt dessen bei Geschwindigkeiten von z.B. unter 100 km/h einsetzende Reibkraft trägt dann zusätzlich zur Bremswirkung bei. Eine Beschädigung der Magnetpole des Bremsmagneten **21** wird erfindungsgemäß vorzugsweise dadurch vermieden, daß die der Reaktionsschiene **8** zugewandte Seite des Bremsmagneten **21** mit einer Gleitplatte **34** ([Fig. 3](#)) aus einem gut gleitfähigen Material belegt wird.

**[0023]** Ein aus [Fig. 4](#) ersichtlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Reaktionsschiene **8** bzw. deren Befestigungspunkte am Fahrweg **2** nicht mehr belastet werden, sobald der Bremsmagnet **21** an der Reaktionsschiene **8** anliegt. Dadurch ist es möglich, die Vorspannkraft der Feder **27** so zu bemessen, daß

die Auszugskraft der Reaktionsschiene **8** auch bei voller Einschaltung des Bremsmagneten **21** nicht überschritten werden kann, d.h. die mechanische Belastung der Reaktionsschiene **8** immer unterhalb eines kritischen bzw. zulässigen Wertes bleibt.

**[0024]** Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß das Anlegen des Bremsmagneten **21** an die Reaktionsschiene **8** automatisch erfolgt und keine besondere Steuerung für diesen Zweck vorgesehen werden braucht. Außerdem kann die Kraft der Feder **7** leicht so gewählt werden, daß auch die durch sie bewirkten Rückstellkräfte kleiner als die vorgegebenen Auszugskräfte für die Reaktionsschiene **8** bleiben. Dabei wird die Federkennlinie vergleichsweise flach ausgebildet, damit der Bewegungshub des Bremsmagneten **21** erst beim Erreichen einer minimalen Normalkraft  $F_0$  beginnt.

**[0025]** Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, das sich auf vielfache Weise abwandeln läßt. Insbesondere kann anstelle der einen Feder **27** auch eine Mehrzahl von Federn **27** verwendet werden, wie [Fig. 4](#) zeigt. Auch die Anbringung der Federn **27** und die Ankopplung der Halterung **22** an das Magnetschwebefahrzeug bzw. dessen Schweberrahmen **16** ist weitgehend beliebig. Insbesondere kann pro Bremsmagnet **21** mehr als nur eine Halterung **22** vorgesehen werden. Außerdem ist klar, daß der erfindungsgemäß gelagerte Bremsmagnet **21** an beiden Seiten des Fahrwegs bzw. des Fahrzeugs **1** vorgesehen werden könnte, wie [Fig. 2](#) zeigt. Weiterhin können in Längsrichtung des Fahrzeugs mehrere der beschriebenen Bremsmagnete **21** hintereinander oder im Wechsel mit den Fahrmagneten **9** ([Fig. 1](#)) angeordnet werden. Schließlich versteht sich, daß die verschiedenen Merkmale auch in anderen als den beschriebenen und dargestellten Kombinationen angewendet werden können.

## Patentansprüche

1. Magnetschwebebahn mit einem eine Reaktionsschiene (**8**) aufweisenden Fahrweg (**2, 3**) und einem auf diesem parallel zur Reaktionsschiene (**8**) fahrbar angeordneten, mit einer Wirbelstrombremse (**20**) versehenen Fahrzeug (**1**), wobei die Wirbelstrombremse (**20**) wenigstens eine, zum Zusammenwirken mit der Reaktionsschiene (**8**) bestimmten und im Abstand zu dieser gehaltenen Bremsmagneten (**21**) mit wenigstens einem eine Wicklung (**25**) aufweisenden Magnetpol enthält, der bei Erregung der Wicklung (**25**) außer einer in Fahrtrichtung wirkenden Bremskraft eine senkrecht zur Reaktionsschiene (**8**) wirkende, von der Fahrtgeschwindigkeit abhängige Normalkraft entwickelt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Bremsmagnet (**21**) quer zur Reaktionsschiene (**8**) und derart am Fahrzeug (**1**) bewegbar gelagert ist, daß er beim Überschreiten einer vorgewählten

Normalkraft an die Reaktionsschiene (8) anlegbar ist.

