



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 058 376 A1** 2006.06.08

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 058 376.8**

(22) Anmeldetag: **06.12.2005**

(43) Offenlegungstag: **08.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01F 7/06** (2006.01)

(66) Innere Priorität:  
**10 2004 058 860.0 06.12.2004**

(71) Anmelder:  
**KENDRION Binder Magnete GmbH, 78048  
Villingen-Schwenningen, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Westphal Mussnug & Partner,  
78048 Villingen-Schwenningen**

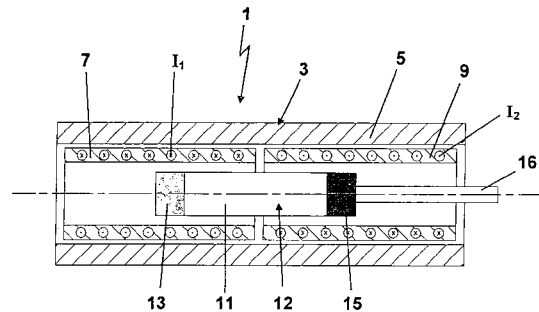
(72) Erfinder:  
**Blaffert, Wolfgang, 78628 Rottweil, DE;  
Gundelsweiler, Bernd, Dr., 78087 Mönchweiler, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Geräuschoptimierter Hubaktor**

(57) Zusammenfassung: Hubaktor, aufweisend ein Gehäuse und einen in dem Gehäuse beweglichen Läufer, wobei bei Annäherung des Läufers an eine seiner Endpositionen dessen Bewegung mittels zwischen Bestandteilen des Gehäuses und dem Läufer wirkender Lorentzkraften dämpfbar ist, sowie Verwendung des Hubaktors in einem Betätigungssystem von Wahlhebeln von Automatikgetrieben.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Hubaktor gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie die Verwendung des erfindungsgemäßen Hubaktors in einem Betätigungssystem von Wahlhebeln von Automatikgetrieben.

## Stand der Technik

**[0002]** Hubaktoren finden in verschiedenen technischen Bereichen Anwendung, beispielsweise in Wahlhebeln zur Gangwahl bei Automatikgetrieben, insbesondere bei Kraftfahrzeugautomatikgetrieben. Darüber hinaus können sie zur Verstellung, Arretierung, Blockierung, Öffnung oder Schließung von Systemkomponenten eingesetzt werden. In der überwiegenden Anzahl der Fälle wird dabei ein Läufer, welcher üblicherweise mit einem Stellglied verbunden ist, linear verfahren, wobei die lineare Bewegung des Läufers durch Anschläge an dessen Endpositionen begrenzt sein kann.

**[0003]** Erreicht der Läufer eine seiner Endpositionen, so schlägt er auf die genannten Anschläge auf und erzeugt hierbei ein Aufschlageräusch. Dieses wird in vielen Anwendungsfällen vom Bediener als störend empfunden. Aus diesem Grund werden häufig aufwändige und anfällige Dämpfungssysteme, Wegmesssysteme oder Positionsregelungen vorgesehen, welche ein Auftreffen des Läufers auf die Anschläge verhindern oder zumindest die Stärke des Aufschlages verringern sollen.

**[0004]** Im Kraftfahrzeugbereich wird dieses Problem häufig dadurch verstärkt, dass keine Stromregelung vorgesehen ist, so dass der mögliche Spannungsbereich der Bordelektronik beispielsweise im Bereich von 6,5 bis 16 Volt liegt. Um eine zuverlässige Funktion des Hubaktors sicherzustellen, wird üblicherweise der Aktor auf die Mindestspannung von 9 Volt ausgelegt. Liegen höhere Spannungen an, so hat dies zur Folge, dass der Aktor mit überschüssiger Energie auf den Anschlag auftrifft und somit die störenden Anschlaggeräusche noch stärker in Erscheinung treten.

## Aufgabenstellung

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher das Problem zu Grunde, einen aufwandsgünstig herstellbaren Hubaktor zur Verfügung zu stellen, bei welchem die Entstehung von Anschlaggeräuschen zuverlässig minimierbar ist.

**[0006]** Dieses Problem wird in erfinderischer Weise gelöst durch einen Hubaktor mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0007]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegen-

stand abhängiger Unteransprüche.

**[0008]** Die der Erfindung zu Grunde liegende Idee besteht darin, bei Annäherung des Läufers an einer seiner Endpositionen dessen Bewegung mittels Lorentzkräften, welche bewegte elektrische Ladungen in einem Magnetfeld erfahren, zu dämpfen und dem Läufer auf diese Weise Bewegungsenergie zu entziehen. Die Lorentzkräfte wirken dabei zwischen Bestandteilen des Gehäuses und dem Läufer. Infolge der reduzierten Bewegungsenergie des Läufers trifft dieser weniger heftig, bzw. bei entsprechender Auslegung nicht, auf den Anschlag auf, so dass Anschlaggeräusche verringert bzw. vermieden werden.

**[0009]** Auf diese Weise ist eine dynamische Dämpfung der Bewegung des Läufers in Abhängigkeit von dessen Position und der Bestromung des Hubaktors möglich. Bei entsprechender Abstimmung der Bauteile aufeinander kann auf Anschläge gar verzichtet werden.

**[0010]** In einer vorteilhaften Ausgestaltungsvariante der Erfindung sind in dem Gehäuse wenigstens zwei Gehäuseabschnitte vorgesehen, welche jeweils von elektrischen Strömen durchfließbar sind. Die Fließrichtungen dieser Ströme weisen jeweils zumindest einen senkrechten Anteil auf, welcher senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers verläuft. Die senkrechten Anteile der Fließrichtungen der Ströme in Gehäuseabschnitten sind dabei einander entgegengerichtet. Der Läufer weist überdies einen Magneten auf, dessen magnetische Feldlinien in den Bereichen der von elektrischen Strömen durchfließbaren Gehäuseabschnitte zumindest teilweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers und wenigstens teilweise senkrecht zu den senkrechten Anteilen der Fließrichtungen der Ströme verlaufen.

**[0011]** Hierdurch ist der Läufer aus seiner Ruheposition heraus mittels Lorentzkräften beschleunigbar, welche sich als Vektorprodukt aus der Stromstärke  $I$  und dem an der Stelle des Stromflusses vorherrschenden magnetischen Flussdichte  $B$  ergeben. Die Ströme fließen dabei in den Gehäuseabschnitten, wogegen die magnetische Flussdichte  $B$  durch den im Läufer angeordneten Magneten zur Verfügung gestellt wird. Infolge ergibt sich eine zwischen Bestandteilen des Gehäuses und dem Läufer wirkende Lorentzkraft, mittels welcher der Läufer beschleunigbar und dämpfbar ist. Dabei ist sowohl die Beschleunigungs- als auch die Dämpfungswirkung proportional zu dem elektrischen Strom durch die Gehäuseabschnitte, wodurch oben beschriebene Schwankungen in der Stromversorgung allenfalls einen geringen Einfluss auf die Geräuschentwicklung beim Erreichen der Endpositionen des Läufers haben.

