

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. April 2009 (16.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/046690 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60L 13/04 (2006.01)

(74) Anwalt: VON SCHORLEMER, Reinfried; Karthäuser
Strasse 5a, 34117 Kassel (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001434

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. September 2008 (01.09.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 051 231.9
10. Oktober 2007 (10.10.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): THYSSENKRUPP TRANSPRAPHIC GMBH [DE/DE]; Henschelplatz 1, 34127 Kassel (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

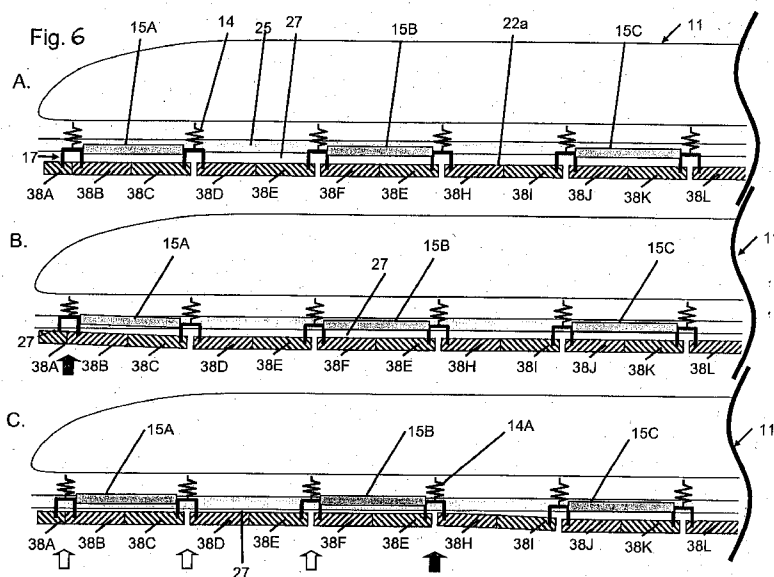
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ZHENG, Qinghua [DE/DE]; Sudetenstrasse 51, 82024 Taufkirchen (DE).
BECKER, Peter [DE/DE]; Riedlstrasse 5, 82140 Olching (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MAGNETIC LEVITATION VEHICLE AND METHOD FOR LIFTING AND/OR LOWERING SAID VEHICLE

(54) Bezeichnung: MAGNETSCHWEBEFAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM ANHEBEN UND/ODER ABSETZEN DESSELBEN



(57) Abstract: The invention relates to a magnetic levitation vehicle (11) and to a method for lifting said magnetic levitation vehicle (11) and to lowering said magnetic levitation vehicle onto a roadway. According to the invention, the carrier magnetic units (38) of the magnetic levitation vehicle (11) are not all activated or deactivated at the same time but at different times in order to keep the current energy requirement from an external energy supply or main power supply to a minimum.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/046690 A2



BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Magnetschwebefahrzeug (11) und ein Verfahren zum Anheben des Magnetschwebefahrzeugs (11) von und zum Absetzen des Magnetschwebefahrzeugs auf einem Fahrweg beschrieben. Erfindungsgemäß werden zu diesem Zweck die Tragemagneteinheiten (38) des Magnetschwebefahrzeugs (11) nicht alle gleichzeitig, sondern zeitlich versetzt nacheinander aktiviert bzw. deaktiviert, um dadurch den momentanen Strombedarf aus einer externen Stromversorgung oder dem Bordnetz klein zu halten.

Magnetschwebefahrzeug und Verfahren zum Anheben und/oder Absetzen desselben

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anheben eines Magnetschwebefahrzeugs von einem Fahrweg und/oder zum Absetzen eines Magnetschwebefahrzeugs auf einem Fahrweg gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein dafür geeignetes Magnetschwebefahrzeug nach dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

5

Bekannte Magnetschwebefahrzeuge weisen eine Vielzahl von in ihrer Längsrichtung hintereinander angeordneten Tragmagneteinheiten auf (z.B. DE 10 2004 012 746 A1). Eine praktische Ausführungsform sieht vor, das Magnetschwebefahrzeug, in seiner Längsrichtung betrachtet, auf beiden Seiten mit je neun hintereinander angeordneten 10 Tragmagneten zu versehen, wobei sieben mittlere Tragmagnete aus je zwei hintereinander angeordneten, fest miteinander verbundenen Tragmagneteinheiten bestehen, während am Vorderende und am Hinterende des Magnetschwebefahrzeugs jeweils ein aus nur einer Tragmagneteinheit bestehender Tragmagnet angeordnet ist. Insgesamt verfügt das Fahrzeug daher über sechzehn derartige Tragmagneteinheiten. Zur Herstellung eines für 15 den Fahrbetrieb erforderlichen Schwebezustands, in dem die Polflächen der Tragmagnete z.B. einen Abstand von 10 mm vom Fahrweg bzw. einem an diesem angebrachten Langstator aufweisen, werden alle Tragmagneteinheiten gleichzeitig aktiviert, um dadurch das Fahrzeug allmählich vom Fahrweg abzuheben. Entsprechend wird das Fahrzeug, wenn es z.B. an einem Bahnhof zum Stillstand gebracht worden ist, nicht abrupt, sondern zur 20 Vermeidung merkbarer Stöße allmählich abgesenkt und auf dem Fahrweg abgesetzt. Dadurch wird der Abstand der Polflächen vom Fahrweg erheblich vergrößert, z.B. auf ein Maß von 40 mm.

Da die Kraft eines Elektromagneten bei gleicher Stromstärke um so kleiner ist, je größer 25 der Luftspalt wird, müssen die in den Tragmagneteinheiten angeordneten Elektromagnete während eines Anhebe- oder Absetzvorgangs mit erheblich größeren Strömen erregt werden, als dies für den normalen Fahrbetrieb gilt. Eine Folge davon ist, daß die internen, z.B. aus Batterien und/oder externen Stromversorgungseinrichtungen gespeisten Bordnetze (z.B. DE 10 2004 018 308 A1) nur für die vergleichsweise kurzen Zeitspannen

der Anhebe- und Absetzvorgänge größer dimensioniert werden müssen, als der Normalbetrieb dies erfordert. Das ist in der Regel mit einem erhöhtem Fahrzeuggewicht und/oder mit erhöhten Kosten und/oder mit zusätzlichen Ladezyklen für die Bordbatterien verbunden, was sämtlich unerwünscht ist.

