

(19)



(11)

**EP 3 364 015 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.04.2020 Patentblatt 2020/15**

(51) Int Cl.:  
**F02M 51/06 (2006.01) F02M 59/36 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **17156169.9**

(22) Anmeldetag: **15.02.2017**

**(54) ELEKTROMAGNETISCHES SCHALTVENTIL UND KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE**

ELECTROMAGNETIC SWITCHING VALVE AND HIGH-PRESSURE FUEL PUMP

SOUPAPE DE COMMUTATION ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET POMPE HAUTE PRESSION À CARBURANT

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.08.2018 Patentblatt 2018/34**

(73) Patentinhaber: **Continental Automotive GmbH 30165 Hannover (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bleeck, Matthias 93080 Pentling (DE)**  
• **Gugel, Bernd 93049 Regensburg (DE)**  
• **Mühlbauer, Andreas 93170 Bernhardswald (DE)**

• **Meißgeier, Henry 93426 Roding (DE)**

(74) Vertreter: **Büchner, Jörg et al Conti Temic microelectronic GmbH Intellectual Property Sieboldstrasse 19 90411 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 055 812 DE-A1- 3 544 575**  
**DE-A1-102009 054 838 DE-A1-102014 214 231**  
**JP-A- 2002 310 029 US-A1- 2003 217 735**  
**US-A1- 2004 050 978 US-A1- 2007 176 716**

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

**EP 3 364 015 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, sowie eine Kraftstoffhochdruckpumpe, die ein solches elektromagnetisches Schaltventil aufweist.

**[0002]** Kraftstoffhochdruckpumpen in Kraftstoffeinspritzsystemen in Brennkraftmaschinen werden dazu verwendet, einen Kraftstoff mit einem hohen Druck zu beaufschlagen, wobei der Druck beispielsweise bei Benzin-Brennkraftmaschinen im Bereich von 150 bar bis 400 bar und bei Diesel-Brennkraftmaschinen im Bereich von 1500 bar bis 2500 bar liegt. Je höher der Druck, der in dem jeweiligen Kraftstoff erzeugt werden kann, desto geringer sind Emissionen, die während der Verbrennung des Kraftstoffes in einer Brennkammer entstehen, was insbesondere vor dem Hintergrund vorteilhaft ist, dass eine Verringerung von Emissionen immer stärker gewünscht wird.

**[0003]** In dem Kraftstoffeinspritzsystem können an verschiedenen Positionen des Weges, den der Kraftstoff von einem Tank zu der jeweiligen Brennkammer nimmt, Ventilanordnungen vorgesehen sein, beispielsweise als Einlassventil oder Auslassventil an einer Kraftstoffhochdruckpumpe, die den Kraftstoff mit Druck beaufschlagt, aber auch beispielsweise als Entlastungsventil an verschiedensten Positionen des Kraftstoffeinspritzsystems, beispielsweise an einem Common-Rail, das den druckbeaufschlagten Kraftstoff vor der Einspritzung in die Brennkammer speichert.

**[0004]** Häufig werden hierzu schnell schaltende Magnetventile zur Volumenstrom- und/oder Druckregelung eingesetzt. Je nach Fördermenge und Art hält dabei eine Rückstellfeder ein Schließelement eines Ventilbereiches eines solchen elektromagnetischen Schaltventiles gegen einen Volumenstrom offen oder geschlossen. Der dazugehörige Aktuatorbereich, das heißt der Magnetaktuator, welcher das Schließelement öffnet oder schließt, ist derart gestaltet, dass die Rückstellfeder die Aktuatorkraft des Magnetactuators in einer bestimmten Zeit überdrücken kann, um somit das Schaltventil zu schalten.

**[0005]** Diese Schaltventile sind demgemäß als Kombination eines Schaltmagneten, der den Magnetaktuator betreibt, mit einer durch diesen geschalteten Hydraulik, dem Ventilbereich, aufgebaut. Im Betrieb werden somit zwei Schaltzustände der Hydraulik, eine geöffnete Stellung und eine geschlossene Stellung, erreicht. Elektromagnetische Schaltventile sind bekannt aus DE 10 2014 214231 A1, US 2007/176716 A1, JP 2002 310029 A, DE 10 2009 054838 und US 2004/050978 A1.

**[0006]** Der Schaltmagnet weist in dem Aktuatorbereich durch einen krafterzeugenden Luftspalt getrennte Bauteile, nämlich einen beweglichen Anker und einen feststehenden Polkern auf, die durch die Rückstellfeder voneinander auf Abstand gehalten werden. Durch die Aktivierung eines Solenoiden in dem Schaltmagneten durch Beaufschlagung mit elektrischem Strom wird in einer

Wicklung des Solenoiden ein Magnetfeld aufgebaut. Dieses Magnetfeld induziert in die umgebenden Metallbauteile, insbesondere in dem Anker und dem Polkern, einen Magnetfluss, sodass zwischen Anker und Polkern eine Magnetkraft aufgebaut wird. Durch diese Magnetkraft wird eine Rückstellkraft der Rückstellfeder überwunden und die gekoppelte Hydraulik gesteuert. Durch ein Wegnehmen des elektrischen Stroms sinkt die Magnetkraft und die Rückstellkraft steuert die Hydraulik in die Ausgangsstellung. Bislang wurde die Dynamik des Schaltventils auf den Betriebszustand ausgelegt, bei dem die schnellste Schaltcharakteristik im Betrieb benötigt wird. Dadurch werden jedoch die Impulskräfte zwischen den schaltenden Magnetbauteilen, nämlich dem Anker und dem Polkern, sehr hoch.

**[0007]** Das Schaltventil ist bislang so ausgelegt, dass sich in dem Arbeitspunkt, bei dem der maximale Luftspalt zwischen Anker und Polkern vorliegt, und bei dem sich ein Kräftegleichgewicht zwischen der Rückstellfeder und der Magnetkraft des Solenoiden einstellt, eine möglichst hohe Magnetflussdichte im Luftspalt zwischen Anker und Polkern einstellt, damit die bewegten Bauteile möglichst schnell zur Bewegung angeregt werden. Innerhalb des Bewegungsvorgangs werden die bewegten Bauteile dann durch die Magnetkraft weiter beschleunigt und der Luftspalt verringert sich. Im Zustand des minimalen Luftspalts ist die Magnetkraft dann maximal.

**[0008]** Die Impulskräfte sind von der Masse der bewegten Bauteile und von deren Geschwindigkeit abhängig. Bei hohen Impulskräften ist die Folge, dass zwischen den Bauteilen ein hoher Verschleiß auftreten kann und die Schallgeräusche im Betrieb sehr hoch sind. Geräusche treten nämlich bei jeder Änderung des Schaltzustandes auf, sowohl durch den Solenoiden selbst, als auch durch die Hydraulik. Es schlagen jeweils wenigstens zwei Bauteile aufeinander und erzeugen so Geräusche.

