



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 032 229 B3 2006.01.05**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 032 229.5**

(22) Anmeldetag: **02.07.2004**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **05.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02M 51/06 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Compact Dynamics GmbH, 82319 Starnberg, DE

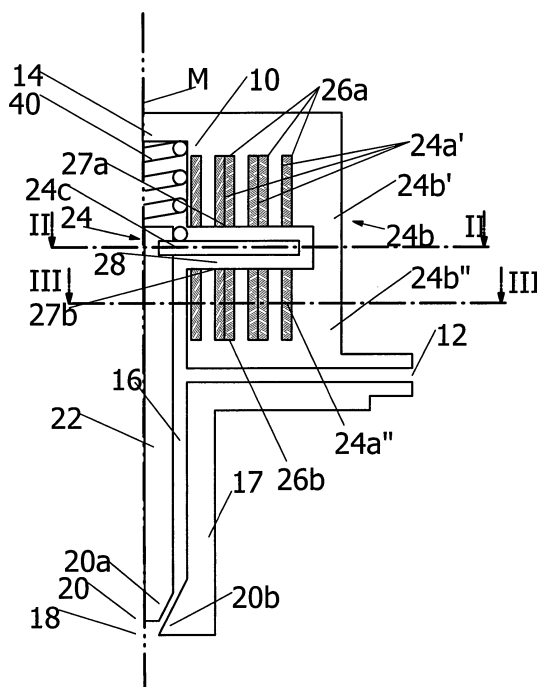
(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
 Rechtsanwälte, 81541 München**

(72) Erfinder:
**Gründl, Andreas, Dr., 81377 München, DE;
 Hoffmann, Bernhard, 82319 Starnberg, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 102 60 825 A1
DE 100 05 182 A1
DE 22 37 746 A
US 60 65 684 A
US 52 07 410 A
US 50 35 360 A
US 41 56 506 A
US2001/00 19 085
JP 10-3 35 139 AA

(54) Bezeichnung: **Brennstoff-Einspritzventil**

(57) Zusammenfassung: Ein Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit einem Brennstoff-Einlass, der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen, einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungseinrichtung, die mit einer Ventilanordnung zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslass in den Brennstoffraum ausströmen zu lassen, wobei die Betätigungseinrichtung eine zu bestromende Magnet-Spulenordnung, eine mit dieser zusammenwirkenden im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Jochanordnung sowie eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung aufweist. Die Magnet-Jochanordnung ist aus wenigstens zwei Jochscheiben gebildet. Jede Jochscheibe hat an wenigstens einer ihrer Stirnseiten wenigstens einen Polsteg, der mit der Elektromagnet-Spulenordnung zusammen auf die Magnet-Ankeranordnung wirkt. Jede Jochscheibe ist aus wenigstens zwei Weicheisen enthaltenden Teiljochen zusammengesetzt, die eine die Magnet-Ankeranordnung tragende Betätigungsstange zumindest teilweise umgeben.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine. Grundsätzlich ist es möglich, die Erfindung sowohl bei direkt einspritzenden als auch bei konventionellen, in das Saugrohr einspritzenden Motoren zu verwenden.

[0002] Das erfindungsgemäße Brennstoff-Einspritzventil hat einen Brennstoff-Einlaß, der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen, und eine elektrisch ansteuerbare Betätigungseinrichtung die mit einer Ventilanordnung zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslaß in den Brennraum ausströmen zu lassen. Dabei weist die elektromagnetische Betätigungseinrichtung eine zu bestromende Elektromagnet-Spulenordnung, eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Jochanordnung, sowie eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung auf.

[0003] Die KFZ-Verbrennungsmotoren-Industrie steht durch die stetig steigenden Anforderungen der Abgasgesetzgebung mit weiter sinkenden Grenzwerten vor der Herausforderung, durch eine Optimierung des Einspritzvorgangs von Kraftstoff in die Brennkammer die Entstehung von Schadstoffen am Ort ihrer Entstehung zu optimieren. Kritisch sind insbesondere NO_x - und Ruß-Emissionen. Durch die Entwicklung von Einspritzsystemen mit immer höheren Einspritzdrücken und hochdynamischen Injektoren, sowie durch gekühlte Abgasrückführung und Oxidationskatalysatoren ist es zwar möglich gegenwärtige Grenzwerte einzuhalten. Allerdings scheint das Potenzial der bisherigen Maßnahmen zur Emissionsreduzierung erreicht zu sein. Damit rücken variable Einspritzverlaufformungen in den Vordergrund. Hierbei wird die Kraftstoff-Einspritzrate wahlweise durch Mehrfacheinspritzung oder durch gezieltes Modulieren des Hubes der Düsenadel variiert.

Stand der Technik

[0004] Ein Brennstoff-Einspritzventil der oben genannten Art ist in den unterschiedlichsten Ausgestaltungen von mehreren Herstellern (Robert Bosch, Siemens VDO Automotive) bekannt. Allerdings haftet diesen bekannten Anordnungen der Nachteil an, dass die Anzahl der Hübe pro Arbeitstakt der Brennkraftmaschine sehr eingeschränkt ist. Insbesondere ist es damit nicht möglich, bei hochtourigen Brennkraftmaschinen die für ein effizientes Motormanage-

ment erforderlichen Mehrfacheinspritzungen pro Arbeitstakt in der erforderlichen Anzahl bereit zu stellen. Auch das präzise Variieren des Hubes der Ventildüsenadel ist bei diesen Anordnungen nur sehr eingeschränkt möglich. In beiderlei Hinsicht haben sich die konventionellen elektromagnetischen Betätigungseinrichtungen als ein begrenzender Faktor für die Weiterentwicklung effizienter Brennstoff-Einspritzventile herausgestellt.

[0005] Ein bekannter Ansatz zur Überwindung dieser Einschränkung besteht darin, anstelle der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung einen Piezo-Linear-Aktor vorzusehen. Abgesehen von den hohen Kosten und dem relativ großen erforderlichen Bauraum des Piezo-Linear-Aktors ist auch deren temperaturabhängiges Verhalten in unmittelbarer Nähe zum Brennraum einer Brennkraftmaschine nachteilig. Auch erlauben Piezoantriebe heutiger Bauart nur etwa 3 bis 5 Einspritzvorgänge je Arbeitstakt des Verbrennungsmotors, wobei Öffnungs-/Schließ-Zyklen von etwa 100 μsec realisierbar sind. Insgesamt war bisher dieser Art von Brennstoff-Einspritzventilen im Einsatz von Serien-Fahrzeugen in größerem Stil versagt. Außerdem ist der Hub-Weg eines Piezo-Linear-Aktors bei vorgegebener Baulänge sehr beschränkt und wird derzeit mittels aufwendiger Hebelanordnungen auf ca. 100 bis 200 μm vergrößert. Schließlich gestaltet sich nach wie vor die präzise Modulation des Hubes der Düsenadel mittels des Piezo-Linear-Aktors bei der hohen Dynamik und den zunehmend hohen Drücken in der Brennkammer, insbesondere bei der Diesel-Direkteinspritzung, als schwierig.

[0006] Aus der DE 100 05 182 A1 ist ein elektromagnetisches Einspritzventil zur Steuerung einer in eine Verbrennungskraftmaschine einzuspeisenden Kraftstoffmenge mit einem durch ein Elektromagnetspulensystem betätigbaren Ventilkörper bekannt, wobei der Ventilkörper mit einem Magnetanker des Elektromagnetspulensystems zusammenwirkt. Das wesentliche Merkmal dieser Anordnung besteht darin, dass das Elektromagnetspulensystem wenigstens zwei zur Mittellängsachse symmetrische und konzentrisch angeordnete Spulen mit identischen Kenngrößen aufweist, die derart in einen Magnetkreis integriert sind, dass zwischen zwei benachbarten Spulen jeweils ein erster Polkörper angeordnet ist, und die innere und äußere Spule jeweils einem zweiten Polkörper benachbart ist. Diese Polkörper sind auf der gleichen Seite des Magnetankers angeordnet. Weiterhin ist es wesentlich, dass die Polkörper derart dimensioniert sind, dass eine radiale Schnittfläche eines mittleren ersten Polkörpers der Summe der Schnittflächen der benachbarten zweiten Polkörper entspricht. Insgesamt hängt bei dieser Anordnung die Funktion erheblich von der Symmetrie der räumlichen Gestaltung des Elektromagnetspulensystems ab. Die Zeitverzögerung des elektrischen und des magnetischen

Feldaufbaus hängt dabei vornehmlich von der Geometrie des Magnetkreises und insbesondere von der Felddiffusion und den auftretenden Wirbelströmen ab.

[0007] Allerdings stellt die bei dieser Anordnung notwendige konstruktive und elektrische/ magnetische Symmetrie des Elektromagnetspulensystems wie zum Beispiel die Dimensionierung bzw. das Verhältnis der radialen Schnittflächen der Polkörper zueinander eine erhebliche Einschränkung dar. Außerdem sind auch bei dieser bekannten Anordnung die erzielbaren Ventilschaltzeiten, Ventilwege und Ventilschließkräfte angesichts der eingangs erläuterten Anforderungen allenfalls als unzureichend zu bezeichnen.

[0008] Aus der DE 102 60 825 A1 ist ein magnetbetätigtes Kraftstoffeinspritzventil bekannt, bei dem ein Öffnungsquerschnitt eines Kraftstoffkanals, der als Raum zwischen einer Innenfläche eines Behälters, in den Kraftstoff eingeführt wird, und einer Außenfläche eines in dem Behälter angeordneten Nadelements begrenzt ist, geändert wird. Dazu wird das Nadelement durch von einer elektromagnetischen Einrichtung erzeugte Anzugs- bzw. Magnetkräfte in Längsrichtung verschoben. Die elektromagnetische Einrichtung ist mit einem ersten und einem zweiten Magnetkreis versehen, durch welche die Anzugs- bzw. Magnetkräfte unabhängig voneinander steuerbar sind.

[0009] Weiterer Stand der Technik ist aus den Dokumenten US 6,065,684, US 5,035,360, US 4,156,506 US 5,207,410, JP 10-335139, DE 2237 746.4, und US 2001/0019085 bekannt.