**[0012]** Bei einer alternativen Ausgestaltungsvarian-

te der Erfindung weist der Läufer wenigstens zwei Läuferabschnitte auf, welche jeweils von elektrischen Strömen durchfließbar sind. Die Fließrichtungen dieser Ströme weisen jeweils zumindest einen senkrechten Anteil auf, welcher senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers verläuft. Diese senkrechten Anteile der Fließrichtungen der Ströme in den wenigstens zwei Läuferabschnitten sind einander entgegengerichtet. Überdies weist das Gehäuse einen Magneten auf, dessen magnetische Feldlinien in den Bereichen der von elektrischen Strömen durchfließbaren Läuferabschnitte zumindest teilweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers und wenigstens teilweise senkrecht zu den senkrechten Anteilen der Fließrichtungen der Ströme verlaufen.

**[0013]** Diese Ausgestaltungsvariante hat den Vorteil, dass hier eine Bestromung des Läufers erfolgt, eine Stromzuführung zu dem Gehäuse jedoch nicht zwingend erforderlich ist, was in einzelnen Anwendungsbereichen von Vorteil ist.

**[0014]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die von elektrischen Strömen durchfließbaren Gehäuseabschnitte oder die von elektrischen Strömen durchfließbaren Läuferabschnitte als Spulen ausgeführt sind. Auf diese Weise kann bei vergleichsweise geringen Stromstärken in den einzelnen Windungen der Spulen in der Summe ein großer Gesamtstrom realisiert werden, welcher von dem vorliegenden Magnetfeld durchsetzt wird. Infolge sind große Beschleunigungen des Läufers sowie starke Dämpfungen desselben realisierbar.

**[0015]** Eine bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die genannten Spulen denselben Wickelsinn aufweisen und von elektrischen Strömen entgegengesetzter Polarität durchfließbar sind. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die senkrechten Anteile der Fließrichtungen der Ströme in den Gehäuseabschnitten bzw. den Läuferabschnitten einander entgegengerichtet sind, ohne dass Spulen unterschiedlichen Wickelsinns erforderlich wären.

**[0016]** In einzelnen Anwendungsfällen ist es jedoch vorteilhaft, wenn an die verschiedenen Spulen Ströme gleicher Polarität angelegt werden können. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht daher vor, dass die Spulen einen unterschiedlichen Wickelsinn aufweisen und von elektrischen Strömen gleicher Polarität durchfließbar sind.

**[0017]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Magnet als Permanentmagnet ausgeführt, vorzugsweise als axial magnetisierter Permanentmagnet. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass im Gegensatz zur Verwendung eines Elektromagneten keine zusätzlichen Stromzuführungen vorgesehen werden müssen. Überdies ist der Permanentmagnet von Schwankungen der Strom- und Spannungsstärken in

den zur Verfügung stehenden Netzen unabhängig, so dass keine zusätzliche Beeinträchtigung der Lorentzkräfte und damit der Beschleunigung und Dämpfung des Läufers erfolgt. Die Verwendung eines axial magnetisierten Permanentmagneten hat ferner den Vorteil, dass auf diese Weise die magnetischen Flusslinien nahezu senkrecht die stromführenden Gehäuse bzw. Läuferabschnitte durchsetzen können.

**[0018]** Vorteilhafterweise werden als Bestandteile des Permanentmagneten hartmagnetische Materialien vorgesehen, vorzugsweise NdFeB, SmCo, Ferrit oder AlNiCo, was die Ausbildung eines möglichst starken permanenten Magnetfeldes ermöglicht und somit eine hohe Energiedichte im Antriebssystem des Hubaktors ermöglicht. Die genannten Bestandteile liegen vorzugsweise in kunststoffgebundener Form vor, so dass sie einfach handhabbar und in den Läufer integrierbar sind.

**[0019]** Bevorzugt ist der Hubaktor als homopolares Magnetsystem ausgeführt, d.h. es erfolgt keine Umpolung der Stromrichtungen, solange der Läufer nicht in eine andere Richtung bewegt werden soll.

**[0020]** Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Fließrichtung der elektrischen Ströme in den Gehäuseabschnitten oder den Läuferabschnitten umkehrbar ist. Auf diese Weise kann der Läufer in entgegengesetzte Richtungen und somit in beide Bewegungsrichtungen des Läufers mittels Lorentzkräften beschleunigt werden, wobei auch in beiden Richtungen eine Dämpfung bei Erreichung der Endpositionen realisierbar ist. Der Hubaktor kann somit auf die zu betreibende Systemkomponente in beide Richtungen eine Kraft ausüben.

**[0021]** Bevorzugt ist der Hubaktor derart ausgeführt, dass der Läufer über dessen Eigengewicht rückstellbar ist, sofern der Hubaktor nicht horizontal verbaut ist. Auf diese Weise kann auf zusätzliche Rückstellelemente verzichtet werden.

**[0022]** Bei einer anderen Ausgestaltungsvariante der Erfindung ist stattdessen vorgesehen, dass zur Rückstellung des Läufers wenigstens ein Federelement, vorzugsweise eine Schraubenfeder, vorgesehen ist. Hierdurch kann der Hubaktor auch in horizontalen Einpositionen verwendet werden, und ist überdies einsetzbar, wenn höhere Rückstellkräfte als die Gewichtskraft des Läufers erforderlich sind, um den Läufer in dessen Ruheposition zurückzuführen. Die Größe der Rückstellkräfte ist dabei über die Kenngrößen des eingesetzten Federelements einstellbar.

**[0023]** Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass zwischen wenigstens einer Endposition des Läufers und dem zugehörigen Ende des Läufers komprimierbare Gase oder komprimierbare Gasge-

mische vorgesehen sind. In dieser Weise lässt sich zusätzlich zur Dämpfungswirkung durch Lorentzkräfte eine Dämpfung der Läuferbewegung dadurch realisieren, dass dieser bei Annäherung an die Endposition das vorgesehene Gas bzw. Gasgemisch komprimiert, wodurch dem Läufer Bewegungsenergie entzogen und dieser somit in seiner Bewegung gedämpft wird.

**[0024]** Entsprechend sieht eine andere Ausgestaltungsvariante der Erfindung vor, dass zwischen wenigstens einer Endposition des Läufers und dem zugehörigen Ende des Läufers zumindest ein mechanisches Dämpfungselement vorgesehen ist, vorzugsweise ein elastisches Kunststoffelement oder ein Federelement. Bei Annäherung des Läufers an seine Endposition verformt dieser sodann das mechanische Dämpfungselement, wobei er die erforderliche Verformungsenergie durch Umwandlung seiner Bewegungsenergie aufbringt, was mit einer zusätzlichen Dämpfung der Läuferbewegung verbunden ist.

**[0025]** Eine vorteilhafte Ausgestaltungsvariante der Erfindung sieht vor, dass der Magnet an wenigstens einem seiner Pole mit Polschuhen versehen ist. Dies ermöglicht eine gezielte Führung des magnetischen Flusses in die von elektrischen Strömen durchfließbaren Gehäuse- bzw. Läuferabschnitte.

