

(19)



(11)

EP 3 364 016 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

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

(21) Anmeldenummer: **17156165.7**

(22) Anmeldetag: **15.02.2017**

(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 MD

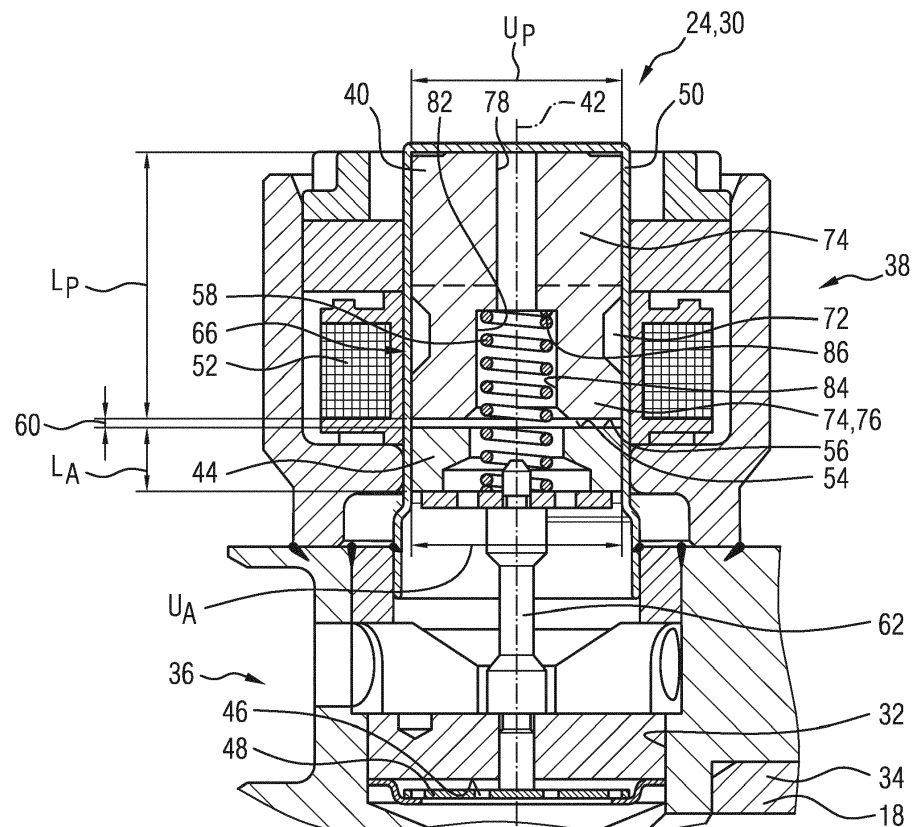
(72) Erfinder:
• **Bleek, Matthias**
 93080 Pentling (DE)
• **Gugel, Bernd**
 93049 Regensburg (DE)
• **Mühlbauer, Andreas**
 93170 Bernhardswald (DE)
• **Meißgeier, Henry**
 93426 Roding (DE)

(71) Anmelder: **Continental Automotive GmbH**
30165 Hannover (DE)

(54) ELEKTROMAGNETISCHES SCHALTVENTIL UND KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE

(57) Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisches Schaltventil (30) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, das einen Aktuatorbereich (38) zum Bewegen eines Schließelementes (48) mit einem

Polstück (40) und einem Anker (44) sowie einem Solenoiden (52) zum Erzeugen eines Magnetflusses im Anker (44) und Polstück (40) aufweist, wobei das Polstück (40) einen Magnetflussskonzentrationsbereich (66) aufweist.

FIG 4**EP 3 364 016 A1**

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.

[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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein elektromagnetisches Schaltventil bereitzustellen, bei dem in allen Betriebspunkten eine Geräuschentwicklung auf ein Minimum reduziert werden kann.

[0013] Diese Aufgabe wird mit einem elektromagnetischen Schaltventil mit der Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.

[0014] Eine Kraftstoffhochdruckpumpe, die ein solches elektromagnetisches Schaltventil aufweist, ist Gegenstand des nebengeordneten Anspruchs.

[0015] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0016] 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 weist 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 auf. Das Polstück weist einen Magnetflusskonzentrationsbereich auf.

[0017] Dadurch, dass das Polstück einen Magnetflusskonzentrationsbereich aufweist, das heißt einen Bereich, in dem der von dem Solenoiden induzierte Magnetfluss konzentriert wird, wird in dem Polstück eine magnetische Drossel gebildet. Im Betrieb wird normalerweise der Solenoid solange mit Strom beaufschlagt, bis sich das Schließelement beginnt zu bewegen. Dies ist der sogenannte Arbeitspunkt. Auch nach Erreichen dieses Arbeitspunktes steigt normalerweise die Anregung durch den Solenoiden, da der Solenoid weiterhin mit einem steigenden Strom beaufschlagt wird. Trotz dieser steigenden Anregung durch den Solenoiden kommt der Magnetfluss im Bereich der magnetischen Drossel in dem Polstück nun in eine magnetische Sättigung, sodass die Beschleunigung des Ankers in Richtung auf das Polstück begrenzt wird. Dadurch wird die wirkende Magnetkraft im Ruhezustand und damit gleichzeitig das Kraftniveau im Betrieb reduziert.

