(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 924 535 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.09.2015 Patentblatt 2015/40

(51) Int Cl.:
G05G 9/047 *(2006.01)* ***G05G 5/05*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **15160304.0**

(22) Anmeldetag: **23.03.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA

(30) Priorität: **24.03.2014 DE 102014103988**

(71) Anmelder: **elobau GmbH & Co. KG**
88299 Leutkirch im Allgäu (DE)

(72) Erfinder:
- **Schaub, Ulrich**
  89073 Ulm (DE)
- **Stöhr, Ingmar**
  88299 Leutkirch (DE)
- **Waldner, Roland**
  87487 Wiggensbach (DE)

(74) Vertreter: **Hoppe, Lars**
Vonnemann Kloiber & Kollegen
Edisonstraße 2
87437 Kempten (DE)

(54) **Joystick mit intrinisch sicherem Force-Feedback**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bedienelement, insbesondere einen Joystick, umfassend ein Gehäuse, einen in dem Gehäuse um einen Drehpunkt (2) schwenkbar gelagerten Betätigungshebel (1) und eine Rückstelleinheit zum Bereitstellen eines Rückstelldrehmoments zum Rückstellen des Betätigungshebels (1) von einem ausgelenkten Zustand in einen neutralen Zustand. Um ein Bedienelement anzugeben, das ein haptisches Force-Feedback bereitstellt, das intrinsisch sicher ist, schlägt die Erfindung vor, dass das Bedienelement eine mit der Rückstelleinheit in Wirkverbindung stehende Aktoreinheit (3) umfasst, wobei die Aktoreinheit (3) zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments ausgebildet ist, wobei bei einer unteren Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment in dem ausgelenkten Zustand größer null ist.

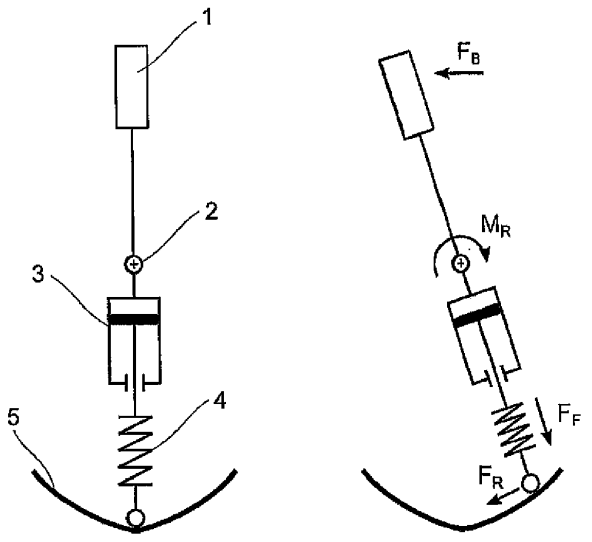


Fig. 1

EP 2 924 535 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bedienelement, insbesondere einen Joystick, umfassend ein Gehäuse, einen in dem Gehäuse um einen Drehpunkt schwenkbar gelagerten Betätigungshebel und eine Rückstelleinheit zum Bereitstellen eines Rückstelldrehmoments zum Rückstellen des Betätigungshebels von einem ausgelenkten Zustand in einen neutralen Zustand.

[0002] Derartige Bedienelemente werden unter anderem zur Steuerung von Nutzfahrzeugen, Maschinen, Arbeitsfunktionen von Nutzfahrzeugen oder Baumaschinen und Anbaugeräten eingesetzt. Bedienelemente im Sinne der Erfindung sind beispielsweise Fahrhebel, Fahrpedale und insbesondere Joysticks. Solche Joysticks gehören zu den elektrischen Steuersystemen. Im Gegensatz zu den früheren mechanischen Steuersystemen geben derartige elektrische Steuersysteme keinerlei Rückmeldungen des mechanischen Systems an den Nutzer weiter. Es ist daher bekannt, die Joysticks mit einem Force-Feedback zu versehen, was üblicherweise durch ein Einkoppeln eines Drehmoments eines Elektromotors über ein Getriebe auf den Betätigungshebel des Joysticks erreicht wird. Nachteilig an derartigen Konstruktionen ist jedoch, dass der Joystick auch ohne eine Benutzereingabe aus seiner Ruhelage ausgelenkt werden kann, beispielsweise durch eine Fehlfunktion der Steuerung des Force-Feedbacks. Eine solche Fehlfunktion würde dazu führen, dass sich eine Maschine oder ein Fahrzeug selbsttätig in Bewegung setzt, was entsprechend gefährlich ist. Im Kraftfahrzeugbereich sind solche Force-Feedback-Lösungen bereits für Gaspedale bekannt, bei denen ebenfalls unbedingt sichergestellt werden muss, dass das Gaspedal das Fahrzeug durch einen Fehler nicht selbsttätig beschleunigt. Im Unterschied zu Gaspedalen weisen Joysticks jedoch mindestens zwei Auslenkrichtungen aus ihrer Ruhelage auf. Die bekannten Lösungen für Gaspedale lassen sich daher nicht auf einen Joystick übertragen. Ein Force-Feedback für einen Joystick darf diesen daher unter keinen Umständen aus der Neutralstellung heraus auslenken, bei einem Fehler muss der Joystick weiterhin selbsttätig in die Neutrallage zurückkehren, wenn er vom Benutzer losgelassen wird. Zusätzlich sollte er auch bei einem Fehler des Force-Feedback-Systems weiterhin nutzbar bleiben, um die Verfügbarkeit des Fahrzeugs beziehungsweise der Maschine nicht zu gefährden.

[0003] Force-Feedback wird beispielsweise für Funktionen von Simulatoren jeglicher Art für massentaugliche Verkaufspreise vertrieben, insbesondere bei Joysticks für Computerspiele. Baulich wird das Force-Feedback in der Regel mit Motoren umgesetzt, welche direkt an den Achsen wirken und mit einer Steuerungstechnik die gewünschte haptische Rückmeldung bewirken. Da diese Verwendung jedoch nicht direkt eine Gefährdung des Nutzers hervorruft, können hier Fehler im System ohne Weiteres in Kauf genommen werden, ein Austausch ist einfach möglich. Bei Flugzeugen, die mittels sogenannter Fly-by-Wire-Systemen arbeiten, ist auf Grund des hohen Sicherheitsrisikos bei einer Fehlfunktion des Force-Feedback-Systems in der Regel zusätzlich eine Backup-Steuerung mit mechanischer Übertragung verbaut. In der Luftfahrttechnik wird das Force-Feedback auch als Artificial Feel bezeichnet.

[0004] Allen diesen bekannten Vorrichtungen ist gemeinsam, dass sie den Ausschluss einer eigenständigen Bewegung des Joysticks nicht gewährleisten oder nur über eine redundante Überwachung der elektronischen Ansteuerung des Force-Feedback-Systems sehr wahrscheinlich vermeiden können. Eine Fehlfunktion des Force-Feedback-Systems kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden und würde sich gegebenenfalls in einer eigenständigen Bewegung des Joysticks bemerkbar machen.

[0005] Selbst wenn eine eigenständige Bewegung des Joysticks durch eine redundante Überwachung der Elektronik verhindert wird, kann es bei Ausfall von Komponenten zu einem Funktionsverlust des Joysticks kommen. Dies kann wiederum dazu führen, dass der Joystick beim Loslassen durch den Benutzer nicht mehr eigenständig in seine Neutralstellung zurückkehrt, die bei den meisten Anwendungen der sichere Zustand ist. Selbst wenn sich auch dieser Fall durch eine Überwachungselektronik erkennen ließe, würde er doch eine erhebliche Einschränkung der Verfügbarkeit des Joysticks und des damit zu steuernden Systems darstellen und sich negativ auf die Akzeptanz bei den Benutzern auswirken.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Bedienelement der eingangs genannten Art anzugeben, das ein haptisches Force-Feedback bereitstellt, das intrinsisch sicher ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Bedienelement eine mit der Rückstelleinheit in Wirkverbindung stehende Aktoreinheit umfasst, wobei die Aktoreinheit zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments ausgebildet ist, wobei bei einer unteren Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment in dem ausgelenkten Zustand größer null ist. Das Rückstelldrehmoment ist in allen ausgelenkten Zuständen, die im Bedarfsfall in den neutralen Zustand zu überführen sind, positiv, sodass der Betätigungshebel nach Freigabe durch den Benutzer selbständig in den neutralen Zustand zurückkehrt und dort verbleibt. Da bei einem freigegebenen, ausgelenkten Bedienelement stets ein Rückstelldrehmoment und kein Auslenkdrehmoment anliegt, existiert nur ein Drehmoment in Richtung auf die Ruhelage des Betätigungshebels. Mit großem Vorteil ist so sichergestellt, dass sich das Bedienelement analog zu einem rein passiven, durch Federn zurückstellenden Joystick verhält. Wird das erfindungsgemäße Bedienelement losgelassen, so kehrt es automatisch in die Ruhelage zurück. Aus dieser kann es sich auch bei Fehlfunktion der Antriebe oder der Elektronik nicht selbsttätig heraus bewegen.