**[0009]** Beispielsweise wird ein solches Schaltventil als digitales Einlassventil an einer Kraftstoffhochdruckpumpe in einem Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine verwendet. Die Schaltzeit eines solchen Einlassventils ist dabei so ausgelegt, dass es auch bei der höchsten Motordrehzahl der Brennkraftmaschine in der Lage ist, schnell zu schalten. Dies steht jedoch im Gegensatz zu dem Ziel, dass in einem anderen Betriebszustand der Brennkraftmaschine, nämlich im Motorleerlauf, keine nennenswerten Geräusche erzeugt werden sollten.

**[0010]** Bislang wurde das Schaltventil auf die Schaltzeit für den Betriebspunkt mit der höchsten Schaltdynamik ausgelegt. Es wurde versucht, Geräusche und Verschleiß für Bewegungen, die entgegen der Schaltrichtung des Schaltmagneten gerichtet sind, mit kurzzeitigen Stromimpulsen zur Erhöhung der Magnetkraft abzufangen. Es ist jedoch schwierig, Bewegungen in Schaltrichtung des Schaltventiles abzuschwächen.

**[0011]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein elektromagnetisches Schaltventil bereitzustellen, bei dem in al-

len Betriebspunkten eine Geräuschentwicklung auf ein Minimum reduziert werden kann.

**[0012]** Diese Aufgabe wird mit einem elektromagnetischen Schaltventil mit der Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.

**[0013]** Eine Kraftstoffhochdruckpumpe, die ein solches elektromagnetisches Schaltventil aufweist, ist Gegenstand des nebengeordneten Anspruchs.

**[0014]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0015]** Ein elektromagnetisches Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine weist einen Ventilbereich mit einem Schließelement zum Schließen des Schaltventiles und einen Aktuatorbereich zum Bewegen des Schließelementes entlang einer Bewegungsachse auf. Der Aktuatorbereich umfasst einen entlang der Bewegungsachse beweglichen Anker, der zum Bewegen des Schließelementes mit dem Schließelement gekoppelt ist, ein feststehendes Polstück und einen Solenoiden zum Erzeugen eines Magnetflusses in dem Anker und dem Polstück. Der Anker weist einen Magnetflusskonzentrationsbereich auf, in dem ein Magnetfluss sättigbar ist und der dadurch gebildet ist, dass ein Ankeraußenumfang einen Absatz aufweist, sodass der Anker einen kleineren, ersten Ankeraußenumfang und einen größeren, zweiten Ankeraußenumfang aufweist, wobei der erste Ankeraußenumfang maximal  $3/4$  des zweiten Ankeraußenumfangs ( $U_{A2}$ ) beträgt.

**[0016]** Dadurch reduziert sich der Ankeraußenumfang an dem Absatz, und die Magnetfeldlinien, die durch den Anker hindurchfließen, müssen sich in diesem verengten Bereich den Raum teilen. Dadurch erfolgt eine Konzentration der Magnetfeldlinien und somit des Magnetflusses in diesem Bereich des Ankers. Durch diese Einschnürung wird dann die magnetische Drossel wie oben beschrieben gebildet.

**[0017]** Der erste Ankeraußenumfang beträgt im Wesentlichen entlang der Bewegungsachse die Hälfte einer Gesamtlänge des Ankers.

**[0018]** Der Anker und das Polstück sind benachbart zueinander angeordnet, wobei der Bereich des Ankers mit dem ersten Ankeraußenumfang zu dem Polstück hingewandt angeordnet ist.

**[0019]** Demgemäß ist der Absatz in dem Anker in einer definierten Höhe und mit einem definierten Durchmesser und einer definierten Länge angeordnet, um so eine definierte Magnetflusskonzentration in dem Anker erreichen zu können.

**[0020]** Durch die Einschnürung stellen sich insgesamt die folgenden Effekte ein:

Durch die Einschnürung wird nicht nur eine Magnetflusskonzentration in dem Anker erreicht, sondern auch insgesamt die Masse des Ankers reduziert. Außerdem wird die gewünschte Magnetkraft schneller als bislang erreicht, was mit einer Schaltzeitreduktion des Schaltventiles einhergeht. Gleichzeitig wird der Anker in der Bewegungsphase nicht so stark beschleunigt, wobei den-

noch die Geschwindigkeit der bisher bekannten entspricht. Insgesamt wird die Gesamtschaltzeit reduziert und somit verbessert.

**[0021]** Vorzugsweise liegen sich eine Ankerfläche und eine Polstückfläche direkt gegenüber, wobei die Ankerfläche des Ankers im Bereich des ersten Ankeraußenumfangs etwa die Hälfte der Polstückfläche beträgt.

**[0022]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung weist das Polstück eine Einschnürung in einem Polstückaußenumfang zum Bilden eines Magnetflusskonzentrationsbereiches auf.

**[0023]** Dadurch kann auch eine Magnetflusskonzentration in dem Polstück erreicht werden, was wiederum zu einer verbesserten Schaltzeit des Schaltventiles führt.

**[0024]** Dabei ist die Einschnürung in einer dem Anker zugewandten Hälfte des Polstückes angeordnet, wobei die Einschnürung insbesondere wenigstens  $1/5$  einer Gesamtlänge des Polstückes entlang der Bewegungsachse beträgt.

**[0025]** Vorzugsweise ist der Polstückaußenumfang im Bereich der Einschnürung um wenigstens  $1/4$  reduziert.

**[0026]** Demgemäß ist die Einschnürung in einer definierten Höhe in dem Polstück und mit einem definierten Durchmesser und einer definierten Länge angeordnet, um so eine definierte Magnetflusskonzentration in dem Polstück erreichen zu können.

**[0027]** Besonders vorteilhaft befindet sich die Einschnürung des Polstückes entlang der Bewegungsachse auf Höhe einer Federausnehmung einer Rückstellfeder zwischen Polstück und Anker.

**[0028]** Weiter vorteilhaft befindet sich die Einschnürung entlang der Bewegungsachse auf Höhe des Solenoiden.

**[0029]** Eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine weist vorteilhaft ein oben beschriebenes elektromagnetisches Schaltventil auf.

**[0030]** Dabei kann das Schaltventil beispielsweise als Einlassventil für die Kraftstoffhochdruckpumpe oder auch als Auslassventil gebildet sein. Es ist jedoch auch möglich, das beschriebene Schaltventil als Druckregelventil vorzusehen, das beispielsweise an einem Common-Rail eines Kraftstoffeinspritzsystems angeordnet ist.

**[0031]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindungen werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Übersichtsdarstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, das an verschiedenen Positionen ein elektromagnetisches Schaltventil aufweisen kann;

Fig. 2 eine Längsschnittdarstellung eines der Schaltventile aus Fig. 1 als Einlassventil an der Kraftstoffhochdruckpumpe in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 3 eine Längsschnittdarstellung des Schaltventils

- aus Fig. 2 mit im Betrieb wirkenden Magnetfeldlinien;
- Fig. 4 eine Längsschnittdarstellung eines der Schaltventile aus Fig. 1 als Einlassventil an der Kraftstoffhochdruckpumpe in einem Beispiel;
- Fig. 5 eine Längsschnittdarstellung des Schaltventils aus Fig. 4 mit im Betrieb wirkenden Magnetfeldlinien; und
- Fig. 6 ein Diagramm, das die im Betrieb wirkende Magnetkraft der Schaltventile aus Fig. 2 und Fig. 4 gegen die magnetische Anregung durch den Solenoiden darstellt.