**[0026]** In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist der Zeitpunkt des Einsetzens der Dämpfungswirkung über die Abmessungen des Läufers entlang seiner Bewegungsrichtung einstellbar. Dies kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Länge des Läufers durch Materialabtrag anpassbar ist oder mittels eines Schraub-Gewinde-Mechanismus in seiner Länge variabel ist. Je kürzer der Läufer ausgeführt ist, desto früher gelangt er mit dem entsprechenden Ende in einen Bereich, in welchem sich zwischen Bestandteilen des Gehäuses und des Läufers dämpfende Lorentzkräfte einstellen.

**[0027]** Daneben haben die Abmessungen des Läufers Einfluss auf die Stärke der Dämpfung, da die dämpfenden Lorentzkräfte umso stärker ausfallen, wenn der Läufer so bemessen ist, dass sich bei Annäherung an die Endposition eine dämpfende Lorentzwechselwirkung mit einer möglichst großen Anzahl von elektrischen Strömen bzw. einem möglichst großen elektrischen Gesamtstrom ergibt.

**[0028]** Eine vorteilhafte Ausgestaltungsvariante der Erfindung sieht ferner vor, dass innerhalb des Gehäuses eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung des Läufers vorgesehen ist, vorzugsweise ein Hallsensor oder ein Reedschalter. Auf diese Weise kann der Stellzustand des Hubaktors einfach detektiert werden.

**[0029]** Die Verwendung eines erfindungsgemäßen

Hubaktors in einem Betätigungssystem von Wahlhebeln von Automatikgetrieben ermöglicht die Fertigung geräuschoptimierter Schaltkulissen für Automatikgetriebe, so dass störende Schaltgeräusche entfallen.

**[0030]** Bevorzugt wird der erfindungsgemäße Hubaktor daher in Shift-Lock, Key-Lock oder Inter-Lock-Systemen verwendet.

**[0031]** Weiterhin wird der erfindungsgemäße Hubaktor bevorzugt in Wahlhebeln von Kraftfahrzeugautomatikgetrieben verwendet.

#### Ausführungsbeispiel

**[0032]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0033]** Fig. 1 schematische Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Hubaktors,

**[0034]** Fig. 2a Prinzipdarstellung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Hubaktors aus Fig. 1 während verschiedener Betriebsphasen,

**[0035]** Fig. 2b Dreibeine aus elektrischen Strömen  $I_1$ ,  $I_2$ , magnetischer Flussdichte  $B$  und resultierenden Lorentzkräften  $F$  in verschiedenen Gehäuseabschnitten aus Fig. 2a,

**[0036]** Fig. 2c Verdeutlichung der Dämpfungswirkung anhand eines Schubkraft-Hub-Diagramms, welches die drei Betriebszustände aus Fig. 2a wiedergibt,

**[0037]** Fig. 3 magnetische Feldausbildung bei Läufer in Mittelposition (Finite-Elemente-Berechnung),

**[0038]** Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hubaktors mit Federelement zur Rückstellung des Läufers,

**[0039]** Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hubaktors mit einem im Gehäuse angeordneten Permanentmagneten.

**[0040]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Hubaktors **1**. Dieser weist ein Gehäuse **3** auf, wobei der Gehäusebegriff im Sinne dieser Anmeldung sehr allgemein zu verstehen ist und ihm insbesondere eine Gehäusewandung **5** sowie eine erste Spule **7** und eine zweite Spule **9** zuzuordnen sind.

**[0041]** Die Spulen **7** und **9** stellen im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 zwei Gehäuseabschnitte **7**, **9** dar, welche jeweils von elektrischen Strömen  $I_1$  und  $I_2$  durchfließbar sind.

**[0042]** In dem Gehäuse **3** ist ein Läufer **12** angeordnet, welcher von den Spulen **7** und **9** umgeben wird. Dabei bilden die Spulen **7** und **9** einen in der Darstellung der [Fig. 1](#) horizontal ausgerichteten Raum aus, in welchem der Läufer **12** bewegbar ist. Seine Bewegungsrichtung verläuft in [Fig. 1](#) demzufolge horizontal.

**[0043]** Der Läufer selbst weist einen Permanentmagneten **11** auf, an dessen axialen Enden Polschuhe **13** und **15** zur Führung des magnetischen Flusses vorgesehen sind. Einseitig ist der Läufer **12** mit einem Stellglied versehen, mittels welchem die Bewegung des Läufers auf ein zu betätigendes Bauelement, beispielsweise ein Ventil, übertragbar ist.

**[0044]** Wie [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, sind die Spulen **7** und **9** rotationssymmetrisch um eine in der [Fig. 1](#) waagrecht liegende Achse ausgeführt. Die Ströme  $I_1$  in den einzelnen Windungen der Spule **7** verlaufen oberhalb der Symmetrieachse in die Zeichenebene hinein, was durch ein Kreuz symbolisiert ist. Konsequenterweise verlaufen sie unterhalb der Symmetrieachse aus der Zeichenebene heraus auf den Betrachter zu, was durch einen Punkt dargestellt ist.

**[0045]** Im Gegensatz hierzu fließen die Ströme  $I_2$  in der Spule **9** oberhalb der Symmetrielinie aus der Zeichenebene heraus und unterhalb der Symmetrieebene in dieselbe hinein. Die Fließrichtungen der Ströme in den Gehäuseabschnitten bzw. Spulen **7** und **9** sind folglich einander entgegengerichtet. Dies kann zum einen durch Anlegen von Strömen unterschiedlicher Polarität, zum anderen durch die Verwendung von Spulen mit unterschiedlichem Wicklungssinn realisiert sein.

**[0046]** Die Funktionsweise des Hubaktors wird im Folgenden anhand der Darstellungen in der [Fig. 2](#) erläutert:

In [Fig. 2a](#) sind drei verschiedene Betriebszustände des Hubaktors aus der [Fig. 1](#) vereinfacht dargestellt. So sind anstelle der vollständigen Spulen lediglich noch die oberen Spulenhälften **7** und **9** schematisch wiedergegeben. Weiterhin wurde bei der Darstellung des Läufers **12** auf das Stellglied **16** verzichtet.

**[0047]** Im Betriebszustand **1** der [Fig. 2a](#) befindet sich der Läufer **12** am linken Ende bzw. Anschlag des Hubaktors. Der in dem Läufer **12** vorgesehene Permanentmagnet **11** verursacht dabei ein magnetisches Feld, dessen Feldlinien **17** schematisch wiedergegeben sind. Wie im Betriebszustand **1** erkennbar ist, verlaufen diese magnetischen Feldlinien **17** im Bereich der Spule **7** nach oben, im Bereich der Spule **9** nach unten. Dies ist in der Darstellung der [Fig. 2b](#) durch nach oben bzw. unten weisende magnetische Flussdichte-Vektoren  $B$  dargestellt. Weiterhin fließt in der Spule **7**, wie oben erläutert, der elektrische Strom  $I_1$  in die Zeichenebene hinein, in der

Spule **9** hingegen der elektrische Strom  $I_2$  aus der Zeichenebene heraus. Dies ist in der [Fig. 2b](#) durch die entsprechenden Stromvektoren  $I_1$  und  $I_2$  in den jeweiligen Vektordreiecken angedeutet.