[0018] Vorzugsweise ist der Magnetflusskonzentrationsbereich durch eine Einschnürung in einem Polstückaußenumfang gebildet.

[0019] Dadurch reduziert sich der Polstückaußenumfang in dem Bereich der Einschnürung im Vergleich zum Rest des Polstückaußenumfangs, und die Magnetfeldlinien, die durch das Polstück hindurchfließen, müssen sich in diesem verengten Bereich den Raum teilen. Dadurch erfolgt eine Konzentration der Magnetfeldlinien und somit des Magnetflusses in diesem Bereich der Einschnürung des Polstückes. Durch diese Einschnürung wird dann die magnetische Drossel wie oben beschrieben gebildet.

[0020] Der Anker und das Polstück sind benachbart zueinander angeordnet. Vorteilhaft ist die Einschnürung dabei in einer dem Anker zugewandten Hälfte des Polstückes angeordnet. Besonders vorteilhaft beträgt dabei die Einschnürung wenigstens 1/5 einer Gesamtlänge des Polstückes entlang der Bewegungsachse.

[0021] In vorteilhafter Ausgestaltung weist das Pol-

stück außerhalb der Einschnürung einen konstanten Polstückaußenumfang auf, wobei der Polstückaußenumfang in dem Bereich der Einschnürung im Vergleich zu dem konstanten Bereich um wenigstens 1/4 reduziert ist. 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.

[0022] Durch die Einschnürung stellen sich insgesamt die folgenden Effekte ein:

Durch die Einschnürung wird nicht nur eine Magnetflusskonzentration in dem Polstück erreicht, sondern auch insgesamt die Masse des Polstückes 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 dennoch die Geschwindigkeit der bisher bekannten entspricht. Insgesamt wird die Gesamtschaltzeit reduziert und somit verbessert.

[0023] Zwischen Anker und Polstück ist eine Rückstellfeder angeordnet, die sich in dem Polstück in einer Federausnehmung abstützt. Dabei ist die Federausnehmung durch Seitenwände einer Durchgangsbohrung in dem Polstück und durch Abstützwände definiert, an denen sich die Rückstellfeder abstützt. Die Einschnürung ist vorteilhaft entlang der Bewegungsachse auf Höhe dieser Federausnehmung angeordnet.

[0024] Dabei ist diese Einschnürung vollständig auf Höhe der Federausnehmung angeordnet und steht nicht über diese heraus. Dennoch ist es vorteilhaft, wenn sich die Einschnürung an dem Polstück nicht an einem Endbereich befindet, sondern von beiden Seiten von Bereichen begrenzt ist, die den konstanten und damit größeren Polstückaußenumfang aufweisen.

[0025] Dies sorgt dafür, dass vorteilhaft eine Polstückfläche, die dem Anker direkt benachbart gegenüberliegt, eine größtmögliche Ausdehnung aufweist, um so eine besonders gute magnetische Wechselwirkung mit dem Anker zu realisieren.

[0026] Vorzugsweise ist der Solenoid um das Polstück angeordnet. Dabei ist die Einschnürung entlang der Bewegungsachse auf Höhe des Solenoiden angeordnet. Dies führt dazu, dass eine besonders gute Konzentration des Magnetflusses, der von dem Solenoiden in dem Polstück erzeugt wird, erreicht werden kann.

[0027] Vorzugsweise entspricht ein konstanter Ankeraußenumfang im Wesentlichen dem konstanten Polstückaußenumfang, das heißt dem größeren Außenumfang des Polstückes in dem Bereich, in dem es keine Einschnürung aufweist. Der Ankeraußenumfang weist in dem dem Polstück direkt benachbarten Ankerbereich einen Absatz auf, an dem der Ankeraußenumfang in einen reduzierten Ankeraußenumfang übergeht.

[0028] Das bedeutet, auch der Anker ist in seinem Au-

ßenumfang in einem Bereich reduziert, und zwar an einem Endbereich des Ankers, der direkt dem Polstück benachbart ist. Dadurch kann eine Magnetflussskonzentration auch in dem Anker erreicht werden, was zu einer verbesserten Schaltzeit des Schaltventiles führt. Auch die Masse des Ankers wird somit reduziert, was den mechanischen Impuls beim Einschlag des Ankers in das Polstück reduziert. Der reduzierte Ankeraußenumfang beträgt dabei vorteilhaft maximal 3/4 des konstanten Ankeraußenumfangs.

[0029] Vorzugsweise beträgt der reduzierte Ankeraußenumfang entlang der Bewegungsachse im Wesentlichen die Hälfte einer Gesamtlänge des Ankers.

[0030] Somit ist auch bei dem Anker eine definierte Magnetflussskonzentration und somit eine definierte magnetische Drossel gebildet, die mit der magnetischen Drossel des Polstückes zusammenwirken kann.

[0031] Eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine weist vorteilhaft ein oben beschriebenes elektromagnetisches Schaltventil auf.

[0032] 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.

[0033] 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 einer zweiten Ausführungsform;

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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] Der Anker 44 und das Polstück 40 sind direkt benachbart zueinander angeordnet, sodass eine Ankerfläche 54 und eine Polstückfläche 56 sich direkt gegenüberliegen.

