



(10) **DE 10 2015 206 035 A1** 2016.10.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 206 035.7**

(22) Anmeldetag: **02.04.2015**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2016**

(51) Int Cl.: **H01F 7/08 (2006.01)**

H01F 7/16 (2006.01)

B60T 13/10 (2006.01)

F04B 17/03 (2006.01)

F04B 1/26 (2006.01)

F04B 1/20 (2006.01)

F04B 1/06 (2006.01)

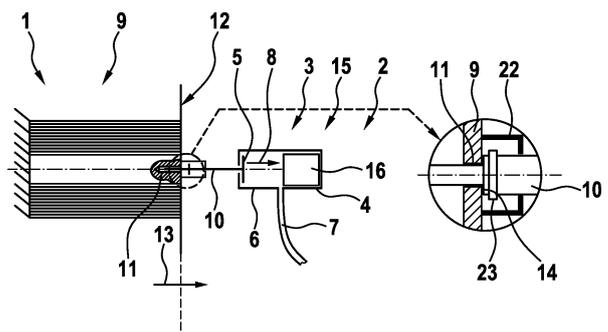
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Verhagen, Armin, 71701 Schwieberdingen, DE;
Yde, Jens Juul, Nordborg, DK; Friedrich, Thomas,
71691 Freiberg, DE; Kiil, Hans Erik, Nordborg, DK;
Hamann, Michael Jorgen, Nordborg, DK; Denes,
Istvan, 71336 Waiblingen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Aktorvorrichtung, Hydraulikeinrichtung, Hydrauliksystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Aktorvorrichtung (1), insbesondere für eine hydraulische Anwendung, mit einem verlagerbaren Kolben (5), dem zu seiner Verlagerung in eine Betätigungsrichtung (8) ein elektroaktiver Polymeraktuator (9) zugeordnet ist, und mit einer Magneteinrichtung (15) zur Unterstützung des Polymeraktuator (9). Es ist vorgesehen, dass der Kolben (5) in der Betätigungsrichtung verschiebbar an dem Polymeraktuator (9) gelagert ist, und dass die Magneteinrichtung (15) dem Kolben (5) derart zugeordnet ist, dass dieser in zumindest einem Betätigungszustand des Polymeraktuator (9) unabhängig von dem Polymeraktuator (9) durch Magnetkraft verlagert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aktorvorrichtung, insbesondere für eine hydraulische Anwendung, mit einem insbesondere in einer Hydraulikkammer verlagerten Kolben, dem zu seiner Verlagerung in eine Betätigungsrichtung ein elektroaktiver Polymeraktor zugeordnet ist, und mit einer Magneteinrichtung zur Unterstützung des Polymeraktors.

[0002] Ferner betrifft die Erfindung eine Hydraulik-einrichtung mit einer derartigen Vorrichtung sowie ein Hydrauliksystem mit einer entsprechenden Hydraulik-einrichtung.

Stand der Technik

[0003] Elektroaktive Polymeraktoren (EAP-Aktoren) sind bereits für viele hydraulische Anwendungen, wie Pumpen, Ventile oder dergleichen im Einsatz. Aus der DE 10 2005 051 444 A1 ist es beispielsweise bereits bekannt, eine Bremskraftverstärkung mittels eines elektroaktiven Polymeraktors zu bewirken. Aus der US 8,072,121 B2 ist darüber hinaus bereits ein Wandler mit elektroaktivem Polymeraktor bekannt, dem außerdem eine Magneteinrichtung zugeordnet ist, die aus zwei sich magnetisch anziehenden Elementen besteht, wobei eines ortsfest und das andere mit dem Polymeraktor verbunden ist, um ab einer Mindestauslenkung beziehungsweise Betätigung des Polymeraktors diesen zu unterstützen. Sobald der Polymeraktor mit seinem Magnetelement in das Magnetfeld des ortsfest angeordneten Magnetelements gerät, wird eine zusätzliche Kraft, nämlich eine Magnetkraft auf den Polymeraktor ausgeübt, durch welche der Polymeraktor bei seiner Betätigung unterstützt wird, so dass dieser bis zum Ende seines Betätigungsweges eine hohe Betätigungskraft bereitstellt.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Durch die erfindungsgemäße Aktorvorrichtung wird der Vorteil erreicht, dass ein durch den Polymeraktor üblicherweise bereitgestellter Betätigungsweg, also die Strecke, die der Kolben durch den Polymeraktor verlagert werden kann, auf einfache Art und Weise erweitert beziehungsweise vergrößert wird. Dadurch erhält die Aktorvorrichtung eine höhere Flexibilität und die Betätigungskraft, die bei Polymeraktoren in der Regel mit dem Betätigungsweg abnimmt, wird durch erfindungsgemäße Aktorvorrichtung bis zum Ende aufrecht erhalten beziehungsweise mit zunehmendem Weg sogar erhöht. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass der Kolben in der Betätigungsrichtung verschiebbar an dem Polymeraktor gelagert ist, und dass die Magneteinrichtung dem Kolben derart zugeordnet ist, dass dieser in zumindest einem Betätigungszustand des Polymeraktors unabhängig von dem Polymer-