[0008] Es erweist sich erfindungsgemäß als besonders vorteilhaft, dass bei einer oberen Modulationsgren-

ze das Rückstelldrehmoment kleiner als ein von einem Benutzer aufbringbares Auslenkdrehmoment zum Auslenken des Betätigungshebels ist. Somit ist sichergestellt, dass das Bedienelement auch bei Fehlfunktion oder Ausfall der Antriebe oder der Elektronik durch den Benutzer ausgelenkt werden kann, sodass das System, das mittels des Bedienelements gesteuert werden soll, weiterhin benutzbar bleibt. Vorteilhafterweise beträgt das Rückstelldrehmoment in dem ausgelenkten Zustand 0,001 Nm bis 10,0 Nm. Insbesondere beträgt das maximale Rückstelldrehmoment bei einer maximalen Auslenkung des Betätigungshebels 4,0 Nm oder 6,0 Nm. Das maximale Rückstelldrehmoment ist relativ klein angesetzt, damit ein typischer Benutzer des Bedienelements, beispielsweise ein Bauarbeiter oder Landwirt, das maximale Rückstelldrehmoment im Bedarfsfall problemlos überwinden kann und damit zu jeder Zeit die Kontrolle über einen Auslenkvorgang des Betätigungshebels hat. Das benutzerabhängige aufbringbare Auslenkdrehmoment kann einfach bestimmt werden mit Verfahren, die dem Fachmann bekannt sind. Beispielsweise könnte eine Serie von Versuchen durchgeführt werden, wobei das maximale Rückstelldrehmoment schrittweise erhöht wird und der Benutzer des Bedienelements bei jedem Schritt versucht, den Betätigungshebel gegen das momentan anliegende Rückstelldrehmoment weiter auszulenken. Solange dies dem Benutzer gelingt, ist das bei einer oberen Modulationsgrenze anliegende Rückstelldrehmoment, was dem maximalen Rückstelldrehmoment entspricht, kleiner als das von dem relevanten Benutzer aufbringbare Auslenkdrehmoment.

[0009] Die untere Modulationsgrenze oder die obere Modulationsgrenze oder beide Modulationsgrenzen werden erfindungsgemäß bevorzugt mittels konstruktiver Maßnahmen mechanisch realisiert. Eine elektronische, gegebenenfalls sogar redundant vorzuhaltende, Überwachung des erfindungsgemäßen Force-Feedback-Systems ist mit großem Vorteil nicht erforderlich.

[0010] Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Rückstelleinheit ein Nachgiebigkeitselement aufweist, wobei die Aktoreinheit eine Rückstellcharakteristik des Nachgiebigkeitselements modulierend ausgebildet ist. Die Aktoreinheit nimmt somit Einfluss auf das Streben der Rückstelleinheit, den Betätigungshebel in den neutralen Zustand zurückzuführen, allerdings lediglich innerhalb der Modulationsgrenzen, um die intrinsisch sichere Rückstellung des Betätigungshebels nicht zu gefährden. In dem oben definierten Rahmen der Modulation erlaubt die Aktoreinheit ein Einleiten von vielfältigen haptischen Rückmeldungen an den Benutzer in den Betätigungshebel. Beispielsweise erlaubt das erfindungsgemäße Bedienelement ein Personalisieren von Kennlinien, ein Umschalten zwischen verschiedenen Kennlinienformen je nach Betriebszustand und generell ein der haptischen Wahrnehmung des Benutzers Zugänglichmachen von Systemzuständen. Derartig zugänglich gemachte Informationen muss der Benutzer nicht mehr visuell aufnehmen, was den Benutzer typischerweise entlastet und es ihm ermöglicht, sich besser auf seine primäre Aufgabe zu konzentrieren. Als Beispiele für Systemzustände seien der Grad der Auslenkung des Betätigungshebels, das Erreichen der Belastungsgrenze des Systems oder ein Alarm genannt. Das Nachgiebigkeitselement ist bevorzugt zwischen dem Betätigungshebel und der das Force-Feedback erzeugenden Aktorik angeordnet. Die Rückstelleinheit kann ein oder mehrere Nachgiebigkeitselemente umfassen.

[0011] Erfindungsgemäß weist das Nachgiebigkeitselement eine Druckfeder oder eine Zugfeder oder einen Gaskolben oder einen Magnet auf. Insbesondere wird unter einem Nachgiebigkeitselement das Folgende verstanden: Spiralfeder, Schenkelfeder, Schraubenfeder, Blattfeder, Torsionsfeder, Luftfeder, Gasdruckfeder, Elastomerfeder oder magnetische Abstoßung. Zwischen Aktoreinheit und Nachgiebigkeitselement können Getriebeelemente zum Übertragen eines Stellwegs der Aktoreinheit angeordnet sein. Natürlich sind auch andere Nachgiebigkeitselemente erfindungsgemäß denkbar, falls sie mit den weiteren Komponenten des Bedienelements kompatibel sind.

[0012] Es erweist sich erfindungsgemäß als sehr vorteilhaft, dass die Rückstelleinheit eine Kulisse und ein die Kulisse abtastendes Tastelement aufweist, wobei die Aktoreinheit eine Anpresskraft des Tastelements gegen die Kulisse nach Betrag und/oder Richtung modulierend ausgebildet ist. Eine Kulissen-Tastelement-Kombination ist insbesondere bei Joysticks allgemein bekannt, vielfach benutzt und hat sich bewährt. Mit dieser bewährten Kombination ist erfindungsgemäß eine Aktoreinheit wirkmäßig verbunden, um ein zusätzliches Feedback in den Betätigungshebel einspeisen zu können und die bewährte Kombination weiter zu verbessern. Das Tastelement weist eine Kugel oder eine Walze oder einen Nocken auf.

[0013] Alternativ dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Rückstelleinheit zwei Magnete aufweist, wobei die Aktoreinheit eine zwischen den Magneten wirkende Magnetkraft nach Betrag und/oder Richtung modulierend ausgebildet ist, um das Rückstelldrehmoment der Rückstelleinheit zu beeinflussen.

[0014] In einer weiteren Alternative ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Rückstelleinheit eine lineare Kette aufweist, deren eines Ende an dem Gehäuse und deren anderes Ende an dem Betätigungshebel befestigt sind und die das Nachgiebigkeitselement umfasst, wobei die Aktoreinheit eine Vorspannung des Nachgiebigkeitselements modulierend ausgebildet ist um das Rückstelldrehmoment der Rückstelleinheit zu beeinflussen.

[0015] Es erweist sich erfindungsgemäß als besonders vorteilhaft, dass die Aktoreinheit einen intrinsisch begrenzten Stellweg bereitstellend ausgebildet ist. Solche konstruktiven Schranken für den Stellweg der Aktoreinheit gewährleisten, dass ein auf den Betätigungshebel wirkendes Drehmoment stets ein Rückstelldrehmoment ist, das sich unter allen Umständen zwischen einem sicheren Minimum und einem sicheren Maximum bewegt, und der Betätigungshebel selbsttätig in die Neu-

trallage zurückkehrt und in seiner Auslenkung nicht eingeschränkt ist. Durch keine Stellung der Aktoreinheit ist eine selbsttätige Bewegung des Betätigungshebels aus dem neutralen Zustand heraus möglich.

[0016] Alternativ oder zusätzlich zu einem intrinsisch begrenzten Stellweg weist das Bedienelement Anschläge zum Begrenzen eines Stellwegs der Aktoreinheit auf. Durch diese Konstellation kann ein Typ von Aktoreinheit verwendet werden, um in bezüglich des erlaubten Stellwegs unterschiedlichen Bedienelementen verbaut zu werden. Dies erlaubt den Einsatz von konstruktiv einfacheren oder generalisierten Aktoreinheiten, was sich in reduzierten Herstellungskosten für das erfindungsgemäße Bedienelement niederschlägt.

[0017] Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Aktoreinheit einen Aktor aufweist, wobei der Aktor als ein Elektromotor oder ein elektrodynamischer Linearantrieb oder ein piezoelektrischer Antrieb oder ein Elektromagnet oder ein pneumatischer Antrieb oder ein hydraulischer Antrieb ausgebildet ist. Erfindungsgemäß umfasst der piezoelektrische Antrieb mindestens eines der folgenden piezoelektrischen Elemente: Stapel, Biegebalken und Wanderwellenmotor. Natürlich sind auch andere Aktoren erfindungsgemäß denkbar, falls sie mit den weiteren Komponenten des Bedienelements kompatibel sind.

[0018] Erfindungsgemäß bevorzugte Kombinationen von Aktor und Nachgiebigkeitselement sind: Elektromotor und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder; elektrodynamischer Linearantrieb und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder; piezoelektrischer Antrieb und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder; Elektromagnet und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder; pneumatischer Antrieb und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder; und hydraulischer Antrieb und Druckfeder oder Zugfeder oder Gaskolben oder Magnet oder Spiralfeder oder Schenkelfeder oder Schraubenfeder oder Blattfeder oder Torsionsfeder oder Luftfeder oder Gasdruckfeder oder Elastomerfeder.

