



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 07 794 T2 2006.02.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 199 467 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 07 794.6

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 308 800.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 16.10.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 24.04.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 15.12.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23.02.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F02M 63/00 (2006.01)

F02M 63/02 (2006.01)

F02M 45/12 (2006.01)

F02M 55/02 (2006.01)

F02M 59/46 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0025349 16.10.2000 GB  
0113940 08.06.2001 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:

Woodward Governor Co., Rockford, Ill., US

(72) Erfinder:

Askew, James Martin Anderton, Lower Washwell  
Lane, Painswick GL6 6XW, GB; Bogle, Peter  
Derek, Cheltenham, Gloucestershire GL51 3QD,  
GB

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: Kraftstoffeinspritzsystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kraftstoffsystem zur Verwendung für das Zuführen von Kraftstoff zu einem Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine mit Verdichtungsentflammung. Im Besonderen betrifft die Erfindung ein Speichereinspritzsystem (Common Rail-Kraftstoffsystem), bei dem eine gemeinsame Druckleitung (Common Rail) wenigstens einer Einspritzvorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine mit Verdichtungsentflammung Kraftstoff unter hohem Druck zuführt.

**[0002]** Es ist bekannt, in Speichereinspritzsystemen die Einleitung und Beendigung der Einspritzung mithilfe einer Ventilanordnung zu steuern, die zum Regeln der Zuführung von Hochdruckkraftstoff an einem Zuführungspfad von der gemeinsamen Druckleitung zu den Einspritzvorrichtungen entlang, der Teil des Kraftstoffsystems bildet, angeordnet ist. Es ist auch bekannt, die Einleitung und Beendigung der Einspritzung mithilfe einer mit den Kraftstoffeinspritzvorrichtungen assoziierten Steuerventilanordnung direkt zu steuern, zum Beispiel durch direktes Steuern der Bewegung der Ventilnadeln, die Teil der Einspritzvorrichtungen bilden. Die Steuerventilanordnung kann zum Steuern der Ventilnadelbewegung mit mechanischen Mitteln oder mit hydraulischen Mitteln angeordnet sein.

**[0003]** Zum Hintergrund der vorliegenden Erfindung beschreibt die DE 199 30 276 ein Speichereinspritzsystem (Common-Rail-System), bei dem ein Steuerventil im Hochdruckkraftstoffzuführungspfad angeordnet ist, um die Zufuhr von Kraftstoff zu den Einspritzvorrichtungen zu regeln.

**[0004]** In derartigen Systemen ist es erwünscht, dass die Einspritzrate und andere Kraftstoffeinspritzungseigenschaften variiert werden können. Die WO 96/41945 beschreibt ein Kraftstoffsystem, bei dem eine Vorrichtung zum Formen des Einspritzratenverlaufs zum Regeln der Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff in den Motor vorgesehen ist. Die Vorrichtung zum Formen des Einspritzratenverlaufs hat die Form von einem oder mehreren den Einspritzratenverlauf formenden Übertragkanälen mit vorbestimmten Längen und Durchmessern, die speziell dafür ausgelegt sind, eine Auswahl gewünschter Einspritzdruckratenformen zu erzielen. Kraftstoff wird von einem Druckspeicher zu den den Einspritzratenverlauf formenden Übertragkanälen zugeführt und eine Ventilanordnung ist vorgesehen, um den zum Erhalten der gewünschten Einspritzungseigenschaft erforderlichen Übertragkanal auszuwählen. Ein Problem des Systems liegt darin, dass die Übertragkanäle eine relativ große Länge haben müssen. Außerdem muss am Auslass des Druckspeichers eine Druckdämpfungsvorrichtung vorhanden sein, um in den Über-

tragkanälen aufgebaute Druckwellen zu minimieren.

**[0005]** Die DE 199 10 589 offenbart ein Kraftstoffeinspritzsystem, bei dem ein Ventilelement unter dem Einfluss von hydraulischem Kraftstoffdruck, von einem solenoidbetätigten Ventil gesteuert, betrieben wird. Die Druck/Zeit-Kennlinien des Einspritzzyklus verlaufen in einer voreingestellten Weise, die vom Kraftstoffdruck und der Geometrie des Ventilelements bestimmt wird.

**[0006]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Kraftstoffsystem bereitzustellen, das das Variieren der Einspritzrate oder einer anderen Kraftstoffeinspritzungseigenschaft beim Gebrauch ermöglicht.