**[0032]** Fig. 1 zeigt eine schematische Übersichtsdarstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems 10 einer Brennkraftmaschine, das einen Kraftstoff 12 aus einem Tank 14 über eine Vorförderpumpe 16, eine Kraftstoffhochdruckpumpe 18 und einen Kraftstoffhochdruckspeicher 20 zu Injektoren 22 fördert, die den Kraftstoff 12 dann in Brennräume der Brennkraftmaschine einspritzen.

**[0033]** Der Kraftstoff 12 wird über ein Einlassventil 24 in die Kraftstoffhochdruckpumpe 18 eingebracht, über ein Auslassventil 26 druckbeaufschlagt aus der Kraftstoffhochdruckpumpe 18 herausgelassen, und dann dem Kraftstoffhochdruckspeicher 20 zugeführt. An dem Kraftstoffhochdruckspeicher 20 ist ein Druckregelventil 28 angeordnet, um den Druck des Kraftstoffes 12 in dem Kraftstoffhochdruckspeicher 20 regeln zu können.

**[0034]** Sowohl das Einlassventil 24, als auch das Auslassventil 26, als auch das Druckregelventil 28 können als elektromagnetische Schaltventile 30 ausgebildet sein und daher aktiv betrieben werden.

**[0035]** Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform eines solchen elektromagnetischen Schaltventiles 30 in einer Längsschnittdarstellung durch das elektromagnetische Schaltventil 30, das als Einlassventil 24 einer Kraftstoffhochdruckpumpe 18 ausgebildet ist.

**[0036]** Das elektromagnetische Schaltventil 30 ist in einer Gehäusebohrung 32 eines Gehäuses 34 der Kraftstoffhochdruckpumpe 18 angeordnet. Das elektromagnetische Schaltventil 30 weist einen Ventilbereich 36 und einen Aktuatorbereich 38 auf, wobei der Aktuatorbereich 38 ein feststehendes Polstück 40 und einen entlang einer Bewegungsachse 42 beweglichen Anker 44 aufweist. Der Ventilbereich 36 umfasst einen Ventilsitz 46 und ein Schließelement 48, die zum Schließen des elektromagnetischen Schaltventiles 30 zusammenwirken.

**[0037]** In der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform sind das Polstück 40 und der Anker 44 gemeinsam in einer Hülse 50 aufgenommen, wobei dies jedoch nicht zwingend der Fall sein muss.

**[0038]** Ein Solenoid 52 ist auf die Hülse 50 aufgeschoben und befindet sich somit um das Polstück 40 und den Anker 44 herum angeordnet in dem elektromagnetischen Schaltventil 30.

**[0039]** Der Anker 44 und das Polstück 40 sind direkt benachbart zueinander angeordnet, sodass eine Ankerfläche 54 und eine Polstückfläche 56 sich direkt gegen-

überliegen.

**[0040]** Es ist eine Rückstellfeder 58 zwischen dem Anker 44 und dem Polstück 40 angeordnet, um Anker 44 und Polstück 40 auf Abstand zu halten und somit einen Luftspalt 60 zu erzeugen.

**[0041]** Der Anker 44 ist mit einem Betätigungsstift 62 gekoppelt, der sich im Betrieb mit dem Anker 44 entlang der Bewegungsachse 42 bewegt.

**[0042]** Je nach Schaltzustand und somit Position des Ankers 44 entlang der Bewegungsachse 42 drückt der Betätigungsstift 62 das Schließelement 48 von dem Ventilsitz 46 weg oder hat keinen Kontakt zu dem Schließelement 48, sodass dieses sich, wenn von der gegenüberliegenden Seite eine Kraft wirkt, auf den Ventilsitz 46 zu bewegen und somit das Schaltventil 30 schließen kann.

**[0043]** In bestromtem Zustand des elektromagnetischen Schaltventiles 30 erzeugt der Solenoid 42 ein Magnetfeld in dem elektromagnetischen Schaltventil 30, das in Fig. 3 durch Magnetfeldlinien 64 dargestellt ist. Wie in Fig. 3 zu sehen ist, ist dabei der Magnetfluss der Magnetfeldlinien 64 in allen direkt zu dem Solenoiden 52 benachbarten metallischen/magnetischen Elementen angeordnet, insbesondere in dem Polstück 40 und in dem Anker 44. Dadurch entsteht eine magnetische Anziehungskraft zwischen Polstück 40 und Anker 44, und der Anker 44 wird mit seiner Ankerfläche 54 in Richtung auf die Polstückfläche 56 des Polstückes 40 gezogen. Dabei nimmt der Anker 44 den Betätigungsstift 62 mit, sodass dieser den Kontakt mit dem Schließelement 48 verliert, und das Schließelement 48 so auf den Ventilsitz 46 zurückkehren kann.

**[0044]** Da der Anker 44 sich bei eingeschaltetem Solenoiden 52 auf das Polstück 40 zu bewegt, ist der Luftspalt 60 im eingeschalteten Zustand minimal.

**[0045]** Im ausgeschalteten Zustand dagegen drückt die Rückstellfeder 58 den Anker 44 wieder von dem Polstück 40 weg, da eine Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 entgegen der Magnetkraft wirkt. Der Luftspalt 60 wird maximal und der Betätigungsstift 62 wieder auf das Schließelement 48 gedrückt, sodass das Schließelement 48 vom Ventilsitz 46 abhebt und das elektromagnetische Schaltventil 30 öffnet.

**[0046]** In der in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Ausführungsform ist zu sehen, dass der Anker 44 einen Magnetflusskonzentrationsbereich 66 aufweist, das heißt einen Bereich, in dem die Magnetfeldlinien auf einer verringerten Querschnittfläche durch den Anker 44 geführt werden, sodass sie sich konzentrieren müssen.

**[0047]** Der Magnetflusskonzentrationsbereich 66 ist dadurch gebildet, dass ein Ankeraußenumfang UA einen Absatz 68 aufweist, sodass sich ein erster Ankeraußenumfang UA1 und ein zweiter Ankeraußenumfang UA2 bilden, die unterschiedlich zueinander sind, wobei der erste Ankeraußenumfang UA1 kleiner ist als der zweite Ankeraußenumfang UA2.

**[0048]** Es ist zu sehen, dass der Anker 44 den ersten Ankeraußenumfang UA1 in dem Bereich aufweist, in

dem der Anker 44 direkt benachbart zu dem Polstück 40 zugeordnet ist, das heißt an seinem oberen Endbereich 70.

**[0049]** Der erste Ankeraußenumfang UA1 beträgt dabei maximal  $3/4$  des zweiten Ankeraußenumfangs UA2. Außerdem beträgt eine Länge des ersten Ankeraußenumfangs UA1 entlang der Bewegungsachse 42 im Wesentlichen die Hälfte einer Gesamtlänge LA des Ankers 44.