**[0048]** Da es sich die resultierende Lorentzkraft  $F$  als Vektorprodukt aus den elektrischen Strömen und der magnetischen Flussdichte  $B$  berechnet, wirkt im Betriebszustand **1** somit auf die Windungen der Spule **7** eine Kraft  $F$  nach links. Einzelne Windungen der Spule **7** liegen jedoch bereits im Streufeld des nach oben weisenden  $B$ -Feldes am rechten Läuferende und erfahren eine nach rechts gerichtete Lorentzkraft, welche der nach links gerichteten Lorentzkraft auf die übrigen Windungen der Spule **7** entgegenwirkt, deren Kraftwirkung also dämpft.

**[0049]** Üblicherweise ist das Gehäuse **3** und somit auch die Spulen **7** und **9** ortsfest verbaut, so dass eine Bewegung der Spulen bzw. Windungen nach links nicht möglich ist. Stattdessen ist der Läufer **12** freibeweglich ausgeführt, so dass auf Grund der Lorentzkraft  $F$  dieser nach dem Newton'schen Kraft-Gegenkraft Prinzip nach rechts beschleunigt wird, sofern eine resultierende Lorentzkraft auf die Windungen der Spulen nach links wirkt.

**[0050]** Dies ist im Betriebszustand **1** der Fall. Die Beschleunigungswirkung nach rechts überwiegt, so dass der Läufer nach rechts bewegt wird und in den Betriebszustand **2** gelangt. In diesem sind nun keine Windungen der Spule **7** mehr im Einflussbereich des nach oben gerichteten Magnetfelds im Grenzbereich zwischen den Spulen **7** und **9**, so dass keine dämpfend wirkende Lorentzkraft mehr vorhanden ist. Alle im Magnetfeld des Permanentmagneten befindlichen Windungen der Spule **7** sind einem nach unten gerichteten Magnetfeld ausgesetzt, was in einer Kraft auf den Läufer nach rechts resultiert. Darüberhinaus unterliegen alle dem Permanentmagnetfeld ausgesetzten Windungen der Spule **9** einem nach oben gerichteten  $B$ -Feld, so dass nunmehr nur noch beschleunigende Lorentzkraft auf den Läufer **12** wirken, wobei die Lorentzkraft zunächst nach links gerichtet sind, aber nach Kraft-Gegenkraft-Prinzip der Läufer nach rechts bewegt wird. In dem Betriebszustand **2** wirkt daher auf den Läufer die größte Schubkraft.

**[0051]** Unter deren Einfluss gelangt der Läufer in den Betriebszustand **3**. Ähnlich wie im Betriebszustand **1** wechselwirkt hier das nach oben gerichtete  $B$ -Feld am rechten Läuferende mit den Strömen  $I_2$  und bewirkt weiterhin eine Lorentzkraft nach links, demzufolge eine Kraft auf den Läufer nach rechts. Am linken Ende des Läufers hingegen, an welchem das Magnetfeld nach unten gerichtet ist, kommt es auch zur Wechselwirkung mit Strömen  $I_2$  in den Windungen der Spule **9**, was Lorentzkraft nach rechts und somit die Bewegung des Läufers dämpfende

Kräfte nach links zur Folge hat. Die Schubkraft ist folglich im Betriebszustand **3** in ähnlicher Weise wie im Betriebszustand **1** verringert.

**[0052]** Dies illustriert nochmals die Darstellung in **Fig. 2c**, in welcher die Schubkraft über dem Hub, also der Position des Läufers, aufgetragen ist. In den Betriebszuständen **1** und **3** ist die Schubkraft auf Grund einer nach rechts auf die Windungen und somit nach links auf den Läufer wirkenden Lorentzkraft verringert. Im Betriebszustand **2** hingegen wirken alle Lorentzkräfte nach links, so dass der Läufer die maximale Schubkraft nach rechts erfährt.

**[0053]** Anhang der Darstellungen in der **Fig. 2** wird deutlich, dass die Stärke der Dämpfung der Bewegung des Läufers nach rechts von der Geometrie des Läufers im Verhältnis zu den diesen umgebenden stromführenden Gehäuseabschnitten abhängig ist. Ist der Läufer beispielsweise kürzer ausgeführt, so kann der Läufer im Betriebszustand **3** beispielsweise vollständig unterhalb der Spule **9** liegen, so dass genauso viele Windungen der Spule **9** mit einem unten gerichteten B-Feld wechselwirken wie mit einem nach oben gerichteten B-Feld. Mit Windungen der Spule **7** hingegen erfolgt keine Wechselwirkung mehr. Somit wird die am rechten Spulenende angreifende und nach links wirkende Lorentzkraft vollständig durch die am linken Läuferende angreifende Lorentzkraft (von der Wechselwirkung mit der Spule **9** herrührend) kompensiert, so dass keine beschleunigende Kraft auf den Läufer mehr wirkt. Ist vielmehr der Hubaktor derart ausgeführt, dass der Läufer sich nach rechts über das Ende der Spule **9** hinaus bewegen kann, so wirkt ab einem gewissen Punkt nur noch die Bewegung dämpfende Kraft aus der Wechselwirkung des Magnetfeldes am linken Läuferende mit der Spule **9**, so dass Bewegung des Läufers vollständig abgedämpft werden kann, sofern dies nicht bereits zuvor durch Reibungskräfte geschehen ist. Die geometrische Ausgestaltung und die Anordnung und Erstreckung der Spulen **7** und **9** sowie des Läufers ist somit auf den jeweiligen Anwendungszweck abzustimmen.

**[0054]** Die oben beschriebenen Lorentzkräfte sind der in den Spulen **7** und **9** fließenden Stromstärke proportional, wobei sich die Kraft kumuliert aus den Lorentzkraften auf alle Windungen berechnet, welche im Bereich des B-Feldes liegen. Folglich sind die beschleunigende sowie die dämpfende Kraft proportional der in den Spulen fließenden Stromstärke bzw. kumulierten Stromstärke. Dies gilt sowohl für die beschleunigenden, als auch für die dämpfenden Kräfte. Demzufolge ist ein erfindungsgemäßer Hubaktor tolerant gegenüber Strom bzw. Spannungsschwankungen, da diese sich in gleicher Weise auf die Beschleunigung wie auf die Dämpfung auswirken.

**[0055]** Überdies ist, wie oben dargelegt, die Dämp-

fungswirkung umso stärker, je tiefer sich der Läufer mit seinem hinteren Ende (in der Darstellung der **Fig. 2a** dem linken Ende) in den Bereich der rechten Spule **9** hineinbegibt, sofern die geometrischen Abmessungen dies zulassen. Ist das hintere Ende bereits eingetaucht erfolgt keine Erhöhung der Dämpfungswirkung mehr, bis das erste Ende aus der Spule **9** nach rechts hinaus tritt. Dies bedeutet, dass bei einer anfänglich hohen Bewegungsenergie des Läufers auch eine starke Dämpfung des Läufers **12** erfolgt, da dieser mit seinem hinteren Ende tief in dem Bereich der rechten Spule **9** eintaucht. Die Dämpfung der Bewegung des Läufers erfolgt in einer dynamischen Abhängigkeit von der Läuferposition.