aktor verlagerbar ist. Dadurch wird erreicht, dass der Kolben magnetisch unabhängig von der Betätigung des Polymeraktors in zumindest einem Betriebszustand des Polymeraktors verlagerbar ist. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Magneteinrichtung insbesondere dann wirkt, wenn der Polymeraktor betätigt wurde und seine maximale Auslenkung erreicht hat, in welcher der Kolben maximal durch den Polymeraktor verlagert ist. Zumindest in dieser Stelle wirkt die Magneteinrichtung derart, dass sie den Kolben unabhängig von dem Polymeraktor weiter verlagert, dadurch wird der Bewegungsweg des Kolbens insgesamt vergrößert. Bei dem Kolben kann es sich um einen hydraulischen Kolben, der in einer Hydraulikkammer verlagerbar ist, oder auch um einen mechanischen Kolben handeln, der beispielsweise mechanisch direkt ein Ventil, eine Klappe oder ein anderes Element betätigt.

[0005] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Magneteinrichtung derart ausgebildet und/oder angeordnet ist, dass sie den Kolben dann, und zwar nur dann anzieht, wenn der Polymeraktor betätigt ist beziehungsweise wurde. Hierdurch wird gewährleistet, dass eine Betätigung der Aktorvorrichtung nur dann erfolgt, wenn der elektroaktive Polymeraktor angesteuert wird. Wie zuvor bereits erwähnt, ist der Kolben an dem Polymeraktor beweglich gelagert, und die Magneteinrichtung ist derart angeordnet oder ausgebildet, dass sie auf den Kolben erst dann eine Kraft ausüben kann, wenn der Polymeraktor betätigt wurde und der Kolben in den Wirkungsbereich der Magneteinrichtung verlagert wurde.

[0006] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Magneteinrichtung wenigstens einen gehäuseseitig fest beziehungsweise ortsfest angeordneten Permanentmagneten aufweist, der mit einem an dem Kolben angeordneten magnetischen Element oder mit dem dann magnetisch ausgebildeten Kolben zusammen wirkt, wenn der Polymeraktor betätigt wurde. Durch das Vorsehen eines oder wenigstens eines Permanentmagneten ist eine besonders energiesparende Betätigung der Aktorvorrichtung gewährleistet, die darüber hinaus keine zusätzliche elektrische Ansteuerung, abgesehen von der Ansteuerung des Polymeraktors, benötigt. Hierdurch kann eine besonders kompakte und kostensparende Ausbildung der Aktorvorrichtung bereitgestellt werden.

[0007] Weiterhin ist bevorzugt vorgesehen, dass der Permanentmagnet dem Kolben gegenüberliegend, insbesondere in oder an der Hydraulikkammer, angeordnet ist. Der Permanentmagnet kann dabei beispielsweise vor oder hinter einer Gehäusewand, insbesondere innerhalb oder außerhalb der Hydraulikkammer angeordnet sein, sofern gewährleistet ist, dass ein magnetisches Feld mit dem Kolben be-

ziehungsweise mit einem an dem Kolben angeordneten Magnetelement zusammenwirken kann, wenn der Kolben durch den Polymeraktuator entsprechend weit beispielsweise in die Hydraulikkammer hineingeschoben wurde. Der Permanentmagnet ist dabei derart ausgebildet beziehungsweise ausgerichtet, dass ein Magnetfeld auf den Kolben anziehend wirkt, um diesen weiter insbesondere in die Hydraulikkammer hineinzuziehen.

[0008] Alternativ ist bevorzugt vorgesehen, dass der Permanentmagnet einer insbesondere aus der Hydraulikkammer heraus zu dem Polymeraktuator geführten Kolbenstange des Kolbens zugeordnet ist. Der Permanentmagnet kann in diesem Fall auch eine abstoßende Magnetkraft auf den Kolben ausüben, um diesen in Richtung insbesondere der Hydraulikkammer weiter zu verlagern. Es ergeben sich hierdurch ebenfalls die bereits genannten Vorteile.

[0009] Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass die Magneteinrichtung einen Magnetring mit dem wenigstens einen Permanentmagneten aufweist, wobei die Kolbenstange durch einen Spalt des Magnetings hindurchgeführt ist. Hierdurch können besonders gezielt Magnetkräfte auf den Kolben ausgeübt und der Kolben sicher geführt werden.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Polymeraktuator an seinem freien, dem Kolben zugewandten Ende eine Kolbenstangenführung für die Kolbenstange aufweist. Die Kolbenstange ist somit in der Kolbenstangenführung gelagert, wobei die Kolbenstangenführung die Kolbenstange in Betätigungsrichtung des Polymeraktuators verschiebbar lagert, sodass die durch den Polymeraktuator zunächst erzeugte Bewegung durch die Magneteinrichtung weitergeführt wird, wenn die Kolbenstange an der Kolbenstangenführung gelagert von dem Polymeraktuator weggezogen wird.