[0042] 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.

[0043] Der Anker 44 ist mit einem Betätigungsstift 62 gekoppelt, der sich im Betrieb mit dem Anker 44 entlang der Bewegungsachse 42 bewegt.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] Da der Anker 44 sich bei eingeschaltetem Solenoiden 52 auf das Polstück 40 zu bewegt, ist der Luftspalt 60 im eingeschalteten Zustand minimal.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] Der Magnetflusskonzentrationsbereich 66 ist dadurch gebildet, dass ein Ankeraußenumfang U_A einen Absatz 68 aufweist, sodass sich ein erster Ankeraußenumfang U_{A1} und ein zweiter Ankeraußenumfang U_{A2} bilden, die unterschiedlich zueinander sind, wobei der erste Ankeraußenumfang U_{A1} kleiner ist als der zweite Ankeraußenumfang U_{A2} .

[0050] Es ist zu sehen, dass der Anker 44 den ersten Ankeraußenumfang U_{A1} in dem Bereich aufweist, in dem der Anker 44 direkt benachbart zu dem Polstück 40 zugeordnet ist, das heißt an seinem oberen Endbereich 70.

[0051] Der erste Ankeraußenumfang U_{A1} beträgt dabei maximal $3/4$ des zweiten Ankeraußenumfangs U_{A2} . Außerdem beträgt eine Länge des ersten Ankeraußenumfangs U_{A1} entlang der Bewegungsachse 42 im Wesentlichen die Hälfte einer Gesamtlänge L_A des Ankers 44.

[0052] Durch diese Anordnung des reduzierten ersten Ankeraußenumfangs U_{A1} kann eine gezielte magneti-

sche 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 U_A reduziert ist, konzentrieren, sodass sich hier insgesamt der Magnetfluss konzentriert.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] Bei der herkömmlichen Auslegung, das heißt, wenn der Anker 44 einen konstanten Ankeraußenumfang U_A 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.

[0056] Fig. 4 und Fig. 5 zeigen eine zweite Ausführungsform 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.

[0057] Es ist jedoch auch möglich, beide Ausführungsformen zu kombinieren, sodass sowohl der Anker 44 als auch das Polstück 40 jeweils einen Magnetflusskonzentrationsbereich 66 und somit eine magnetische Drossel bilden.

[0058] Der Magnetflusskonzentrationsbereich 66 in der zweiten Ausführungsform ist durch eine Einschnürung 72 in dem Polstück 40 gebildet, sodass ein Polstückaußenumfang U_P , der ansonsten über die Bewegungsachse 42 konstant ist, sich in dem Bereich der Einschnürung 72 reduziert.

[0059] 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.

[0060] Die Einschnürung 72 hat eine Länge, die wenigstens $1/5$ einer Länge L_P des Polstückes 40 entlang der Bewegungsachse 42 entspricht. Der Polstückaußen-

umfang U_P ist im Bereich der Einschnürung 72 um wenigstens 1/4 im Vergleich zu dem konstanten Polstückaußenumfang U_P außerhalb der Einschnürung 72 reduziert.

[0061] 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.

[0062] 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 Magnetflussskonzentration insbesondere in dem Bereich der Rückstellfeder 58 erzielt werden, das heißt dort, wo auch die Rückstellkraft der Rückstellfeder 58 wirkt.

[0063] Weiter ist zu sehen, dass sich die Einschnürung 72 vorteilhaft auch auf Höhe des Solenoiden 52 entlang der Bewegungsachse 42 befindet.

[0064] 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 Magnetflussskonzentration 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.

[0065] Die Wirkungsweise der magnetischen Drosseln im Anker 44 und/oder Polstück 40 werden nachfolgend mit Bezug auf Fig. 6 erläutert.

[0066] 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.

[0067] Die gestrichelten Linien entsprechen der wirkenden Magnetkraft bei einer bekannten Anordnung, bei der der Anker 44 bzw. das Polstück 40 keinen Magnetflussskonzentrationsbereich 66 aufweisen. Die durchgezogenen Linien dagegen zeigen die wirkende Magnetkraft bei einer Ausbildung des Ankers 44 bzw. des Polstücks 40 mit Magnetflussskonzentration.

[0068] 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.

[0069] Die beiden Linien, die den Anschaltvorgang des Schaltventiles 30 darstellen, sind dabei mit "AN" gekennzeichnet.

[0070] Die beiden Linien, die den Ausschaltvorgang des Schaltventiles 30 darstellen, sind dabei mit "AUS" gekennzeichnet.

[0071] Insgesamt zeigt das Diagramm daher jeweils einen Teilbereich einer Hysterese, die beim Betrieb des Schaltventiles 30 auftritt.

[0072] 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 Geräuschentwicklung beim Anschalten des Schaltventiles 30 kann somit deutlich reduziert werden.

[0073] 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.

[0074] 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.