5

Ausgehend davon besteht das technische Problem der vorliegenden Erfindung darin, die eingangs bezeichneten Verfahren und Magnetschwebefahrzeuge so zu gestalten, daß die Anhebe- und Absetzvorgänge mit einem erheblich geringeren Strombedarf durchgeführt werden können, ohne dass dadurch der Fahrkomfort merklich reduziert wird.

10

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die Merkmale der Ansprüche 1 und 7.

Die Erfindung geht von der Feststellung aus, daß ein nacheinander erfolgendes Aktivieren und/oder Deaktivieren der einzelnen Tragsmagneteinheiten in mechanischer Hinsicht keine
15 Schwierigkeiten bereitet und von der Fahrzeuggeometrie ohne weiteres aufgefangen werden kann. Dagegen ergibt sich in elektrischer Hinsicht der Vorteil, daß der Strombedarf wesentlich reduziert wird. Werden z.B. für den oben genannten Fall, daß das Magnetschwebefahrzeug auf beiden Seiten über je sechszehn Tragsmagneteinheiten verfügt,
nacheinander acht Schritte durchgeführt, während derer nur je vier Tragsmagneteinheiten
20 aktiviert bzw. deaktiviert werden, dann beträgt der Strombedarf pro Schritt nur noch ein Achtel desjenigen Strombedarfs, der beim gleichzeitigen Betätigen aller Tragsmagneteinheiten benötigt wird.

Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

25

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

Fig. 1 schematisch die linke Seite eines üblichen Magnetschwebefahrzeugs;

30

Fig. 2 eine vergrößerte Einzelheit X des Magnetschwebefahrzeugs nach Fig. 1 mit weiteren Einzelheiten;

Fig. 3 schematisch einen Regelkreis für Tragsmagneteinheiten des Magnetschwebefahrzeugs nach Fig. 1 und 2;

Fig. 4 den zeitlichen Verlauf von Sollwerten für den Regelkreis nach Fig. 3;

5

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Steuervorrichtung; und

Fig. 6A bis 6C schematisch das erfindungsgemäße das Anheben eines Magnetschwebefahrzeugs von einem Fahrweg in mehreren zeitlich versetzten Schritten.

10

Nach Fig. 1 enthält ein Magnetschwebefahrzeug 11 einen Wagenkasten 12, an dessen Unterseite mehrere, in einer Längsrichtung 13 des Magnetschwebefahrzeugs 11 beabstandete Luftfedern 14 montiert sind, wobei die Längsrichtung 13 gleichzeitig die Fahrtrichtung ist. Je eine Luftfeder 14 wirkt auf das vordere bzw. hintere Ende von 15 zugeordneten Schwebegestellen 15 ein, die den Wagenkasten 12 tragen und zwischen denen als Zwischenräume dargestellte Gelenkpunkte 16 vorgesehen sind, die dazu dienen, daß die Schwebestelle 15 die erforderlichen Längs- und Querbewegungen ausführen können.

20 Die Schwebestelle 15 sind an ihren Enden mit Schwebegestellrahmen 17 versehen, die auf Tragsmagneteinheiten 18 abgestützt sind. Im Ausführungsbeispiel weist jeder Schwebegestellrahmen 17 zwei in der Längsrichtung 13 hintereinander liegende Abstützstellen 19 (vgl. auch Fig. 2) auf, die an zugehörigen Tragsmagneteinheiten 18 befestigt sind.

Insbesondere ist die Anordnung so getroffen, daß an jedem Schwebegestellrahmen 17 25 eines Schwebegestells 15 zwei in Längsrichtung 13 hintereinander liegende Tragsmagneteinheiten 18 aneinander grenzen, die in Fig. 2 mit 18A und 18B bezeichnet sind. Außerdem sind je zwei Tragsmagneteinheiten (z.B. 18A und 18C) längs in Fig. 1 gestrichelt dargestellten Trennlinien starr miteinander verbunden, während die beidseits der Gelenkpunkte 16 angeordneten Tragsmagneteinheiten (z.B. 18A und 18B in Fig. 1) gelenkig an 30 den zugehörigen Abstützstellen 19 befestigt sind. In einem mittleren Bereich des Magnetschwebefahrzeugs 11 bilden auf diese Weise je zwei starr miteinander verbundene, auch als Halbmagnete bezeichnete Tragsmagneteinheiten 18 einen Tragsmagneten.

Das in Fig. 1 gezeigte Magnetschwebefahrzeug 11 bildet z.B. die vorderste Sektion eines Zuges. Daher ist hier ein vorderer, nur eine Tragsmagneteinheit 18D aufweisender Tragsmagnet starr mit dem darauf folgenden Tragsmagneten verbunden, während am hinteren Ende ein ebenfalls aus nur einer Tragsmagneteinheit 18E gebildeter Tragsmagnet 5 mit einem entsprechenden Tragsmagneten starr verbunden wird, der an einem nachfolgenden, in Fig. 1 nicht dargestellten Magnetschwebefahrzeug angebracht ist, das eine mittlere Sektion oder auch hintere Sektion eines Zuges bildet.

Weiterhin ist in Fig. 2 eine Gleitschiene 20 schematisch dargestellt, die an einem nicht 10 gezeigten Fahrweg für das Magnetschwebefahrzeug 11 angebracht ist und auf der das Magnetschwebefahrzeug 11 mittels Gleitkufen 21, die an den Schwebegestellen 15 befestigt sind, abgesetzt wird, wenn die Tragsmagneteinheiten 18 stromlos sind und daher nicht der Funktion "Tragen" dienen können.