**[0056]** Im Fall der Darstellung in der **Fig. 2** war die den Läufer (positiv) beschleunigende Lorentzkraft stets nach links gerichtet, so dass der Läufer nach rechts (positiv) beschleunigt wurde. Eine (positive) Beschleunigung des Läufers zum linken Ende hin ist mit der Konfiguration aus der **Fig. 2** jedoch nur eingeschränkt möglich. Jedoch lässt sich diese durch Umkehrung der Fließrichtung der elektrischen Ströme  $I_1$  und  $I_2$  in den Spulenabschnitten **7** und **9** bewerkstelligen. Die (positive) Beschleunigung des Läufers sowie dessen Dämpfung erfolgt sodann analog den im Zusammenhang mit **Fig. 2** beschriebenen Vorgängen.

**[0057]** Wie bereits erwähnt, liegt das Maximum der (positiv) beschleunigenden Kraft auf den Läufer im Betriebszustand **2** an den Läufer an. Dieses Kraftmaximum lässt sich über die Stärke der Ströme  $I_1$  und  $I_2$  sowie die Stärke des Magnetfeldes des eingesetzten Permanentmagneten **11** einstellen. Ein entsprechend ausgelegter Hubaktor ermöglicht somit einen großen Hub mit Einstellung des Kraftmaximums. Zu dem kann über einen Teilbereich eine Linearisierung des Verhältnisses Schubkraft zu Hub erreicht werden.

**[0058]** **Fig. 3** illustriert in diesem Zusammenhang den Verlauf der magnetischen Feldlinien in der Mittelposition des Läufers **12**, d. h. im Betriebszustand **2**. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Darstellung der **Fig. 3** nur ein Teil des erfindungsgemäßen Hubaktors bis zur Symmetrieachse dargestellt ist.

**[0059]** **Fig. 4** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hubaktors. Gleiche Bestandteile sind hierin mit denselben Bezugszeichen versehen. Wie der Darstellung in **Fig. 4** entnommen werden kann, ist der Hubaktor in diesem Ausführungsbeispiel in ein Gehäuse verbaut, welches Flanschplatten **23** sowie eine Lagebuchse **21** für das Stellglied **16** aufweist. Weiterhin ist ein Stecker **25** zur Ansteuerung des Hubaktors vorgesehen.

**[0060]** Die wesentlichen Bestandteile des Hubaktors aus **Fig. 4** entsprechen denen des Hubaktors aus **Fig. 1**. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist

jedoch ein Federelement **19** vorgesehen, welches zur Rückstellung des Läufers in dessen Ausgangsposition, im Falle der **Fig. 4** nach links, dienen kann.

**[0061]** Weiterhin stellt das Federelement **19** ein mechanisches Dämpfungselement dar, welches bei entsprechender Bestromung, eine Bewegung des Läufers **12** nach rechts dämpft und somit Anschlaggeräusche unterbinden hilft. Statt einem solchen Federelement können selbstverständlich auch andere elastische Dämpfungselemente wie elastische Kunststoffelemente oder Tellerfedern vorgesehen werden.

**[0062]** **Fig. 5** zeigt ein letztes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Hubaktors **41**. Dieser weist wiederum ein Gehäuse **43** mit einer Gehäusewandung **45** auf. Anstelle stromführender Gehäuseabschnitte (Spulen) sind in diesem Fall ein erster stromführender Läuferabschnitt **47** und zweiter stromführender Läuferabschnitt **49** vorgesehen. In dem ersten Läuferabschnitt **47** fließt der Strom  $I_3$  aus der Zeichenebene heraus, in dem zweiten Läuferabschnitt **49** hingegen fließt der Strom  $I_4$  in die Zeichenebene hinein.

**[0063]** Das Gehäuse **43** weist einen aus zwei Ringmagneten **51a** und **51b** gebildeten Permanentmagneten auf, dessen magnetische Feldlinien **57** den Läufer **52**, welcher wiederum mit einem Stellglied **56** versehen ist, durchsetzen.

**[0064]** Gemäß dem oben erläuterten Lorentzkraftgesetz für bewegte Ladungen bzw. Ströme in einem Magnetfeld wirkt bei der Konfiguration der Darstellung der **Fig. 5** auf den ersten Läuferabschnitt **47** eine Lorentzkraft, welche nach rechts gerichtet ist. Auf den zweiten Läuferabschnitt **47** wirkt auf Grund umgekehrter Stromrichtung  $I_4$  und nach oben verlaufendem Magnetfeld ebenfalls eine Lorentzkraft nach rechts. Folglich wird der Läufer **52** nach rechtsbeschleunigt. Gelangt der erste Läuferabschnitt jedoch in den Bereich des nach oben gerichteten B-Feldes, so stellt sich eine dämpfende Kraft ein, welche die nach rechts wirkende Kraft auf den zweiten Läuferabschnitt **49** kompensiert, sobald der erste Läuferabschnitt vollständig von nach oben weisenden B-Feldlinien durchsetzt wird. Aufgrund von Reibung erfolgt sodann eine Abbremsung der Läuferbewegung.

**[0065]** Tritt der zweite Läuferabschnitt **49** zudem aus dem Magnetfeld des Permanentmagneten **51a**, **51b** aus und befindet sich der erste Läuferabschnitt **47** weiterhin zumindest teilweise in einem nach oben gerichteten Magnetfeld, so stellt sich eine resultierende Lorentzkraft auf den Läufer nach links ein, welche die Bewegung des Läufers zusätzlich zur Reibung stark abdämpft.

**[0066]** Wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels ist die Bewegungsrichtung durch Umpolung

der Ströme umkehrbar. Ferner können in diesem Ausführungsbeispiel die von elektrischen Strömen durchfließbaren Läuferabschnitte **47**, **49** in Analogie zum ersten Ausführungsbeispiel als Spulen ausgeführt sein. Überdies kann durch Polschuhe und andere Flussführungselemente eine vorteilhafte Flussführung gewährleistet werden.

**[0067]** Obige Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Hubaktoren sind vorteilhaft in einem Betätigungssystem von Wahlhebeln von Automatikgetrieben, insbesondere in Shift-Lock, Key-Lock oder Inter-Lock-Systemen einsetzbar. Vorzugsweise wird der erfindungsgemäße Hubaktor dabei in Wahlhebeln von Kraftfahrzeugautomatikgetrieben verwendet.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Hubaktor
<b>3</b>	Gehäuse
<b>5</b>	Gehäusewandung
<b>7</b>	erste Spule
<b>9</b>	zweite Spule
<b>11</b>	Permanentmagnet
<b>12</b>	Läufer
<b>13</b>	Polschuh
<b>15</b>	Polschuh
<b>16</b>	Stellglied
<b>17</b>	magnetische Feldlinien
<b>19</b>	Federelement
<b>21</b>	Lagerbuchse
<b>23</b>	Flanschplatte
<b>25</b>	Stecker
<b>41</b>	Hubaktor
<b>43</b>	Gehäuse
<b>45</b>	Gehäusewandung
<b>47</b>	erster Läuferabschnitt
<b>49</b>	zweiter Läuferabschnitt
<b>51a</b>	Permanentmagnet
<b>51b</b>	Permanentmagnet
<b>52</b>	Läufer
<b>56</b>	Stellglied
<b>57</b>	magnetische Feldlinien
<b>B</b>	magnetische Flussdichte
<b>F</b>	Kraft
$I_1$	Strom
$I_2$	Strom
$I_3$	Strom
$I_4$	Strom

#### Patentansprüche

- Hubaktor aufweisend
  - ein Gehäuse (**3**; **43**) und
  - einen in dem Gehäuse (**3**; **43**) beweglichen Läufer (**12**; **52**);
 dadurch gekennzeichnet, dass bei Annäherung des Läufers (**12**; **51**) an eine seiner Endpositionen dessen Bewegung mittels zwischen

Bestandteilen des Gehäuses (**3; 43**) und dem Läufer (**12; 52**) wirkender Lorentzkräfte dämpfbar ist.

2. Hubaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- in dem Gehäuse (**3**) wenigstens zwei Gehäuseabschnitte (**7, 9**) vorgesehen sind, welche jeweils von elektrischen Strömen ( $I_1, I_2$ ) durchfließbar sind;
- die Fließrichtungen dieser Ströme ( $I_1, I_2$ ) jeweils zumindest einen senkrechten Anteil aufweisen, welcher senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers (**12**) verläuft;
- die senkrechten Anteile der Fließrichtungen der Ströme ( $I_1, I_2$ ) in den Gehäuseabschnitten (**7, 9**) einander entgegen gerichtet sind;
- der Läufer (**12**) einen Magneten (**11**) aufweist, dessen magnetische Feldlinien (**17**) in den Bereichen der von elektrischen Strömen ( $I_1, I_2$ ) durchfließbaren Gehäuseabschnitten (**7, 9**) zumindest teilweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers (**12**) und wenigstens teilweise senkrecht zu den senkrechten Anteilen der Fließrichtungen der Ströme ( $I_1, I_2$ ) verlaufen.

3. Hubaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Läufer (**52**) wenigstens zwei Läuferabschnitte (**47, 49**) aufweist, welche jeweils von elektrischen Strömen ( $I_3, I_4$ ) durchfließbar sind;
- die Fließrichtungen dieser Ströme ( $I_3, I_4$ ) jeweils zumindest einen senkrechten Anteil aufweisen, welcher senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers (**52**) verläuft;
- die senkrechten Anteile der Fließrichtungen der Ströme ( $I_3, I_4$ ) in den wenigstens zwei Läuferabschnitten (**47, 49**) einander entgegen gerichtet sind;
- das Gehäuse (**43**) einen Magneten (**51**) aufweist, dessen magnetische Feldlinien (**57**) in den Bereichen der von elektrischen Strömen ( $I_3, I_4$ ) durchfließbaren Läuferabschnitte (**47, 49**) zumindest teilweise senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers (**52**) und wenigstens teilweise senkrecht zu den senkrechten Anteilen der Fließrichtungen der Ströme ( $I_3, I_4$ ) verlaufen.

4. Hubaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die von elektrischen Strömen ( $I_1, I_2$ ) durchfließbaren Gehäuseabschnitte (**7, 9**) als Spulen ausgeführt sind.

5. Hubaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die von elektrischen Strömen ( $I_3, I_4$ ) durchfließbaren Läuferabschnitte (**47, 49**) als Spulen ausgeführt sind.

6. Hubaktor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (**7, 9; 47, 49**) denselben Wickelsinn aufweisen und von elektrischen Strömen ( $I_1, I_2; I_3, I_4$ ) entgegengesetzter Polarität durchfließbar sind.

7. Hubaktor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (**7, 9; 47, 49**) einen unterschiedlichen Wickelsinn aufweisen und von elektrischen Strömen ( $I_1, I_2; I_3, I_4$ ) gleicher Polarität durchfließbar sind.

8. Hubaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (**11; 51**) als Permanentmagnet ausgeführt ist, vorzugsweise als axial magnetisierter Permanentmagnet (**11; 51**).

9. Hubaktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Bestandteile des Permanentmagneten (**11; 51**) hartmagnetische Materialien vorgesehen sind, vorzugsweise NdFeB, SmCo, Ferrit oder AlNiCo, welche vorzugsweise in kunststoffgebundener Form vorliegen.

10. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Hubaktor (**1; 41**) als homopolares Magnetsystem ausgeführt ist.

11. Hubaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fließrichtung der elektrischen Ströme ( $I_1, I_2; I_3, I_4$ ) in den Gehäuseabschnitten (**7, 9**) oder den Läuferabschnitten (**47, 49**) umkehrbar ist.

12. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Läufer (**12; 52**) über dessen Eigengewicht rückstellbar ist.

13. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zur Rückstellung des Läufers (**12; 51**) wenigstens ein Federelement (**19**), vorzugsweise eine Schraubenfeder (**19**), vorgesehen ist.

14. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen wenigstens einer Endposition des Läufers (**12; 52**) und dem zugehörigen Ende des Läufers (**12; 52**) ein komprimierbares Gas oder komprimierbare Gasgemische vorgesehen sind.

15. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen wenigstens einer Endposition des Läufers (**12; 52**) und dem zugehörigen Ende des Läufers (**12; 52**) zumindest ein mechanisches Dämpfungselement (**19**) vorgesehen ist, vorzugsweise ein elastisches Kunststoffelement oder ein Federelement (**19**).

16. Hubaktor nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet (**11**) an wenigstens einem seiner Pole mit einem Polschuh (**13, 15**) versehen ist.

17. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt des Ein-



setzens der Dämpfungswirkung über die Abmessungen des Läufers (**12**; **52**) entlang dessen Bewegungsrichtung einstellbar ist.

18. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Stärke der Dämpfung über die Abmessungen des Läufers (**12**; **52**) entlang dessen Bewegungsrichtung einstellbar ist.

19. Hubaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung zur Positionsbestimmung des Läufers (**12**; **52**) innerhalb des Gehäuses vorgesehen ist, vorzugsweise ein Hallsensor oder ein Reedschalter.

20. Verwendung eines Hubaktors nach einem dem vorigen Ansprüche in einem Betätigungssystem von Wahlhebeln von Automatikgetrieben.

21. Verwendung des Hubaktors nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass dieser in Shift-Lock, Key-Lock oder Inter-Lock-Systemen verwendet wird.