**[0007]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Kraftstoffsystem für die Verwendung in einem Motor mit innerer Verbrennung vorgesehen, das Folgendes umfasst: eine Quelle von Hochdruckkraftstoff zum Zuführen von Kraftstoff zu einer Einspritzvorrichtung durch einen Kraftstoffzuführungspfad mit einer im Wesentlichen festen Strömungslänge; eine erste Ventilanordnung zum Steuern des Einleitens der Kraftstoffeinspritzung in einem Einspritzzyklus; eine zweite Ventilanordnung in dem Kraftstoffzuführungspfad, umfassend ein Ventilelement, das zwischen einer ersten und einer zweiten Position beweglich ist, um die Drosselung des Kraftstoffstroms durch die zweite Ventilanordnung zu variieren, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung zu variieren; und Betätigungsmitte, die so konfiguriert sind, dass sie die zweite Ventilanordnung nach dem Einleiten der Kraftstoffeinspritzung betätigen, so dass Kraftstoffeinspritzkenndaten während des Gebrauchs variiert werden können, wobei die Kenndaten die Variation der Kraftstoffströmungsgeschwindigkeit zur Einspritzvorrichtung in dem Einspritzzyklus beinhalten.

**[0008]** Vorzugsweise hat die Quelle von Kraftstoff die Form einer gemeinsamen Druckleitung (Common Rail), die mit Kraftstoff unter hohem Druck beschickt wird.

**[0009]** Vorzugsweise hat die erste Ventilanordnung auch die Aufgabe, die Beendigung der Kraftstoffeinspritzung zu regeln.

**[0010]** Die erste Ventilanordnung kann in dem Kraftstoffzuführungspfad angeordnet sein oder sie kann angeordnet sein, um den Betrieb der Kraftstoffeinspritzvorrichtung direkt zu steuern.

**[0011]** Das Kraftstoffsystem kann so angeordnet sein, dass das Ventilelement zwischen einer ersten Position, in der der Strom von Kraftstoff gedrosselt ist, und einer zweiten Position, in der der Strom von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung im Wesentlichen

ungedrosselt ist, bewegt werden, wobei mittels der Bewegung des Ventilelementes zwischen der ersten und der zweiten Position beim Gebrauch die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff, der der Einspritzvorrichtung zugeführt wird, durch die zweite Ventilanordnung variiert werden kann.

**[0012]** Die Erfindung bietet den Vorteil, dass die Kraftstoffeinspritzungseigenschaften, wie die Kraftstoffeinspritzrate, variiert werden können. Insbesondere können relativ niedrige Kraftstoffeinspritzraten mit größerer Genauigkeit geregelt werden.

**[0013]** Das Ventilelement der zweiten Ventilanordnung ist vorzugsweise in einer in einem Ventilgehäuse vorgesehenen Bohrung beweglich.

**[0014]** In einer Ausgestaltung der Erfindung kann die zweite Ventilanordnung die Form eines Kolbenschieberventils, umfassend ein Kolbenschieberelement, haben.

**[0015]** Die Bohrung in dem Ventilgehäuse und in dem Kolbenschieberelement kann so gestaltet sein, dass, wenn sich das Kolbenschieberelement in seiner ersten Position befindet, die Bohrung und das Kolbenschieberelement einen gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definieren, der der Einspritzvorrichtung zugeführt wird, und wenn sich das Kolbenschieberelement in der zweiten Position befindet, die Bohrung und das Kolbenschieberelement einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad für die Zufuhr von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung definieren.

**[0016]** Das Kolbenschieberelement kann so gestaltet sein, dass es über seine axiale Länge einen variablen Durchmesser hat. Beispielsweise kann das Kolbenschieberelement eine erste Region mit reduziertem Durchmesser und eine zweite Region mit größerem Durchmesser haben, so dass dann, wenn sich das Kolbenschieberelement in der ersten Position befindet, die Region mit größerem Durchmesser, zusammen mit der Bohrung, den gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definiert, und wenn sich das Kolbenschieberelement in der zweiten Position befindet, die Region mit reduziertem Durchmesser, zusammen mit der Bohrung, den im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definiert.

**[0017]** Alternativ kann das Kolbenschieberelement mit Flachstellen, Nuten oder Aussparungen versehen sein, die zusammen mit der Bohrung entweder den gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff oder den im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff je nach der Position des Kolbenschieberelementes definieren.