[0011] Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass die Kolbenstangenführung einen Anschlag, insbesondere Axialaufschlag, für den Kolben aufweist, mittels dessen der Kolben durch den Polymeraktuator zurückverlagerbar ist. Insbesondere dann, wenn die Magneteinrichtung einen oder mehrere Permanentmagneten zum Erzeugen der Magnetkraft aufweist, ist es erforderlich, dass der Kolben aktiv aus der Betätigungsstellung in eine zurückgezogene Ausgangsstellung bewegt wird beziehungsweise bewegbar ist. Durch den Anschlag des Polymeraktuators beziehungsweise der Kolbenstangenführung wird gewährleistet, dass, wenn der Polymeraktuator nicht länger angesteuert beziehungsweise bestromt wird, dieser die Kolbenstange mit zurück zieht beziehungsweise insbesondere aus der Hydraulikkammer heraus in seine Ausgangsstellung entgegen der Magnetkraft der Magneteinrichtung verlagert. Die Magneteinrich-

tung beziehungsweise der oder die Permanentmagneten sind dabei zweckmäßigerweise derart ausgebildet, dass ihre Magnetkraft nicht ausreicht, um den Polymeraktuator in der betätigten Stellung zu halten, wenn dieser nicht bestromt wird. Zweckmäßigerweise weist die Kolbenstangenführung einen weiteren Anschlag für den Kolben auf, der jedoch in die andere Richtung wirkt, sodass mittels des weiteren Anschlags der Polymeraktuator den Kolben in Richtung insbesondere der Hydraulikkammer formschlüssig bei seiner Betätigung verlagert.

[0012] Die erfindungsgemäße Hydraulikeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 9 zeichnet sich durch die erfindungsgemäße Vorrichtung aus. Es ergeben sich hierdurch die bereits genannten Vorteile. Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus dem zuvor Beschriebenen. Insbesondere ist die Hydraulikeinrichtung als Kolbenpumpe oder Ventileinrichtung ausgebildet.

[0013] Das erfindungsgemäße Hydrauliksystem eines Kraftfahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 10 zeichnet sich durch die erfindungsgemäße Hydraulikeinrichtung aus. Insbesondere ist das Hydrauliksystem als Bremssystem eines Kraftfahrzeugs ausgebildet, sodass sich die zuvor erläuterten Vorteile für das Bremssystem ergeben. Insbesondere wird durch die erfindungsgemäße Vorrichtung in dem erfindungsgemäßen Hydrauliksystem gewährleistet, dass größere Betätigungswege des Kolbens als bisher ermöglicht werden, sodass beispielsweise ein höheres Volumen an Bremsflüssigkeit gefördert oder in kürzerer Zeit ein gewünschter Druck wie bisher aufgebaut werden kann.

[0014] Im Folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Dazu zeigen

[0015] Fig. 1 eine Aktorvorrichtung für ein Hydrauliksystem eines Kraftfahrzeugs in einer vereinfachten Darstellung im Ausgangszustand,

[0016] Fig. 2 die Aktorvorrichtung im betätigten Zustand,

[0017] Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Aktorvorrichtung in einer vereinfachten Darstellung,

[0018] Fig. 4 ein Diagramm zur Erläuterung der Vorteile der Aktorvorrichtung und

[0019] Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Aktorvorrichtung in einer vereinfachten Darstellung.

[0020] Fig. 1 zeigt eine Aktorvorrichtung **1** für ein nicht näher dargestelltes Hydrauliksystem **2**, das eine Pumpe **3** aufweist, die als Kolbenpumpe ausgebildet ist. Dazu weist die Pumpe **3** ein Gehäuse **4** auf, in welchem ein Kolben **5** axial verlagerbar ist. Dabei bil-

det das Gehäuse **4** zusammen mit dem Kolben **5** eine Hydraulikkammer **6**, der ein hier nicht dargestellter Fluidzulauf sowie ein Fluidablauf **7** zugeordnet sind. Wird der Kolben **5** in die Hydraulikkammer **6** hineingetrieben, wie durch einen Pfeil **8** angedeutet, so wird das in der Hydraulikkammer **6** befindliche Fluidvolumen mit einer Druckkraft beaufschlagt, durch welche das Fluidvolumen aus der Hydraulikkammer **6** durch den Fluidablauf **7** ausgetrieben wird.