15 Gemäß Fig. 3 enthalten die Tragsmagneteinheiten 18 eine Mehrzahl von Elektromagneten mit Magnetpolen, die im wesentlichen aus Kernen 22 und um diese gelegten Wicklungen 24 bestehen, wobei den Wicklungen 24 die zur Herstellung des gewünschten Schwebezustands erforderlichen, elektrischen Ströme zugeführt werden. Gleichzeitig dienen die Tragsmagneteinheiten 18 z.B. als Erregermagnete eines dem Antrieb des Magnetschwebefahrzeugs 11 dienenden Langstator-Linearmotors, der eine den Tragsmagneteinheiten 18 20 gegenüberliegende, am Fahrweg befestigte Reaktionsschiene 25 (Fig. 3) aufweist, die mit üblichen Dreiphasen-Wechselstrom-Wicklungen versehen ist.

Die die Wicklungen 24 der Tragsmagneteinheiten 18 durchfließenden Ströme werden in der 25 Regel mit Hilfe von Regelkreisen 26 (Fig. 3) so geregelt, daß in dem für den normalen Fahrbetrieb vorgesehenen Schwebezustand ein Tragspalt 27 von z.B. 10 mm zwischen Magnetpolflächen 22a und der Reaktionsschiene 25 entsteht. Zur Einhaltung dieses Tragspalts 27 weisen die Regelkreise 26 Spaltsensoren 28 auf, die zweckmäßig an dieselbe Ebene wie die Magnetpolflächen 22a grenzen und mit induktiven oder kapazitiven Mitteln 30 die aktuelle Größe, d.h. den Istwert des Tragspalts 27 messen. Die von den Spaltsensoren 28 abgegebenen elektrischen Signale werden einem Regler 29 zugeführt und in diesem mit einem über eine Leitung 30 fest vorgegebenen oder adaptierten Sollwert verglichen. Der Regler 29 ermittelt daraus ein Differenz- bzw. Stellsignal für ein Stellglied 31, das

seinerseits den Strom durch die Wicklungen 24 so steuert, daß der Spalt 27 eine im wesentlichen konstante Größe hat und während der Fahrt beibehält.

Soll das Magnetschwebefahrzeug in einem Bahnhof od. dgl., nachdem es dort zum
5 Stillstand gebracht worden ist, mittels der Gleitkufen 21 (Fig. 2) auf den Gleitschienen 20
abgesetzt werden, braucht lediglich dem Regler 29 über die Leitung 30 ein entsprechender
Sollwert (z.B. entsprechend einer Spaltgröße = unendlich) vorgegeben werden. Dadurch
werden die die Wicklungen 24 durchfließende Ströme entsprechend reduziert oder auf
Null gesetzt, wodurch die Tragmagneteinheiten 18 ihre Tragkraft verlieren und das
10 Magnetschwebefahrzeug 11 auf dem Fahrweg abgesetzt wird.

Die Luftfedern 14 sind an eine hier nicht dargestellte Druckluftquelle angeschlossen und,
wie in Fig. 2 angedeutet ist, mit einer Steuereinheit 32 verbunden. Diese ermöglicht es,
die Luftfedern 14 wahlweise an die Druckluftquelle oder eine ebenfalls nicht dargestellte
15 Entlüftungsleitung anzuschließen.

Die Energieversorgung der Regelkreise 26 und der Steuereinheiten 32 erfolgt z.B. mit
Hilfe von in die Kerne 22 eingelassene Lineargeneratoren 33 (Fig. 3) und mit diesen ver-
bundenen Spannungswandlern 34, die über Leitungen 35 auch an die jeweiligen Bordnetze
20 des Magnetschwebefahrzeugs 11 angeschlossen sind und z.B. zur Aufladung von Bordbat-
terien dienen können. Alternativ können andere Einrichtungen verwendet werden, die z.B.
von einer berührungslosen, induktiven Energieübertragung vom Fahrweg auf das Magnet-
schwebefahrzeug 11 Gebrauch machen.

25 Magnetschwebefahrzeuge der beschriebenen Art und Verfahren zu ihrem Betrieb sind dem
Fachmann z.B. aus dem Druckschriften DE 30 04 704 C2, DE 10 2004 012 746 A1) und
DE 10 2004 013 690 A1 bekannt, die hiermit zur Vermeidung von Wiederholungen durch
Referenz auf sie zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht werden.

30 Bisher ist es erforderlich, alle Tragmagneteinheiten 18 für die Durchführung eines
Anhebe- oder Absetzvorgangs für das Magnetschwebefahrzeug 11 durch Zuführung
entsprechender Ströme oder durch Abschaltung dieser Ströme gleichzeitig zu aktivieren
bzw. zu deaktivieren. Erfindungsgemäß wird dagegen vorgeschlagen, die Tragmagnet-

einheiten 18 zeitlich versetzt und damit nacheinander zu aktivieren oder zu deaktivieren. Hierzu wird eine in Fig. 5 schematisch dargestellte Steuervorrichtung verwendet, die nachfolgend anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels näher erläutert wird. Dabei wird entsprechend Fig. 1 davon ausgegangen, daß das Magnetschwebefahrzeugs 11, in der Längsrichtung 13 betrachtet, auf der rechten und linken Fahrzeugseite je neun Tragmagnete aufweist. Wie in Fig. 1 angedeutet ist, sind die sieben im mittleren Fahrzeugteil liegenden Tragmagnete aus je zwei hintereinander angeordneten Tragmagneteinheiten 18 gebildet. Außerdem ist am Vorderende bzw. Bug (in Fig. 1 ganz links) sowie am hinteren Ende (Fig. 1 ganz rechts) des Fahrzeugs 11 jeweils eine einzelne Tragmagneteinheit vorgesehen, die jeweils einen achten und neunten Tragmagneten bilden. In Fig. 5 sind diese Tragmagneteinheiten von vorn nach hinten mit den Bezugszeichen 37A bis 37P für die rechte Fahrzeugseite und mit 38A bis 38P für die linke Fahrzeugseite bezeichnet. Ferner sind in Fig. 5 vier Bordnetze 39-1 bis 39-4 vorhanden, die z.B. im wesentlichen durch 440 V - Gleichspannungs-Batterien gebildet sind. Schließlich ist z.B. mit den Bordnetzen 39-1 und 39-3 je ein DC/AC-Wandler 40A, 40B verbunden, der die 440 V-Gleichspannung in eine 230 V-Wechselspannung umformt, mittels derer Pneumatik-Baugruppen 41A, 41B betrieben werden, zu denen z.B. auch die Steuereinheiten 32 (Fig. 2) für die Luftfedern 14 zählen.