Der Erfindung zugrunde liegendes Problem

[0010] Damit besteht bei bekannten Brennstoff-Einspritzventilen das Problem, eine kompakt bauende und kostengünstige Anordnung eines Brennstoff-Einspritzventils bereitzustellen, die langzeitstabil und tauglich für den Einsatz in Groß-Serien ist und eine ausreichend hohe Hubzahl pro Arbeitstakt der Brennkraftmaschine mit den erforderlichen Öffnungs-/Schließkräften auszuführen in der Lage ist. Die vorliegende Erfindung hat zum Ziel, Brennstoff-Einspritzventile bereitzustellen, die dazu beitragen können, den Kraftstoffverbrauch von Verbrennungsmotoren zu senken um so den thermodynamischen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors zu steigern.

Erfindungsgemäße Lösung

[0011] Die Erfindung löst dieses Problem bei einer Ventilanordnung der oben genannten Art dadurch, dass die Magnet-Jochanordnung aus wenigstens zwei Jochscheiben gebildet ist, jede Jochscheibe an

wenigstens einer ihrer Stirnseiten wenigstens einen Polsteg aufweist, der mit der Elektromagnet-Spulenanordnung zusammen auf die Magnet-Ankeranordnung wirkt, und jede Jochscheibe aus wenigstens zwei Weicheisen enthaltenden Teiljochen zusammengesetzt ist, die eine die Magnet-Ankeranordnung tragende Betätigungsstange zumindest teilweise umgeben.

[0012] Überraschenderweise hat sich nämlich gezeigt, dass es nicht erforderlich ist, von einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung als Ventilantrieb auf einen Piezo-Linear-Aktor mit allen seinen ihm eigenen Nachteilen und Problemen umzustellen.

[0013] Vielmehr kann durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Komponenten der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung erreicht werden, dass das Brennstoff-Einspritzventil nicht nur die für Otto-Motoren erforderlichen Öffnungs-/Schließ-Kräfte, sondern sogar die für eine Diesel-Direkt-Einspritzung erforderlichen Öffnungs-/Schließ-Kräfte bei erheblich mehr Hüben pro Arbeitstakt (etwa doppelt so viele wie ein Piezo-Linear-Aktor heutiger Bauart) mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung bereitstellen kann. Weiterhin baut die Gesamtanordnung bei schnell bereitstellbaren hohen Öffnungs-/Schließkräften bei einem geringem Durchmesser Außendurchmesser sehr kompakt. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung erlaubt außerdem eine sehr effiziente Massenfertigung mit engen Toleranzen und geringer Ausschussrate.

[0014] Die erfindungsgemäße Ventilanordnung erlaubt die Realisierung von Öffnungs-/Schließ-Zyklen mit etwa 40 – 50 µsec und weniger. Damit sind Mehrfach-Einspritzvorgänge für ein effizientes Motormanagement sowohl für Otto-Motoren, als auch für Dieselmotoren möglich. Außerdem ist es auch möglich, den Brennstoffdurchsatz durch das Brennstoff-Einspritzventil dadurch zu erhöhen, dass mit der erfindungsgemäßen Ventilanordnung der Hubweg des Ventiliertes bei vergleichbarer Hubzeit etwa 3 bis 6 mal größer sein kann als bei einem Piezo-Linear-Aktor heutiger Bauart. Darüber hinaus erlaubt die erfindungsgemäße Anordnung eine sehr präzise Steuerung des Verlaufs des Hubweges über der Zeit. Der Stand der Technik (zum Beispiel aus der DE 100 05 182 A1) fordert eine zentralsymmetrische Geometrie der Polstege. Hierbei haben außerdem die äußeren Eisenringe einen geringeren Querschnitt als die inneren. Dies wirkt sich nachteilig auf die Gestaltung des Magnet-Ankers aus. Demgegenüber erlaubt die Erfindung eine insoweit freie Dimensionierung des Magnetjoches, der Magnet-Spulens- und Ankeranordnung, woraus bei der Erfindung zum Beispiel ein verhältnismäßig leichtgewichtiger Magnetanker mit einer verbesserten Ventil-Dynamik resultiert.

Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wirkt jedes Teiljoch mit wenigstens einem Abstandshalter zusammen, der eine Abmessung eines Hohlraumes zwischen zwei Jochscheiben zumindest mitbestimmt. Der oder die Abstandshalter können entweder im Bereich der äußeren Mantelfläche der Jochscheibe angeordnet sein oder sich zwischen den Stirnflächen zweier Jochscheiben abstützen. Die Abstandshalter sind entweder mit den Teiljochen bzw. den Jochscheiben (laser-)verschweißt oder verklebt. Alternativ dazu können die Abstandshalter auch zumindest an einem Ende mit den Teiljochen bzw. den Jochscheiben einstückig hergestellt sein.

[0016] Weiterhin können im Bereich der äußeren Mantelfläche der Jochscheibe elektrische Verbindungsstücke für die Elektromagnet-Spulenordnung angeordnet sein bzw. verlaufen. Damit können die einzelnen Wicklungen der Elektromagnet-Spulenordnung auf einfache Weise bestromt werden.

[0017] Vorzugsweise sind jeweils derselben Seite der Magnet-Ankeranordnungen zugewandte Elektromagnet-Spulenordnungen für eine gleichphasige elektrische Ansteuerung in Reihen- oder Parallelschaltung verbunden. Damit ist es möglich, die Ventilanordnung elektrisch betätigt zu öffnen, zu schließen und zu halten, ohne dass eine Haltefeder erforderlich ist. Unter Haltefeder wird hierbei eine Feder mit einer hohen Federkonstante verstanden, die in der Lage ist die Ventilanordnung gegen die Betriebsdrücke (des zugeführten Brennstoffes bzw. in der Brennkammer) in einer Stellung zu halten. Davon zu unterscheiden ist eine Feder, die bei unbestromter Ventilanordnung und fehlenden Betriebsdrücken in der Lage ist, dafür zu sorgen, dass das Ventilglied in einer Schließstellung verharrt, so dass kein Brennstoff durch die Ventilanordnung in die Brennkammer strömt.

[0018] Die Erfindung erlaubt es, die Ventilanordnung sowohl elektrisch betätigt zu öffnen, als auch elektrisch betätigt zu schließen und in beiden Stellungen – aber auch in Zwischenstellungen – zu halten, in dem die entsprechende der zu beiden Stirnseiten der Ankeranordnung angeordnete Spulenordnung bestromt wird. Damit kann auch ein Abbremsen oder Beschleunigen des Ventilgliedes auf dem Weg zwischen den beiden Endstellungen erreicht werden. Dies hat zur Folge, dass das Ventilglied erheblich "weicher" in den Ventilsitz bzw. die entgegengesetzte Endstellung befördert werden kann. Dies führt zu geringerer mechanischer Belastung des Ventilgliedes bzw. des Ventilsitzes, so dass diese Komponenten nicht so schnell verschleifen. Das erlaubt eine weniger robuste Dimensionierung und einen geringeren Durchmesser der Düsenadel und damit eine Verrin-

gerung der notwendigen Schließ-/Haltekräfte. Dies hat zur Folge, dass eine präzisere Dosierung des Brennstoffes und wegen der geringeren bewegten Massen eine höhere Bewegungsrate mit mehr Öffnungs/Schließzyklen pro Arbeitstakt als bei Piezo-Aktoren möglich ist. Außerdem ist das Kraft-Weg-Verhalten eines Piezo-Aktors erheblich ungünstiger und weniger beeinflussbar als bei einer erfindungsgemäßen Betätigungseinrichtung.

[0019] Bei einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils haben die Polstege ein Rastermaß, das etwa 2 bis etwa 30 mal, vorzugsweise etwa 5 bis etwa 20 mal, und besonders vorzugsweise etwa 10 mal größer ist als ein zwischen der Magnet-Jochanordnung und der Magnet-Ankeranordnung gebildeter Luftspalt in einer Ruhestellung der Betätigungseinrichtung. Das Verhältnis zwischen dem Rastermaß der Polstege, also einer Abmessung, die die magnetisch wirksame Fläche der Polstege mitbestimmt, und dem Luftspalt ist eine die Funktionalität des Ventils erheblich beeinflussende Größe. Die Erfindung geht davon aus, dass das Verhältnis im Bereich zwischen etwa 2 und etwa 30 liegen sollte, wobei jede Verhältniszahl zwischen diesen Grenzen im Bereich der Erfindung liegt und in erster Linie von den konstruktiven Gegebenheiten oder Anforderungen (verfügbarer Einbaudurchmesser, Länge, erforderlicher Ventilhub, Ventilglied-Dynamik, etc.) abhängt.

[0020] Indem die Polstege eine zur Mittellängsachse des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asymmetrische Gestalt aufweisen wird vermieden, dass Fertigungsungenauigkeiten oder Schwankungen bei der Magnetfelderzeugung, oder Temperaturschwankungen zu unerwünschten Betriebszuständen führen. Vielmehr stellt sich die zur Mittellängsachse nicht rotations-symmetrische Gestaltung des Magnetjochs bzw. der Magnetspule insofern wesentlich unempfindlicher dar.

[0021] In einer Ausführungsform der Erfindung haben dazu die Polstege eine zur Mittellängsachse des Brennstoff-Einspritzventils spiralförmige Gestalt. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung haben die Polstege eine im Wesentlichen mehreckige, vorzugsweise viereckige bzw. mehrkantige Gestalt und sind nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenordnungen angeordnet, wobei die Polstege vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind.

[0022] Im letzteren Fall können wenigstens zwei benachbarte Polstege von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenordnung zumindest teilweise mäanderförmig umgeben sein. Alternativ dazu kann auch jeweils jedes Teiljoch aus Kobalt-Eisen-haltigem Material gebildet sein und jeweils wenigstens einen Polsteg aufweisen, der von wenigstens einer Elektroma-

gnet-Spulenordnung zumindest teilweise umgeben ist.

[0023] Eine Eigenschaft der Erfindung besteht darin, dass zumindest eine Elektromagnet-Spulenordnung nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege zumindest teilweise einschließen kann. Diese, in der Herstellung sehr effiziente Bauart erlaubt eine Ausführungsform, bei der zwischen zwei Lagen aus Weicheisen enthaltendem Blech ein Strom leitendes Band zur Bildung der Magnet-Spulenordnung und ein Weicheisen enthaltendes Blechband zur Bildung eines Stator-Jochrückens anzuordnen. Dabei grenzen das Strom leitende Band und das Weicheisen enthaltende Blechband an jeweils einer Längskante – elektrisch isoliert – aneinander an.