2. Magnetschwebbahn nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Anlegen des Bremsmagneten (21) an die Reaktionsschiene (8) selbsttätig erfolgt.

3. Magnetschwebbahn nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremsmagnet (21) mittels wenigstens einer vorgespannten Feder (27) am Fahrzeug (1) gehalten ist.

4. Magnetschwebbahn nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder (27) bei an der Reaktionsschiene (8) anliegendem Bremsmagneten (21) eine Rückstellkraft auf diesen ausübt, die kleiner als eine vorgegebene Auszugskraft für die Reaktionsschiene (8) ist.

5. Magnetschwebbahn nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder (27) eine flache Federkennlinie aufweist.

6. Magnetschwebbahn nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremsmagnet (21) mit einer Gleitplatte (34) versehen ist.

7. Magnetschwebfahrzeug für Magnetschwebbahnen, dadurch gekennzeichnet, daß es mit einer Wirbelstrombremse (20) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 ausgerüstet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

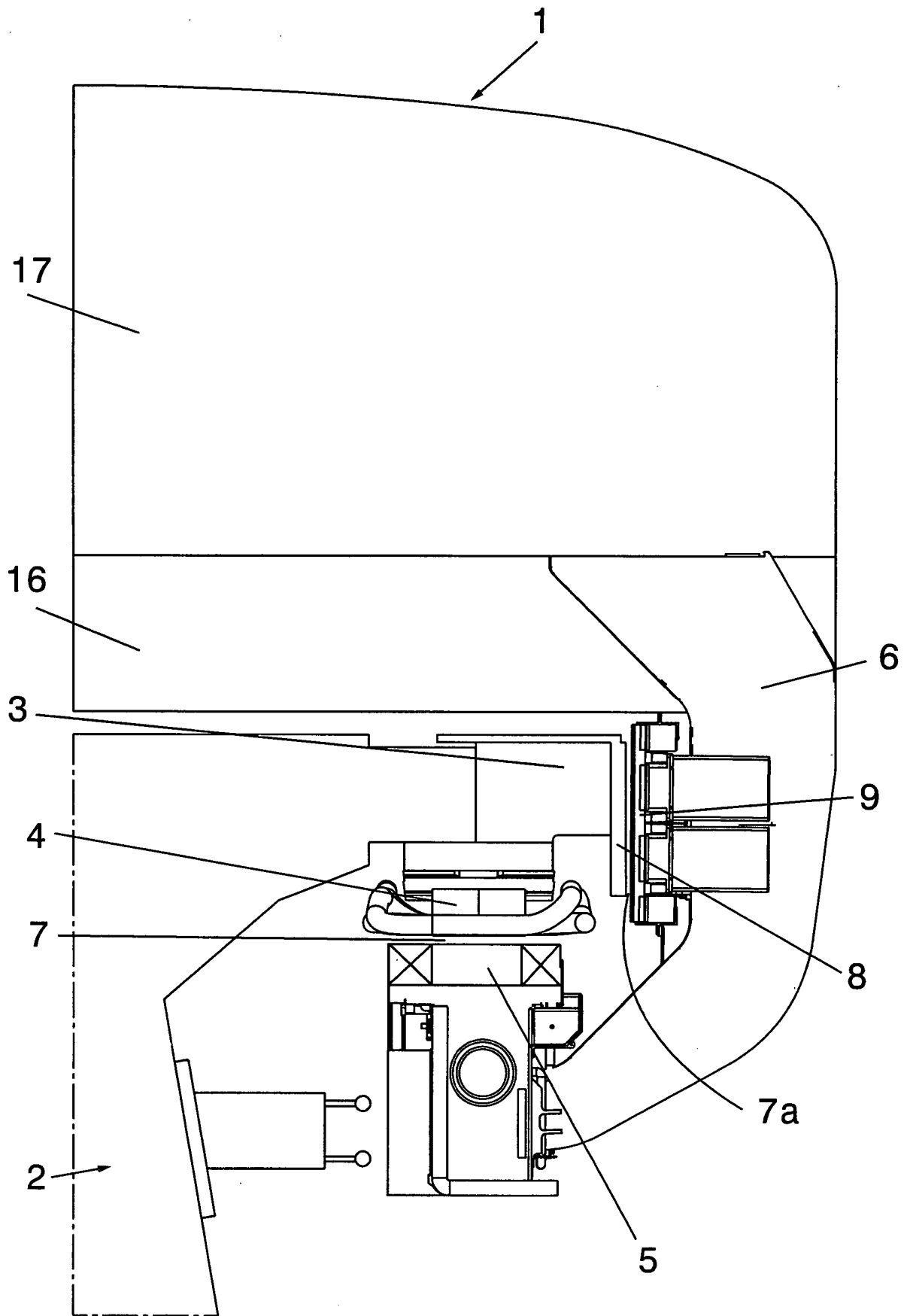


Fig. 1

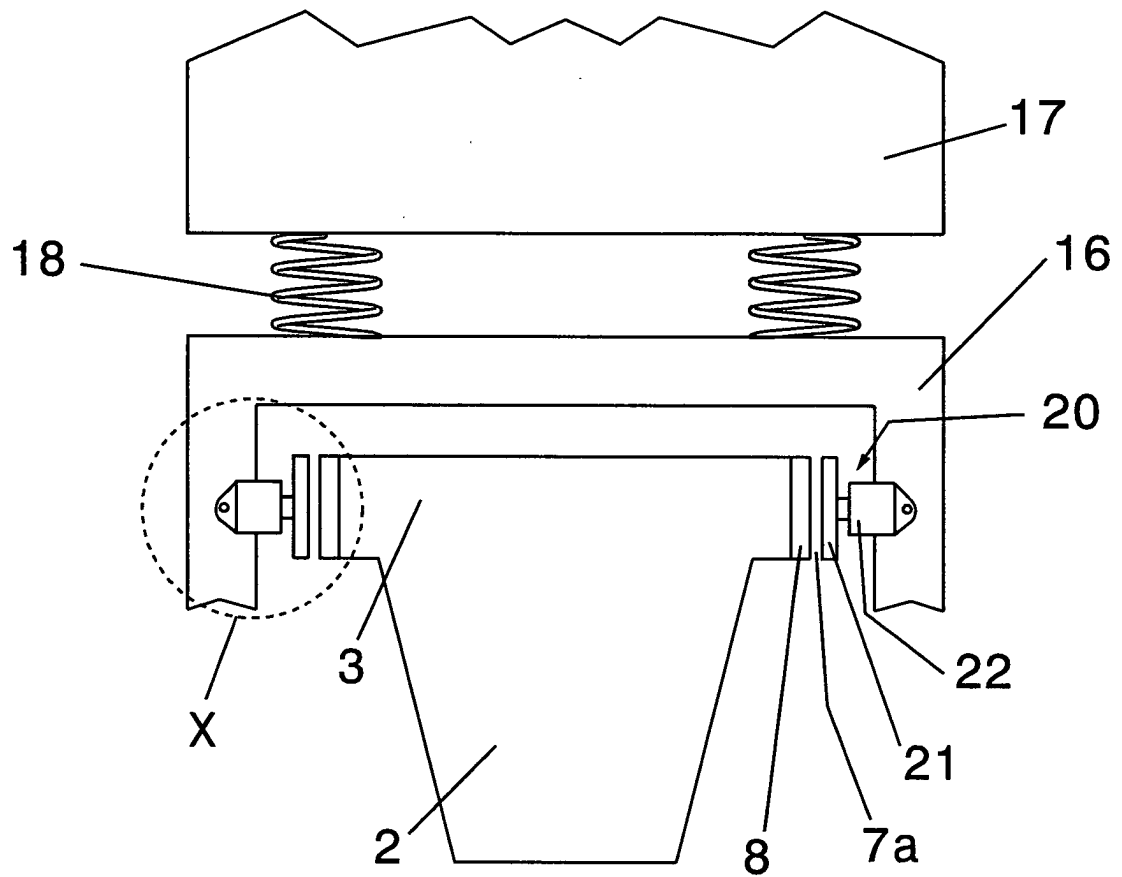
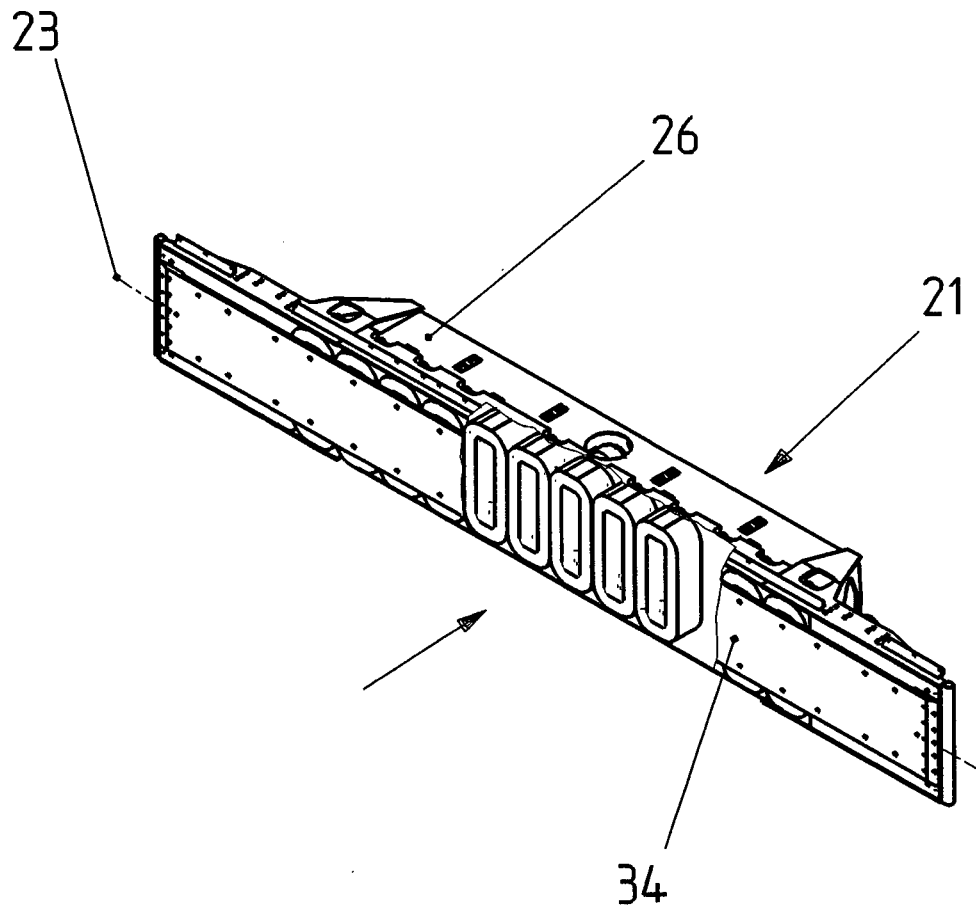
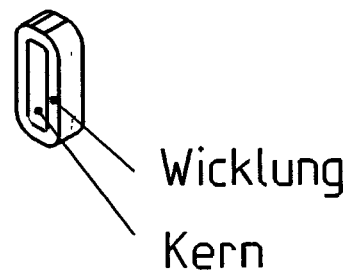