Das Bordnetz 39-1 ist über eine schematisch dargestellte Leitung 42-1 einerseits mit den Tragmagneteinheiten 37B, 37C, 37J und 37K der rechten Fahrzeugseite und andererseits mit den Tragmagneteinheiten 38F, 38G, 38N und 38O der linken Fahrzeugseite verbunden. Das Bordnetz 39-2 ist über eine Leitung 42-2 einerseits mit den Tragmagneteinheiten 37D, 37E, 37L und 37M der rechten Fahrzeugseite und andererseits mit den Tragmagneteinheiten 38A, 38H, 38I und 38P der linken Fahrzeugseite verbunden. Das Bordnetz 39-3 ist über eine Leitung 42-3 einerseits mit den Tragmagneteinheiten 37F, 37G, 37N und 37O der rechten Fahrzeugseite und andererseits mit den Tragmagneteinheiten 38B, 38C, 38J und 38K der linken Fahrzeugseite verbunden. Schließlich ist das Bordnetz 39-4 über eine Leitung 42-4 einerseits mit den Tragmagneteinheiten 37A, 37H, 37I und 37P der rechten Fahrzeugseite und andererseits mit den Tragmeten 38D, 38E, 38L und 38M der linken Fahrzeugseite verbunden. Das bedeutet, daß die Elektromagnete der Tragmagneteinheiten 37 und 38 über die Leitungen 42-1 bis 42-4 nur über jeweils ein zugeordnetes der vier Bordnetze 39-1 bis 39-4 mit Strom versorgt werden, wobei die

Größe dieser Ströme im wesentlichen davon abhängt, welche Sollwerte den zugehörigen Reglern 26 vorgegeben werden. Zur Erleichterung der Übersicht sind in Fig. 5 alle Tragmagneteinheiten 37, 38 zusätzlich mit einer Nummer 1 bis 4 versehen, die angibt, mit welcher der vier Leitungen 42-1 bis 42-4 und mit welchem der vier Bordnetze 39-1 bis 39-4 sie verbunden sind.

Das beschriebene Magnetschwebefahrzeug wird im wesentlichen wie folgt betrieben:

Es wird zunächst das Anheben des Magnetschwebefahrzeugs 11 vom Fahrweg in den Schwebezustand beschrieben. Gemäß Fig. 6A, die eine Seitenansicht auf die linke Fahrzeugseite zeigt, befindet sich das Magnetschwebefahrzeug 11 noch in einer abgesenkten Stellung, wobei es z.B. mit den Gleitkufen 21 (Fig. 2) auf den Gleitschienen 20 aufgesetzt ist. In diesem Zustand haben die Polflächen 22a (Fig. 3) der Tragmagneteinheiten 38 einen vergleichsweise großen Abstand von der Reaktionsschiene 25, so daß der Magnetspalt 27 z.B. eine Größe von 40 mm hat.

Es werden nun zunächst, z.B. beginnend am Bug des Magnetschwebefahrzeugs 11, die ersten zwei, starr miteinander verbundenen Tragmagneteinheiten 37a, 37b, 38a, 38b der rechten und linken Fahrzeugseite (Fig. 5 und 6) aktiviert, indem ihren Reglern 29 (Fig. 3) über die Leitungen 30 z.B. Sollwerte vorgegeben werden, die einem Tragspalt 27 von 10 mm entsprechen. Infolgedessen werden den Wicklungen 24 der Tragmagneteinheiten 37A, 37B, 38A und 38B entsprechende Ströme zugeführt, wobei das vorn liegende Schwebegestell 15A an seinem Vorderende angehoben wird. Das ist in Fig. 6B angedeutet, wonach das Schwebegestell 15A leicht schräg gestellt ist, da es mit seiner Vorderseite zusammen mit den Tragmagneteinheiten 38A und 38B unter Bildung eines Tragspalts 27 von z.B. 10 mm angehoben wurde, während die mit seinem Hinterende gekoppelte Tragmagneteinheit 38C noch nicht erregt (aktiviert) ist und daher noch einen Tragspalt von 40 mm bildet.

Nachdem die Polflächen 22a der Tragmagneteinheiten 38A, 38B und entsprechend auch der Tragmagneteinheiten 37A, 37B der rechten Fahrzeugseite auf das Spaltmaß von 10 mm eingestellt sind, wird in einem zweiten Verfahrensschritt eine zweite Gruppe von Tragmagneteinheiten aktiviert, wobei diese Gruppe hier die Tragmagneteinheiten 38C 38D (und entsprechend 37C, 37D) enthält. Dadurch wird einerseits das Schwebegestell 15A

auch an seinem Hinterende auf ein Spaltmaß von 10 mm angehoben. Andererseits wird auch die Tragsmagneteinheit 38D angehoben, die zusammen mit der starr mit ihr verbundenen Tragsmagneteinheit 38E einen Tragsmagneten bildet, der zwischen dem Schwebegestell 15A und einem in Längsrichtung 13 folgenden Schwebegestell 15B angeordnet ist und daher etwas schräg gestellt wird, wie in Fig. 6B beispielhaft nur für den aus den Tragsmagneteinheiten 38B und 38C gebildeten Tragsmagneten gezeigt ist.

In einem weiteren Schritt werden die Tragsmagneteinheiten 38E, 38F (und 37E, 37F) aktiviert, wodurch einerseits die aus ihnen gebildeten Tragsmagnete auch an ihren Hinterenden angehoben werden, während andererseits die Vorderenden der Schwebegestelle 15B angehoben werden, wie dies in Fig. 6B für das Schwebegestell 15A gezeigt ist. Diese Vorgänge wiederholen sich dann schrittweise, bis die Polflächen 22a aller Tragsmagneteinheiten 37, 38 das Sollmaß des Tragspalts 27 von 10 mm erreicht haben und mittels der Regelkreise 26 nach Fig. 3 jeweils in dieser Position gehalten werden.