[0024] Um besonders schlanke oder langgezogene Bauformen mit großen Halte- oder Schließkräften zu realisieren ist eine Kaskadierung von mehreren Ventiltrieben entlang der Bewegungsachse der Ventilordnung vorgesehen, bei der die Betätigungseinrichtung mehr als eine Baugruppe, gebildet durch die Magnet-Spulenordnung, die Magnet-Jochanordnung, und die Magnet-Ankeranordnung aufweist. Diese Baugruppen wirken dabei gemeinsam auf die Ventilordnung – entweder gleichsinnig oder gegensinnig – um das Ventilglied aus dem Ventilsitz zu heben oder ggf. auch abgebremst, hineinzubefördern.

[0025] Erfindungsgemäß wirkt die Betätigungseinrichtung auf ein bewegliches Ventilglied ein, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilglied zusammenwirkenden und stromabwärts zu dem Brennstoff-Einlaß angeordneten ortsfesten Ventilsitz zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen. Damit kann eine direkt schaltende Ventilordnung realisiert werden.

[0026] Bei einer anderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils wirkt die Betätigungseinrichtung auf ein bewegliches Ventilglied ein, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilglied zusammenwirkenden ortsfesten Ventilsitz zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen. Damit ist ein gesteuertes Ablassen von Brennstoff in eine Rückführleitung ermöglicht, wenn ein zweites, federbelastetes Ventilglied zusammen mit einem zweiten Ventilsitz durch den im Brennraum herrschenden Druck nicht geöffnet wird, und ein gesteuertes Ablassen von Brennstoff in den Brennraum ermöglicht, wenn das zweite, federbelastete Ventilglied zusammen mit dem zweiten Ventilsitz durch den im Brennraum herrschenden Druck geöffnet wird. Damit kann eine indirekt schaltende Ventilordnung realisiert werden.

[0027] Erfindungsgemäß können die Magnet-Jochanordnung und/oder die Magnet-Ankeranordnung exzentrisch oder asymmetrisch zu einer Mit-

telachse des Brennstoff-Einspritzventils angeordnet sein.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform kann die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung aus wenigstens zwei zusammengefügt Schalen-Teilen mit Ausnehmungen gebildet sein, wobei in jeder Ausnehmung jeweils eine Elektromagnet-Spulenordnung aufgenommen ist, die in Bewegungsrichtung im Wesentlichen bündig mit der jeweiligen Stirnfläche eines der Schalen-Teile abschließt, wobei die Stirnflächen zusammen einen Hohlraum begrenzen, in dem die Magnet-Ankeranordnung längs der Mittellängsachse beweglich aufgenommen ist.

[0029] Die Elektromagnet-Spulenordnung kann auf wenigstens einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung durch eine mehrere Spulen aufweisende Elektromagnet-Spulenordnung gebildet sein, die etwa bündig mit einer der Stirnflächen einer der Schalen-Hälften abschließen.

[0030] Dabei können die einzelnen Ring-Spulen eine Dicke von etwa 20 bis etwa 80 % des Magnetjoch-Eisens haben. Außerdem können die einzelnen Spulen auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung dazu eingerichtet sein, gegensinnig bestromt zu werden.

[0031] Weiterhin kann zwischen den einzelnen Spulen wenigstens auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung das Joch-Eisen durch gegeneinander isolierte Eisenbleche gebildet sein.

[0032] Der Erfindung liegt das Prinzip zugrunde, die Elektromagnet-Spulenordnung und die Magnet-Ankeranordnung im Wesentlichen rechtwinklig zueinander zu orientieren.

[0033] Erfindungsgemäß können die die Magnet-Spulenordnung und die Magnet-Ankeranordnung sich in radialer Richtung zur Mittellängsachse zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig überlappen. Damit wird ein besonders effizienter Magnetkreis realisiert, der sehr geringe Ventilöffnungs-/Schließ-Zeiten erlaubt.

[0034] Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils kann die Magnet-Jochanordnung als ein im Wesentlichen zylindrischer weichmagnetischer Scheibenkörper mit radial oder tangential zur Mittellängsachse orientierten Unterbrechungen gestaltet sein. Diese Unterbrechungen können einfache Schlitze sein oder zur Erhöhung der Stabilität der Magnet-Jochanordnung durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material des weichmagnetischen Scheibenkörpers hat.

[0035] Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils kann die Magnet-Ankeranordnung durch zwei oder mehr von einander räumlich getrennte streifenförmige weichmagnetische Abschnitte gebildet sein. Auch hier können die räumlichen Trennungen einfache Schlitzte sein oder zur Erhöhung der Stabilität durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material der streifenförmigen weichmagnetischen Abschnitte hat.

[0036] Die Magnet-Ankeranordnung kann eine weichmagnetische Scheibe mit Ausnehmungen, vorzugsweise radial orientierten, zum Rand der Scheibe reichenden Schlitzten, oder Langlöchern gestaltet sein. Auch hier können die zum Rand der Scheibe reichenden Schlitzten oder Langlöcher einfache Ausnehmungen sein oder zur Erhöhung der Stabilität durch Material gebildet sein, das einen höheren magnetischen Widerstand als das Material der weichmagnetischen Scheibe hat.

[0037] Die Magnet-Ankeranordnung kann auch mehrlagig aufgebaut sein, wobei zwischen zwei Weicheisenlagen eine Keramiklage angeordnet ist. Dieser Schichtaufbau ist an der Ventilstange befestigt. Zur weiteren Verbesserung der Stabilität können die beiden Eisenlagen auch entlang des Außenumfangs noch miteinander verbunden sein.

[0038] Weiterhin können die weichmagnetische Ankeranordnung und das Ventilglied miteinander verbunden und durch eine Federanordnung in die Offen-Stellung oder die Geschlossen-Stellung vorgespannt und durch Bestromen der Magnet-Spulenordnung in die Geschlossen-Stellung oder die Offen-Stellung zu bringen sein.

[0039] Gemäß einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoff-Einspritzventils können auch zwei der oben beschriebenen Betätigungseinrichtungen vorgesehen sein, die auf das Ventilglied gegensinnig wirken und dieses bei jeweiliger Bestromung in die Geschlossen-Stellung bzw. die Offen-Stellung bringen.

[0040] Erfindungsgemäß bildet die Betätigungstange zusammen daran angeordneten, in der Regel (laser-)geschweißten Magnet-Ankeranordnungen eine Unterbaugruppe, die mit wenigstens einer aus gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljochen gebildeten weiteren Unterbaugruppe zusammzusetzen ist.

[0041] Weiterhin umgibt erfindungsgemäß ein druckfestes Gehäuse die Betätigungseinrichtung und die Ventilanordnung, aus dem elektrische Anschlüsse für die Elektromagnet-Spulenordnungen mittels Glasdurchführungen nach außen herausgeführt sind. Die Glasdurchführungen stellen eine sichere und für

die Groß-Serie geeignete, brennkraftstoffdichte und hinsichtlich der Betriebsdrücke (bis zu etwa 2000 bar) druckfeste Anordnung für die elektrischen Anschlüsse an dem Brennstoff-Einspritzventil sicher.

[0042] Weiterhin sind erfindungsgemäß die Elektromagnet-Spulenordnungen als Kupfer enthaltende Formteile gebildet, die mittels Keramikbeschichtung, Aluminiumoxidbeschichtung, Elektrophoreselackbeschichtung oder dergl. elektrisch isoliert sind, um die Polstege herum montiert sind und nach dem Zusammenfügen der aus einzelnen gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljochen gebildeten Unterbaugruppe mit den elektrischen Anschlüsse verbunden werden.

[0043] Weiterhin sind erfindungsgemäß die Elektromagnet-Spulenordnungen mit den Teiljochen vergossen oder verklebt sind. Dies erhöht die Dauerbetriebsfestigkeit der Brennstoff-Einspritzventilanordnung.

[0044] Das erfindungsgemäße Brennstoff-Einspritzventil kann dazu eingerichtet und dimensioniert sein, in den Brennraum einer fremd gezündeten Brennkraftmaschine, oder in den Brennraum einer selbstzündenden Brennkraftmaschine zu ragen.

[0045] Schließlich betrifft die Erfindung eine Montagevorrichtung mit einem Montageblock, der eine der Anzahl der Jochscheiben des Brennstoff-Einspritzventils entsprechende Anzahl von axial beabstandeten Aufnahmen aufweist, die so dimensioniert sind, dass die Jochteile der Jochscheiben im Wesentlichen spielfrei einzubringen und zu entnehmen sind, wobei die axialen Abstände der Ausnehmungen im Wesentlichen der axialen Erstreckung des Hohlraums zwischen zwei benachbarten Jochscheiben entsprechen, und der ein Verschweißen, Verlöten oder Verkleben von Abstandshaltern mit den Jochteilen erlaubt.

[0046] Weitere Vorteile, Ausgestaltungen oder Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Figuren in denen die Erfindung im Detail erläutert ist.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0047] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung im Längsschnitt durch ein Brennstoff-Einspritzventil gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0048] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Querschnitt einer Weichmagnet-Ankeranordnung aus [Fig. 1](#), geschnitten entlang der Linie II – II.

[0049] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf einen Querschnitt einer Weichmagnet-Jochan-

ordnung aus [Fig. 1](#), geschnitten entlang der Linie III – III.

[0050] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung mit einer Magnetspulenordnung.

[0051] [Fig. 5](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung und eine Magnetspulenordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0052] [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Weichmagnet-Jochanordnung und eine Magnetspulenordnung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

[0053] [Fig. 7](#) zeigt eine seitliche perspektivische Darstellung der Weichmagnet-Jochanordnung und der Magnetspulenordnung gemäß [Fig. 6](#).

[0054] [Fig. 8](#) zeigt eine seitliche teilweise längsgeschnittene Darstellung der Ventilstange mit einer Ankeranordnung, die ein Kastenprofil aufweist.

[0055] [Fig. 9](#) zeigt eine perspektivische Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Betätigungseinrichtung.

[0056] [Fig. 10](#) zeigt ein Teiljoch einer Jochscheibe für eine erfindungsgemäße Betätigungseinrichtung nach [Fig. 9](#) in einer vergrößerten perspektivischen Seitenansicht.