[0021] Zur Betätigung der Pumpe **3** ist die Aktorvorrichtung **1** vorgesehen, die den Kolben **5**, sowie einen dem Kolben **5** zugeordneten elektroaktiven Polymeraktuator **9** aufweist. Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung ändert der elektroaktive Polymeraktuator seine Form, wodurch er den Kolben **5** axial in dem Gehäuse **4** verlagern kann. Der Kolben **5** weist dabei eine Kolbenstange **10** auf, die aus dem Gehäuse **4** herausgeführt ist und in einer Kolbenstangenführung **11** des Polymeraktuator **9** verschiebbar gelagert ist. Dabei ist die Kolbenführung **11** derart ausgebildet, dass die Kolbenstange **10** in ihrer Längserstreckung in beziehungsweise an dem Polymeraktuator **9** verlagerbar ist. Dabei ist die Kolbenführung **11** an einem freien Ende **12** des Polymeraktuator **9** angeordnet, das sich bei einer Betätigung beziehungsweise bei Anlegen einer Spannung an den Polymeraktuator **9** in Richtung auf das Gehäuse **4** zubewegt, wie durch einen Pfeil **13** angedeutet. Die Kolbenstange **10** weist dabei einen Axialanschlag **14** auf, der mit der freien Stirnseite **12** des Polymeraktuator **9** zusammenwirkt, sodass dieser bei seiner Betätigung gegen den Axialanschlag **14** drückt und dadurch den Kolben **5** in die Hydraulikkammer **6** gemäß Pfeil **8** hineinbewegt. Auf der dem freien Ende **12** gegenüberliegenden Seite ist der Polymeraktuator **9** fest verankert beziehungsweise angeordnet.

[0022] Die Aktorvorrichtung **1** weist weiterhin eine Magneteinrichtung **15** auf, die dazu ausgebildet ist, den Polymeraktuator **9** zu unterstützen. Dabei weist die Magneteinrichtung **15** vorliegend einen Permanentmagneten **16** auf, der in dem Gehäuse **4** auf der dem Kolben **5** gegenüberliegenden Seite angeordnet ist.

[0023] Dabei ist das Magnetfeld beziehungsweise der Permanentmagnet **16** derart ausgerichtet, dass er den Kolben **5** magnetisch anzieht. Der Kolben **5** ist dazu entsprechend aus magnetischem Material gefertigt und/oder weist wenigstens ein Element aus magnetisch gefertigtem Material auf, das, sobald es in das Magnetfeld des Permanentmagneten **16** eingedrungen ist, den Kolben **5** weiter in das Gehäuse **4** gemäß Pfeil **8** hineinbewegt. Dabei ist der Kolben **5** aufgrund der beweglichen Lagerung der Kolbenstange **10** in der Kolbenstangenführung **11** durch die Magneteinrichtung **15** unabhängig von dem Polymeraktuator **9** bewegbar.

[0024] Fig. 2 zeigt die Aktuatorvorrichtung **1** im betätigten Zustand, wobei aus Fig. 1 bereits bekannte Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, sodass insofern auf die oben beschriebene Beschreibung verwiesen wird.

[0025] Wird der Polymeraktuator **9** mit einer Spannung beaufschlagt, so bewegt sich sein freies Ende **12**, wie vorher bereits erwähnt, in Richtung des Gehäuses **4**, wobei sich das freie Ende **12** maximal um einen Weg x verlagern lässt. Der Weg x hängt dabei von der Ausbildung des Polymeraktuator **9** ab und lässt sich im Betrieb nicht erweitern. Der Polymeraktuator **9** drängt dabei den Kolben **5**, wie zuvor bereits erwähnt, gemäß Pfeil **8** in die Hydraulikkammer **6** hinein. Dabei gerät der Kolben **5** in das Magnetfeld des Permanentmagneten **16**, welcher dann den Kolben **5** weiter zu sich heranzieht, sodass der Kolben **5** einen Weg y in der Hydraulikkammer **6** in Richtung des Pfeils **8** zurücklegt, der sich aus dem Weg x des Polymeraktuator **9** und dem Weg r , den der Kolben **5** relativ zu dem Polymeraktuator **9** überwindet, ergibt, wie in Fig. 2 gezeigt.

[0026] Die vorteilhafte Ausbildung der Aktorvorrichtung **1** erlaubt somit einen größeren Bewegungsweg des Kolbens **5** als bisher, sodass ein größeres Volumen durch die Pumpe **3** als bisher gefördert werden kann, wobei der Polymeraktuator **9** durch die Magneteinrichtung **15** im Betrieb unterstützt wird. Insbesondere wird dabei erreicht, dass die Betätigungskraft, die auf den Kolben **5** wirkt, mit zunehmendem Verlagerungsweg aufgrund des vorteilhaft angeordneten Permanentmagneten **16** bis zum Ende hin zunimmt, sodass das Fluid mit hoher Kraft beziehungsweise mit hohem Druck aus dem Gehäuse **4** getrieben wird. Während die Betätigungskraft des Polymeraktuator **9** mit zunehmendem Weg x abnimmt, nimmt die Kraft des Permanentmagneten **16**, die auf den Kolben **5** wirkt zu, sodass hierdurch ein hohes Volumen gefördert wird und gleichzeitig ein hoher hydraulischer Druck gewährleistet ist. Selbstverständlich ist es auch möglich, mehr als nur einen Permanentmagneten **16** vorzusehen, um die Betätigungskraft und/oder den Betätigungsweg zu vergrößern. Auch ist es denkbar, im Unterschied zum dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, den oder die Permanentmagneten außerhalb der Hydraulikkammer **6** an dem Gehäuse anzuordnen.