15

Fig. 6C zeigt eine Stellung, bei welcher gerade der vierte Verfahrensschritt durchgeführt wurde und demgemäß auch bereits die Tragsmagneteinheiten 38G, 38H aktiviert worden sind. Es versteht sich, daß auf der in Fig. 6 nicht sichtbaren rechten Fahrzeugseite jeweils dieselben Vorgänge ablaufen, d.h. im Zustand nach Fig. 6C sind auch die Tragsmagneteinheiten 37G, 37H aktiviert.

Nachdem alle Tragsmagneteinheiten 37, 38 nacheinander mit Strom versorgt sind, befindet sich das Magnetschwebefahrzeug 11 im üblichen Schwebезustand, der für den normalen Fahrbetrieb erforderlich ist. Dieser Zustand wird durch die Regelkreise 26 so lange aufrecht erhalten, wie sich das Fahrzeug in Fahrt befindet.

Soll das Magnetschwebefahrzeug 11, nachdem es z.B. in einem Bahnhof zum Stillstand gebracht worden ist, mit seinen Gleitkufen 21 wieder auf den Gleitschienen 20 abgesetzt werden, dann wird das beschriebene Verfahren in entsprechender Weise, jedoch in umgekehrter Richtung durchgeführt, indem z.B. den Reglern 29 über die Leitungen 30 Sollwerte vorgegeben werden, die einem Tragspalt 27 von 40 mm oder zweckmäßig einem unendlich großen Tragspalt 27 entsprechen. Auch hier werden die Tragsmagneteinheiten 37, 38 zeitlich versetzt und gruppenweise nacheinander angesteuert, indem der Absetzvor-

gang z.B. mit der ersten Gruppe 37A, 37B, 38A, 38B begonnen und mit der achten Gruppe 37O, 37P, 38O, 38P beendet wird.

Zur Vermeidung von abrupten Übergängen von dem einem in den anderen Zustand werden die Sollwerte, wie in Fig. 4 angedeutet ist, nicht sprungartig, sondern längs einer allmählich abfallenden bzw. ansteigenden Rampe entsprechend allmählich abnehmenden bzw. zunehmenden Strömen vorgegeben. Dennoch kann der pro Gruppe von Tragmagneteinheiten durchgeführte Abhebe- oder Absetzvorgang sehr schnell, z.B. in maximal je einer Sekunde, durchgeführt werden, so daß der Anhebe- und Absetzvorgang für das gesamte Magnetschwebefahrzeug 11 nur wenige Sekunden dauert, was von den Reisenden kaum wahrgenommen wird. Abgesehen davon kann zur Umschaltung von dem einen auf den anderen Sollwert eine einfache Schalteinheit vorgesehen sein, wie in Fig. 3 durch das Bezugszeichen 43 angedeutet ist.

Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß die gruppenweise Aktivierung/Deaktivierung der Tragmagneteinheiten 37, 38 vorzugsweise so erfolgt, daß jedes der vier vorhandenen Bordnetze 39-1 bis 39-4 in jedem Verfahrensschritt stets nur eine einzige Tragmagneteinheit 37, 38 mit Strom versorgt. Im ersten Schritt bedient z.B. das Bordnetz 39-1 über die Leitung 42-1 die Tragmagneteinheit 37B, das Bordnetz 39-2 über die Leitung 42-2 die Tragmagneteinheit 38A, das Bordnetz 39-3 über die Leitung 42-3 die Tragmagneteinheit 38B und Bordnetz 39-4 über die Leitung 42-4 die Tragmagneteinheit 37A. Entsprechend würde im achten und letzten Schritt das Bordnetz 39-1 die Tragmagneteinheit 38O, das Bordnetz 39-2 die Tragmagneteinheit 38P, das Bordnetz 39-3 die Tragmagneteinheit 37O und das Bordnetz 39-4 die Tragmagneteinheit 37P mit Strom versorgen. Dadurch ergibt sich der wesentliche Vorteil, daß alle Bordnetze 39 stets gleich stark belastet und nur für die Versorgung einer am Anhebe- oder Absetzvorgang beteiligten Tragmagneteinheit 37 bzw. 38 zuständig sind. Dadurch ist es möglich, die Bordnetze 39, insbesondere deren Batterien, weit schwächer als bisher auszulegen, da jedes Bordnetz für diesen Vorgang bisher acht Tragmagneteinheiten gleichzeitig mit Strom versorgen mußte.

30

Weiter werden die Bordnetze 39 so geschaltet, daß sie jeweils sowohl auf der rechten als auch auf der linken Fahrzeugseite befindliche Tragmagneteinheiten bedienen. Dadurch ergibt sich der Vorteil, daß beim Ausfall eines der Bordnetze 39 nicht eine Fahrzeugseite

komplett funktionslos wird. Wie insbesondere Fig. 5 zeigt, sind beim Ausfall z.B. des Bordnetzes 39-3 nur die Tragsmagneteinheiten 37,F, 37G, 37N und 37O auf der einen Seite und die Tragsmagneteinheiten 38B, 38C, 38J und 38K auf der anderen Seite nicht mehr für den Abhebe/Absetz-Vorgang brauchbar, während alle übrigen Tragsmagneteinheiten weiterhin voll einsatzfähig sind. Vorteilhaft ist ferner, daß sich die ausfallenden Tragsmagneteinheiten rechts und links nicht genau gegenüber stehen, sondern in Längsrichtung 13 relativ zueinander versetzt angeordnet sind.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung kann dadurch erzielt werden, daß die Luftfedern 14 mit Hilfe der Steuervorrichtungen 32 (Fig. 2) und der DC/AC-Wandler 40A, 40B (Fig. 5) für die Pneumatik-Baugruppen 41A, 41B während der Anhebe- und Absetzvorgänge entlüftet werden. Ist z.B. eine Luftfeder 14A in Fig. 6C entlüftet, wenn die betreffenden Tragsmagneteinheiten 38G, 38H (und entsprechend auf der rechten Fahrzeugseite die Tragsmagneteinheiten 37G, 37H) aktiviert oder deaktiviert werden, dann sind letztere im Augenblick des Hebe- oder Senkvorgangs weitgehend vom Gewicht der entsprechenden Schwebestelle (hier 15B) entlastet. Zu ihrer Betätigung werden daher weit geringere Ströme benötigt, als wenn der Hebe- und Senkvorgang unter voller Last durchgeführt würde. Nach Beendigung des Hebe- und Senkvorgangs werden die Luftfedern 14 wieder belüftet. Die hierzu erforderlichen Mittel können analog zu denen von bekannten Luftfeder-Steuerungen sein (z.B. DE 20 2004 013 690A1).