Fig.2



Figur 3





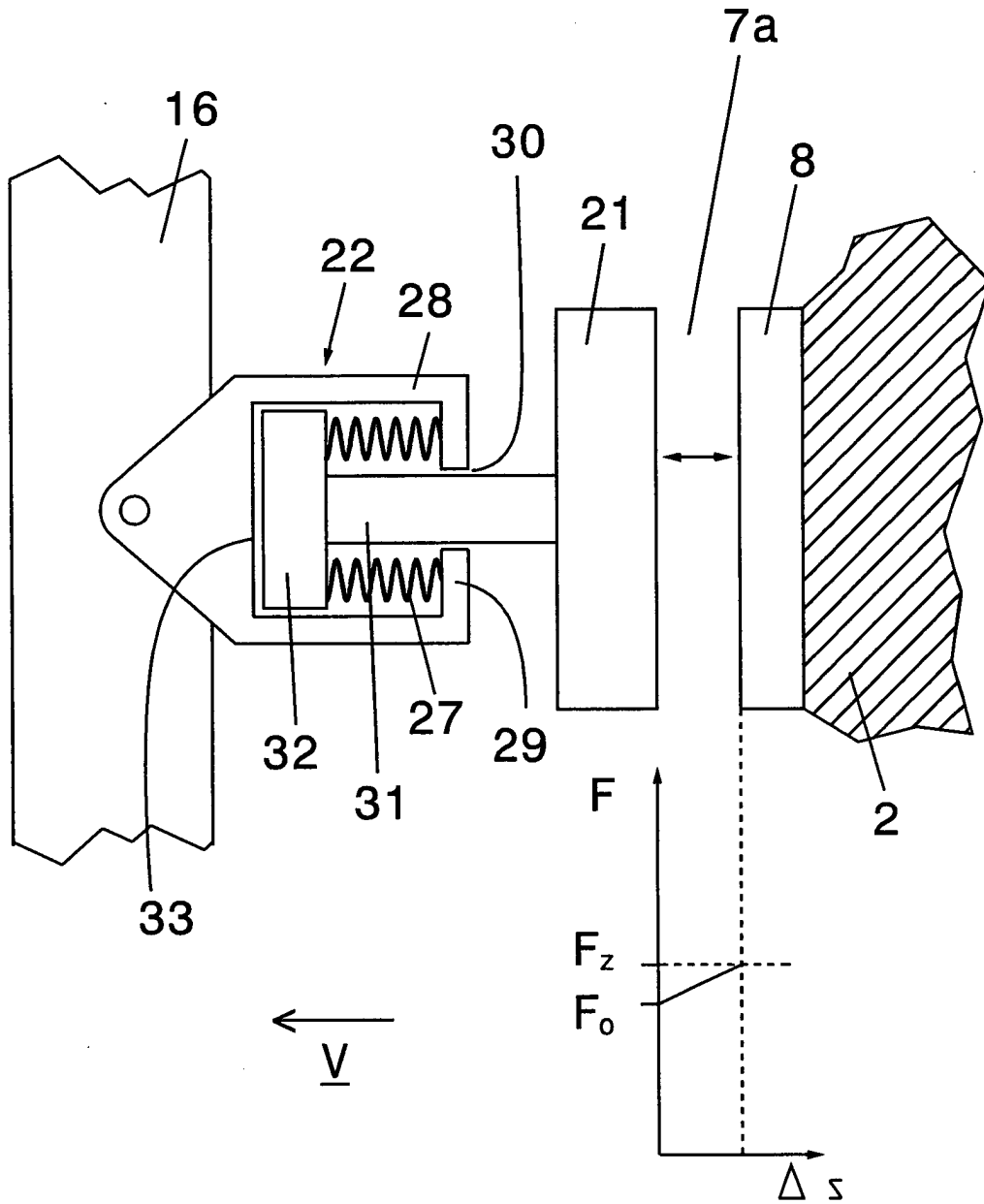


Fig.4