[0075] 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 das Polstück (40) einen Magnetflusskonzentrationsbereich (66) aufweist.
2. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Magnetflusskonzentrationsbereich (66) durch eine Einschnürung (72) in einem Polstückaußenumfang (U_P) gebildet ist.
 3. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anker (44) und das Polstück (40) benachbart zueinander angeordnet sind, wobei die Einschnürung (72) in einer dem Anker (44) zugewandten Hälfte (74) des Polstückes (40) angeordnet ist, wobei die Einschnürung (72) insbesondere wenigstens 1/5 einer Gesamtlänge (L_P) des Polstückes (40) entlang der Bewegungsachse (42) beträgt.
 4. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polstück (40) außerhalb der Einschnürung (72) einen konstanten Polstückaußenumfang (U_P) aufweist, wobei der Polstückaußenumfang (U_P) im Bereich der Einschnürung (72) um wenigstens 1/4 reduziert ist.
 5. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Anker (44) und Polstück (40) eine Rückstellfeder (58) angeordnet ist, die sich in dem Polstück (40) in einer Federausnehmung (82) abstützt, wobei die Federausnehmung (82) durch Seitenwände (84) einer Durchgangsbohrung (78) in dem Polstück (40) und durch Abstützwände (86) definiert ist, an denen sich die Rückstellfeder (58) abstützt, wobei die Einschnürung (72) entlang der Bewegungsachse (42) auf Höhe der Federausnehmung (82) angeordnet ist.
 6. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Solenoid (52) um das Polstück (40) angeordnet ist, wobei die Einschnürung (72) entlang der Bewegungsachse (42) auf Höhe des Solenoiden (52) angeordnet ist.
 7. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein konstanter Ankeraußenumfang (U_A) im Wesentlichen dem konstanten Polstückaußenumfang (U_P) entspricht, wobei der Ankeraußenumfang (U_A) in dem dem Polstück (40) direkt benachbarten Ankerbereich einen Absatz (68) aufweist, an dem der Ankeraußenumfang (U_{A2}) in einen reduzierten Ankeraußenumfang (U_{A1}) übergeht.
 8. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der reduzierte Ankeraußenumfang (U_{A1}) maximal 3/4 des konstanten Ankeraußenumfangs (U_{A2}) beträgt.
 9. Elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der reduzierte Ankeraußenumfang (U_{A1}) entlang der Bewegungsachse (42) im Wesentlichen die Hälfte (74) einer Gesamtlänge (L_A) des Ankers (44) beträgt.
 10. Kraftstoffhochdruckpumpe (18) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend ein elektromagnetisches Schaltventil (30) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