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, die auf vielfache Weise abgewandelt werden können. Dies gilt zunächst für die Zahl der Schritte, die während des Abhebens oder Absenkens des Magnetschwebefahrzeugs 1 mit zeitlichem Versatz durchgeführt werden. Beispielsweise wäre es möglich, nur vier Schritte durchzuführen und jeweils zwei Tragsmagneteinheiten 37 oder 38 mit jedem Bordnetz 39 zu speisen. Weiterhin hängt die Zahl der durchzuführenden Schritte weitgehend von der Konstruktion des jeweiligen Magnetschwebefahrzeugs 1 und insbesondere von der Zahl der vorhandenen Schwebestelle 15 und Schwebestellrahmen 17 oder diesen analogen Einrichtungen ab. Weiterhin ist klar, daß die Aktivierung/Deaktivierung der Tragsmagneteinheiten mit einer anderen als der beschriebenen Reihenfolge und z.B. in umgekehrter Richtung von hinten nach vorn erfolgen kann. Entsprechend können pro Magnetschwebe-

fahrzeug mehr oder weniger als sechszehn Tragmagneteinheiten auf jeder Seite vorgesehen sein, wobei auch Lösungen denkbar sind, bei denen die Tragmagneteinheiten nur in einem mittleren Teil des Magnetschwebefahrzeugs angeordnet sind. Außerdem ist die Anwendung von vier Bordnetzen pro Magnetschwebefahrzeug 11 nur als Beispiel zu betrachten.

5 Ferner ist es möglich, die Leitungen 42-1 bis 42-4 (Fig. 5) mit zusätzlichen und/oder anderen als den gezeigten Stromquellen, insbesondere z.B. mit den üblichen Lineargeneratoren 33 (Fig. 3), Stromschienen, induktiven Energieübertragern usw. zu verbinden. Weiterhin ist es zur Schonung der Bordnetze vorteilhaft, auch etwa vorhandene Führungsmagnetsysteme während der Abhebe/Absenk-Vorgänge auszuschalten, weil sie während

10 dieser Phasen nicht benötigt werden und allenfalls den Strombedarf erhöhen würden. Schließlich versteht sich, daß die verschiedenen Merkmale auch in anderen als den beschriebenen und dargestellten Kombinationen angewendet werden können.

Ansprüche

1. Verfahren zum Anheben und/oder Absetzen eines Magnetschwebefahrzeugs (11), das eine Mehrzahl von in einer Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten, Elektromagnete aufweisenden Tragmagneteinheiten (18, 37, 38) enthält, wobei das Fahrzeug (11) dadurch von einem Fahrweg abgehoben und in einen Schwebezustand gebracht wird, daß die Tragmagneteinheiten (18, 37, 38) durch Einschaltung elektrischer Ströme aktiviert werden, und/oder dadurch aus einem Schwebezustand abgesenkt und auf dem Fahrweg abgesetzt wird, daß die Tragmagneteinheiten (18, 37, 38) durch Abschaltung der elektrischen Ströme deaktiviert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragmagneteinheiten (18, 37, 38) beim Anheben und/oder Absetzen des Fahrzeugs (11) zeitlich versetzt aktiviert und/oder deaktiviert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragmagneteinheiten (18, 37, 38), in Längsrichtung (13) betrachtet, in der Reihenfolge ihrer Anordnung nacheinander aktiviert und/oder deaktiviert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Magnetschwebefahrzeug (11), das eine Mehrzahl von in Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten Schwebegestellrahmen (17) enthält, die einerseits mit wenigstens einer Tragmagneteinheit (18, 37, 38) gekoppelt und andererseits über ihnen zugeordnete Luftfedern (14) mit einem Wagenkasten (12) des Fahrzeugs (11) verbunden sind, die Tragmagneteinheiten (18, 37, 38) so aktiviert und/oder deaktiviert werden, daß die Schwebegestellrahmen (17) in der Reihenfolge ihrer Anordnung nacheinander angehoben und/oder abgesenkt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß während des Anhebens und/oder Absenkens eines Schwebegestellrahmens (17) die ihnen zugeordneten Luftfedern (14) zumindest teilweise entlüftet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Magnetschwebefahrzeug (11), das eine Mehrzahl von in Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten Schwebegestellen (15) aufweist, die an ihren Enden mit je einem Schwebegestellrahmen (17) verbunden sind, die Schwebegestellrahmen (17) in der Reihenfolge ihrer Anordnung nacheinander angehoben und/oder abgesenkt werden.

gestellrahmen (17) versehen sind, der mit zwei hintereinander liegenden Tragemagnet-einheiten (18, 37, 38) gekoppelt ist, beim Anheben und/oder Absetzen des Magnetschwebefahrzeugs (11) jeweils beide Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38) gleichzeitig aktiviert bzw. deaktiviert werden.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Fahrzeug (11), das zusätzlich durch elektrische Ströme aktivierbare Führungsmagnetsysteme aufweist, die Führungsmagnetsysteme beim Anheben und/oder Absetzen des Magnetschwebefahrzeugs (11) deaktiviert werden.