[0019] In einer vereinfachten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Aktoreinheit einen Aktor auf, wobei der Aktor außerhalb des Bedienelements angeordnet ist. Der ausgelagerte Aktor ist mittels einer Wirkverbindung mit einem weiteren Teil der Aktoreinheit verbunden, der zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments auf die Rückstelleinheit einwirkt. Somit bedarf das Bedienelement keines internen Aktors, was den Aufbau des Bedienelements vereinfacht und die Herstellungskosten für das Bedienelement senkt. Besonders bevorzugt ist der externe Aktor ein Aktor, der ohnehin in der Maschine oder dem Fahrzeug vorhanden ist, die oder das das Bedienelement aufweist. Beispielsweise ist der externe Aktor ein Hydraulikzylinder eines Baggerarms eines Baggers, wobei der Baggerarm mittels eines Gestänges mit dem Bedienelement zum Steuern des Baggers verbunden ist und das Gestänge mit der Rückstelleinheit gekoppelt ist, um das Rückstelldrehmoment in direkter Abhängigkeit von der Stellung des Baggerarms begrenzt zu modulieren und somit die Kennlinie des Bedienelements zu beeinflussen.

[0020] In einer weiteren vereinfachten Ausführungsform der vorliegenden Verbindung weist die Aktoreinheit anstatt eines Aktors ein Stellglied auf. Im Vergleich zu einem Aktor ist ein Stellglied ein technisch weniger komplexes Bauteil, das regelmäßig keine Energieversorgung erfordert. Das Stellglied ist bevorzugt ein mechanisches Stellglied, zum Beispiel ein Hebel oder eine Stellschraube, das zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments auf die Rückstelleinheit einwirkt und somit die Kennlinie des Bedienelements ändert. Die Verwendung eines Stellglieds anstatt eines Aktors ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Kennlinie des Bedienelements nur relativ selten zu ändern ist, beispielsweise wenn die Kennlinie einmal an die Bedürfnisse des Benutzers angepasst wird und nachfolgend keine weitere situationsabhängige Modulation der Kennlinie gewünscht ist.

[0021] In einer allgemeineren Variante der vorliegenden Erfindung weist die Aktoreinheit einen Aktor und ein Stellglied auf. Die Kombination von Aktor und Stellglied, insbesondere mechanischem Stellglied, ermöglicht die Bereitstellung eines universell konfigurierbaren Bedienelements durch zweifache Modulation der Kennlinie. Dieses Bedienelement bietet die Funktion des intrinsisch sicheren Force-Feedbacks, gleichzeitig ist das Bedienelement individuell konfigurierbar. Die individuelle Konfiguration der Kennlinie nach den Bedürfnissen des Benutzers bildet ein Basissetup für das Bedienelement, dem das Force-Feedback überlagert ist.

[0022] Je nach Einsatzzweck des Bedienelements erweist es sich erfindungsgemäß als vorteilhaft, dass der Drehpunkt als eine Betätigungsachse oder als zwei zueinander orthogonal orientierte Betätigungsachsen oder als drei zueinander orthogonale Betätigungsachsen ausgebildet ist. Ein als eine Betätigungsachse ausgebildeter Drehpunkt erlaubt ein Schwenken des Bedienelements in lediglich einer Ebene. Hiermit kann beispielsweise ein lagerungstechnisch einfacher und robuster Joystick aufgebaut werden, mit dem im Minimalfall nur eine einzige Funktion implementiert ist. Ein als zwei zueinander orthogonal orientierte Betätigungsachsen oder als drei zu-

einander orthogonale Betätigungsachsen ausgebildeter Drehpunkt erlaubt eine variantenreiche Gestaltung eines Schwenkmusters für das Bedienelement, sodass eine Vielzahl an Funktionen implementierbar sind. Insbesondere bei letzterer Alternative sind die Anforderungen an die Lagerung des Betätigungshebels in dem Gehäuse hoch, jedoch mittels einer beispielsweise kardanischen Lagerung erfüllbar.

[0023] Darüber hinaus umfasst das Bedienelement eine Steuereinheit, die den Zustand des Bedienelements, insbesondere die Auslenkung des Betätigungshebels abfragt. Von dem System erhält die Steuereinheit Informationen über einen Betriebsmodus und gegebenenfalls eine als Force-Feedback am Bedienelement darzustellende Größe. Hieraus berechnet die Steuereinheit die momentan erforderliche Modulation des Rückstelldrehmoments und steuert die Aktoreinheit entsprechend an. Denkbar ist ebenfalls, dass das Bedienelement zusätzlich zu der Rückstelleinheit eine Rastvorrichtung aufweist, um den Betätigungshebel bei einer vordefinierten Auslenkung feststehen zu lassen. Bei der Umsetzung der erfindungsgemäßen Lösung sind Winkelungenauigkeiten, Vibrationen und dergleichen mehr zu berücksichtigen. In der Elektronik der Steuereinheit, die von dem Bedienelement an sich unabhängig ist, sind entsprechende Kennlinien oder Charakteristiken zu hinterlegen.

[0024] Im Nachfolgenden wird die Erfindung in 14 Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielhaft beschrieben, wobei weitere vorteilhafte Einzelheiten den Figuren der Zeichnungen zu entnehmen sind.

[0025] Die Figuren der Zeichnungen zeigen im Einzelnen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer dritten Ausführungsform;

Fig. 4 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer vierten Ausführungsform;

Fig. 5 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer fünften Ausführungsform;

Fig. 6 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer sechsten Ausführungsform;

Fig. 7 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer siebten Ausführungsform;

Fig. 8 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer achten Ausführungsform;

Fig. 9 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer neunten Ausführungsform;

Fig. 10 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zehnten Ausführungsform;

Fig. 11 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer elften Ausführungsform;

Fig. 12 eine schematische Ansicht eines Nachgiebigkeitselements eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zwölften Ausführungsform;

Fig. 13 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer dreizehnten Ausführungsform; und

Fig. 14 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer vierzehnten Ausführungsform.

[0026] Die **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer ersten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Der Joystick umfasst einen Betätigungshebel 1 mit Griff und Griffstange, der in einem nicht dargestellten Gehäuse um einen Drehpunkt 2 schwenkbar gelagert ist, und eine Rückstelleinheit zum Bereitstellen eines Rückstelldrehmoments M_R zum Rückstellen des Betätigungshebels 1 von einem ausgelenkten Zustand in einen neutralen Zustand. Weiterhin umfasst der Joystick eine mit der Rückstelleinheit in Wirkverbindung stehende Aktoreinheit 3, wobei die Aktoreinheit 3 zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments M_R ausgebildet ist, wobei bei einer unteren Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment M_R in dem ausgelenkten Zustand größer null ist und wobei bei einer oberen Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment M_R kleiner als ein von einem Benutzer aufbringbares Auslenkdrehmoment zum Auslenken des Betätigungshebels 1 ist. Die Rückstelleinheit weist ein Nachgiebigkeitselement 4 in Form einer Schraubenfeder auf, wobei die Aktoreinheit 3 eine Rückstellcharakteristik der Schraubenfeder modulierend ausgebildet ist. Die Aktor-

einheit 3 führt zum Bereitstellen eines Stellwegs eine Linearbewegung aus. Das Nachgiebigkeitselement 4 ist mit einem Ende mit der Aktoreinheit 3 verbunden und mit dem anderen Ende mit einem Tastelement, das auf einer Kulisse 5 geführt ist und diese abtastet. Wird das Bedienelement von einem Benutzer mit einer Benutzerkraft F_B beaufschlagt, so stellt sich eine Auslenkung des Betätigungshebels 1 ein. Dies führt dazu, dass das Nachgiebigkeitselement 4 durch die Kulisse 5 komprimiert wird. Hierdurch entsteht zwischen dem Nachgiebigkeitselement 4 und der Kulisse 5 eine Federkraft F_F. Bei geeigneter Formgebung von Kulisse 5 und Tastelement des Nachgiebigkeitselements 4 ergibt sich zwischen Federkraft F_F und Flächennormale der Kulisse 5 ein Winkel, der zu einer Rückstellkraft F_R führt. Im Gegensatz zum Stand der Technik ist nun erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Aktoreinheit 3 zusätzlich eine variable Vorspannung in der Spiralfeder erzeugt. Diese Vorspannung führt dazu, dass bei konstanter Winkelstellung unterschiedliche Federkräfte F_F und damit unterschiedliche Rückstellkräfte F_R erzeugt werden können.

[0027] Die **Fig. 2** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zweiten Ausführungsform in einem ausgelenkten Zustand. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. Bei der zweiten Ausführungsform ist die Aktoreinheit 3-Nachgiebigkeitselement 4-Abfolge der ersten Ausführungsform durch ein einstellbares Nachgiebigkeitselement 6 ersetzt, wobei die Aktoreinheit 3 in dem Nachgiebigkeitselement 4 integriert ist, wie beispielsweise bei Gasfedern oder Luftfedern mit variablem Innendruck. Bei diesen Federn kann ein Gasdruck p variiert werden, wodurch eine entsprechende Federkraft F_F erzeugt wird.

[0028] Die **Fig. 3** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer dritten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem neutralen Zustand bei ausgefahrener Aktoreinheit 3. Bei der dritten Ausführungsform wirkt die Aktoreinheit 3 auf das Nachgiebigkeitselement 4 nicht direkt ein, sondern indirekt, indem sie die Kulisse 5 in Bezug auf das Nachgiebigkeitselement 4 verstellt. Das heißt, dass die Kulisse 5 relativ zu dem nicht gezeigten Gehäuse beweglich ausgebildet ist. Auch durch diese kinematisch inverse Anordnung ergibt sich eine variable Vorspannung des als Schraubenfeder ausgebildeten Nachgiebigkeitselements 4 und damit eine variable Rückstellkraft F_R. Durch die Abstandsänderung zwischen Drehpunkt 2 und Kulisse 5 wird die Kennlinie oder Charakteristik der Schraubenfeder beeinflusst, sodass sich entsprechende Kräfte ergeben. Gleichzeitig ergibt sich bei gleichem Auslenkwinkel ein veränderter Winkel zwischen Kulisse und Nachgiebigkeitselement 4. Dies führt dazu, dass sich die Kennlinie (Rückstelldrehmoment M_R über Auslenkwinkel aufgetragen) des Bedienelements auch in ihrer Form ändert. Insbesondere bei dieser Ausführungsform lassen sich das Nachgiebigkeitselement und die Aktoreinheit mit verschiedenen der eingangs erwähnten technischen Umsetzungen realisieren.