FIG 1

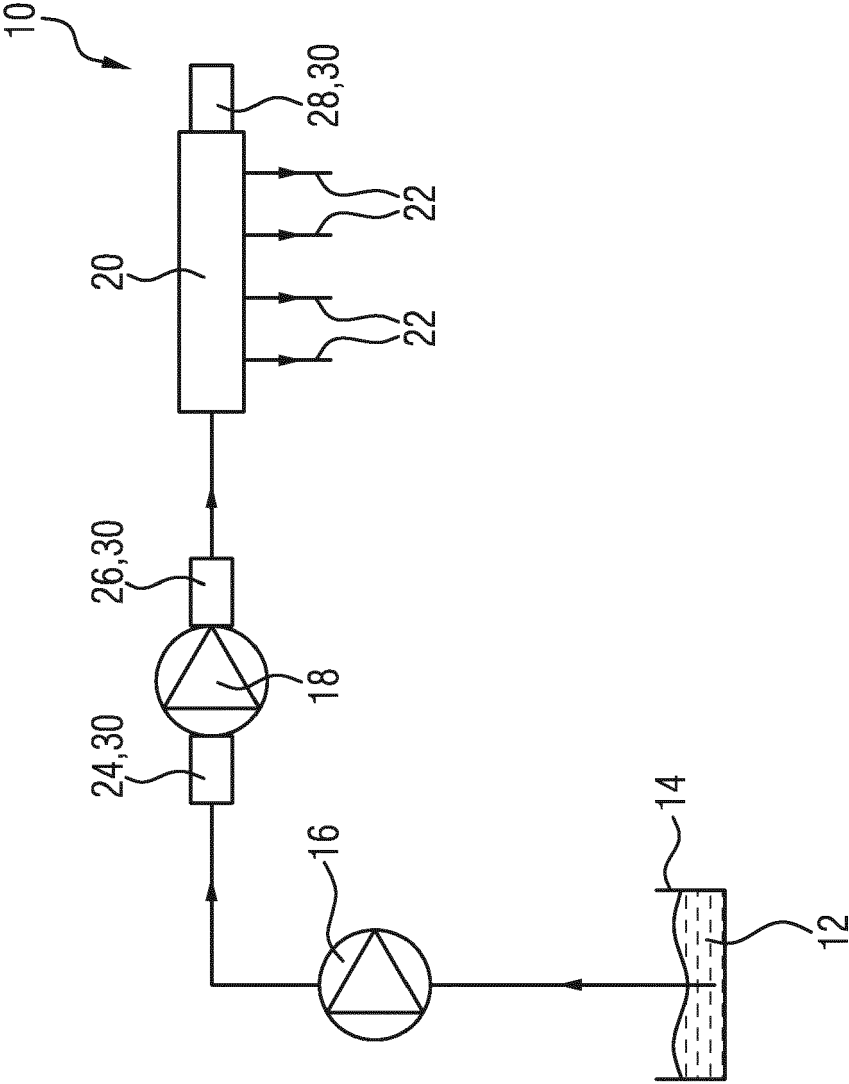


FIG 2

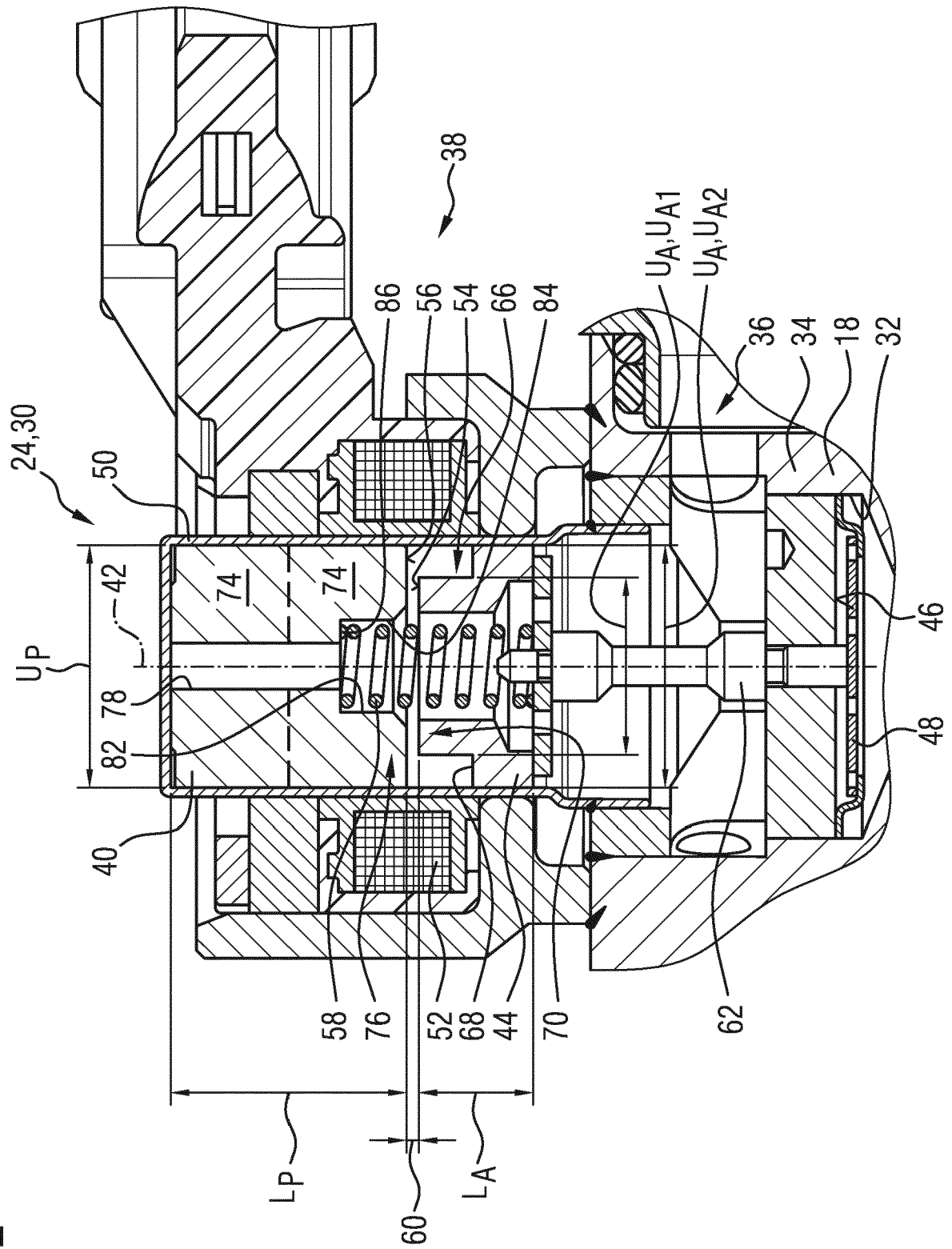