22. Verwendung des Hubaktors nach einem der Ansprüche 20 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass dieser in Wahlhebeln von Kraftfahrzeugautomatikgetrieben verwendet wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

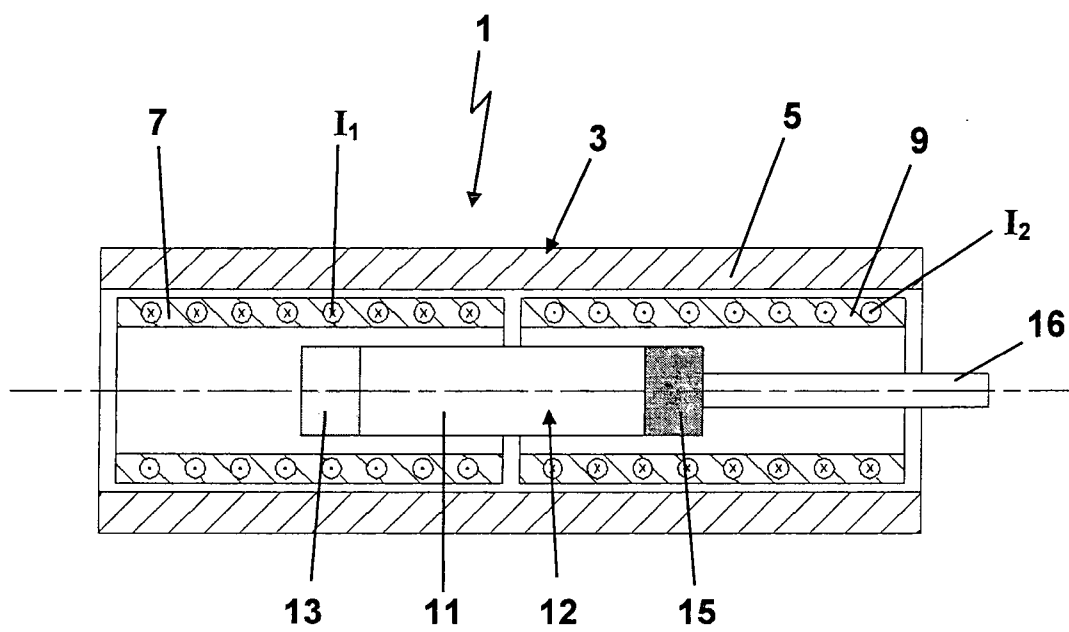


Fig. 1

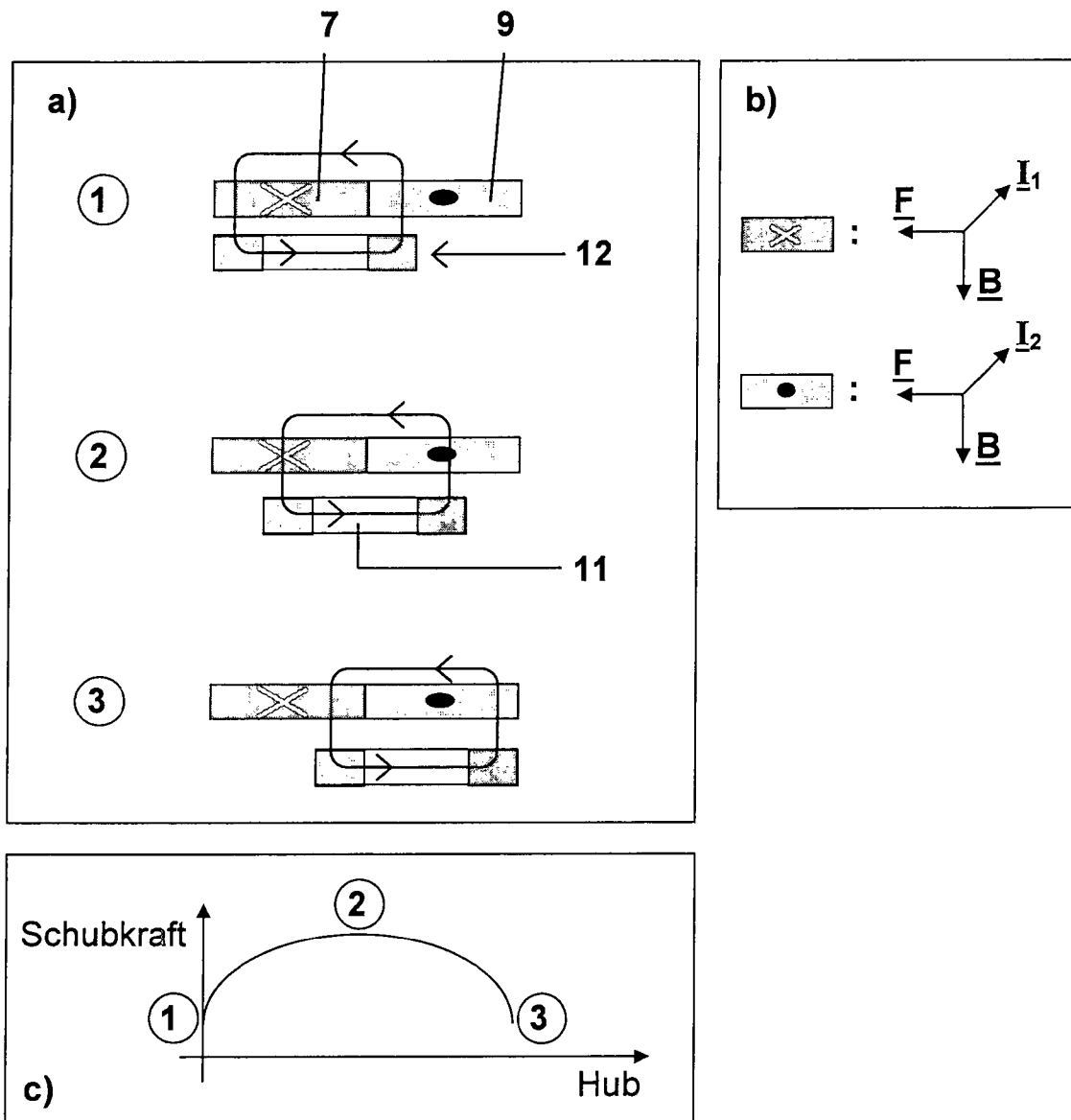
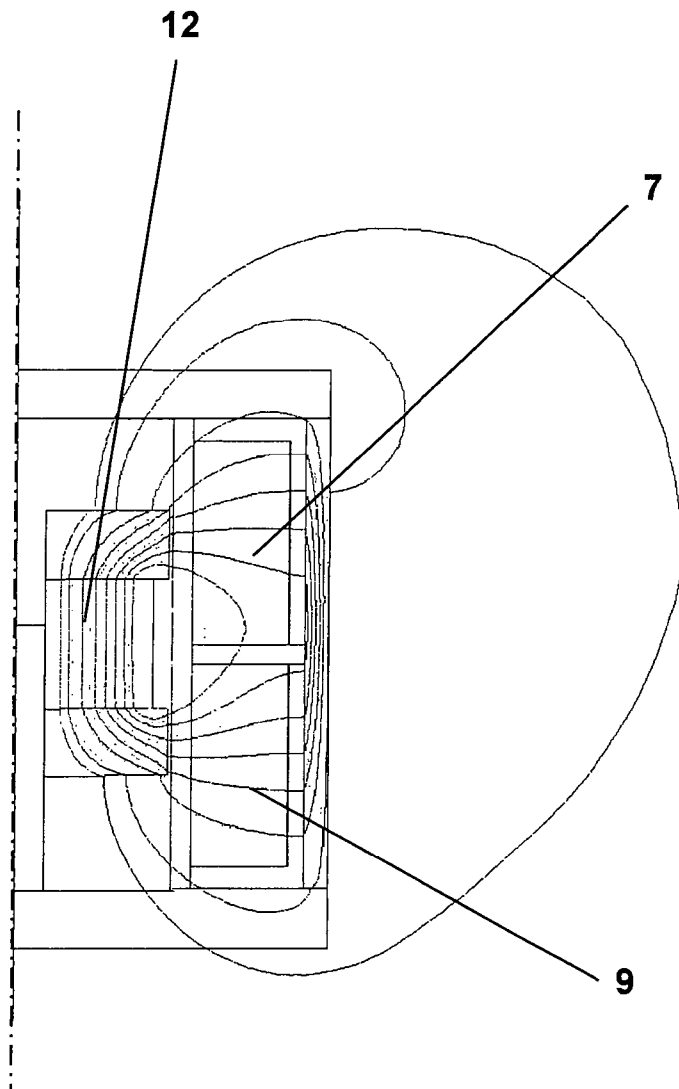