**[0050]** Durch diese Anordnung des reduzierten ersten Ankeraußenumfangs UA1 kann eine gezielte magnetische Drossel in dem Anker 44 erzeugt werden, um die oben beschriebenen Vorteile zu erreichen. Der Verlauf der Magnetfeldlinien 64 ist dabei in Fig. 3 gezeigt, wobei zu sehen ist, dass die Magnetfeldlinien 64 sich in dem Bereich, in dem der Ankeraußenumfang UA reduziert ist, konzentrieren, sodass sich hier insgesamt der Magnetfluss konzentriert.

**[0051]** Aus Fig. 2 geht weiter hervor, dass die Ankerfläche 54, die zu dem Polstück 40 gewandt ist, an dem oberen Endbereich 70 kleiner ist als die Polstückfläche 56, die zu dem Anker 44 hin gerichtet angeordnet ist. Dabei macht die Ankerfläche 54 etwa die Hälfte der Polstückfläche 56 aus.

**[0052]** Die beiden sich gegenüberliegenden Flächen, nämlich die Ankerfläche 54 und die Polstückfläche 56, sind die Flächen, die die Magnetkraft zwischen Anker 44 und Polstück 40 erzeugen.

**[0053]** Bei der herkömmlichen Auslegung, das heißt, wenn der Anker 44 einen konstanten Ankeraußenumfang UA aufweist, stellt sich eine Magnetflussdichte ein, die an der Ankerfläche 54 und an der Polstückfläche 56 wertmäßig etwa im gleichen Bereich liegt. Nun sind die Ankerfläche 54 und die Polstückfläche 56 jedoch unterschiedlich groß ausgebildet, sodass der Magnetfluss kurz nachdem die Magnetkraft des Solenoiden 52 die Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 überdrückt hat, in Sättigung kommt, wie später mit Bezug auf Fig. 6 erläutert wird.

**[0054]** Fig. 4 und Fig. 5 zeigen ein Beispiel des elektromagnetischen Schaltventiles 30, bei der die magnetische Drossel durch Vorsehen des Magnetflusskonzentrationsbereiches 66 nicht in dem Anker 44 wie in der ersten Ausführungsform, sondern in dem Polstück 40 vorgesehen ist.

**[0055]** Es ist erfindungsgemäß und gemäß der zweiten Ausführungsform möglich, dass sowohl der Anker 44 als auch das Polstück 40 jeweils einen Magnetflusskonzentrationsbereich 66 und somit eine magnetische Drossel bilden.

**[0056]** Ein Magnetflusskonzentrationsbereich 66 in der zweiten Ausführungsform ist durch eine Einschnürung 72 in dem Polstück 40 gebildet, sodass ein Polstückaußenumfang UP, der ansonsten über die Bewegungsachse 42 konstant ist, sich in dem Bereich der Einschnürung 72 reduziert.

**[0057]** Die Einschnürung 72 ist in einer Hälfte 74 des Polstückes 40 angeordnet, die dem Anker 44 zugewandt

angeordnet ist, jedoch nicht, wie beim Anker 44 in der ersten Ausführungsform, an einem Endbereich, sondern zu einem Polstückendbereich 76 beabstandet. Dadurch wird erreicht, dass dort, wo die Polstückfläche 56 benachbart zu der Ankerfläche 54 ist, die maximale Magnetkraft von dem Polstück 40 auf den Anker 44 wirken kann, um den Anker 44 in Richtung auf das Polstück 40 zu ziehen.

**[0058]** Die Einschnürung 72 hat eine Länge, die wenigstens  $1/5$  einer Länge LP des Polstückes 40 entlang der Bewegungsachse 42 entspricht. Der Polstückaußenumfang UP ist im Bereich der Einschnürung 72 um wenigstens  $1/4$  im Vergleich zu dem konstanten Polstückaußenumfang UP außerhalb der Einschnürung 72 reduziert.

**[0059]** Wie in Fig. 4, Fig. 5, aber auch in Fig. 2 und Fig. 3, zu sehen ist, ist die Rückstellfeder 58 so angeordnet, dass sie sich innerhalb des Polstückes 40 abstützt. Dazu weist das Polstück 40 eine Durchgangsbohrung 78 auf, die sich in einem unteren Polstückendbereich 78, der zu dem Anker 44 hin gewandt angeordnet ist, erweitert, um eine Federausnehmung 82 zu bilden. Die Federausnehmung 82 ist dabei durch Seitenwände 84 der Durchgangsbohrung 78 und durch Abstützwände 68 definiert, die sich durch die Erweiterung der Durchgangsbohrung 78 im Polstückendbereich 78 bilden. An diesen Abstützwänden 68 stützt sich dann die Rückstellfeder 58 ab.

**[0060]** Wie in Fig. 4 zu sehen ist, ist die Einschnürung 72 entlang der Bewegungsachse 42 auf Höhe der Federausnehmung 82 gebildet, und zwar insbesondere so, dass sie nicht über die Federausnehmung 82 hinausragt. Dadurch kann die Magnetflusskonzentration insbesondere in dem Bereich der Rückstellfeder 58 erzielt werden, das heißt dort, wo auch die Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 wirkt.

**[0061]** Weiter ist zu sehen, dass sich die Einschnürung 72 vorteilhaft auch auf Höhe des Solenoiden 52 entlang der Bewegungsachse 42 befindet.

**[0062]** In Fig. 5 ist der Verlauf der Magnetfeldlinien 64 in dem Polstück 40 dargestellt, wobei zu sehen ist, dass sich im Bereich der Einschnürung 72 die Magnetfeldlinien 64 konzentrieren, und somit eine Magnetflusskonzentration in dem Polstück 40 erzeugt werden kann. Damit kann auch die mit Bezug auf die erste Ausführungsform in dem Anker 44 erzeugte magnetische Drossel in dem Polstück 40 erzeugt werden.

**[0063]** Die Wirkungsweise der magnetischen Drosseln im Anker 44 und/oder Polstück 40 werden nachfolgend mit Bezug auf Fig. 6 erläutert.

**[0064]** Fig. 6 zeigt ein Diagramm, das die durch den Solenoiden 52 erzeugte Magnetkraft bzw. den wirkenden Magnetfluss in dem Anker 44 bzw. dem Polstück 40 gegen die magnetische Anregung durch den Solenoiden 52 darstellt.

**[0065]** Die gestrichelten Linien entsprechen der wirkenden Magnetkraft bei einer bekannten Anordnung, bei der der Anker 44 bzw. das Polstück 40 keinen Magnetflusskonzentrationsbereich 66 aufweisen. Die durchge-

zogenen Linien dagegen zeigen die wirkende Magnetkraft bei einer Ausbildung des Ankers 44 bzw. des Polstücks 40 mit Magnetflusskonzentration.

[0066] Die waagrechte Linie in dem Diagramm zeigt die von dem Solenoiden 52 zu erzeugende Magnetkraft an, die nötig ist, um die Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 zu überdrücken, sodass sich der Anker 44 in Bewegung setzt.

[0067] Die beiden Linien, die den Anschaltvorgang des Schaltventiles 30 darstellen, sind dabei mit "AN" gekennzeichnet.

[0068] Die beiden Linien, die den Ausschaltvorgang des Schaltventiles 30 darstellen, sind dabei mit "AUS" gekennzeichnet.

[0069] Insgesamt zeigt das Diagramm daher jeweils einen Teilbereich einer Hysterese, die beim Betrieb des Schaltventiles 30 auftritt.