FIG 3

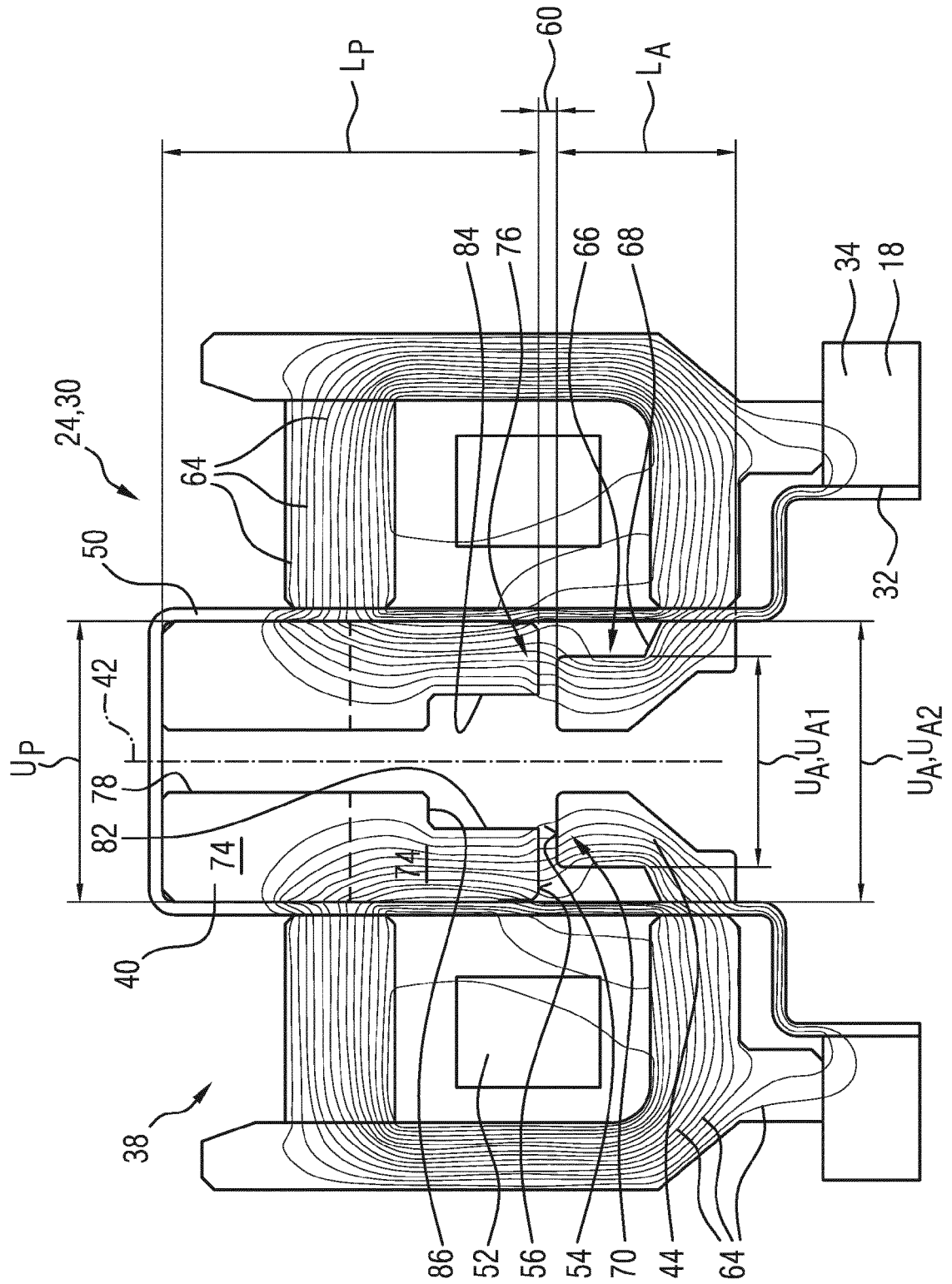
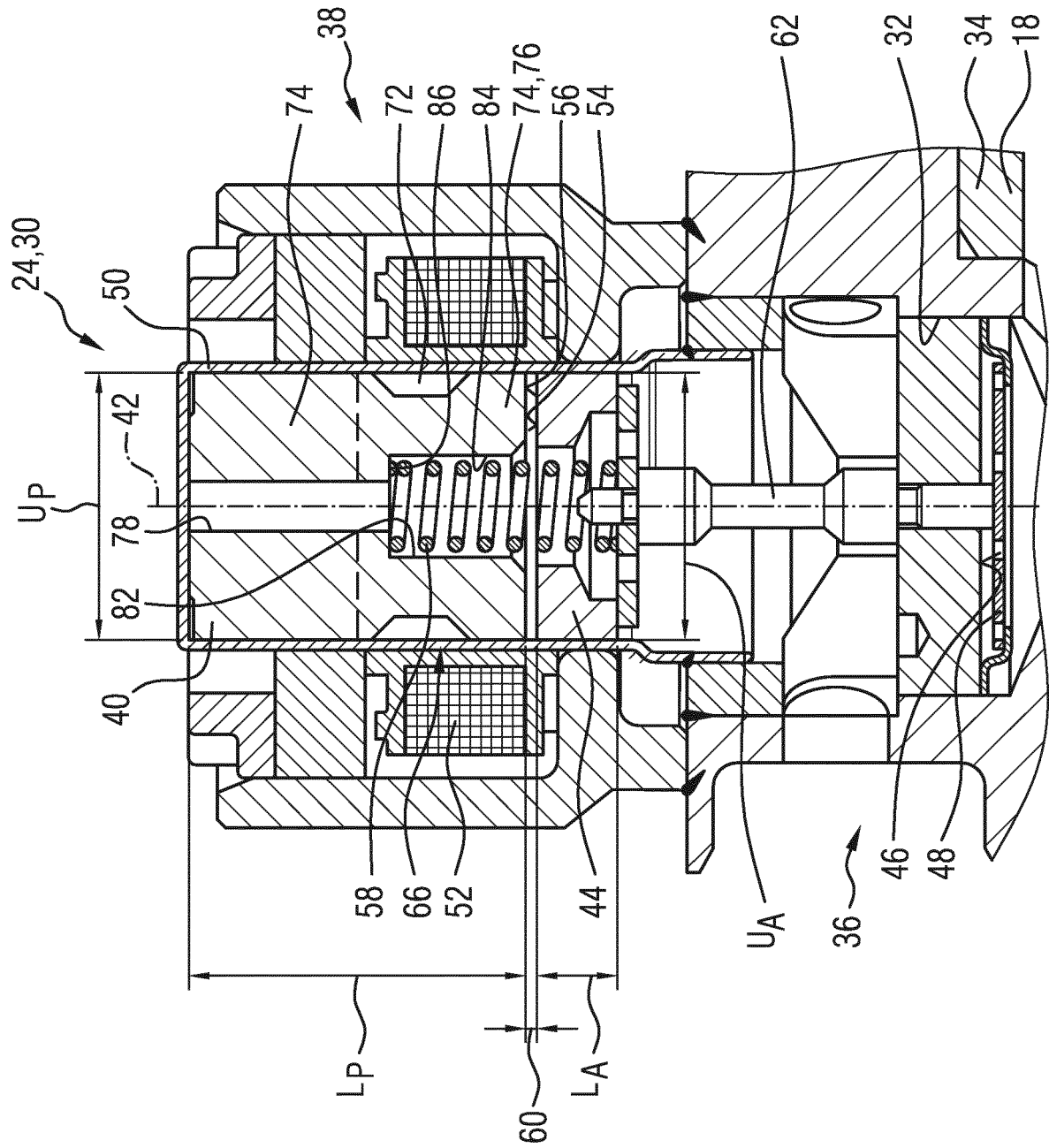