[0027] Ein weiterer Vorteil, der sich aus der Aktorvorrichtung **1** ergibt, ist, dass, wenn nur ein kleiner Bewegungsweg benötigt ist, nur der Polymeraktuator **9** betätigt werden kann. Dabei darf hier auch der Polymeraktuator **9** nur derart weit betätigt werden, dass der Kolben **5** nicht in das Magnetfeld des Permanentmagneten **16** gerät. Die dann notwendige Energie, um den Polymeraktuator **9** in einer Gebrauchsstellung zu halten, ist verhältnismäßig gering. Für Situationen, in denen eine höhere Kraft oder ein höherer hydraulischer

scher Druck notwendig sind, wird der Polymeraktuator **9** derart betätigt, dass der Kolben **5** in das magnetische Feld des Permanentmagneten **16** beziehungsweise der Magneteinrichtung **15** gerät.

[0028] Alternativ zu dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es auch denkbar, die Magneteinrichtung **15** als Elektromagneteinrichtung auszubilden, die ein Magnetfeld bei elektrischer Bestromung erzeugt. Dadurch kann die Betätigung des Kolbens **5** noch weiter verbessert und insbesondere gezielter gesteuert werden, unabhängig von einer Position oder einem Betätigungsstatus des Polymeraktuators **9**.

[0029] Fig. 3 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der Aktorvorrichtung **1** in einer vereinfachten Schnittdarstellung. Aus den vorhergehenden Figuren bereits bekannte Elemente sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die oben stehende Beschreibung verwiesen wird. Im Folgenden soll im Wesentlichen nur auf die Unterschiede eingegangen werden.

[0030] Im Unterschied zu dem vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist vorliegend vorgesehen, dass die Magneteinrichtung **15** einen Magnetring **17** aufweist, der ortsfest zwischen dem Polymeraktuator **9** und dem Gehäuse **4** gehalten ist. Der Magnetring **17** weist zwei Permanentmagneten **18**, **19** auf, die einen Magnetfluss, wie er durch Linien **20** angedeutet ist, bewirken. Die Kolbenstange **10** ist durch einen Spalt **21** des Magnetings **17** hindurch geführt. Das freie Ende **12** des Polymeraktuators **9** bildet vorliegend einen Abschnitt des Magnetings **17**, der im unbetätigten Zustand beabstandet zu dem übrigen Magnetring **17** liegt, insbesondere zu den Permanentmagneten **18**, **19**, die in dem feststehenden Abschnitt des Magnetings **17** liegen. Die Kolbenstange **10** ist dabei, wie zuvor bereits erwähnt, der Stirnseite beziehungsweise dem freien Ende **12** des Polymeraktuators **9** zugeordnet.

[0031] Wird der Polymeraktuator **9** betätigt, so schiebt er den Kolben **5**, wie zuvor bereits beschrieben, in die Hydraulikkammer **6**, bis das freie Ende **12** in den Wirkungsbereich des Magnetings **17** beziehungsweise der Permanentmagneten **18**, **19** gelangt, sodass der magnetische Fluss **20** erzeugt wird, der die Kolbenstange **10** aus dem Magnetring **17** herausschiebt, sodass der Kolben **5** in die Hydraulikkammer **6** weiter eingetrieben wird, als er allein durch den Polymeraktuator **9** bewegt werden könnte.

[0032] Weiterhin weist die Kolbenstangenführung **11** einen Axialanschlag **22** auf, der mit einem Radialvorsprung **23** der Kolbenstange **10** zusammenwirkt und den maximalen Verlagerungsweg des Kolbens **5** in Richtung des Pfeils **8** begrenzt. Wird die Ansteuerung des Polymeraktuators **9** beendet, die Spannung als reduziert, so zieht sich der Polymeraktuator **9**

entgegen der Richtung des Pfeils **13** zurück. Durch den Axialanschlag **22**, der mit dem Vorsprung **23** zusammenwirkt, wird gewährleistet, dass der Polymeraktuator **9** den Kolben **5** aus der Hydraulikkammer **6** mit zurückzieht, und zwar entgegen der Magnetkraft der Magneteinrichtung **15**. Die Magnetkraft des Permanentmagneten **16** darf daher maximal derart groß gewählt sein, dass der Polymeraktuator **9** dazu in der Lage ist, den Kolben **5** eigenständig aus der ausgelagerten Position in seine Ausgangsposition zurückzuziehen. Weist die Magneteinrichtung **15** anstelle des Permanentmagneten einen Elektromagneten auf, ist die Berücksichtigung der Höhe der Magnetkraft und der Rückzugskraft des Polymeraktuators **9** nicht mehr relevant.