Detaillierte Beschreibung derzeitig, bevorzugter Ausführungsformen

[0057] In [Fig. 1](#) ist Brennstoff-Einspritzventil mit einem zu einer Mittellängsachse M im wesentlichen rotationssymmetrischen Ventilgehäuse 10 im schematischen Längsschnitt in einer halb geöffneten Stellung gezeigt. Ein derartiges Brennstoff-Einspritzventil dient zum direkten Einspritzen von Brennstoff in den nicht weiter veranschaulichten Brennraum einer Brennkraftmaschine. Das Brennstoff-Einspritzventil 10 hat einen radial orientierten, seitlichen Brennstoff-Einlaß 12, durch den mittels einer nicht weiter veranschaulichten Pumpe oder sonstigen Druckgeber unter Druck gesetzter Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen kann. Es ist jedoch auch möglich, den Brennstoff-Einlaß etwa im mit 14 angedeuteten zentralen in [Fig. 1](#) oberen Bereich des Brennstoff-Einspritzventils vorzusehen. Von dem Brennstoff-Einlaß 12 reicht ein zentraler Brennstoff-Kanal 16 durch ein Rohr 17 zu einem Brennstoff-Auslaß 18. An Ende des zentralen Brennstoff-Kanals 16 ist eine Ventilanordnung 20 vorgesehen, um den Brennstoff in gesteuerter Weise durch den Brennstoff-Auslaß 18 in den Brennraum der Brennkraftmaschine ausströmen zu lassen.

[0058] Die Ventilanordnung 20 ist durch ein sich in dem zentralen Brennstoff-Kanal 16 befindliches und zum Brennstoff-Auslaß 18 hin konisch verjüngendes Ventilglied 20a und einen mit dem Ventilglied 20a zusammenwirkenden Ventilsitz 20b gebildet, der entsprechend der Form des Ventilgliedes 20a gestaltet ist.

[0059] Das Ventilglied 20a ist über eine Betätigungsstange 22 mit einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungseinrichtung 24 verbunden, um das Ventilglied 20a zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung (in [Fig. 1](#) auf und ab) zu bewegen. Damit wird von dem Brennstoff-Einlaß 12 kommender und durch den zentralen Brennstoff-Kanal 16 strömender, unter Druck stehender Brennstoff in gesteuerter Weise durch den Brennstoff-Auslaß 18 in den Brennraum ausgestoßen.

[0060] Die Betätigungseinrichtung 24 ist gebildet durch eine Elektromagnet-Spulenordnung 24a, eine mit dieser zusammenwirkende weichmagnetische Magnet-Jochanordnung 24b, sowie eine mit dieser zusammenwirkende weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung 24c. Dabei ist die weichmagnetische Magnet Jochanordnung 24b aus zwei etwa auf Höhe der Schnittlinie II – II zusammengefügte Schalen-Hälften 24b' und 24b'' mit Ausnehmungen 26a, 26b gebildet. Die Ausnehmungen 26a, 26b haben bei der Ausführungsform nach [Fig. 1](#) in der Draufsicht die in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigte Längserstreckung und sind durch ebenfalls etwa trapez- oder parallelogrammförmige Polstege 25a, 25b begrenzt. In den Ausnehmungen 26a, 26b ist jeweils eine Elektromagnet-Spulenordnung 24a' und 24a'' aufgenommen, die bündig mit den jeweiligen Stirnflächen 27a, 27b der Schalen-Hälften 24b' und 24b'' abschließen.

[0061] Die Stirnflächen 27a, 27b der Schalen-Hälften 24b' und 24b'' begrenzen einen Hohlraum 28, in dem die Magnet-Ankeranordnung 24c längs der Mittellachse M beweglich aufgenommen ist.

[0062] In der in [Fig. 1](#) gezeigten Anordnung haben die Elektromagnet-Spulenordnungen bzw. die Magnetjochanordnung die in [Fig. 4](#) gezeigte Konfiguration, bei der die Polstege 25a, 25b eine im Wesentlichen viereckige Gestalt haben und nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenordnungen 24a', 24a'' angeordnet sind. Dabei sind die Polstege 25a, 25b vorzugsweise parallel zueinander angeordnet. Die Magnetjochanordnung kann hier aus einstückigem Weicheisen gebildet sein, aus dem die Polstege bzw. die Zwischenräume ausgeformt sind. In ein derartiges einstückiges Weicheisen-Formteil können Unterbrechungen in Form von Schlitzen oder Langlöchern eingearbeitet sein, die mit elektrisch isolierendem Material gefüllt sind. Es ist aber auch möglich, die Magnetjochanordnung als Formteil aus gesintertem

Eisenpulver herzustellen oder aus mehreren, ggf. gegeneinander isolierten Teilstücken zu montieren und zum Beispiel zu verkleben.

[0063] [Fig. 2](#) zeigt die weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung **24c**. Sie hat eine weichmagnetische Ankerscheibe **24c**, die um die Mittelachse M herum angeordnet ist. Um die in der Ankerscheibe **24c** induzierten Wirbelströme beim Betrieb des Brennstoff-Einspritzventils möglichst gering zu halten, ist die Ankerscheibe **24c** mit radial orientierten Unterbrechungen **36** versehen. Diese Unterbrechungen haben die Gestalt von zum Rand **30** der Ankerscheibe **24c** reichenden Schlitzen **36**. Dadurch entstehen radial orientierte Streifen **25**, die im Zentrum der Scheibe **24c** miteinander verbunden sind.

[0064] [Fig. 3](#) zeigt die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung **24b** im Querschnitt. Um die in der Magnet-Jochanordnung **24b** induzierten Wirbelströme beim Betrieb des Brennstoff-Einspritzventils möglichst gering zu halten, ist die Magnet-Jochanordnung **24b** mit einer Vielzahl von radial orientierten senkrechten Unterbrechungen **36** in Form von Schlitzen versehen. Um das Brennstoff-Einspritzventil fluiddicht zu gestalten, ist zwischen den Schlitzen **36** an der Außenwand ein Materialsteg **38** vorgesehen, der für eine geschlossene Mantelfläche sorgt. Alternativ dazu kann die geschlossene Mantelfläche auch an den radial inneren Enden der Schlitze **36** angeordnet sein.

[0065] Dies hat außerdem den Vorteil einer ggf. verbesserten Wärmeableitung aus dem Magnetjoch. Dabei sind beide Schalen-Hälften **24b'** und **24b''** der Magnet-Jochanordnung **24b** mit den Schlitzen **36** versehen.

[0066] Aus dem Vorstehenden wird deutlich, dass die Elektromagnet-Spulenordnung **24a** und die radial orientierten Streifen **25** der weichmagnetischen Ankerscheibe **24c** im Wesentlichen rechtwinkelig zueinander orientiert sein können. Es versteht sich, dass dies entweder in der vorstehend beschriebenen Form mit radial orientierten Streifen **25** der Ankeranordnung **24b** und einer spiralförmigen Elektromagnet-Spulenordnung **24a** bzw. Magnet-Jochanordnung **24b** realisiert werden kann, oder umgekehrt. Es ist aber auch möglich, mit konzentrischen Ankerteilen und einer sternförmig gestalteten Elektromagnet-Spulenordnung die Betätigungseinrichtung **24** zu realisieren.

[0067] Die Magnet-Ankeranordnung **24c** ist eine kreisrunde eisenhaltige Scheibe mit einer weiter unten im Detail beschriebenen Gestalt. Die Elektromagnet-Spulenordnung **24a** und die Magnet-Ankeranordnung **24c** überlappen sich in radialer Richtung bezogen auf die Mittelachse (M). Wie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, hat die Elektromagnet-Spulenordnung

24a einen geringeren Außendurchmesser als die Ankerscheibe **24c**, so dass der aus der Elektromagnet-Spulenordnung **24a** hervorgerufene magnetische Fluss praktisch ohne nennenswerte Streuverluste in die Ankerscheibe **24c** eindringt. Damit wird ein besonders effizienter Magnetkreis realisiert, der sehr geringe Ventil-Öffnungs-/Schließ-Zeiten sowie hohe Haltekräfte erlaubt.

[0068] Die Ankerscheibe **24c** kann – unabhängig von der Gestaltung des Magnetjoches bzw. der Magnet-Spulenordnung – auch eine geschlossene Kreisscheibe aus Weicheisen sein, sofern die oben beschriebene Ausgestaltung des Magnetjoches bzw. der Magnet-Spulenordnung sicherstellt, dass die Streuverluste bzw. Wirbelstromverluste gering genug für den jeweiligen Einsatzzweck sind.

[0069] Wie in [Fig. 1](#) veranschaulicht, ist die Ankerscheibe **24c** mit der Betätigungsstange **22** starr verbunden und in einem durch die Schalen-Hälften **24b'** und **24b''** der Magnet-Jochanordnung **24b** begrenzten Ankerraum **34** längs der Mittelachse M in dem Rohr **17** geführt längsbeweglich aufgenommen. Dabei ist die Ankerscheibe **24c** mit der Betätigungsstange **22** durch eine zur Mittelachse M koaxial angeordnete Schraubenfeder **40** belastet, so dass das am Ende der Betätigungsstange **22** befindliche Ventilglied **20a** in dem Ventilsitz **20b** fluiddicht sitzt, also in seine Geschlossen-Stellung gedrängt ist. Beim Bestromen einer der Spulen (zum Beispiel **24a'**) der Elektromagnet-Spulenordnung **24a** wird in der Magnet-Jochanordnung **24b** ein wirbelstromarmes Magnetfeld induziert, das die Ankerscheibe **24c** mit der Betätigungsstange **22** in Richtung der jeweiligen Schalen-Hälfte **24b'** zieht in der sich die bestromte Spule befindet. Damit bewegt sich das Ventilglied **20a** von dem Ventilsitz **20b** weg in seine Offen-Stellung. Beim Bestromen der anderen Spule (zum Beispiel **24a''**) der Elektromagnet-Spulenordnung **24a** bewegt sich das Ventilglied **20a** in die jeweils andere Stellung zu dem Ventilsitz **20b** hin in seine Geschlossen-Stellung. Eine am von dem Ventilglied **20a** abliegenden Ende der Betätigungsstange **22** auf diese wirkende Schraubenfeder **40** hält das Ventilglied **20a** bei unbestromter Elektromagnet-Spulenordnung **24a** in seiner Geschlossen-Stellung.

[0070] Eine Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, über die Betätigungsstange **22** mit dem Ventilglied **20a** mehrere (zwei oder mehr) Ankerscheiben **24c** zu koppeln, auf die jeweils von einer oder von beiden Seiten eine Spulen-Jochanordnung wirkt. Außerdem kann die Spulenordnung **24a** zu beiden Seiten der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung **24c** jeweils mehrteilig ausgestaltet sein. Dabei sind jeweils zwei oder mehr Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'**, **24a''** vorgesehen, die im Wesentlichen bündig mit den jeweiligen Stirnflächen **27a**, **27b** der Schalen-Hälften **24b'** und **24b''** abschließen. Die-

se Ausführungsform kann bei gleichem Bauvolumen eine erhöhte Magnetfeld-Dichte und damit auch eine gesteigerte Ventilglied-Haltekraft und Ventilglied-Betätigungsgeschwindigkeit haben. Durch die einzelnen Spulen einer auf Seite (oberhalb bzw. unterhalb) der jeweiligen Magnet-Ankeranordnung **24c** fließt dabei abwechselnd gegensinnig gerichteter Strom. Das Joch-Eisen zwischen den einzelnen Spulen **24a** einer Seite kann hier durch gegeneinander isolierte Eisenbleche gebildet sein.