[0070] Es ist aus dem Diagramm zu entnehmen, dass beim Ausschalten bei fehlender magnetischer Drosselung in dem Anker 44/dem Polstück 40 die Magnetkraft nach Überdrücken der Rückstellkraft weiter stark ansteigt und kaum in einen Sättigungsbereich gelangt. Dagegen ist zu sehen, dass, wenn eine magnetische Drosselung am Anker 44/am Polstück 40 vorliegt, kurz nach Überdrücken der Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 die Magnetkraft in einen Sättigungsbereich kommt und nicht weiter ansteigt. Bewirkt wird somit eine verringerte Beschleunigung des Ankers 44 in der Bewegungsphase, sodass dann auch der Impuls beim Einschlag des Ankers 44 in das Polstück 40 reduziert ist. Die Geräusentwicklung beim Anschalten des Schaltventiles 30 kann somit deutlich reduziert werden.

[0071] Beim Ausschalten ist zu erkennen, dass die Magnetkraft bei vorliegender magnetischer Drossel im Anker 44/im Polstück 40 früher zu dem Punkt zurückkehrt, zu dem sich das Kräftegleichgewicht mit der Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 einstellt, als dies der Fall ist, wenn die magnetische Drossel nicht vorliegt.

[0072] Das bedeutet, der Ausschaltvorgang des Schaltventiles 30 ist schneller als dies bisher der Fall war. Dadurch wird die Gesamtschaltzeit des Schaltventiles 30 deutlich reduziert und somit verbessert zum Stand der Technik.

[0073] Zwar wird auch insgesamt, wie aus dem Diagramm in Fig. 6 zu sehen ist, die Magnetkraft durch die magnetische Drossel reduziert, dies kann jedoch durch entsprechende Wickelparameter in dem Solenoiden 52 ausgeglichen werden, wenn hier ein Bedarf besteht. Es wäre auch möglich, dies über den elektrischen Widerstand, der den Strom in den Solenoiden 52 beeinflusst, nachzujustieren.

## Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Schaltventil (30) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend:

- einen Ventilbereich (36) mit einem Schließelement (48) zum Schließen des Schaltventiles (30); und
- einen Aktuatorbereich (38) zum Bewegen des Schließelementes (48) entlang einer Bewegungsachse (42);

wobei der Aktuatorbereich (38) einen entlang der Bewegungsachse (42) beweglichen Anker (44), der zum Bewegen des Schließelementes (48) mit dem Schließelement (48) gekoppelt ist, ein feststehendes Polstück (40) und einen Solenoiden (52) zum Erzeugen eines Magnetflusses in dem Anker (44) und dem Polstück (40) aufweist, wobei der Anker (44) einen Magnetflusskonzentrationsbereich (66) aufweist, in dem ein Magnetfluss sättigbar ist und der dadurch gebildet ist, dass ein Ankeraußenumfang ( $U_A$ ) einen ersten Ankeraußenumfang ( $U_{A1}$ ) und einen zweiten Ankeraußenumfang ( $U_{A2}$ ) aufweist, wobei der erste Ankeraußenumfang ( $U_{A1}$ ) kleiner ist als der zweite Ankeraußenumfang ( $U_{A2}$ ) und maximal 3/4 des zweiten Ankeraußenumfangs ( $U_{A2}$ ) beträgt.

2. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Ankeraußenumfang ( $U_{A1}$ ) entlang der Bewegungsachse (42) im Wesentlichen die Hälfte (74) einer Gesamtlänge ( $L_A$ ) des Ankers (44) beträgt.
3. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (44) und das Polstück (40) benachbart zueinander angeordnet sind, wobei der Bereich des Ankers (44) mit dem ersten Ankeraußenumfang ( $U_{A1}$ ) zu dem Polstück (40) gewandt angeordnet ist.
4. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich eine Ankerfläche (54) und eine Polstückfläche (56) direkt gegenüberliegen, wobei die Ankerfläche (54) des Ankers (44) im Bereich des ersten Ankeraußenumfangs ( $U_{A1}$ ) etwa die Hälfte (74) der Polstückfläche (56) beträgt.
5. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polstück (40) eine Einschnürung (72) in einem Polstückaußenumfang ( $U_P$ ) zum Bilden eines Magnetflusskonzentrationsbereichs (66) aufweist.
6. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einschnürung (72) in einer dem Anker (44) zugewandten Hälfte (74) des Polstückes (40) angeordnet ist, wobei die Einschnürung (72) insbesondere wenig-

tens 1/5 einer Gesamtlänge ( $L_p$ ) des Polstückes (40) entlang der Bewegungsachse (42) beträgt, wobei der Polstückaußenumfang ( $U_p$ ) im Bereich der Einschnürung (72) insbesondere um wenigstens 1/4 reduziert ist.

7. Kraftstoffhochdruckpumpe (18) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend ein elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

### Claims

1. An electromagnetic switching valve (30) for a fuel-injection system (10) of an internal-combustion engine, having:

- a valve region (36) with a closing element (48) for closing the switching valve (30); and
- an actuator region (38) for moving the closing element (48) along an axis of motion (42);

wherein the actuator region (38) has an armature (44) which is mobile along the axis of motion (42) and is coupled with the closing element (48) to move the closing element (48), a fixed pole piece (40) and a solenoid (52) for generating a magnetic flux in the armature (44) and in the pole piece (40), wherein the armature (44) has a region of magnetic-flux concentration (66) in which a magnet flux can be saturated and which is formed by an outer periphery of the armature ( $U_A$ ) having a shoulder (68), so that the armature (44) has a first outer periphery of the armature ( $U_{A1}$ ) and a second outer periphery of the armature ( $U_{A2}$ ),

wherein the first outer periphery of the armature ( $U_{A1}$ ) is less than the second outer periphery of the armature ( $U_{A2}$ ) and is a maximum of 3/4 of the second outer periphery of the armature ( $U_{A2}$ ).

2. The electromagnetic switching valve (30) according to Claim 1, **characterized in that** the first outer periphery of the armature ( $U_{A1}$ ) along the axis of motion (42) substantially amounts to one half (74) of a total length ( $L_A$ ) of the armature (44).
3. The electromagnetic switching valve (30) according to any one of Claims 1 to 2, **characterized in that** the armature (44) and the pole piece (40) are arranged adjacent to one another, wherein the region of the armature (44) having the first outer periphery of the armature ( $U_{A1}$ ) is arranged facing toward the pole piece (40).
4. The electromagnetic switching valve (30) according to Claim 3, **characterized in that** an armature surface (54) and a pole piece surface (56) are situated

directly opposite one another, wherein the armature surface area (54) of the armature (44) in the region of the first outer periphery of the armature ( $U_{A1}$ ) amounts to approximately one half (74) of the pole piece surface area (56).

5. The electromagnetic switching valve (30) according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the pole piece (40) has a constriction (72) in an outer periphery of the pole piece ( $U_p$ ) for forming a region of magnetic-flux concentration (66).