[0033] Der magnetische Kreis kann verschiedene Elemente, wie ein Luftspalt, Permanentmagnete, magnetische Materialien/Elemente und dergleichen umfassen. Die Bewegung der Kolbenstange **10** beeinflusst die Reluktanz des magnetischen Kreises. Die Kraft-Bewegungs-Charakteristik des magnetischen Kreises kann in Abhängigkeit von der magnetischen Energie unter Berücksichtigung der Verlagerung der beweglichen Teile wie folgt beschrieben werden:

$$F(x) = \frac{\partial W_m}{\partial x},$$

wobei sich die magnetische Energie W_m wie folgt ergibt:

$$W_m = \frac{MMF^2}{2R}$$

[0034] Dabei steht MMF für die magnetische Kraft, die durch den Permanentmagneten **18**, **19** oder einen Elektromagneten erzeugt wird, und R die resultierende Reluktanz (magnetischer Widerstand) der Magnetkreises. Die Reluktanz des magnetischen Leiters mit magnetischer Durchlässigkeit $\mu(x)$ Querschnittsfläche $A(x)$ und Länge l ergibt sich aus:

$$R = \frac{l}{\mu A}.$$

[0035] In der Annahme, dass MMF sich mit der Verlagerung des Kolbens **5** beziehungsweise der Kolbenstange **10** nicht verändert, ergibt sich folgendes:

$$F(x) = \frac{\partial W_m}{\partial x} = -\frac{MMF^2}{2R^2} \frac{\partial R}{\partial x}$$

[0036] Die Abhängigkeit der Reluktanz von der Verlagerung bestimmt die Kraft-Bewegungs-Charakteristik des magnetischen Kreises. Es können unterschiedliche Konfigurationen mit Permanentmagneten und/oder Elektromagneten, Luftspalt und magnetisch leitfähigen Elementen mit veränderlichen Quer-

schnittsflächen und/oder magnetischen Leitfähigkeiten vorgesehen werden, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

[0037] Fig. 4 zeigt ein Diagramm, in welchem eine Kraft F über den Bewegungsweg y des Kolbens **5** aufgetragen ist. Die in Fig. 4 gezeigten Werte sind dabei rein beispielhaft zu verstehen.

[0038] Eine erste Linie L1 zeigt den linearen Kraftverlauf des Polymeraktuators **9**, dessen Kraft mit zunehmendem Weg abnimmt. Eine zweite Linie L2 zeigt den Kraftverlauf über den Bewegungsweg, der sich aus der Magneteinrichtung **15** ergibt. Wie in dem Diagramm ersichtlich ist, wirkt die magnetische Kraft erst ab einem Mindestweg x_{\min} des Polymeraktuators **9**. Eine dritte Linie L3 zeigt die in Summe auf den Kolben **5** wirkenden Kräfte in Abhängigkeit von seiner Position. Dabei ist ersichtlich, dass, während die Kraft des Polymeraktuators **9** abnimmt, diese durch die Kraft der Magneteinrichtung **15** in Richtung eines maximalen Bewegungswegs y_{\max} überkompensiert wird, sodass bis zum Erreichen des maximalen Bewegungswegs y_{\max} eine hohe Betätigungskraft zum Betreiben der Pumpe **3** zur Verfügung steht. Der maximale Bewegungsweg y_{\max} wird insbesondere durch einen mechanischen Anschlag, insbesondere des Kolbens **5** in/an der Hydraulikkammer **6** definiert. Die Gesamtkraft, die auf den Kolben **5** wirkt, unterschreitet dabei in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel nie die Mindestkraft von $F_{\min} = 10$ N. Je nach Anwendungsfall können die Linien L1 und L2 selbstverständlich auch anders gestaltet werden, um beispielsweise eine insgesamt höhere Betätigungskraft F , eine insgesamt niedrigere Betätigungskraft F oder einen anderen Kraftverlauf zu erhalten.

[0039] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Aktorvorrichtung **1**, bei welcher die Hydraulikeinrichtung nicht als Kolbenpumpe **3**, sondern als Ventil, beziehungsweise Ventileinrichtung **24** ausgebildet ist. Dabei ist vorgesehen, dass die Ventileinrichtung **24** ein Vorsteuerventil **25** sowie ein durch das Vorsteuerventil **25** betriebenes Hauptventil **26** aufweist.

[0040] Das Vorsteuerventil **25** weist den Kolben **5** auf, der in diesem Fall nicht als Pumpenkolben, sondern als Stellkolben ausgebildet und in einer hydraulischen Stellkammer axial verlagerbar angeordnet ist. Durch Verlagern des Kolbens **5** in seiner Axialerstreckung werden unterschiedliche zu der Hydraulikkammer **4** führende Anschlüsse miteinander verbunden oder voneinander getrennt, um einen Hauptventilkolben **27** des Hauptventils **26** axial zum Freigeben oder Verschließen von Hydraulikanschlüssen zu verlagern. Das Prinzip eines Vorsteuerventils mit einem Hauptventil ist grundsätzlich bekannt und soll daher nicht näher erläutert werden.