[0071] Die beiden Ausführungsformen sind mit elektrisch ansteuerbaren Betätigungseinrichtungen **24** gezeigt, bei denen eine zentrale Betätigungsstange **22** von einer scheibenförmigen Magnet-Ankeranordnung **24c** bewegt wird. Es ist auch möglich, anstelle der zentralen Betätigungsstange **22** ein Rohr vorzusehen, an dessen Stirnfläche der Magnet-Anker angeordnet ist.

[0072] Bei der Ausführungsform des Magnet-Joches bzw. der Magnetspulen gemäß **Fig. 4** ist jeder einzelne Polsteg von einer separaten Wicklung umgeben. Der besseren Übersicht wegen sind in **Fig. 4** nicht alle Polstege mit Elektromagnet-Spulenordnungen versehen dargestellt. Dabei sind alle Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'** und **24a''** entweder gegensinnig gewickelt und gleichsinnig bestromt oder bei gleichsinniger Wicklung gegensinnig bestromt um an gegenüberliegenden Flanken **25a'**, **25a''** der Polstege **25a**, **25b** jeweils gegensinnig gerichteten elektrischen Strom vorbeiführen.

[0073] Alternativ dazu ist es auch möglich, die Elektromagnet-Spulenordnung in der in **Fig. 5** gezeigten Konfiguration auszuführen, bei der eine (oder mehrere) Wicklungen mäanderförmig in die Ausnehmungen **26a**, **26b** zwischen die Polstege **25a**, **25b** der Magnet-Jochanordnung eingelegt ist (sind). Auch hier wird an gegenüberliegenden Flanken **25a'**, **25a''** jedes der Polstege **25a**, **25b** jeweils gegensinnig gerichteter elektrischer Strom vorbeigeführt. Ersichtlich haben bei allen Ausführungsformen die Polstege **25a**, **25b** (und auch die Ausnehmungen **26a**, **26b**) eine zur Mittellängsachse M des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asymmetrische Gestalt, wobei zumindest eine Elektromagnet-Spulenordnung **24a'**, **24a''** nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege zumindest teilweise so einschließt, dass an deren Flanken gegensinnig gerichteter elektrischer Strom vorbeigeführt wird.

[0074] Die in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigte Ausführungsform einer Elektromagnet-Spulenordnung **24a** wird mit der mit ihr zusammenwirkenden weichmagnetischen Magnet-Jochanordnung **24b** integriert hergestellt. Dazu wird ein Weicheisen enthaltendes, lang gestrecktes Jochblech **50** beidseitig mit einem Leiterstreifen **52** umgeben, indem dieser um eine – im späteren, fertigen Zustand innen liegende –

Längskante **50'** des Jochblechs **50** umgeknickt wird. Neben dem Leiterstreifen **52** wird ein Weicheisen enthaltendes Blechband **54** angeordnet, das genauso dick ist wie der Leiterstreifen **52** und ebenfalls um die – im fertigen Zustand innen liegende – Längskante **50'** des Jochblechs **50** umgeknickt wird. Das neben dem Leiterstreifen **52** liegende Blechband **54** dient dazu, zusammen mit dem Abschnitt des Jochbleches **50**, an dem es flächig anliegt, – im fertigen Zustand – den Rücken des Magnetjoches zu bilden. Der Leiterstreifen **52** überragt die – im fertigen Zustand außen liegende – seitliche Längskante **50''** des Jochblechs **50** an beiden Enden zur elektrischen Kontaktierung. Anschließend wird eine zweite Lage eines ein Weicheisen enthaltenden, lang gezogenen Jochbleches **56** dagegen gelegt, so dass ein Schichtaufbau bestehend aus dem erstem Jochblech **50**, dem Leiterstreifen **52** und dem Blechband **54**, sowie dem zweiten Jochblech **56** entsteht. Dieser Schichtaufbau wird anschließend in der in **Fig. 6** gezeigten Weise spiralförmig zusammengerollt, um das aus einer Spule und einem Joch bestehende Gesamtgebilde zu erhalten. Nach dem spiralförmigen Zusammenrollen liegen die ersten und zweiten Jochbleche **50**, **56** dicht aneinander an und das Gesamtgebilde ist ein zylindrischer Wickelkörper. Es versteht sich, dass der Leiterstreifen **52** gegen die Weicheisen-Teile **50**, **54**, **56** elektrisch isoliert ist.

[0075] Der in **Fig. 1** gezeigte, zur Mittellängsachse M koaxiale Luftspalt zwischen der Magnet-Jochanordnung **24b** und der Magnet-Ankeranordnung **24c** in der Ruhestellung der Betätigungseinrichtung **24** gebildete Luftspalt ist etwa 10 mal größer als das Rastermaß der Polstege. Dabei ist das Rastermaß bei dieser Ausführungsform die Querabmessung der Polstege. Bei der Ausführungsform der Magnet-Jochanordnung **24b** nach den **Fig. 6**, **Fig. 7** ist das Rastermaß die Dicke des Jochbleches **40**. Es sind auch andere Geometrien der Polstege möglich. Bestimmend für das Rastermaß sind die kleinsten Strukturen der Polstege, also deren Längsabmessungen, Querabmessungen, Dicke, etc. welche zu einer feinteiligen Gestalt der auf den Magnet-Anker wirkenden Pole des Magnetjoches führen. Dieses kleine Rastermaß führt zu hoher magnetischer Flussdichte und damit zu hohen Anzugs- bzw. Haltekräften der Ventilanordnung bzw. auch zu einer niedrigen Schaltzeit, da die elektrischen und magnetischen Verluste bzw. die induzierten Gegenkräfte sehr gering sind.

[0076] In **Fig. 8** ist eine weitere Alternative für eine Ausgestaltung der Ankeranordnung gezeigt. Dabei ist die Ankerscheibe **24c** mehrlagig aufgebaut. Zwischen zwei relativ dünnen – und damit wirbelstromarmen – Weicheisenlagen **24c'** ist zur Erhöhung der mechanischen Stabilität eine Keramiklage **24c''** angeordnet und an der Ventilstange **22** befestigt. Es versteht sich, dass die beiden Weicheisenlagen **24c'**

entweder vollständige Ankerscheiben oder in der oben beschriebenen Art ausgenommene Scheiben sein können. Auch können mehrere derartige Ankeranordnungen entlang der Ventilstange **22** verteilt angeordnet sein.

[0077] **Fig. 9** zeigt Teilansicht einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Magnet-Jochanordnung **24b**, bei der jeweils zwei im Wesentlichen halbkreis-scheibenförmige Teiljoch **125a** zu einer Jochscheibe **125** der Magnet-Jochanordnung **24b** zusammengefügt sind. Im Zentrum jeder aus zwei halbkreis-scheibenförmige Teiljoch **125a** zusammengesetzten Jochscheibe **125** ist ein halbkreiszyklindrische Aussparung **125'** (siehe **Fig. 10**), die eine Lagerbuchse **126** für die Ventilstange **22** aufnimmt. Damit ist jede Jochscheibe aus wenigstens zwei Weicheisen enthaltenden Teiljoch **125a** zusammengesetzt, die eine die Magnet-Ankeranordnung tragende Betätigungsstange umgeben. Die jeweiligen Teiljoch einer Jochscheibe werden miteinander verklebt.

[0078] Jede Jochscheibe **125** der Magnet-Jochanordnung – außer den Jochscheiben an den beiden Enden des Jochscheibenstapels in **Fig. 9** – hat an ihren beiden Stirnseiten **128**, **130** jeweils einen Polsteg **25a**, **25b**, der mit der Elektromagnet-Spulenordnung **24a'**, **24a''** zusammen auf die Magnet-Ankeranordnung **24c** wirkt. Die Magnet-Ankeranordnung **24c** ist dabei durch eine entsprechende Anzahl von an der Ventil-Betätigungsstange **22** angeschweißte Weicheisenscheiben gebildet, die mit einer Vielzahl von Bohrungen versehen sind, durch die Brennstoff strömen kann, wenn sich die Magnet-Ankeranordnung **24c** zwischen ihren Endstellungen bewegt.

[0079] Jedes Teiljoch **125a** hat an im Bereich seiner äußeren Mantelfläche einen Abstandshalter **130** angeformt, der die Abmessung **X** des Hohlraumes **28** zwischen den beiden zwei Jochscheiben **125** mitbestimmt. Weiterhin sind im Bereich der äußeren Mantelfläche der Jochscheibe **125** elektrische Verbindungsstücke **132** für die Elektromagnet-Spulenordnung **24a'**, **24a''** angeordnet. Damit sind jeweils derselben Seite der Magnet-Ankeranordnungen **24c** zugewandte Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'**, **24a''** für eine gleichphasige elektrische Ansteuerung in Reihen- oder Parallelschaltung verbunden.

[0080] Die an der Betätigungsstange **22** angeordneten Magnet-Ankeranordnungen **24c** bilden somit eine Unterbaugruppe, die mit den beiden aus gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljoch **125a** gebildeten weiteren Unterbaugruppen zusammensetzen ist.

[0081] Ein druckfestes Gehäuse umgibt die Betätigungseinrichtung **24** und die Ventilanordnung **20**, aus dem elektrische Anschlüsse von den elektrischen Verbindungsstücken **132** für die Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'**, **24a''** mittels Glasdurchführun-

gen nach außen herausgeführt sind.

[0082] Die Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'**, **24a''** sind als Kupfer enthaltende Formteile gebildet, die mittels Aluminiumoxidbeschichtung oder dergl. elektrisch isoliert sind. Diese Formteile werden um die Polstege **25a**, **25b** herum montiert und nach dem Zusammenfügen der aus einzelnen gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljoch **125a** gebildeten Unterbaugruppe mit den elektrischen Anschlüssen verbunden. Schließlich werden die Elektromagnet-Spulenordnungen **24a'**, **24a''** in den Ausnehmungen der Teiljoch **125a** vergossen.