**[0018]** In einer Ausgestaltung ist das Ventilelement der zweiten Ventilanordnung mit einem axial verlau-

fenden Kanal versehen, der mit einem ersten radial verlaufenden Kanal mit einem relativ kleinen Strömungsbereich, zum Beispiel mit einem relativ kleinen Durchmesser, und einem zweiten radial verlaufenden Kanal mit einem größeren Strömungsbereich verbunden ist, wobei das Ventilelement so angeordnet ist, dass, wenn es sich in der ersten Position befindet, ein Kraftstoffdurchfluss durch den zweiten radial verlaufenden Kanal mit größerem Strömungsbereich im Wesentlichen verhindert wird und Kraftstoff durch den ersten radial verlaufenden Kanal in den axial verlaufenden Kanal strömen kann, und wenn sich das Ventilelement in der zweiten Position befindet, Kraftstoff durch den zweiten radial verlaufenden Kanal in den axial verlaufenden Kanal strömen kann, so dass die Strömungsrate von Kraftstoff durch das zweite Ventilelement beim Gebrauch je nach der Position des Ventilelementes variiert werden kann.

**[0019]** Vorzugsweise kann das Ventilelement von einer Feder, die in einer Federkammer zur Aufnahme von Kraftstoff untergebracht ist, in Richtung auf die erste Position gedrückt werden, wobei die Federkammer mit einem Niederdruck-Kraftstoffreservoir durch einen zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal in Verbindung ist, so dass nach einer Bewegung des Ventilelementes von der ersten Position weg unter dem Einfluss von Hydraulikdruck Kraftstoff durch den zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir verdrängt wird.

**[0020]** In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung umfasst die zweite Ventilanordnung ein Ventilelement, das mit einem ersten Sitz in Eingriff gebracht werden kann, um die Strömungsgeschwindigkeit von der Einspritzvorrichtung zugeführtem Kraftstoff zu regeln.

**[0021]** Das Ventilelement ist praktisch angeordnet, so dass es, wenn es sich in der ersten Position befindet, an dem ersten Sitz anliegt, um den Strom von Kraftstoff daran entlang zu verhindern, und wenn es sich in der zweiten Position befindet, es von dem ersten Sitz beabstandet ist, so dass die Bohrung und das Ventilelement einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definieren, durch den Hochdruckkraftstoff zur Einspritzvorrichtung strömt.

**[0022]** Die zweite Ventilanordnung umfasst vorzugsweise einen gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff, so dass dann, wenn sich das Ventilelement in der ersten Position befindet, Kraftstoff durch den gedrosselten Strömungspfad zur Einspritzvorrichtung strömt.

**[0023]** Der gedrosselte Strömungspfad kann durch eine(n) in dem Ventilelement vorgesehene(n) Kanal oder Bohrung definiert werden. Alternativ kann der gedrosselte Strömungspfad durch eine(n) im Ventil-

gehäuse vorgesehene(n) Kanal oder Bohrung definiert werden. In einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann der Sitz für das Ventilelement und/oder die Fläche des Ventilelementes, die an dem ersten Sitz anliegt, so gestaltet sein, dass der gedrosselte Strömungspfad definiert wird.

**[0024]** Das Ventilelement der zweiten Ventilanordnung kann in einen zweiten Sitz eingreifen, wenn es sich in der zweiten Position befindet, wobei das Ventilelement einen axial verlaufenden Kanal mit einer Region mit relativ kleinem Strömungsbereich umfasst, so dass das Ventilelement dann, wenn es sich in der ersten Position befindet, an dem ersten Sitz anliegt, so dass Kraftstoff nicht an dem ersten Sitz vorbei strömen kann, sondern durch die Region mit eingeschränktem Durchmesser in den axial verlaufenden Kanal strömt, und wenn sich das Ventilelement in der zweiten Position befindet, er an dem ersten Sitz vorbei in einen weiteren Kanal in dem Ventilelement strömen kann, der mit dem axial verlaufenden Kanal stromabwärts von der Region mit reduziertem Durchmesser in Verbindung ist, um dadurch einen im Wesentlichen ungedrosselten Bypass-Strömungspfad für Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung zu definieren.

**[0025]** Das Betätigungsmittel kann so konfiguriert sein, dass es die zweite Ventilanordnung mit einer elektromagnetischen Betätigungsanordnung betätigt.

**[0026]** Alternativ kann das Betätigungsmittel so konfiguriert sein, dass es die zweite Ventilanordnung mit einem Hydraulikdruck betätigt, der auf eine Oberfläche wirkt, die mit einem Ventilelement der zweiten Ventilanordnung assoziiert ist, um das Ventilelement zwischen der ersten und der zweiten Position zu bewegen.