10

7. Magnetschwebefahrzeug mit einer Mehrzahl von in einer Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten, Elektromagnete aufweisenden Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38), die durch Ein- und Ausschalten elektrischer Ströme aktivierbar und deaktivierbar sind, und mit einer Steuervorrichtung zur Steuerung dieser Ströme derart, daß das Magnetschwebefahrzeug (11) durch Aktivierung der Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38) von einem Fahrweg abhebbar und durch Deaktivierung der Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38) auf dem Fahrweg absetzbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung so eingerichtet ist, daß die Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38) beim Anheben und/oder Absetzen zeitlich versetzt aktiviert und/oder deaktiviert werden.

20

8. Magnetschwebefahrzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung so eingerichtet ist, daß die Tragemagneteeinheiten (18, 37, 38), in Längsrichtung (13) betrachtet, in der Reihenfolge ihrer Anordnung nacheinander aktivierbar und/oder deaktivierbar sind.

25

9. Magnetschwebefahrzeug nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Wagenkasten (12) und eine Mehrzahl in Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten Schwebegestellrahmen (17) enthält, die einerseits mit wenigstens je einer Tragemagneteeinheit (18, 37, 38) gekoppelt und andererseits über wenigstens je eine ihnen zugeordnete, steuerbare Luftfeder (14) mit dem Wagenkasten (12) verbunden sind, und daß die Steuervorrichtung so eingerichtet ist, daß die Schwebegestellrahmen (17) in der Reihenfolge ihrer Anordnung nacheinander angehoben und/oder abgesenkt werden.

30

10. Magnetschwebefahrzeug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß es Mittel zur Entlüftung der Luftfedern (14) beim Anheben und/oder Absenken der ihnen zugeordneten Schwebegestellrahmen (17) aufweist.
- 5 11. Magnetschwebefahrzeug nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Mehrzahl von in Längsrichtung (13) hintereinander angeordneten Schwebegestellen (15) aufweist, die an ihren Enden mit je einem Schwebegestellrahmen (17) verbunden sind, der mit zwei hintereinander angeordneten Tragsmagneteinheiten (18, 37, 38) gekoppelt ist, und daß die Steuervorrichtung so eingerichtet ist, daß beim Anheben und/oder
10 Absenken eines Schwebegestellrahmens (17) jeweils beide diesen zugeordnete Tragsmagneteinheiten (18, 37, 38) aktiviert und/oder deaktiviert werden.
12. Magnetschwebefahrzeug nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß es ein mit Elektromagneten versehenes, durch elektrische Ströme aktivierbares und
15 deaktivierbares Führungsmagnetsystem und Mittel zur Deaktivierung des Führungsmagnetsystems während eines Anhebe- und/oder Absetzvorgangs aufweist.