[0029] Die **Fig. 4** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer vierten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Bei der vierten Ausführungsform ist der Betätigungshebel 1 im Drehpunkt 2 drehbar gelagert, an ihm sind jedoch nicht das Nachgiebigkeitselement 4 und die Aktoreinheit 3, sondern eine relativ zu dem nicht dargestellten Gehäuse beweglich ausgebildete Kulisse 8 befestigt. In dieser Kulisse 8 läuft ein Stößel, der das Nachgiebigkeitselement 4 und die Aktoreinheit 3 aufweist, insbesondere aus dem Nachgiebigkeitselement 4 und der Aktoreinheit 3 besteht, wobei auch hier der Stößel durch ein einstellbares Nachgiebigkeitselement 6 ersetzbar ist. Wird der Betätigungshebel 1 zusammen mit der Kulisse 8 ausgelenkt, so ergibt sich eine Rückstellkraft F_R, die direkt proportional zu der Federkraft F_F des Nachgiebigkeitselements 4 ist. Im Vergleich zu der ersten Ausführungsform ist die Aktoreinheit 3 bei der vierten Ausführungsform ortsfest an dem nicht dargestellten Gehäuse befestigt. Dies hat unmittelbare Vorteile im Bereich der Konstruktion und bei der Verbindung von Steuerleitungen und Versorgungsleitungen des Joysticks.

[0030] Die **Fig. 5** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer fünften Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil oben links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrenen Aktoreinheiten 3, oben rechts in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrenen Aktoreinheiten 3, unten links in einem neutralen Zustand bei ausgefahrenen Aktoreinheiten 3 und unten rechts umfasst der Joystick zwei einstellbare Nachgiebigkeitselemente 6. Bei der fünften Ausführungsform ist die Kulisse 5 durch einen Quader mit abgerundeten Ecken gebildet, welcher im Drehpunkt 2 angeordnet ist. Die Tastelemente der Rückstelleinheit sind durch die planen Anlageflächen bereitgestellt, die den Quader zweiseitig einspannen. Die exakte äußere Form der Kulisse 5 ist nicht zwingend quaderförmig. Andere Formen sind erfindungsgemäß nicht ausgeschlossen und hängen von der gewünschten zu erzeugenden Kennlinie des Nachgiebigkeitselements 4 ab. Die Kulisse 5 wird beidseitig über ein Nachgiebigkeitselement 4, dessen Vorspannung jeweils mit einer Aktoreinheit 3 variiert werden kann, mit einer Kraft beaufschlagt. Bei einem Auslenken lenkt der Betätigungshebel 1 die Kulisse 5 um den Drehpunkt 2 aus. Hierdurch verändern sich die Kraftangriffspunkte zwischen Kulisse 5 und Nachgiebigkeitselement 4. Gleichzeitig ändert sich die Elongation des Nachgiebigkeitselements 4, wodurch die Federkraft F_F variiert wird. Bei dieser Ausführungsform ergibt sich ein Rückstelldrehmoment M_R aus Fe-

derkraft F_F und Abstand des Kraftangriffspunkts 9 im Verhältnis zur Drehachse 2. Besonders vorteilhaft ist, dass bei symmetrischer Auslegung der Anordnung keine Lagerkräfte an der Drehachse 2 auftreten. Wie bereits erwähnt, kann auch hier Aktoreinheit 3 und Nachgiebigkeitselement 4 durch ein einstellbares Nachgiebigkeitselement 6 ersetzt werden. Auch ist es erfindungsgemäß möglich, eine der beiden Aktoreinheiten 3 wegzulassen und beide Nachgiebigkeitselemente 4 über eine einzige Aktoreinheit 3 und ein geeignetes Getriebe in ihrer Vorspannung zu beeinflussen. Im Sinne der Erfindung können auch die planen Anlageflächen als Kulisse und der Quader als Tastelement bezeichnet werden. Demzufolge wären die Kulisse plan und das Tastelement als ein zweiseitig wirkender Nocken ausgebildet.

[0031] Die **Fig. 6** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer sechsten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrenen Aktoreinheiten 3a, 3b, mittig in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrenen Aktoreinheit 3a, 3b und rechts in einem neutralen Zustand bei ausgefahrenen Aktoreinheiten 3a, 3b. Bei der sechsten Ausführungsform wirken zwei Nachgiebigkeitselemente 4a, 4b direkt auf den Betätigungshebel 2. In dem nicht dargestellten Gehäuse befestigte Anschläge 10 sorgen dafür, dass bei Auslenkung des Betätigungshebels 1 nur noch ein Nachgiebigkeitselement 4 auf den Betätigungshebel 1 wirkt. Die Aktoreinheiten 3a, 3b ermöglichen eine Vorspannung der Nachgiebigkeitselemente 4a, 4b, gleichzeitig wird hierüber auch eine Parallelverschiebung der Kennlinie entlang der Drehmomentachse erreicht. Mit großem Vorteil können die Aktoreinheiten 3a, 3b bei dieser Ausführungsform unterschiedlich angesteuert werden und so die Kennlinienzweige links und rechts der Neutralposition des Betätigungshebels 1 getrennt voneinander beeinflussen. Auch hier sind Ausführungen denkbar, bei denen Aktoreinheit 3 und Nachgiebigkeitselement 4 durch ein einstellbares Nachgiebigkeitselement 6 ersetzt sind. Auch kann eine einzige Aktoreinheit 3 über ein geeignetes Getriebe beide oder alle Nachgiebigkeitselemente 4 gleichzeitig beeinflussen.

[0032] Die **Fig. 7** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer siebten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil 1 von links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3, 2 von links in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3, 3 von links in einem neutralen Zustand bei ausgefahrener Aktoreinheit 3, 4 von links in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und 5 von links in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Bei der siebten Ausführungsform ist, wie bereits beschrieben, der Betätigungshebel 1 um den Drehpunkt 2 drehbar gelagert. Über ein an dem nicht dargestellten Gehäuse befestigtes Gelenk 11 ist der Betätigungshebel 1 mit der Aktoreinheit 3 und diese mit dem Nachgiebigkeitselement 4 verbunden. Das Nachgiebigkeitselement 4 ist wiederum in einem Gelenk 12 drehbar gelagert, das an dem nicht dargestellten Gehäuse befestigt ist. Durch Auslenkung des Betätigungshebels 1 vergrößert sich der Abstand zwischen Gelenk 11 und Gelenk 12, wodurch die von dem Nachgiebigkeitselement 4 erzeugte Federkraft F_F vergrößert wird. Ein seitlicher Versatz des Gelenks 11 gegenüber dem Drehpunkt 2 führt zu einem Rückstelldrehmoment M_R. Durch die Aktoreinheit 3 kann die Vorspannung des Nachgiebigkeitselements 4 und damit die Kennlinie des Joysticks variiert werden. Es ist ebenfalls möglich, eine Alternative dieser Ausführungsform mit einer ortsfesten Aktoreinheit 3' anzugeben.

[0033] Die **Fig. 8** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer achten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links ist eine Frontansicht der achten Ausführungsform wiedergegeben und rechts eine Seitenansicht. Bei der achten Ausführungsform stützt sich das Nachgiebigkeitselement 4 mittels des Tastelements an einer Kulisse 5 ab. Bei Auslenkung des Betätigungshebels 1 entsteht ein Rückstelldrehmoment M_R in Abhängigkeit von Federkraft F_F und Winkel zwischen Kulisse 5 und Betätigungshebel 1. Die Kulisse 5 ist bei dieser Ausführungsform so ausgebildet, dass sie in z-Richtung unterschiedliche Kulissenabschnitte aufweist. Dies wird durch einen Kulissenblock 13 erreicht, wobei der Kulissenblock 13 in z-Richtung durch die Aktoreinheit 3 verstellbar ausgebildet ist. Je nach Stellung des Kulissenblocks 13 sind unterschiedliche Kennlinien darstellbar. Die Übergänge zwischen den einzelnen Kennlinien können dabei stufenlos gestaltet sein, alternativ kann auch eine diskrete Anzahl von Kennlinien auf dem Kulissenblock 13 realisiert werden.

[0034] Die **Fig. 9** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer neunten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links ist eine Frontansicht der neunten Ausführungsform wiedergegeben und rechts eine Seitenansicht. Bei der neunten Ausführungsform sind die verschiedenen Kulissen nicht linear, sondern auf dem Umfang einer Kulissenwalze 14 angeordnet. Durch Drehung der Kulissenwalze 14 um ihre Längsachse mittels der Aktoreinheit 3 können verschiedenen Kulissen 5 abgerufen werden. Dabei können die Kulissen 5 stetig ineinander übergehen oder es kann eine diskrete Anzahl an Kulissen 5 als ebene Teilsegmente auf dem Mantel der Kulissenwalze 14 angeordnet sein. Die Erzeugung des Rückstelldrehmoments M_R erfolgt analog zu der ersten beziehungsweise achten Ausführungsform. Die Aktoreinheit 3 umfasst einen Aktor, der als ein Drehbewegungen als Stellweg bereitstellender Elektromotor ausgebildet ist.