[0041] Zur Betätigung des Kolbens **5** weist das Vorsteuerventil die Aktorvorrichtung **1** sowie eine weitere Aktorvorrichtung **28** auf, die jeweils einem Ende des Kolbens **5** zugeordnet sind. Die Aktorvorrichtung **25** ist vorliegend herkömmlich ausgebildet, mit einem Elektromagnet zur Betätigung des Kolbens **5**. Auf der gegenüberliegenden Seite ist dem Kolben **5** die vorteilhafte Aktorvorrichtung **1** zugeordnet, die gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel den Polymeraktuator **9** sowie die Magneteinrichtung **15** aufweist. Der Polymeraktuator **9** ist in seinem Ende **12** insbesondere fest mit dem Kolben **5** verbunden, sodass mit dem Polymeraktuator **9** der Kolben **5** zumindest über den Bewegungsweg x des Polymeraktuators **9** verlagerbar ist. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass der Permanentmagnet **16** in dem mittigen Hohlraum des als Rollenaktor ausgebildeten Polymeraktuators **9** angeordnet ist, sodass die Magneteinrichtung **15** in die – im Vergleich zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen – entgegengesetzte Richtung wirkt, nämlich derart, dass sie den Kolben **5** in Richtung des Polymeraktuators **9** magnetisch anzieht, sobald das Ende **12** des Polymeraktuators **9** mit dem Kolben **5** nahe genug zu dem Permanentmagneten **16** gelangt ist.

[0042] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel (hier nicht dargestellt) ist bevorzugt vorgesehen, dass auch die Aktorvorrichtung **28** wie die Aktorvorrichtung **1** ausgebildet ist und entsprechend einen Polymeraktuator **9** zur Betätigung des Kolbens **5** sowie eine Magneteinrichtung **15** aufweist. In diesem Fall, wenn also der Kolben **5** von zwei Seiten jeweils durch die vorteilhafte Aktorvorrichtung **1** betätigbar ist, werden die Aktorvorrichtungen **1** zweckmäßigerweise folgendermaßen angesteuert:

Um den Kolben **5** in seiner mittleren Ruhestellung zu halten, werden beide Polymeraktuatoren **9** vorgespannt. Dabei können die Polymeraktuatoren **9** teilaufgeladen oder entladen sein. Um den Vorsteuerventilkolben **5** in der Papierebene dann nach links zu verschieben, wird beispielsweise der linke Polymeraktuator entladen, sodass dieser den Kolben **5** in seine Richtung zieht, und der rechte Polymeraktuator **9** aufgeladen, sodass er den Kolben **5** in Richtung des linken Polymeraktuators schiebt. Bei einem Verschieben des Kolbens **5** in entgegengesetzter Richtung wird entsprechend umgekehrt vorgegangen. Der Magnet **16** der jeweiligen Magneteinrichtung **15** ist dabei zweckmäßigerweise derart positioniert, dass selbst bei maximalem Hub beziehungsweise Bewegungsweg kein mechanischer Kontakt zwischen Permanentmagnet **16** und Kolben **5** entsteht oder entstehen kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102005051444 A1 [0003]
- US 8072121 B2 [0003]

Patentansprüche

1. Aktorvorrichtung (1), insbesondere für eine hydraulische Anwendung, mit einem verlagerbaren Kolben (5), dem zu seiner Verlagerung in eine Betätigungsrichtung (8) ein elektroaktiver Polymeraktuator (9) zugeordnet ist, und mit einer Magneteinrichtung (15) zur Unterstützung des Polymeractuators (9), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (5) in der Betätigungsrichtung verschiebbar an dem Polymeraktuator (9) gelagert ist, und dass die Magneteinrichtung (15) dem Kolben (5) derart zugeordnet ist, dass dieser in zumindest einem Betätigungszustand des Polymeractuators (9) unabhängig von dem Polymeraktuator (9) durch Magnetkraft verlagert wird.

2. Aktorvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magneteinrichtung (15) derart ausgebildet und/oder angeordnet ist, dass sie den Kolben (5) nur dann betätigt, wenn der Polymeraktuator (9) betätigt wurde.

3. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magneteinrichtung (15) wenigstens einen ortsfest angeordneten Permanentmagneten (16, 18, 19) aufweist.

4. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Permanentmagnet (16) dem Kolben (5) gegenüberliegend angeordnet ist.

5. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Permanentmagnet (18, 19) einer zu dem Polymeraktuator (9) geführten Kolbenstange (10) des Kolbens (5) zugeordnet ist.

6. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magneteinrichtung (15) einen Magnetring (17) mit dem wenigstens einen Permanentmagneten (18, 19) aufweist, wobei die Kolbenstange (10) durch einen Luftspalt (21) des Magnetrings (17) geführt ist.

7. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Polymeraktuator (9) an seinem freien, dem Kolben (5) zugeordneten Ende (12) eine Kolbenstangenführung (11) für die Kolbenstange (10) aufweist.

8. Aktorvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolbenstangenführung (11) einen Axialanschlag (22) für den Kolben (5) aufweist, mittels dessen der Kolben (5) durch den Polymeraktuator (9) zurückverlagerbar ist.