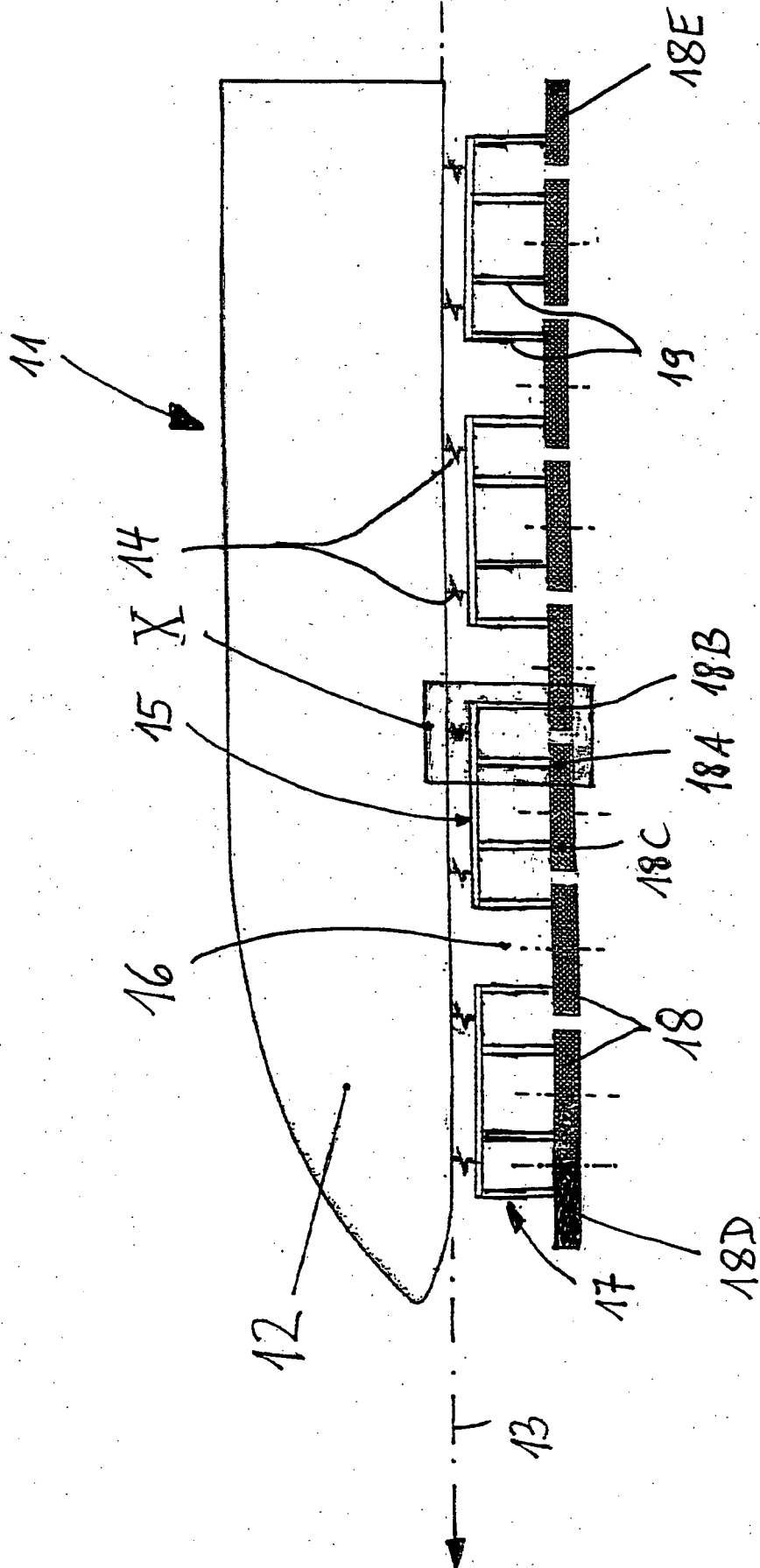


Fig. 1

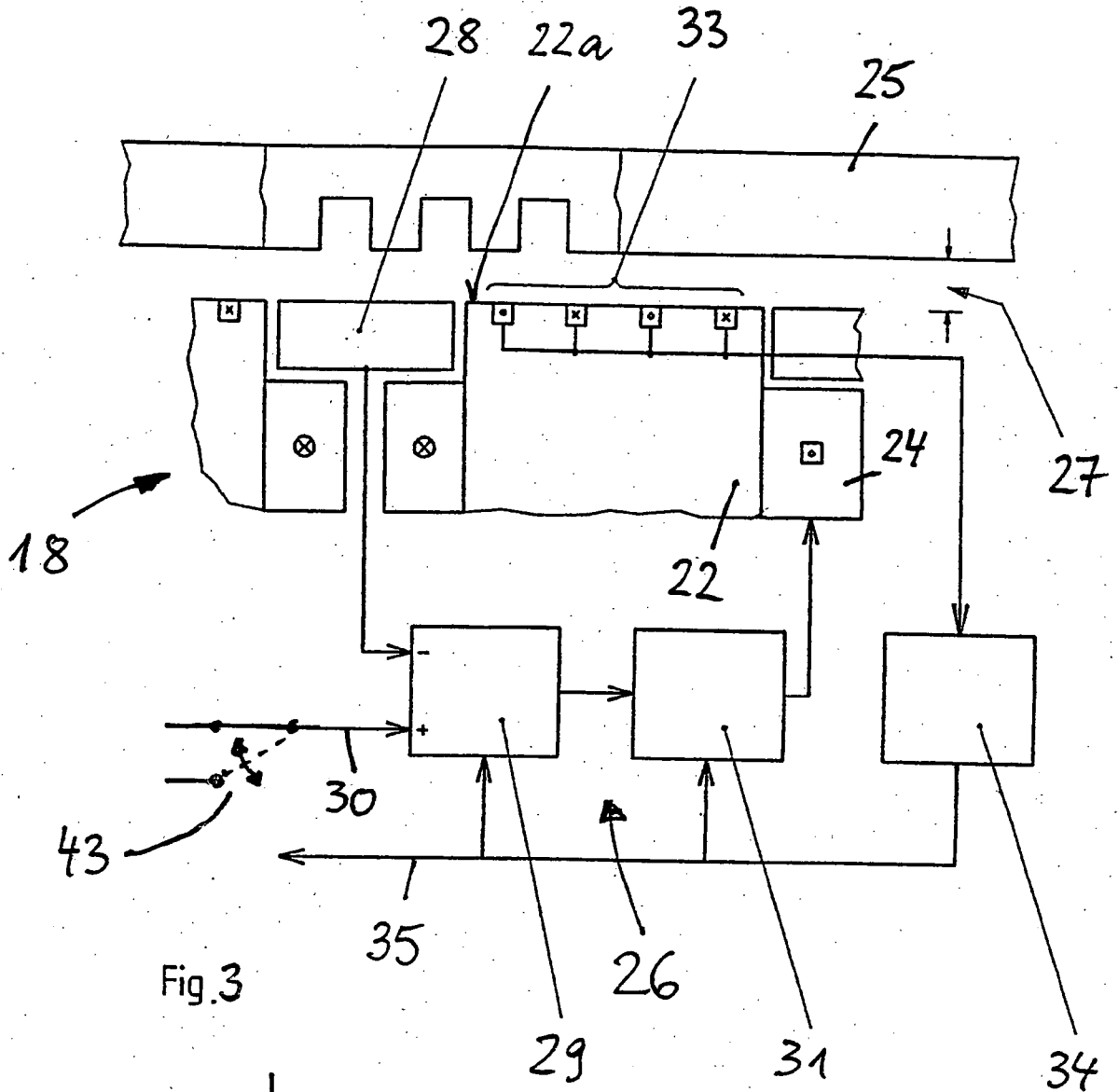


Fig. 3

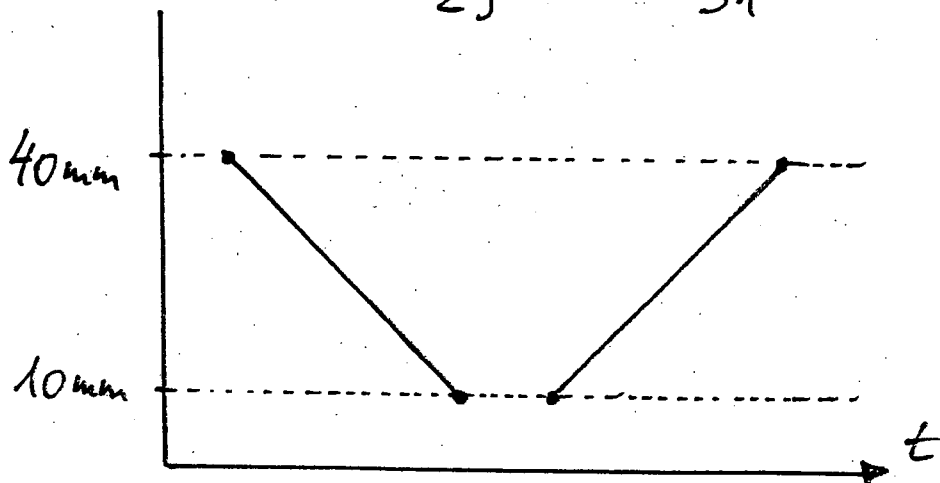


Fig. 4