Fig. 2



**Fig. 3**

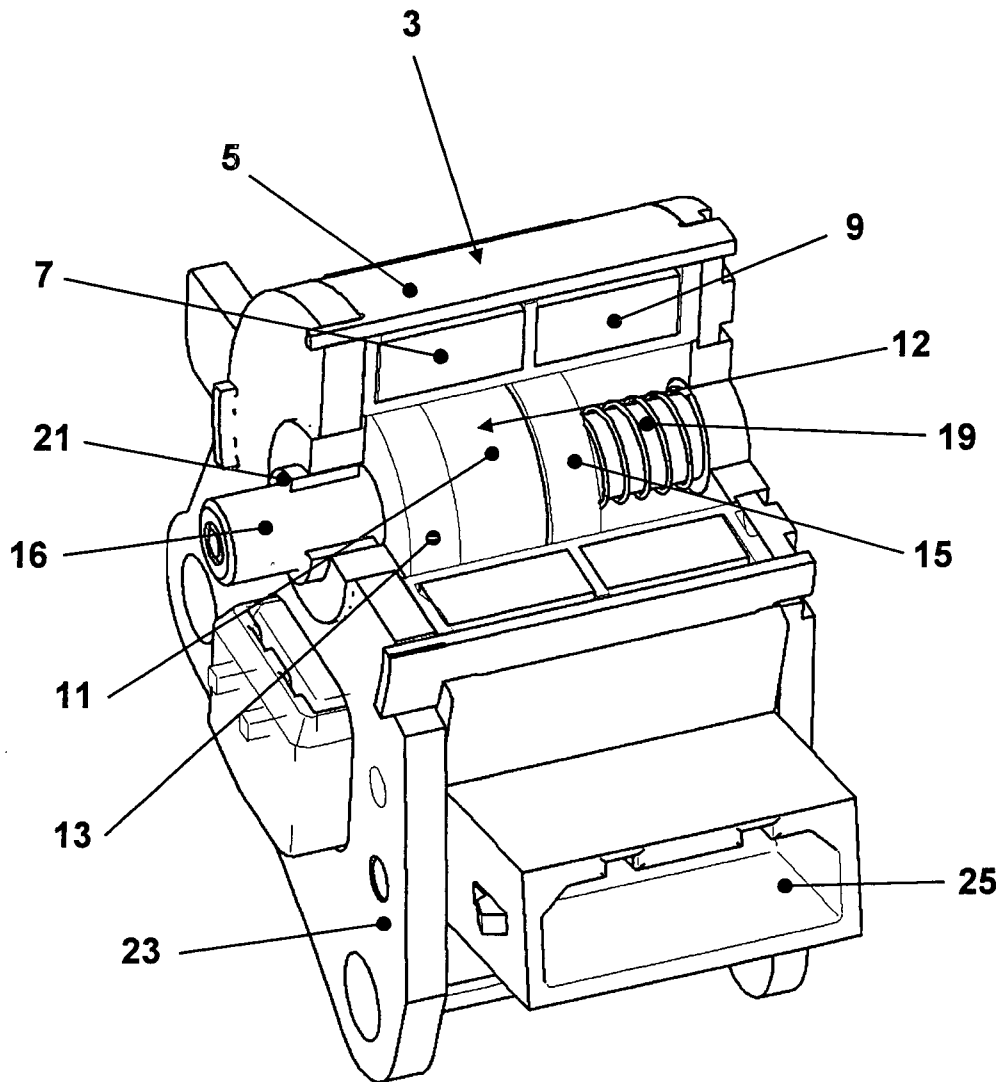


Fig. 4

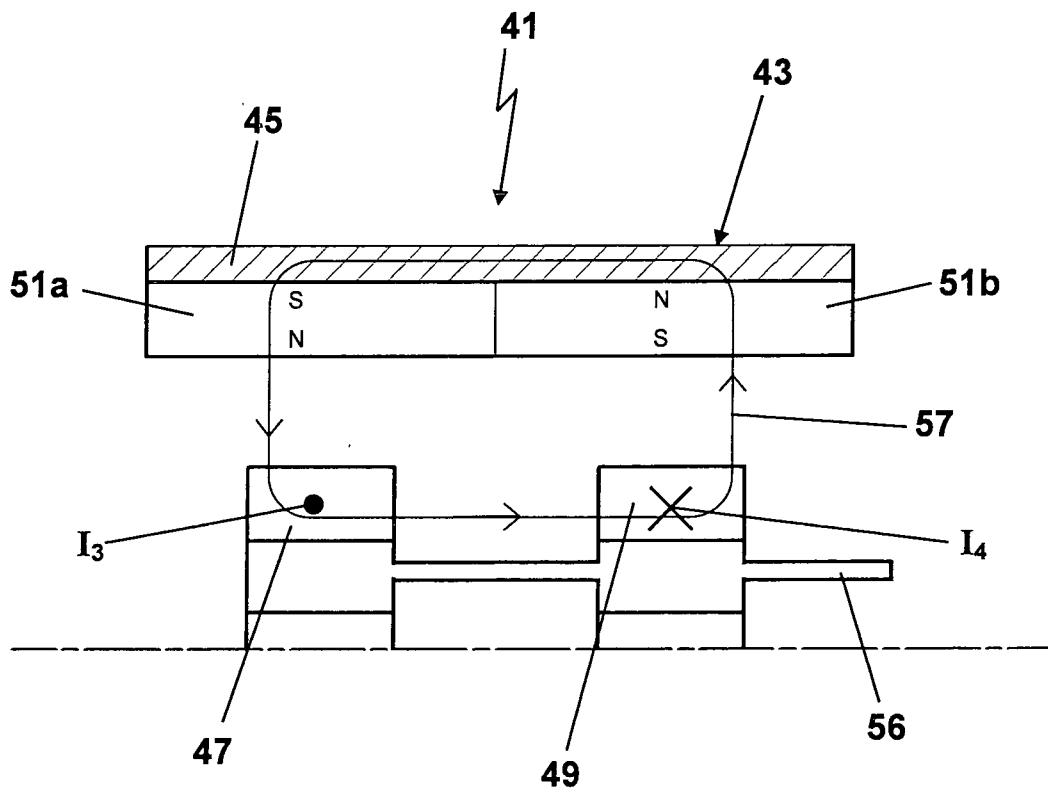


Fig. 5