6. The electromagnetic switching valve (30) according to Claim 5, **characterized in that** the constriction (72) is arranged in a half (74) of the pole piece (40) facing toward the armature (44), wherein the constriction (72) in particular amounts to at least 1/5 of a total length ( $L_p$ ) of the pole piece (40) along the axis of motion (42), wherein the outer periphery of the pole piece ( $U_p$ ) in the region of the constriction (72) is in particular reduced by at least 1/4.

7. A high-pressure fuel pump (18) for a fuel-injection system (10) of an internal-combustion engine, having an electromagnetic switching valve (30) according to any one of Claims 1 to 6.

### Revendications

1. Soupape de commande électromagnétique (30) pour un système d'injection de carburant (10) d'un moteur à combustion interne, présentant :

- une zone de soupape (36) avec un élément de fermeture (48) pour fermer la soupape de commande (30) ; et
- une zone d'actionneur (38) pour déplacer l'élément de fermeture (48) le long d'un axe de déplacement (42) ;

la zone d'actionneur (38) présentant une ancre (44) mobile dans le sens de l'axe de déplacement (42), laquelle est accouplée à l'élément de fermeture (48) pour le déplacement de l'élément de fermeture (48), une pièce polaire fixe (40) et un solénoïde (52) pour la génération d'un flux magnétique dans l'ancre (44) et dans la pièce polaire (40), l'ancre (44) présentant une zone de concentration de flux magnétique (66) dans laquelle un flux magnétique est saturable et laquelle est formée par le fait que une circonférence extérieure d'ancre ( $U_A$ ) présente un rebord (68), de telle sorte que l'ancre (44) présente une première circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A1}$ ) et une deuxième circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A2}$ ), la première circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A1}$ ) étant inférieure à la deuxième circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A2}$ ) et s'élevant au maximum à 3/4

de la deuxième circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A2}$ ).

2. Soupape de commande électromagnétique (30) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la première circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A1}$ ) s'élève essentiellement à la moitié (74) d'une longueur totale ( $L_A$ ) de l'ancre (44), dans le sens de l'axe de déplacement (42). 5
3. Soupape de commande électromagnétique (30) selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisée en ce que** l'ancre (44) et la pièce polaire (40) sont disposées de façon voisine l'une de l'autre, la zone de l'ancre (44) avec la première circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A1}$ ) étant orientée vers la pièce polaire (40). 10
4. Soupape de commande électromagnétique (30) selon la revendication 3, **caractérisée en ce qu'**une surface d'ancre (54) et une surface de pièce polaire (56) se font directement face, la surface d'ancre (54) de l'ancre (44) dans la zone de la première circonférence extérieure d'ancre ( $U_{A1}$ ) s'élevant à environ la moitié (74) de la surface de pièce polaire (56). 15
5. Soupape de commande électromagnétique (30) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** la pièce polaire (40) présente un étranglement (72) dans une circonférence extérieure de pièce polaire ( $U_P$ ) pour la formation d'une zone de concentration de flux magnétique (66). 20
6. Soupape de commande électromagnétique (30) selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** l'étranglement (72) est situé dans une moitié (74) de la pièce polaire (40) orientée vers l'ancre (44), l'étranglement (72) s'élevant en particulier à au moins 1/5 d'une longueur totale ( $L_p$ ) de la pièce polaire (40) dans le sens de l'axe de déplacement (42), la circonférence extérieure de pièce polaire ( $U_P$ ) étant en particulier réduite d'au moins 1/4 dans la zone de l'étranglement (72). 25
7. Pompe haute pression à carburant (18) pour un système d'injection de carburant (10) d'un moteur à combustion interne, présentant une soupape de commande électromagnétique (30) selon l'une des revendications 1 à 6. 30