9. Hydraulikeinrichtung, insbesondere Kolbenpumpe (3) oder Ventil, gekennzeichnet durch eine Aktorvorrichtung (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8.

10. Hydrauliksystem eines Kraftfahrzeugs, insbesondere Bremssystem, mit einer Hydraulikeinrichtung nach Anspruch 9.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Fig. 3

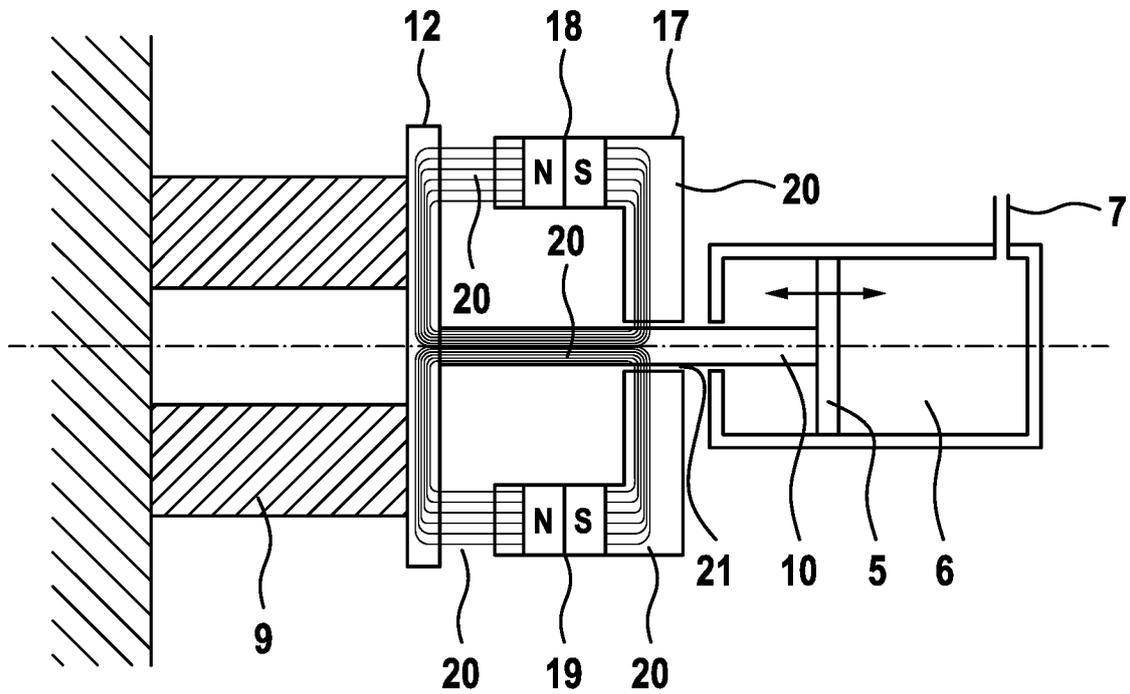


Fig. 4

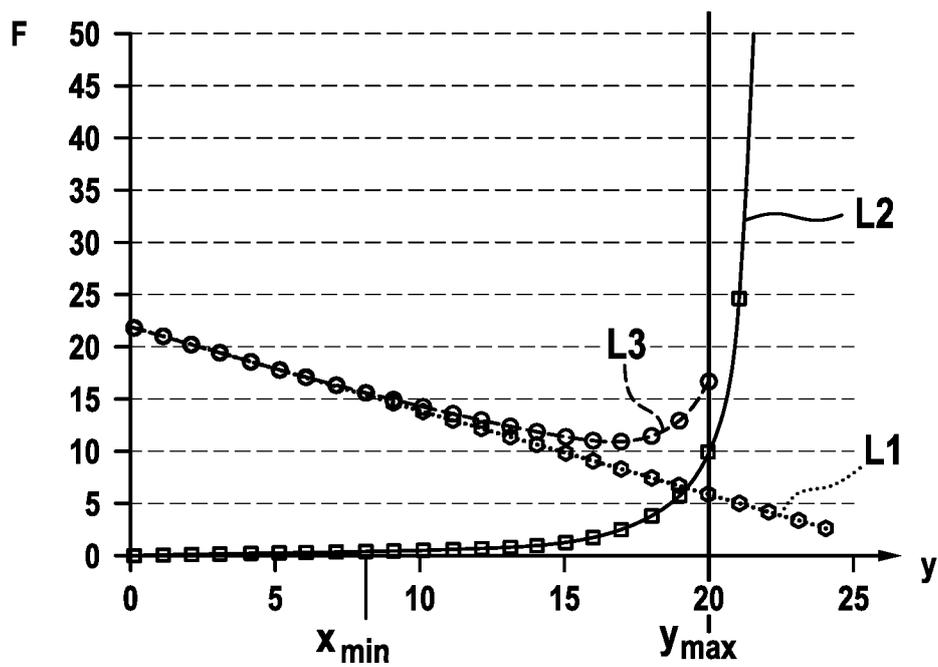


Fig. 5