Patentansprüche

1. Brennstoff-Einspritzventil für Brennstoff-Einspritzanlagen von Brennkraftmaschinen mit
 – einem Brennstoff-Einlaß (**12**), der dazu eingerichtet ist, Brennstoff in das Brennstoff-Einspritzventil einströmen zu lassen,
 – einer elektrisch ansteuerbaren Betätigungseinrichtung (**24**) die mit einer Ventilanordnung (**20**) zusammenwirkt, um Brennstoff in direkt oder indirekt gesteuerter Weise durch einen Brennstoff-Auslaß (**18**) in den Brennraum ausströmen zu lassen, wobei
 – die Betätigungseinrichtung (**24**) eine zu bestromende Magnet-Spulenordnung (**24a**), eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Jochanordnung (**24b**), sowie eine mit dieser zusammenwirkende im Wesentlichen weichmagnetische Magnet-Ankeranordnung (**24c**) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Magnet-Jochanordnung (**24b**) aus wenigstens zwei Jochscheiben (**125**) gebildet ist,
 – jede Jochscheibe (**125**) an wenigstens einer ihrer Stirnseiten (**127**, **129**) wenigstens einen Polsteg (**25a**, **25b**) aufweist, der mit der Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) zusammen auf die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) wirkt, und
 – jede Jochscheibe (**125**) aus wenigstens zwei Weicheisen enthaltenden Teiljoch **125a** zusammengesetzt ist, die eine die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) tragende Betätigungsstange (**22**) zumindest teilweise umgeben.

2. Brennstoff-Einspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass
 – jedes Teiljoch (**125a**) mit wenigstens einem Abstandshalter (**130**) zusammenwirkt, der eine Abmessung eines Hohlraumes (**28**) zwischen zwei Jochscheiben (**125**) zumindest mitbestimmt.

3. Brennstoff-Einspritzventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet dass
 – der oder jeder Abstandshalter (**130**) im Bereich der äußeren Mantelfläche der Jochscheibe (**125**) angeordnet ist.

4. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet dass
– im Bereich der äußeren Mantelfläche der Jochscheibe (**125**) elektrische Verbindungsstücke (**132**) für die Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) angeordnet sind.

5. Brennstoff-Einspritzventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet dass
– jeweils derselben Seite der Magnet-Ankeranordnungen (**24c**) zugewandte Elektromagnet-Spulenordnungen (**24a'**, **24a''**) für eine gleichphasige elektrische Ansteuerung in Reihen- oder Parallelschaltung verbunden sind.

6. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die Polstege (**25a**, **25b**) eine zur Mittellängsachse (M) des Brennstoff-Einspritzventils im Wesentlichen asymmetrische Gestalt aufweisen.

7. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die Polstege (**25a**, **25b**) eine im Wesentlichen mehrrecksige, vorzugsweise vierecksige Gestalt haben und nebeneinander unter Bildung von Zwischenräumen zur Aufnahme der Elektromagnet-Spulenordnungen (**24a'**, **24a''**) angeordnet sind, wobei die Polstege (**25a**, **25b**) vorzugsweise parallel zueinander angeordnet sind.

8. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet dass
– jedes Teiljoch (J) aus Kobalt-Eisen-haltigem Material gebildet ist und jeweils wenigstens einen Polsteg (**25a**, **25b**) aufweist, der von wenigstens einer Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) zumindest teilweise umgeben ist.

9. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass
– zumindest eine Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) nicht-kreisringförmig gestaltete Polstege (**25a**, **25b**) zumindest teilweise einschließt.

10. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet dass
– die Betätigungseinrichtung (**24**) mehr als eine Baugruppe, gebildet durch die Magnet-Spulenordnung (**24a**), die Magnet-Jochanordnung (**24b**), und die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) aufweist, wobei diese Baugruppen gemeinsam gleichsinnig oder gegensinnig auf die Ventilanordnung (**20**) wirken.

11. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet dass
– die Betätigungseinrichtung (**24**) auf ein bewegliches Ventilielglied (**20a**) der Ventilanordnung (**20**) ein-

wirkt, um dieses gegenüber einem mit dem Ventilielglied (**20a**) zusammenwirkenden und stromabwärts zu dem Brennstoff-Einlaß (**12**) angeordneten ortsfesten Ventilsitz (**20b**) zwischen einer Offen-Stellung und einer Geschlossen-Stellung zu bewegen.

12. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die weichmagnetische Magnet-Jochanordnung (**24b**) wenigstens zwei zusammengefügte Schalen-Teile (**24b'**, **24b''**) mit Ausnehmungen (**26a**, **26b**) aufweist, in denen jeweils eine Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) aufgenommen ist, die im Wesentlichen bündig mit der jeweiligen Stirnfläche (**27a**, **27b**) eines der Schalen-Teile (**24b'**, **24b''**) abschließt, wobei die Stirnflächen (**27a**, **27b**) zusammen den Hohlraum (**28**) begrenzen, in dem die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) längs der Mittellängsachse (M) beweglich aufgenommen ist.

13. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– dass die Elektromagnet-Spulenordnung (**24a'**, **24a''**) auf wenigstens einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung (**24c**) durch mehrere Elektromagnet-Spulen-Anordnungen gebildet ist, die im Wesentlichen bündig mit einer der Stirnflächen (**27a**, **27b**) einer der Schalen-Hälften (**24b'**, **24b''**) abschließen.

14. Brennstoff-Einspritzventil nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet dass
– die einzelnen Spulen eine Dicke von etwa 20 bis etwa 80 % des zwischen zwei Spulen vorhandenen Magnetjoch-Eisens haben.

15. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die einzelnen Spulen auf einer Seite der weichmagnetischen Magnet-Ankeranordnung (**24c**) dazu eingerichtet sind, gegensinnig bestromt zu werden.

16. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) eine weichmagnetische Scheibe mit Ausnehmungen (**38**), vorzugsweise radial orientierten, zum Rand (**30**) der Scheibe reichenden Schlitzen, Rund- oder Langlöchern gestaltet ist.

17. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass
– die Magnet-Ankeranordnung (**24c**) mehrlagig aufgebaut ist, wobei zwischen zwei Weicheisenlagen (**24c'**) eine Keramiklage (**24c''**) angeordnet und an

der Betätigungsstange (22) befestigt ist.

18. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– die Magnet-Ankeranordnung (24c) und das Ventili-glied (20a) über die Betätigungsstange (22) miteinander verbunden sind und durch eine Federanordnung (40) in die Offen-Stellung oder die Geschlossen-Stellung vorgespannt sind und durch Bestromen der Magnet-Spulen-anordnung (24a) in die Geschlossen-Stellung oder die Offen-Stellung zu bringen sind.

19. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– die Magnet-Ankeranordnungen (24c) an der Betätigungsstange (22) angeschweißt sind.

20. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– die an der Betätigungsstange (22) angeordneten Magnet-Ankeranordnungen (24c) eine Unterbaugruppe bilden, die mit wenigstens einer aus gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljochen (125a) gebildeten weiteren Unterbaugruppe zusammenzusetzen ist.

21. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– ein druckfestes Gehäuse die Betätigungseinrichtung (24) und die Ventilanordnung (20) umgibt, aus dem elektrische Anschlüsse für die Elektromagnet-Spulen-anordnungen (24a', 24a'') mittels Glas-durchführungen nach außen herausgeführt sind.

22. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– dass die Elektromagnet-Spulen-anordnungen (24a', 24a'') als Kupfer enthaltende Formteile gebildet sind, die mittels Keramikbeschichtung, Aluminiumoxidbeschichtung, Elektrophoreselackbeschichtung oder dergl. elektrisch isoliert sind, um die Polstege (25a, 25b) herum montiert sind und nach dem Zusammenfügen der aus einzelnen gestapelten und auf Abstand gehaltenen Teiljochen gebildeten Unterbaugruppe mit den elektrischen Anschlüssen verbunden werden.

23. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– dass die Elektromagnet-Spulen-anordnungen (24a', 24a'') mit den Teiljochen (125a) vergossen oder verklebt sind.

24. Brennstoff-Einspritzventilanordnung nach ei-

nem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass

– das Brennstoff-Einspritzventil dazu eingerichtet und dimensioniert ist, in den Brennraum einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine zu ragen.

25. Brennstoff-Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass

– das Brennstoff-Einspritzventil dazu eingerichtet und dimensioniert ist, in den Brennraum einer selbstzündenden Brennkraftmaschine zu ragen.

26. Montagevorrichtung zur Fertigung eines Brennstoff-Einspritzventils nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Montageblock, der eine der Anzahl der Jochscheiben (125) des Brennstoff-Einspritzventils entsprechende Anzahl von axial beabstandeten Aufnahmen aufweist, die so dimensioniert sind, dass die Jochteile (125a) der Jochscheiben (125) im Wesentlichen spielfrei einzubringen und zu entnehmen sind, wobei die axialen Abstände (X) der Ausnehmungen im Wesentlichen der axialen Erstreckung des Hohlraums (28) zwischen zwei benachbarten Jochscheiben (125) entsprechen, und der ein Verschweißen, Verlöten oder Verkleben von Abstandshaltern (130) mit den Jochteilen erlaubt.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