FIG 4



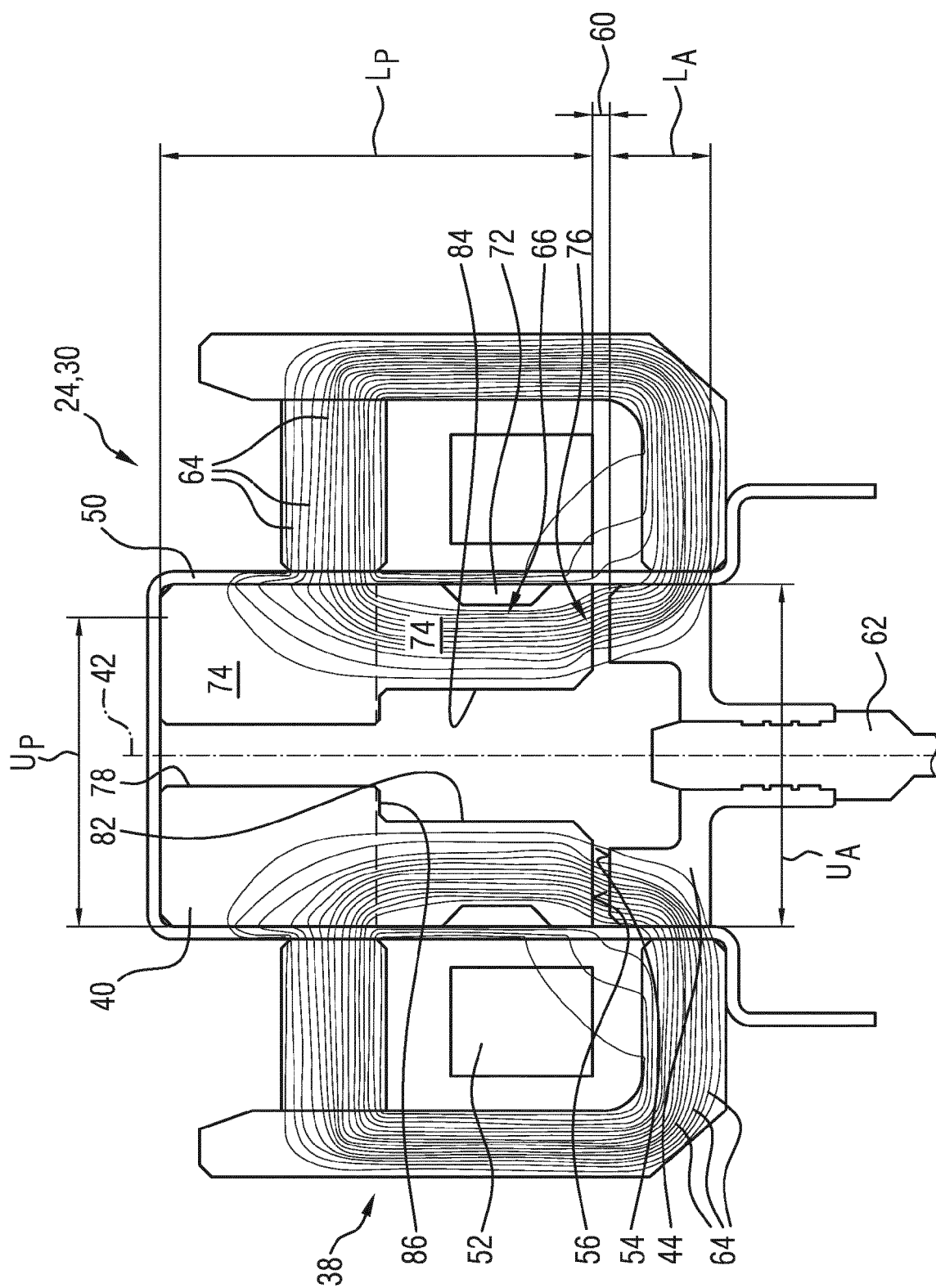
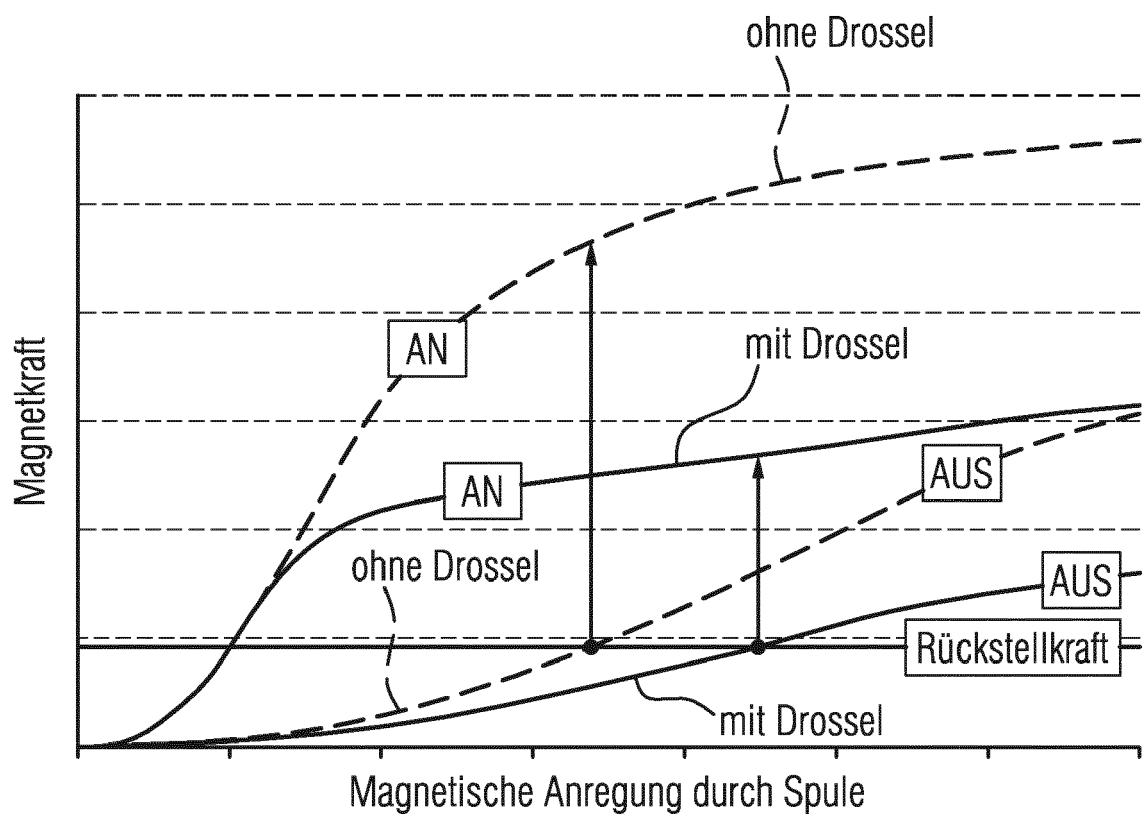