[0035] Die **Fig. 10** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zehnten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet

sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Bei der zehnten Ausführungsform ist das Nachgiebigkeitselement 4 zwischen der Aktoreinheit 3, die an dem nicht dargestellten Gehäuse befestigt ist, und der Kulisse 5 angeordnet. Die Aktoreinheit beeinflusst die Vorspannung des Nachgiebigkeitselements 4. Das Tastelement ist direkt mit dem der Kulisse 5 zugewandten Ende des Betätigungshebels 1 verbunden und gleitet bei Auslenkung des Betätigungshebels 1 über die Kulisse 5. Die Kulisse 5 ihrerseits ist in dem nicht dargestellten Gehäuse beweglich, insbesondere gleitend, gelagert und wird durch ein Nachgiebigkeitselement 4 mit der Federkraft F_F gegen den Betätigungshebel 1 gedrückt. Analog zu der ersten Ausführungsform ergibt sich bei Auslenkung des Betätigungshebels 1 ein Rückstelldrehmoment M_R. Die beiden Lager 15 deuten an, dass die Kulisse 5 hauptsächlich vertikal verschiebbar ausgebildet ist.

[0036] Die **Fig. 11** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer elften Ausführungsform, wobei sich das als Joystick ausgebildete Bedienelement in einem neutralen Zustand bei eingefahrenen Aktoreinheiten 3 befindet. Bei der elften Ausführungsform handelt es sich um eine magnetische Ausführungsform. An dem von dem Benutzer abgewandten Ende des Betätigungshebels 1 ist ein Magnet 16 befestigt. Links und rechts dieses Magneten 16 sind weitere Magnete 17, 18 derart orientiert angeordnet, dass sie den Magnet 16 jeweils abstoßen. Auf diese Weise wird der Joystick in der Neutralstellung oder in dem neutralen Zustand zentriert. Bei einer Auslenkung des Betätigungshebels 1 verringert sich beispielsweise ein erster Luftspalt zwischen dem Magnet 16 und dem Magnet 18 und ein zweiter Luftspalt zwischen dem Magnet 16 und dem Magnet 17 vergrößert sich. Die Abstoßung nimmt in dem kleineren ersten Luftspalt zu, im größeren zweiten Luftspalt nimmt sie ab. Hierdurch wird das Verhalten eines Nachgiebigkeitselements 4 erreicht und ein Rückstelldrehmoment M_R erzeugt. Über die Aktoreinheiten 3 könnten die ersten und zweiten Luftspalte verändert werden und damit die Kennlinien. Es ist besonders vorteilhaft, beide Magnete 17, 18 über nur eine Aktoreinheit 3 und ein entsprechendes Getriebe simultan zu verstellen. Die Magnete 17, 18 sind Permanentmagnete, könnten jedoch erfindungsgemäß auch durch Elektromagnete ersetzt werden. Diese Ausführungsform erfordert weitere schaltungstechnische Schutzmaßnahmen zur Abschirmung der Magnete vor magnetischen Störfeldern, um sicherzustellen, dass der Betätigungshebel 1 durch die Rückstelleinheit ausschließlich Rückstelldrehmomente M_R erfährt, die in Richtung seiner Neutralstellung wirken.

[0037] Die **Fig. 12** zeigt eine schematische Ansicht eines Nachgiebigkeitselements eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer zwölften Ausführungsform. In dem Figurenteil links sich die Aktoreinheit 3 in einem ausgefahrenen Zustand und rechts in einem eingefahrenen Zustand. Bei der zwölften Ausführungsform ist vorgesehen, eine Torsionsfeder 22 mit rechteckigem Querschnitt in einem Lagerblock 20 fest einzuspannen. Ein zweiter Lagerblock 21 kann durch eine Aktoreinheit 3 entlang der Längsachse der Torsionsfeder 22 bewegt werden, wobei der zweite Lagerblock 21 sämtliche Torsionsmomente aufnimmt. Das freie Ende der Torsionsfeder 22 ist in dem Drehpunkt 2 des Betätigungshebels 1 angeordnet. Durch ein Verschieben des beweglichen Lagerblocks 21 entlang der Längsachse der Torsionsfeder 22 ist deren Charakteristik und somit die Kennlinie des Bedienelements einstellbar. Mittels geeigneter Anschläge lässt sich auch hier sicherstellen, dass das Bedienelement bei Fehlfunktion der Aktoreinheit voll funktionsfähig bleibt. Alternativ zu der Torsionsfeder 22 ist erfindungsgemäß eine einseitig eingespannte Blattfeder als Biegefeder vorgesehen.

[0038] Die **Fig. 13** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer dreizehnten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem ausgelenkten Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Bei der dreizehnten Ausführungsform gleitet ein Stößel 23 auf der Kulisse 5. Besonders vorteilhaft ist, dass die gesamte erfindungsrelevante Mechanik an einer dem Benutzer zugewandten Griffstange 24 des Betätigungshebels 1 diesseits oder oberhalb des Drehpunkts 2 angeordnet ist. Die Aktoreinheit 3 ist mit dem Betätigungshebel 1 fest verbunden, um die Vorspannung des Nachgiebigkeitselements 4 zu modulieren. Das Nachgiebigkeitselement 4 ist vorzugsweise als eine Schraubenfeder ausgebildet, die den Betätigungshebel 1 umgreift und auf ihm gleitend angeordnet ist. So ergibt sich eine besonders kompakte Anordnung. Wenn der Betätigungshebel 1 ausgelenkt wird, weicht der Stößel 23 auf Grund der Kulisse 5 gegen die Federkraft F_F des Nachgiebigkeitselements 4 aus. Auf diese Weise wird ein Rückstelldrehmoment M_R erzeugt.

[0039] Die **Fig. 14** zeigt eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Bedienelements gemäß einer vierzehnten Ausführungsform. Das Bedienelement ist als Joystick ausgebildet. In dem Figurenteil links befindet sich der Joystick in einem neutralen Zustand bei ausgefahrener Aktoreinheit 3 und rechts in einem neutralen Zustand bei eingefahrener Aktoreinheit 3. Bei der vierzehnten Ausführungsform ist die Kulisse 25 nicht nur durch die Aktoreinheit 3 parallel verschiebbar ausgebildet, sondern flexibel ausgeführt und lose zwischen vier Lagern 26 gelagert. Die Aktoreinheit 3 moduliert die Form der Kulisse 25. Bei dieser Ausführungsform werden gleichzeitig die Vorspannung des Nachgiebigkeitselements 4 und der Abstand eines Auflagepunkts 27 des Tastelements auf der Kulisse zu dem Drehpunkt 2 verändert. Anstatt einer einzigen Aktoreinheit 3 können auch mehrere Aktoreinheiten 3 an unterschiedlichen Stellen an der flexiblen Kulisse 25 angreifen und deren Form verändern. So ergeben sich mehrere Freiheitsgrade bei

der Modulation der Kennlinie. Damit der Betätigungshebel 1 unter allen Umständen in seine Neutrallage zurückkehrt, sind die Stellwege der Aktoreinheiten 3 mittels intrinsischer Stellwegbegrenzungen oder Anschlägen so zu begrenzen, dass die Aktoreinheiten 3 der flexiblen Kulisse 25 keine Form geben können, die lokale Extrema im Verlauf der potentiellen Energie des Tastelements enthält.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0040]

1	Betätigungshebel
2	Drehpunkt
3	Aktoreinheit
3a	Aktoreinheit
3b	Aktoreinheit
3'	Aktoreinheit
4	Nachgiebigkeitselement
4a	Nachgiebigkeitselement
4b	Nachgiebigkeitselement
5	Kulisse
6	Einstellbares Nachgiebigkeitselement
7	Gasdruck
8	Kulisse
9	Kraftangriffspunkt
10	Anschlag
11	Gelenk
12	Gelenk
13	Kulissenblock
14	Kulissenwalze
15	Lager
16	Magnet
17	Magnet
18	Magnet
20	Lagerblock
21	Lagerblock
22	Torsionsfeder
23	Stößel
24	Griffstange
25	Kulisse
26	Lager
27	Auflagepunkt
F_B	Benutzerkraft
F_F	Federkraft
F_R	Rückstellkraft
p	Gasdruck
M_R	Rückstelldrehmoment

Patentansprüche

1. Bedienelement, umfassend ein Gehäuse, einen in dem Gehäuse um einen Drehpunkt (2) schwenkbar gelagerten Betätigungshebel (1) und eine Rückstelleinheit zum Bereitstellen eines Rückstelldrehmoments (M_R) zum Rückstellen des Betätigungshebels (1) von einem ausgelenkten Zustand in einen neutralen Zustand, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bedienelement eine mit der Rückstelleinheit in Wirkverbindung stehende Aktoreinheit (3) umfasst, wobei die Aktoreinheit (3) zum begrenzten Modulieren des Rückstelldrehmoments (M_R) ausgebildet ist, wobei bei einer unteren Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment (M_R) in dem ausgelenkten Zustand größer null ist.

2. Bedienelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer oberen Modulationsgrenze das Rückstelldrehmoment (M_R) kleiner als ein von einem Benutzer aufbringbares Auslenkdrehmoment zum Auslenken des Betätigungshebels (1) ist.

3. Bedienelement nach Anspruch 1 oder **2, dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstelleinheit ein Nachgiebigkeitselement (4) aufweist, wobei die Aktoreinheit (3) eine Rückstellcharakteristik des Nachgiebigkeitselements (4) modulierend ausgebildet ist.

4. Bedienelement nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Nachgiebigkeitselement (4) eine Druckfeder oder eine Zugfeder oder einen Gaskolben oder einen Magnet aufweist.

5. Bedienelement nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstelleinheit eine Kulisse (5) und ein die Kulisse (5) abtastendes Tastelement aufweist, wobei die Aktoreinheit (3) eine Anpresskraft des Tastelements gegen die Kulisse (5) nach Betrag und/oder Richtung modulierend ausgebildet ist.

6. Bedienelement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tastelement eine Kugel oder eine Walze oder einen Nocken aufweist.

7. Bedienelement nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstelleinheit zwei Magnete (16, 17) aufweist, wobei die Aktoreinheit (3) eine zwischen den Magneten (16, 17) wirkende Magnetkraft nach Betrag und/oder Richtung modulierend ausgebildet ist.

8. Bedienelement nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückstelleinheit eine lineare Kette aufweist, deren eines Ende an dem Gehäuse und deren anderes Ende an dem Betätigungshebel (1) befestigt sind und die das Nachgiebigkeitselement (4) umfasst, wobei die Aktoreinheit (3) eine Vorspannung des Nachgiebigkeitselements (4) modulierend ausgebildet ist.

9. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoreinheit (3) einen intrinsisch begrenzten Stellweg

bereitstellend ausgebildet ist.

10. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bedienelement Anschläge zum Begrenzen eines Stellwegs der Aktoreinheit (3) aufweist.

11. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoreinheit (3) einen Aktor aufweist, wobei der Aktor als ein Elektromotor oder ein elektrodynamischer Linearantrieb oder ein piezoelektrischer Antrieb oder ein Elektromagnet oder ein pneumatischer Antrieb oder ein hydraulischer Antrieb ausgebildet ist.

12. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoreinheit (3) einen Aktor aufweist, wobei der Aktor außerhalb des Bedienelements angeordnet ist.

13. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoreinheit (3) anstatt eines Aktors ein Stellglied aufweist.

14. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehpunkt (2) als eine Betätigungsachse oder als zwei zueinander orthogonal orientierte Betätigungsachsen oder als drei zueinander orthogonale Betätigungsachsen ausgebildet ist.

15. Bedienelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rückstelldrehmoment in dem ausgelenkten Zustand 0,001 Nm bis 10,0 Nm beträgt.