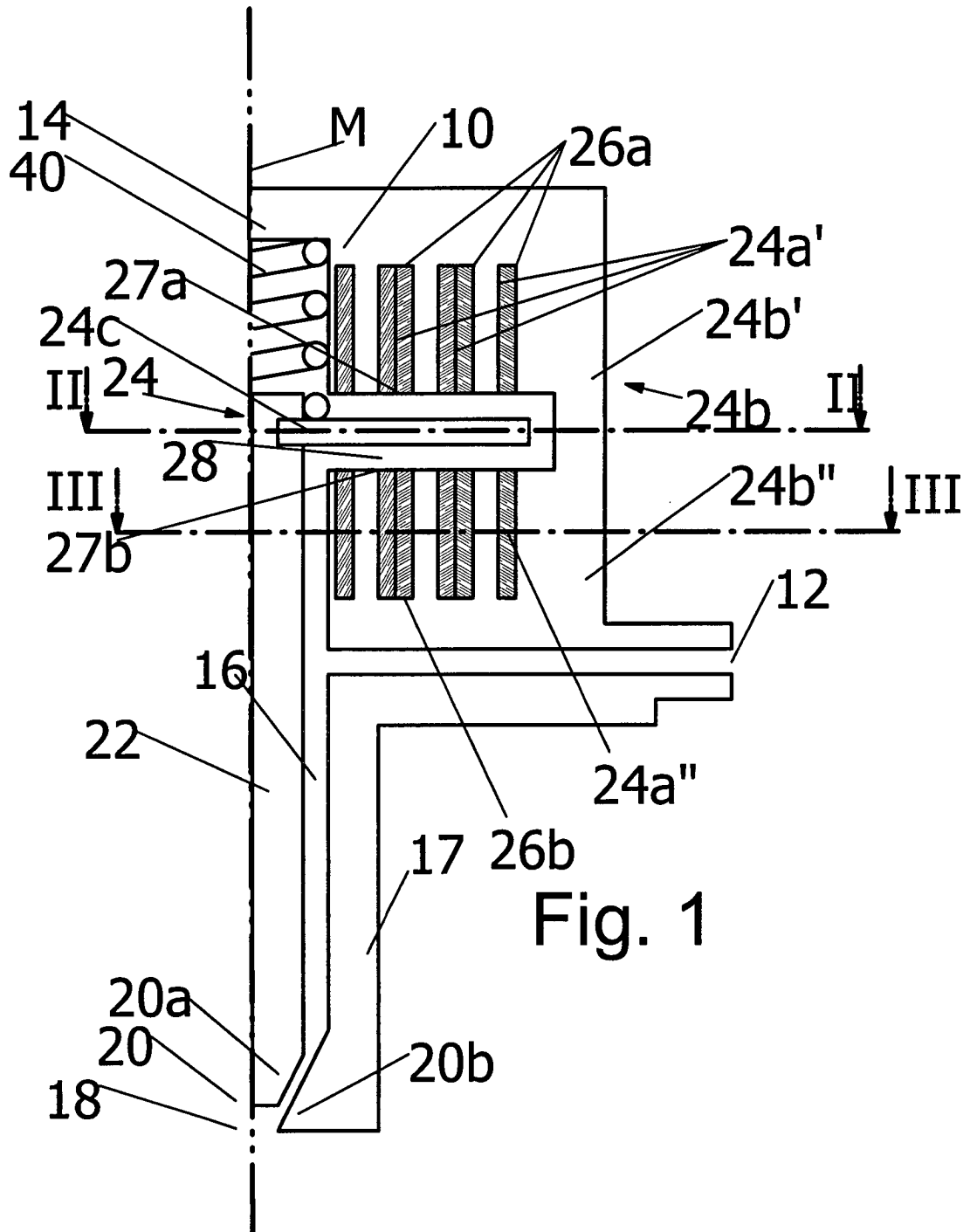
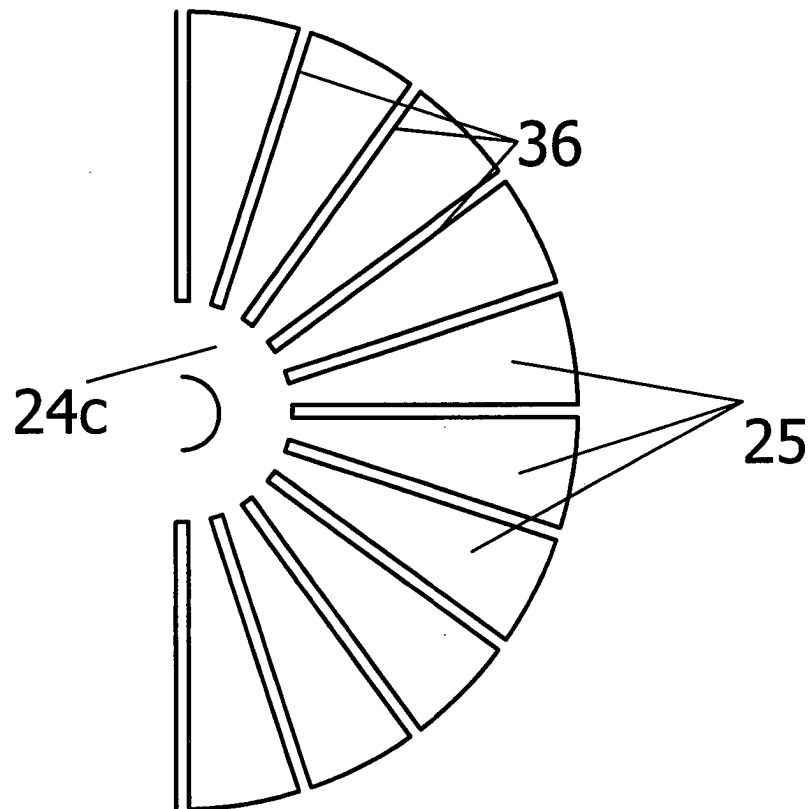