50

55

FIG 1

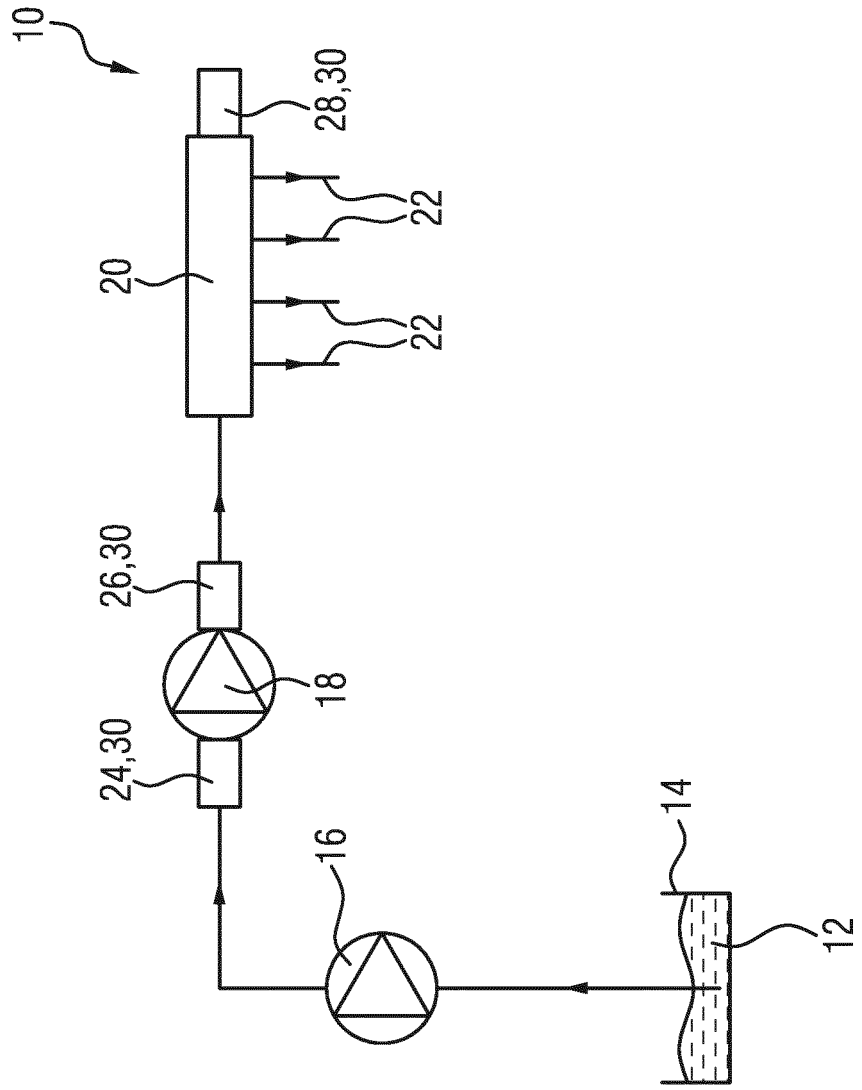


FIG 2

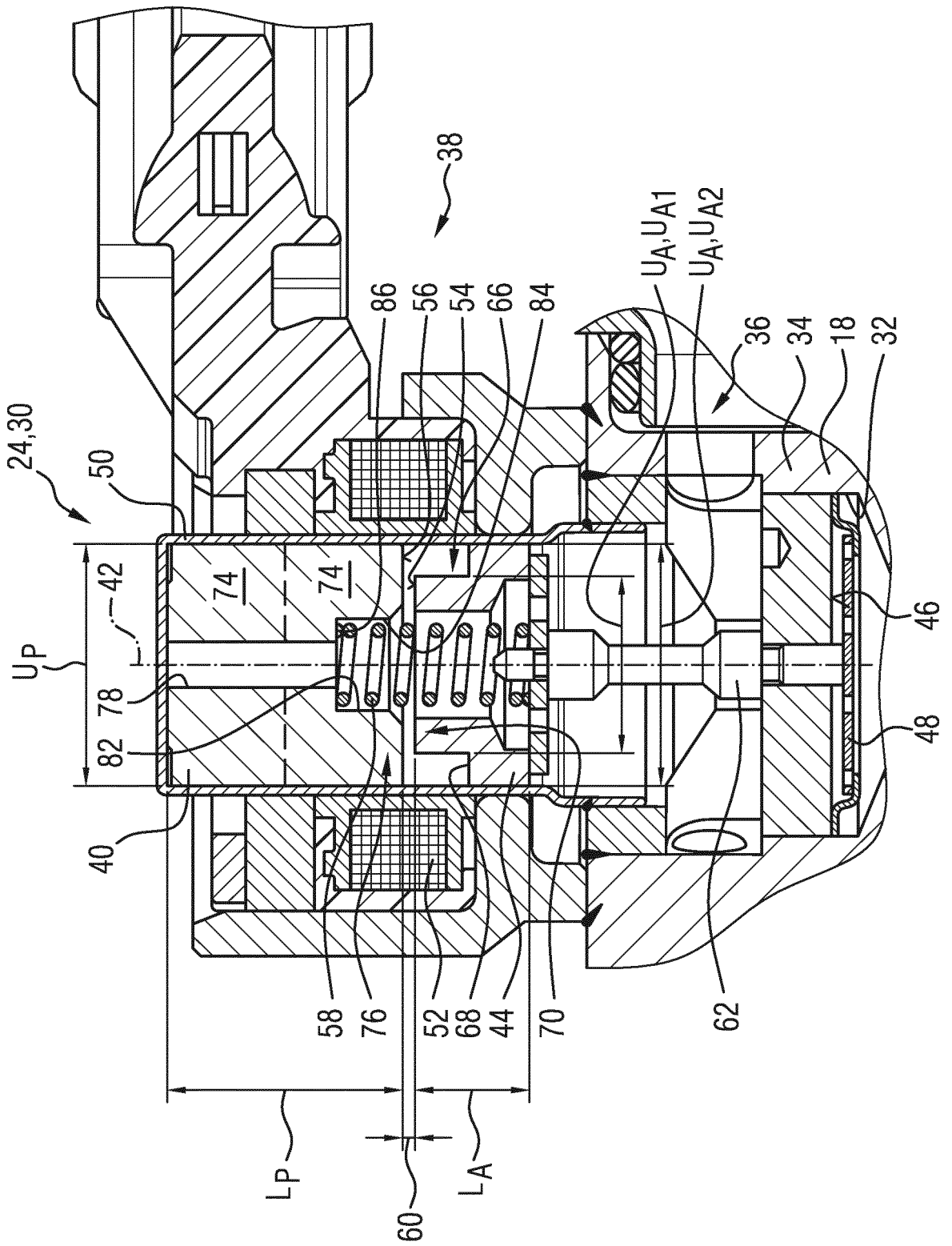




FIG 4

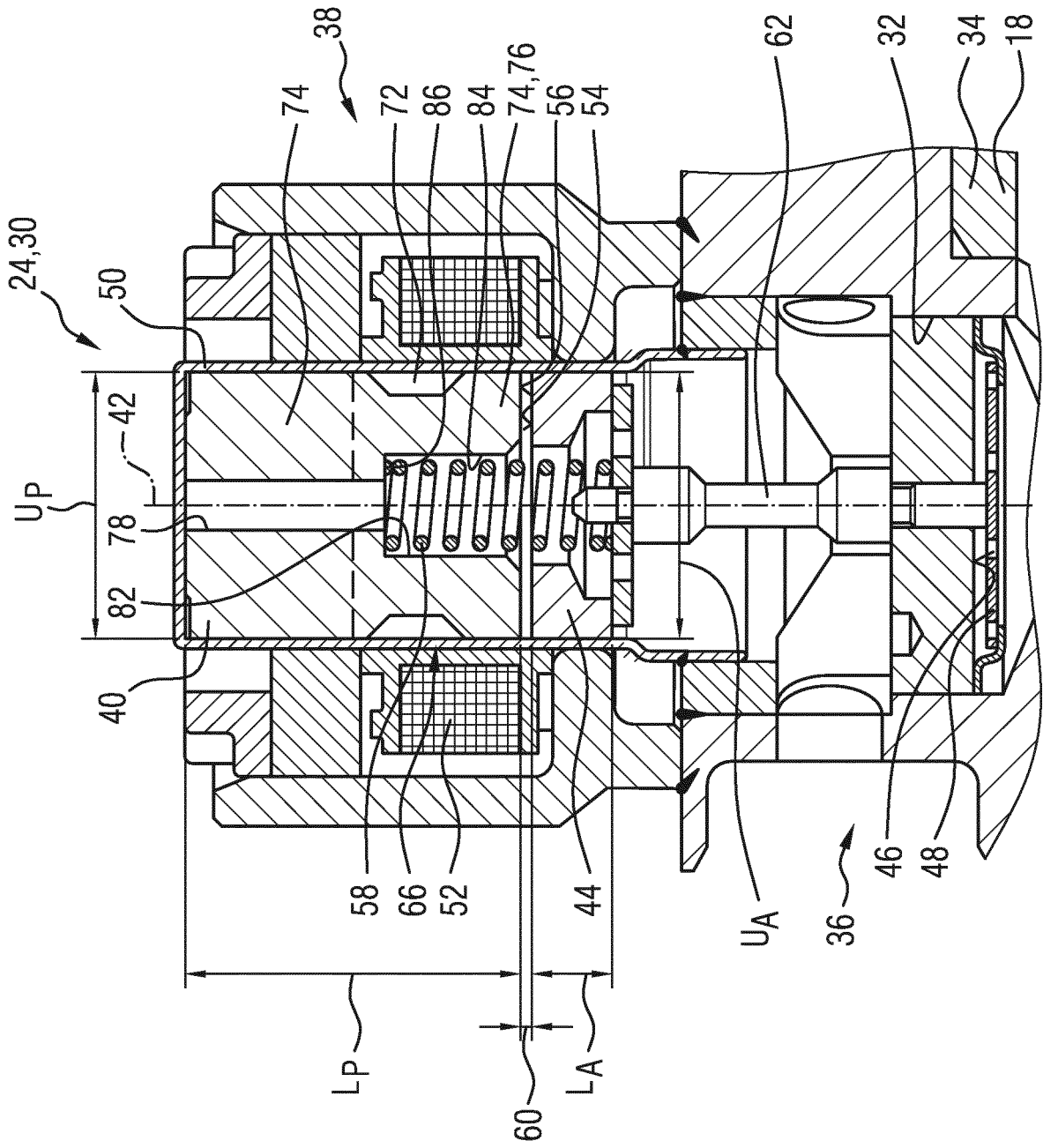


FIG 5

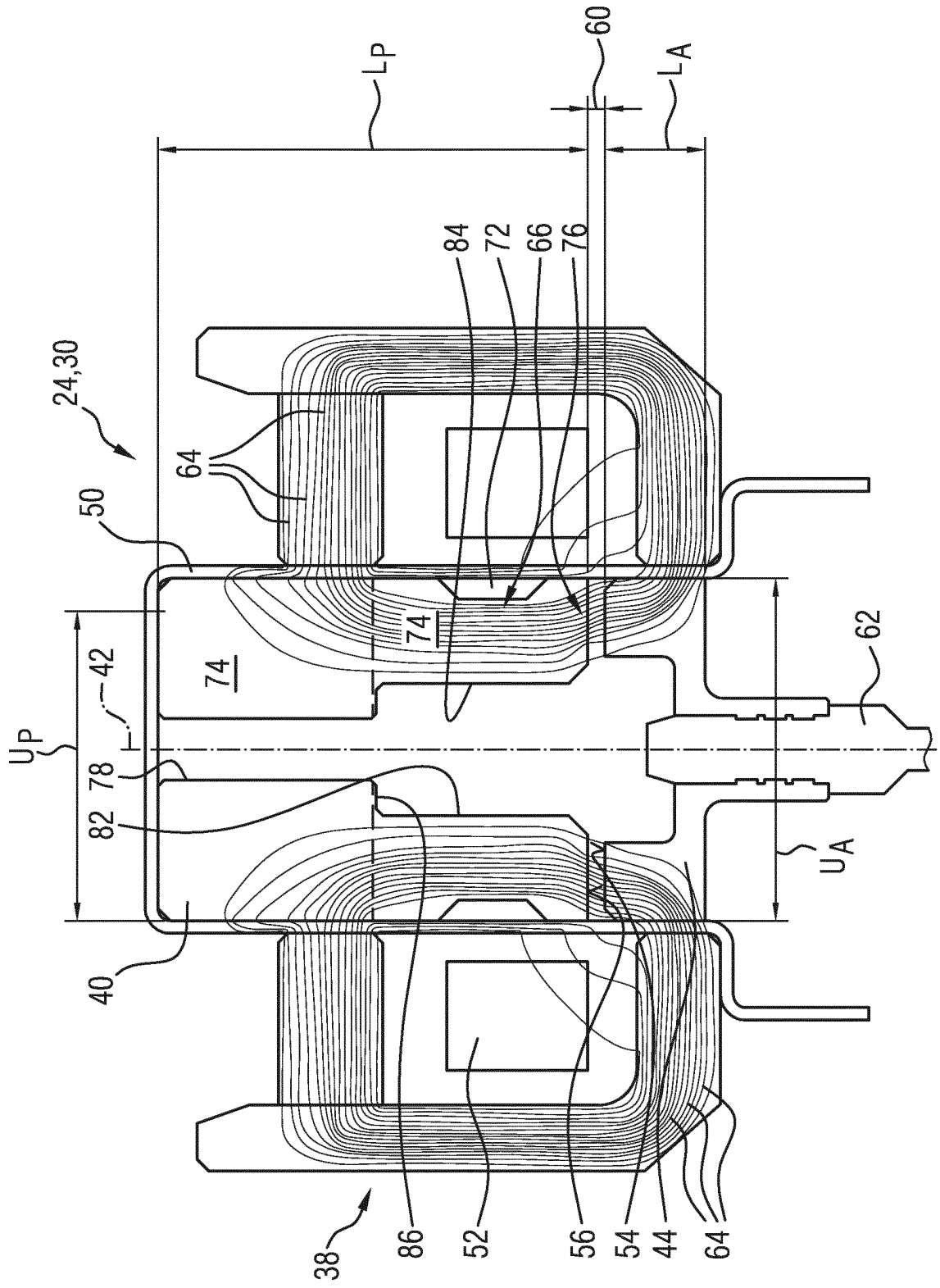