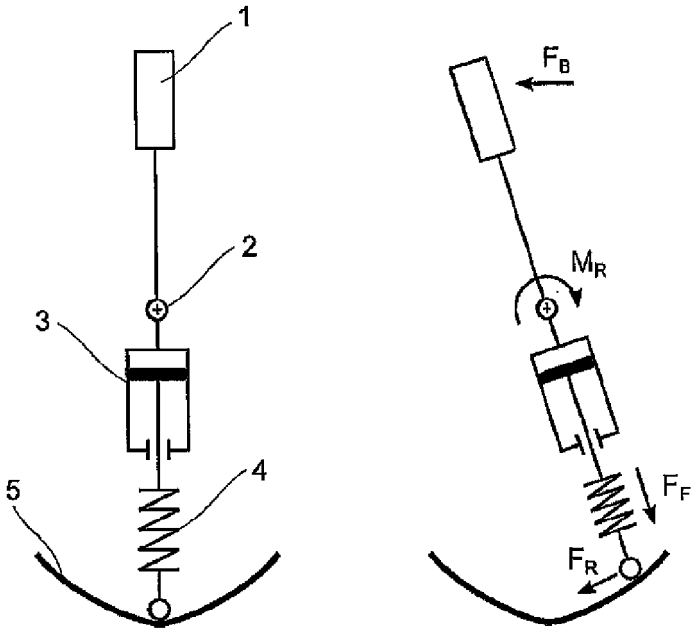


Fig. 1

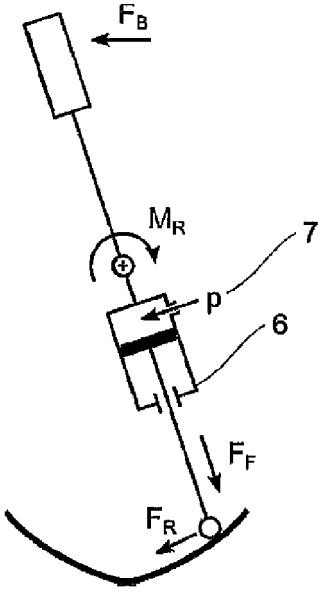


Fig. 2

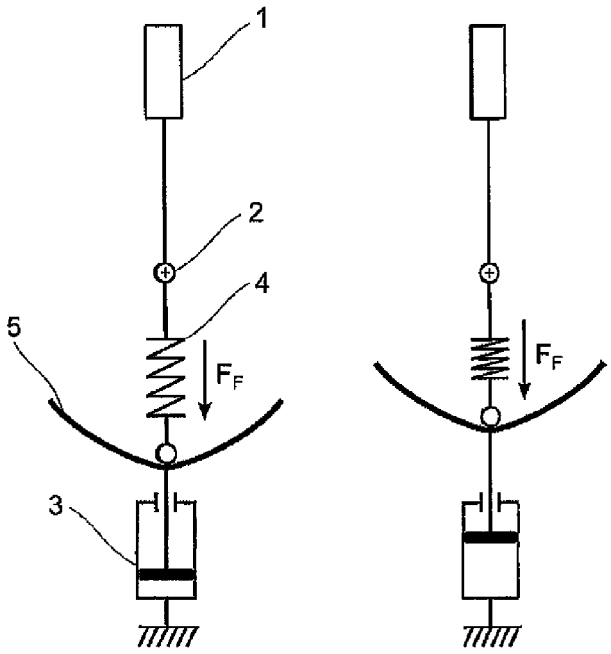


Fig. 3

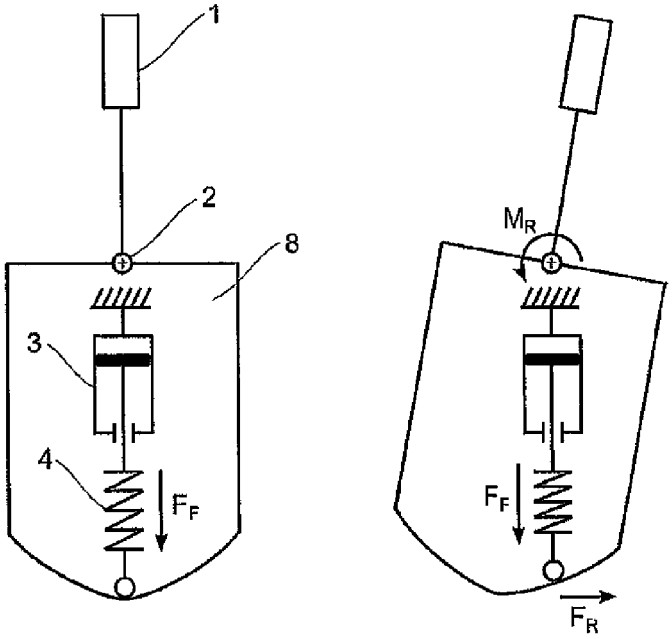


Fig. 4

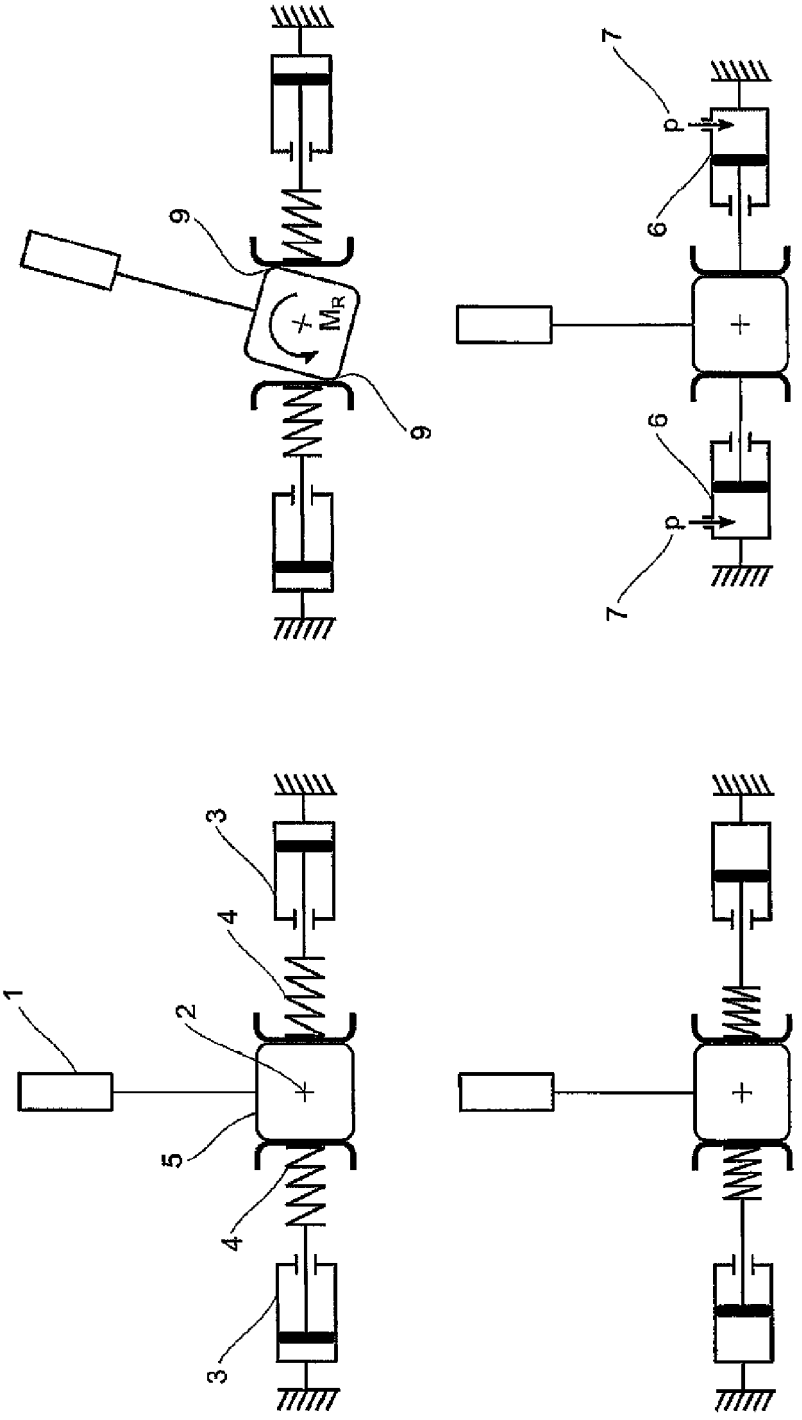


Fig. 5

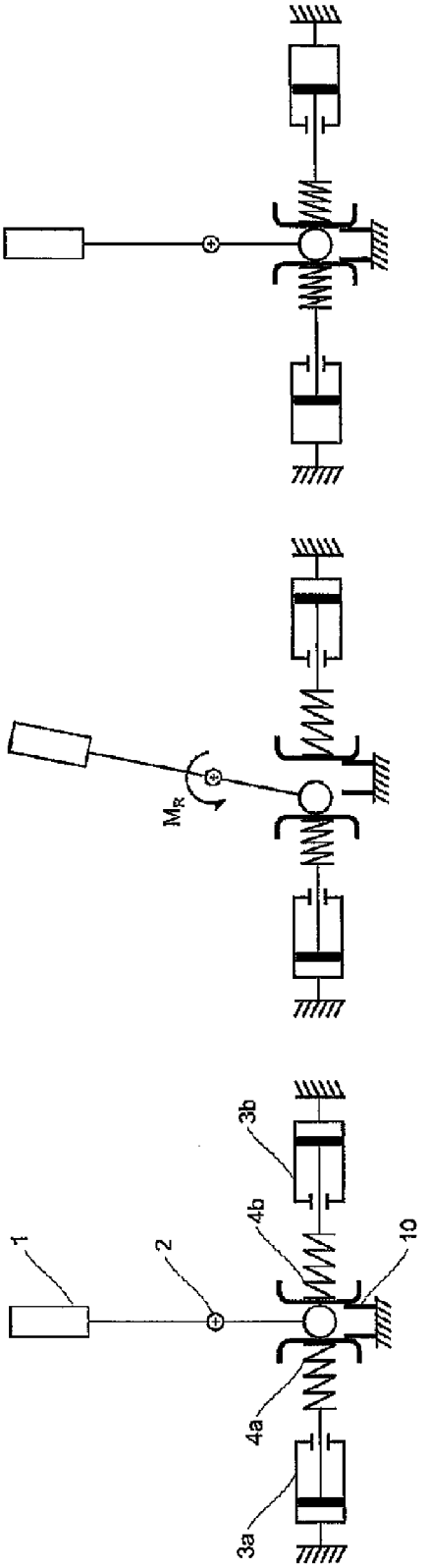


Fig. 6

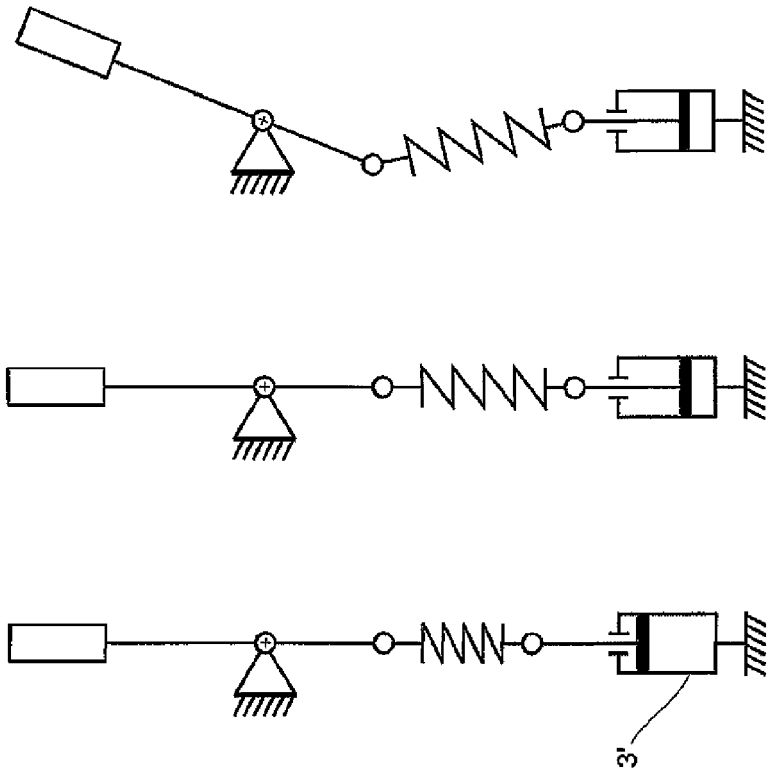
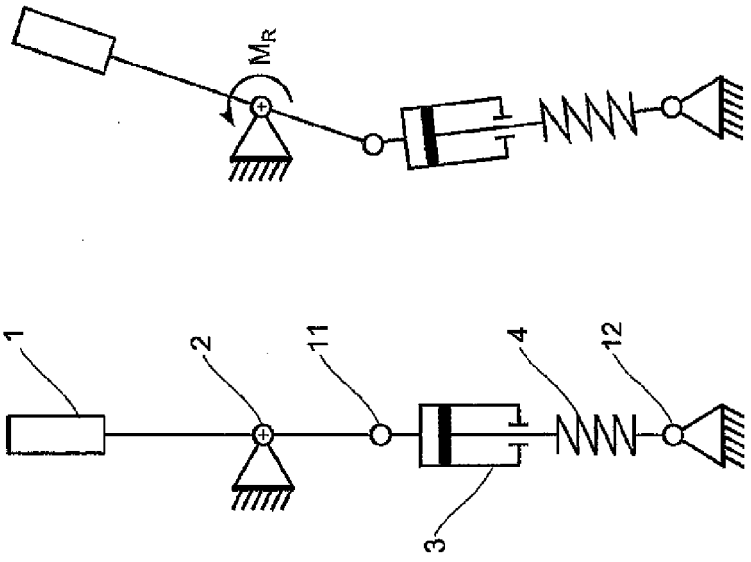