FIG 5

FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 15 6165

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/050978 A1 (SUGIYAMA KOICHI [JP] ET AL) 18. März 2004 (2004-03-18) * Absatz [0069] - Absatz [0073] * * Absatz [0081] - Absatz [0084] * * Zusammenfassung; Abbildungen 11,12,14 *	1-6	INV. F02M59/36
X	DE 102 56 903 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 24. Dezember 2003 (2003-12-24) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5 *	1-4,6,10	
A	* Ansprüche 1,2,4 * * Absatz [0021] *	7-9	
X	DE 35 44 575 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 3. Juli 1986 (1986-07-03) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1-6	
A	* Ansprüche 1,2,3 * * 3. Absatz; Seite 10 *	7-9	
A	US 2007/176716 A1 (SUGIYAMA KOUICHI [JP]) 2. August 2007 (2007-08-02) * Absatz [0040] - Absatz [0041] * * Zusammenfassung; Abbildung 5a *	7-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15. August 2017	Prüfer Barunovic, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 15 6165

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-08-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2004050978	A1	18-03-2004	JP 3945357 B2		18-07-2007
				JP 2004108242 A		08-04-2004
				US 2004050978 A1		18-03-2004
15	-----			-----		
	DE 10256903	A1	24-12-2003	DE 10256903 A1		24-12-2003
				FR 2840032 A1		28-11-2003
				JP 2003343384 A		03-12-2003
				US 2003217735 A1		27-11-2003
20	-----			-----		
	DE 3544575	A1	03-07-1986	DE 3544575 A1		03-07-1986
				JP H0656140 B2		27-07-1994
				JP S61152960 A		11-07-1986
				US 4676478 A		30-06-1987
25	-----			-----		
	US 2007176716	A1	02-08-2007	DE 102007000062 A1		14-08-2008
				JP 2007205234 A		16-08-2007
				US 2007176716 A1		02-08-2007
30	-----			-----		
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82