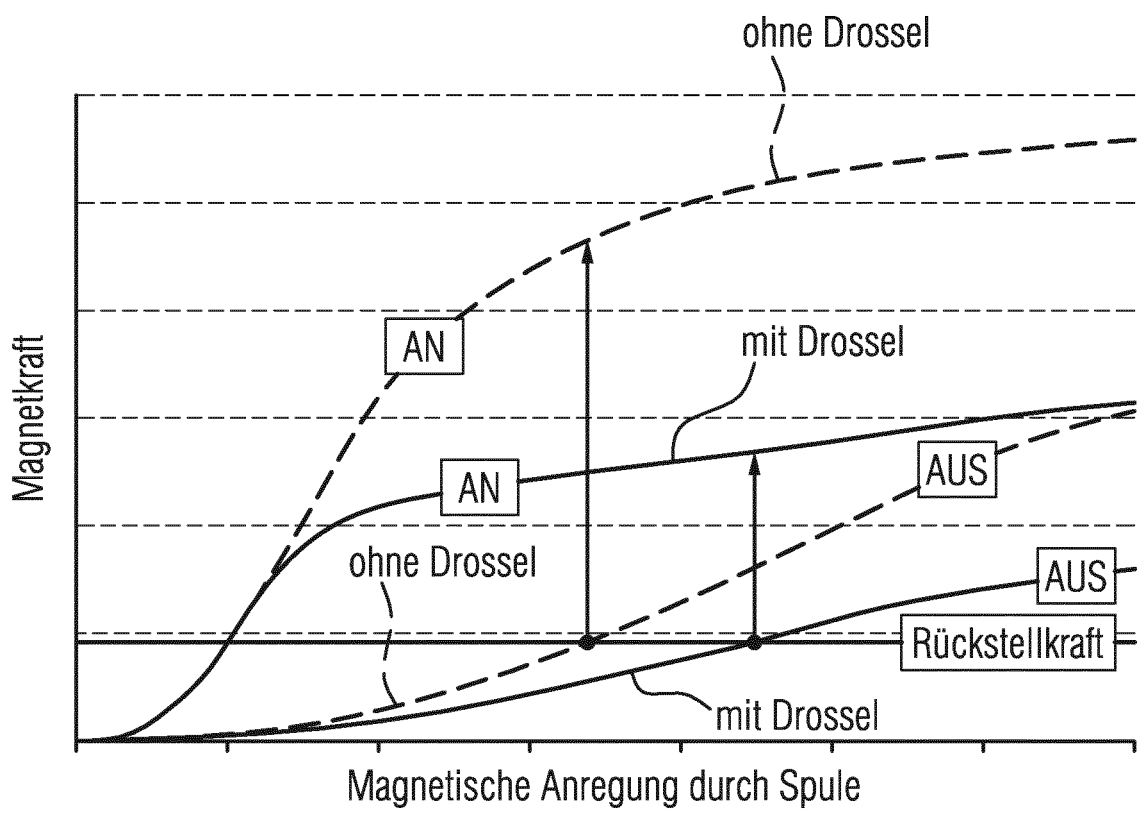


FIG 6



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102014214231 A1 [0005]
- US 2007176716 A1 [0005]
- JP 2002310029 A [0005]
- DE 102009054838 [0005]
- US 2004050978 A1 [0005]