Fig. 7



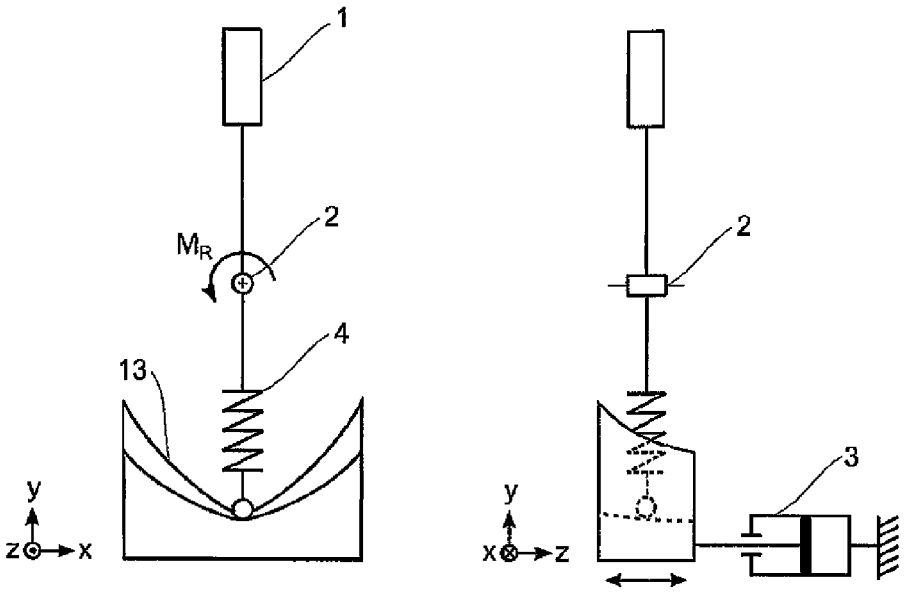


Fig. 8

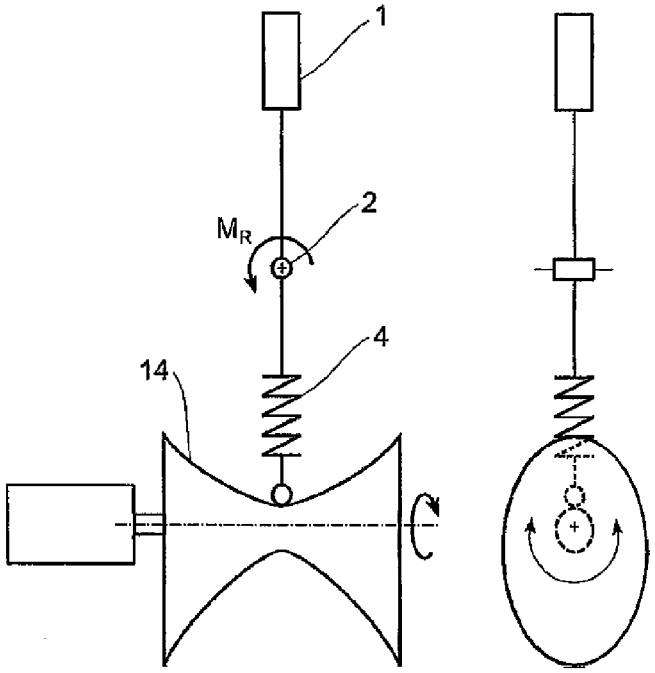


Fig. 9

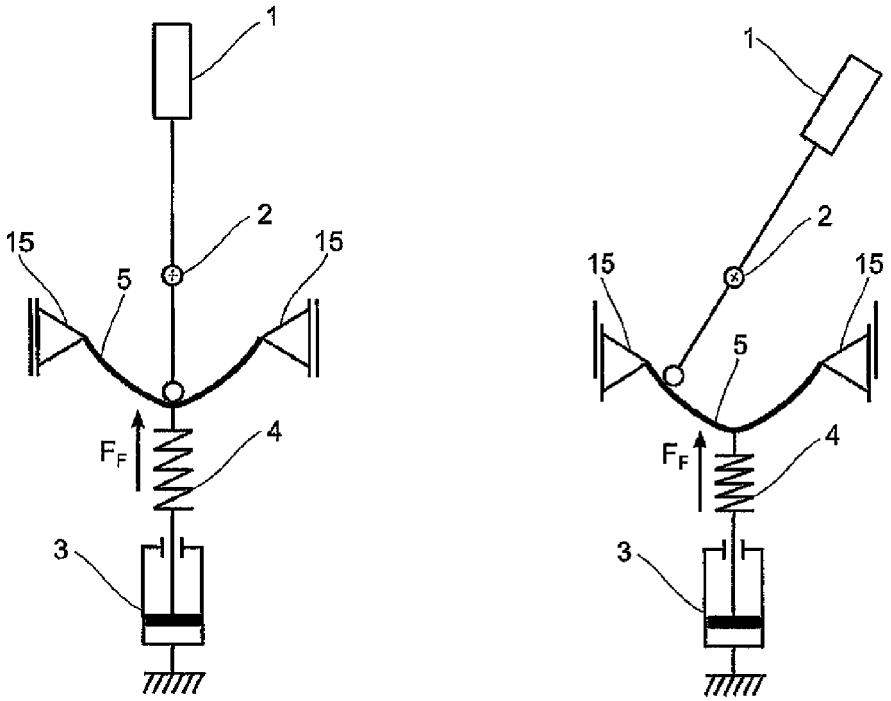


Fig. 10

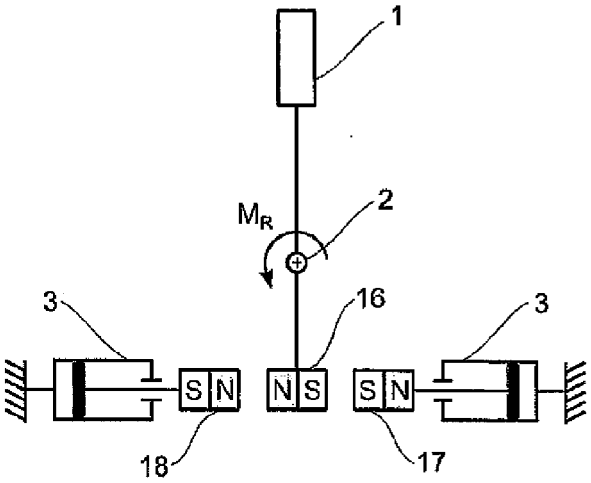


Fig. 11

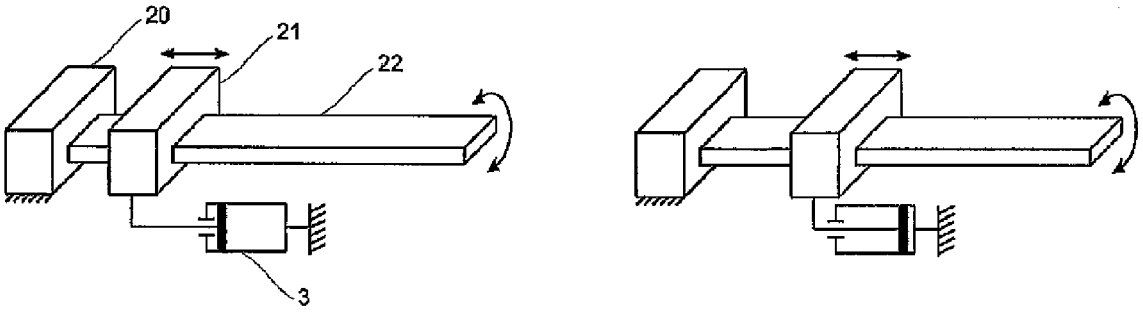


Fig. 12

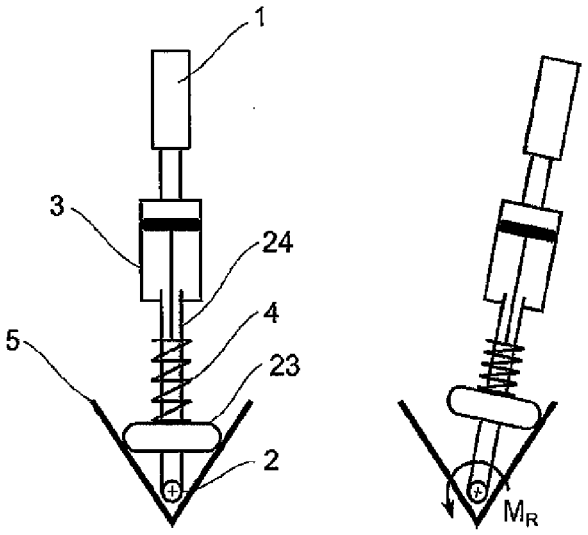


Fig. 13

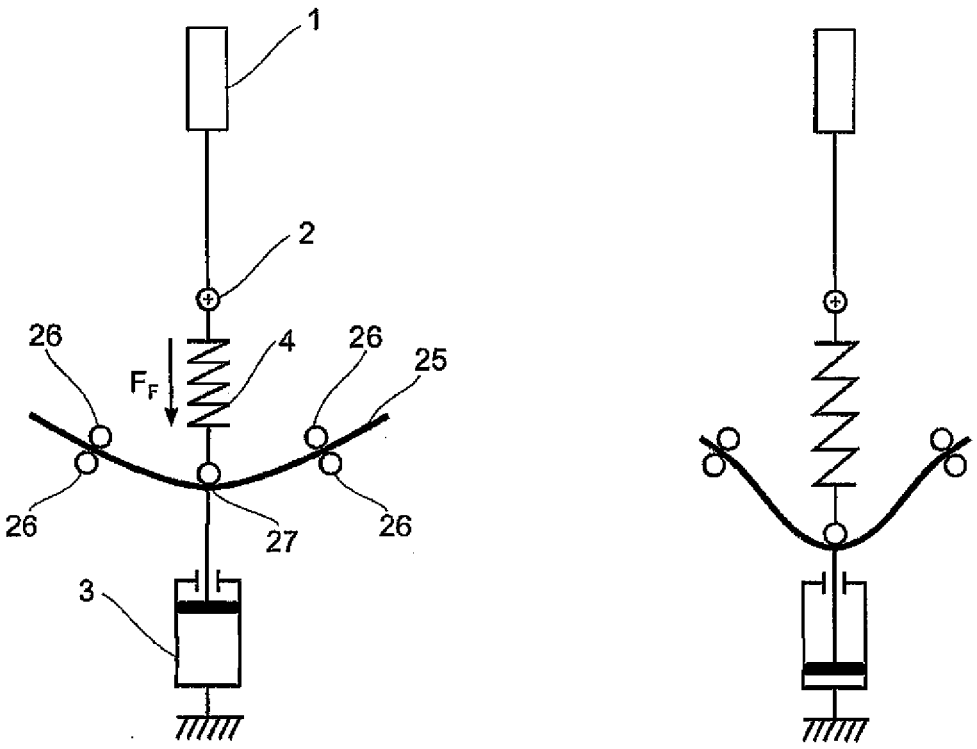


Fig. 14