Fig. 2



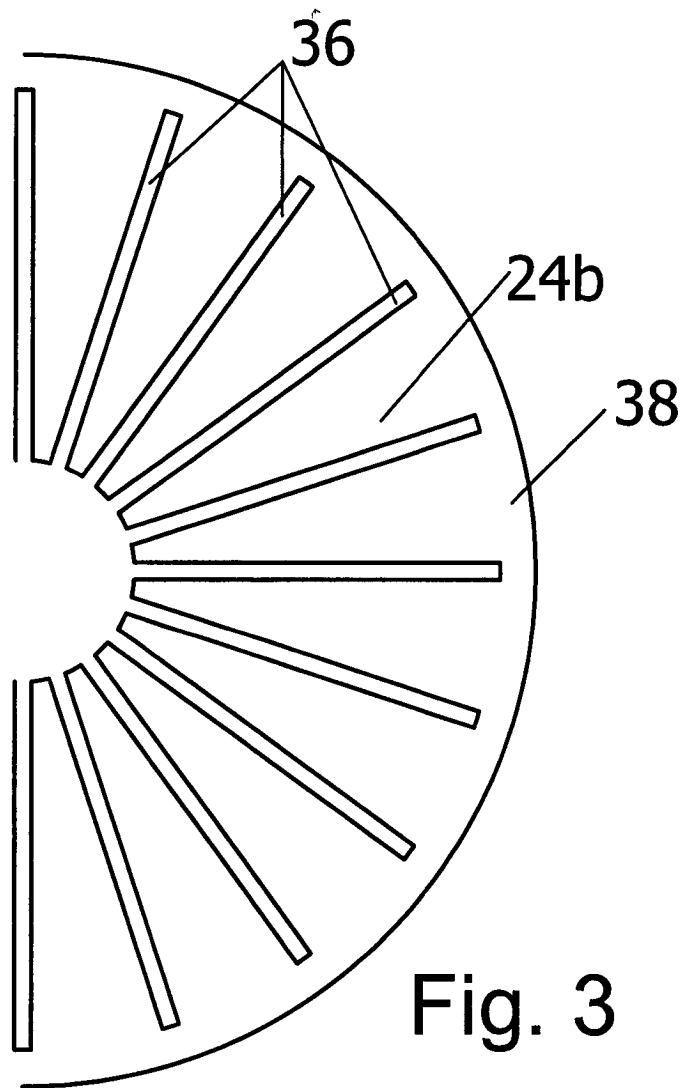


Fig. 3

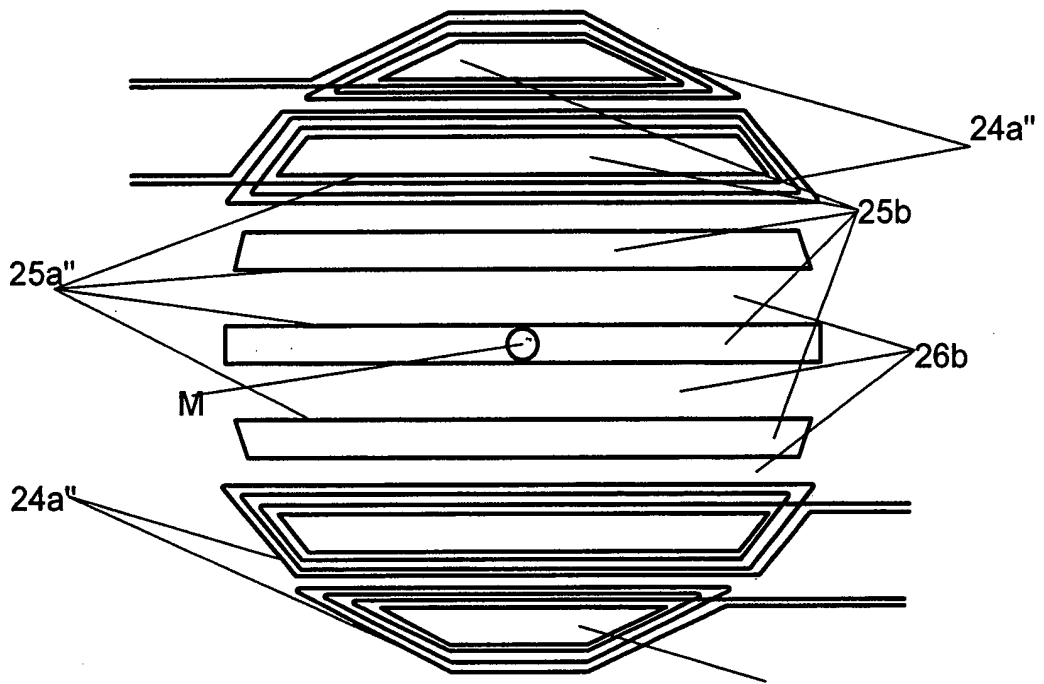


Fig. 4

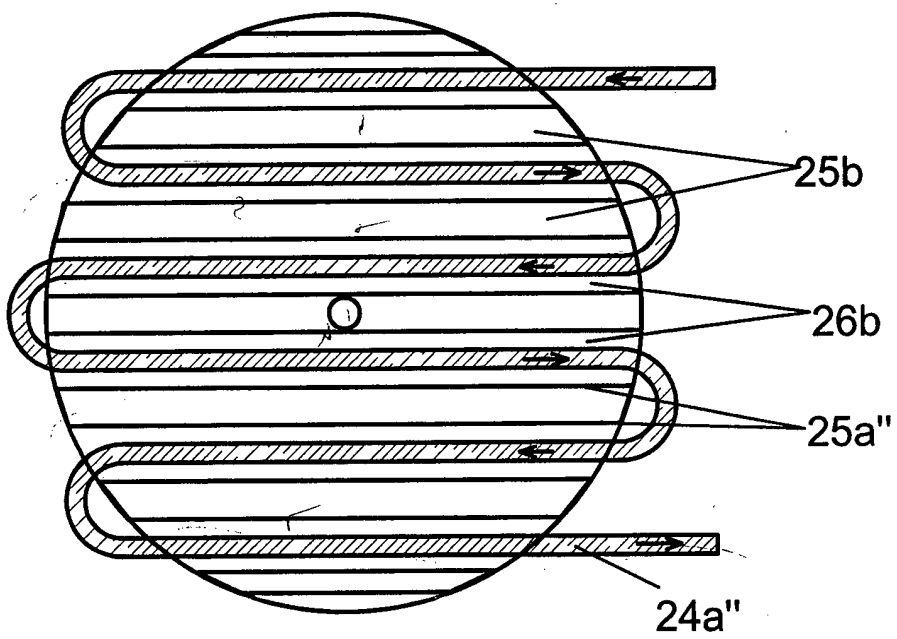
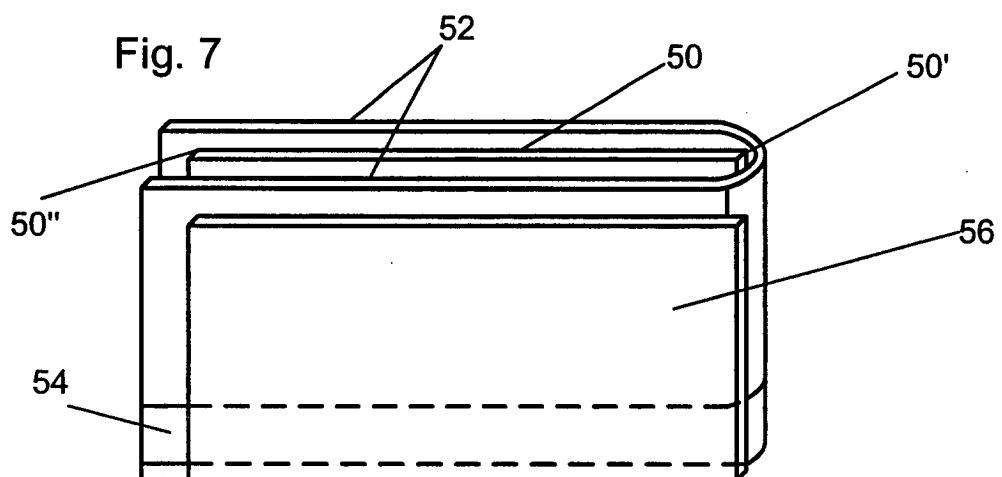
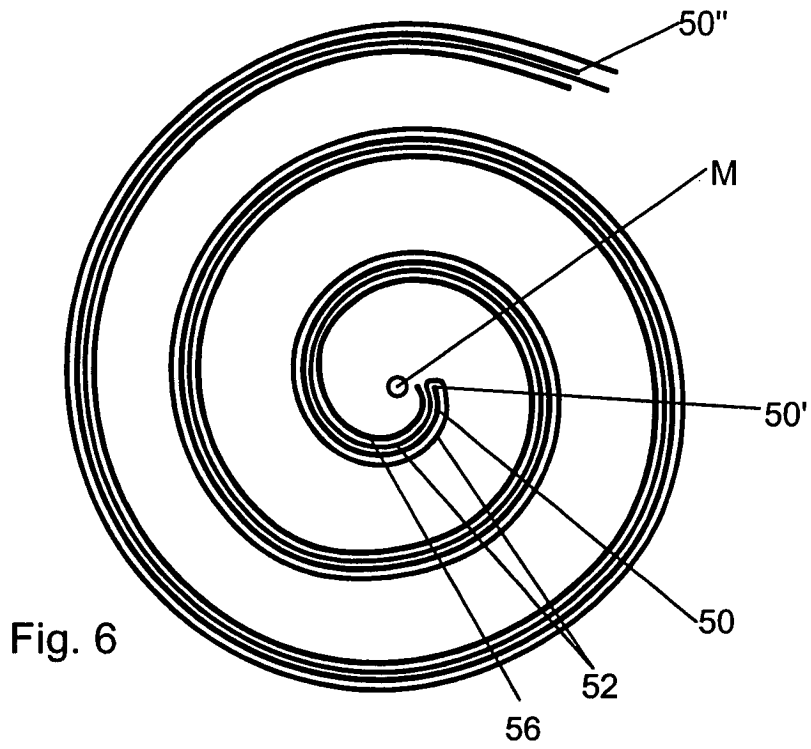


Fig. 5



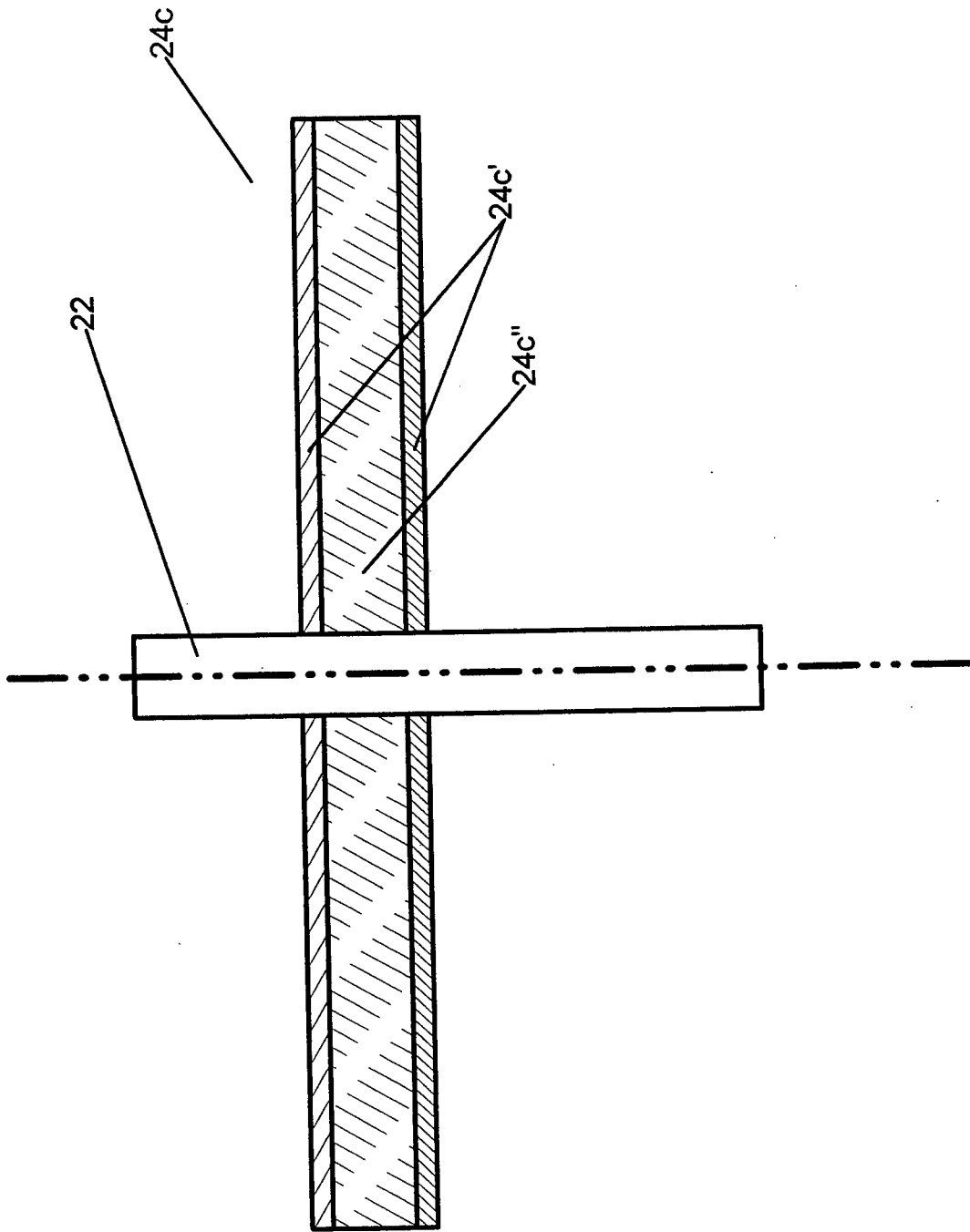


Fig. 8

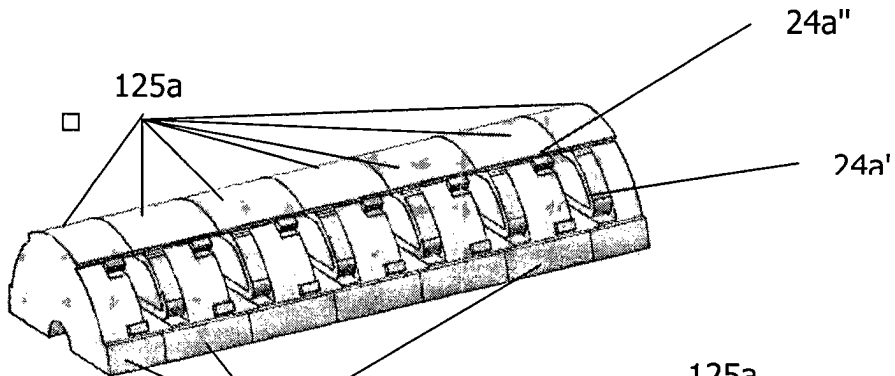


Fig. 9

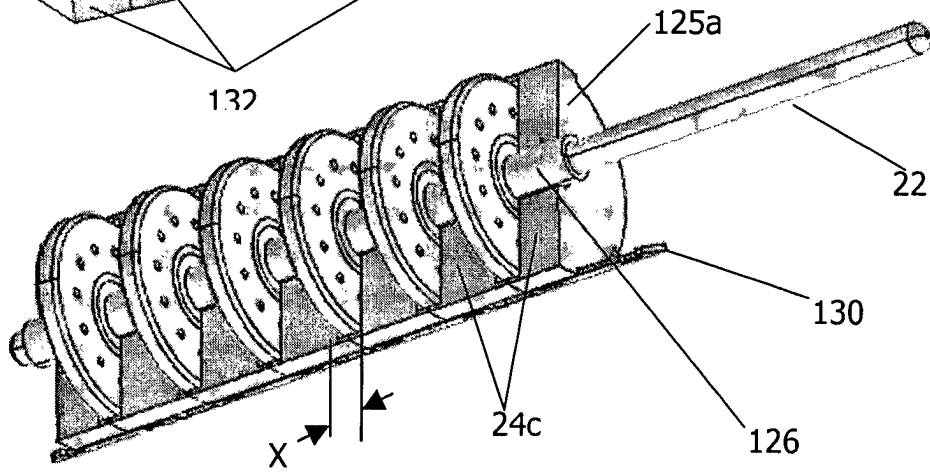


Fig. 10