**[0027]** In einer Ausgestaltung kann das Ventilelement von einer Feder, die in einer Federkammer zur Aufnahme von Kraftstoff untergebracht ist, in Richtung auf die erste Position gedrückt werden, wobei die Federkammer mit einem Niederdruck-Kraftstoffreservoir durch einen zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal in Verbindung ist, so dass nach einer Bewegung des Ventilelementes von der ersten Position weg unter dem Einfluss von Hydraulikdruck Kraftstoff durch den zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir verdrängt wird.

**[0028]** In einer Ausgestaltung ist das Ventilelement der zweiten Ventilanordnung mit einem axial verlaufenden Kanal versehen, der mit einem ersten radial verlaufenden Kanal oder einer ersten radial verlaufenden Bohrung mit einem relativ kleinen Strömungsbereich und einem zweiten radial verlaufenden Kanal oder einer zweiten radial verlaufenden Bohrung mit

einem größeren Strömungsbereich verbunden ist, wodurch, wenn das Ventilelement sich in der ersten Position befindet, ein Kraftstoffdurchfluss durch den zweiten radial verlaufenden Kanal mit größerem Strömungsbereich im Wesentlichen verhindert wird und Kraftstoff durch den ersten radial verlaufenden Kanal in den axial verlaufenden Kanal strömen kann, und wenn sich das Ventilelement in der zweiten Position befindet, Kraftstoff durch den zweiten radial verlaufenden Kanal in den axial verlaufenden Kanal strömen kann, so dass die Strömungsrate von Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung beim Gebrauch je nach der Position des Ventilelementes variiert werden kann.

**[0029]** Im Folgenden wird die Erfindung nun mit Bezug auf die Begleitzeichnungen beispielhaft beschrieben. Dabei zeigt:

**[0030]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Kraftstoffsystems gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung,

**[0031]** [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) jeweils eine Schnittansicht von einem Teil des Kraftstoffsystems in [Fig. 1](#) bildenden Ventilelement, wenn es sich in der ersten bzw. der zweiten Position befindet,

**[0032]** [Fig. 4](#) eine Schnittansicht eines alternativen Ventilelements, das einen Teil des Kraftstoffsystems in [Fig. 1](#) bilden kann,

**[0033]** [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) Schnittansichten von alternativen Ventilelementen, die einen Teil des Kraftstoffsystems von [Fig. 1](#) bilden können,

**[0034]** [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) jeweils eine schematische Darstellung eines alternativen Kraftstoffsystems zu dem in [Fig. 1](#) gezeigten, wenn im ersten bzw. im zweiten Einspritzzustand,

**[0035]** [Fig. 9](#) bis [Fig. 14](#) Schnittansichten verschiedener alternativer Ventilelemente zur Verwendung in dem Kraftstoffsystem in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) und

**[0036]** [Fig. 15](#) eine schematische Darstellung eines weiteren alternativen erfindungsgemäßen Kraftstoffsystems.

**[0037]** Bezug nehmend auf [Fig. 1](#), ein Speichereinspritzsystem hat eine gemeinsame Druckleitung **10** (Common Rail), die mittels einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (nicht gezeigt) auf konventionelle Weise mit Kraftstoff unter hohem Druck beschickt wird. Die gemeinsame Druckleitung **10** fördert Kraftstoff zu einer Einspritzvorrichtung **12**, die Teil des Kraftstoffsystems bildet. Kraftstoff aus der gemeinsamen Druckleitung **10** strömt durch einen Kraftstoffzuführungs-pfad **14**, der für Kraftstoffdurchfluss durch ihn einen festen Strömungsbereich aufweist und der eine feste

Strömungslänge hat, durch die Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** strömt. Eine erste Ventilanordnung **16** ist im Zuführungspfad **14** angeordnet, wobei die erste Ventilanordnung **16** die Form eines Hauptsteuerventils hat. Der Kraftstoffzuführungspfad **14** ist auch mit einer zweiten Ventilanordnung **18** versehen, die die Form eines Einspritzratensteuerventils hat. Der Kraftstoffzuführungspfad **14** hat eine Einlassregion **14a**, die stromaufwärts vom Einspritzratensteuerventil **18** angeordnet ist, und eine Auslassregion **14b**, die stromabwärts vom Einspritzratensteuerventil **18** angeordnet ist. Das Einspritzratensteuerventil **18** kann sich entweder in „Position 1“ oder in „Position 2“ im Zuführungspfad **14**, wie durch die gestrichelten Linien angedeutet, befinden.

**[0038]** In der Praxis hat das Kraftstoffsyste eine Mehrzahl von Einspritzvorrichtungen, je nach der Anzahl von Motorzylinern in dem dazugehörigen Motor, wobei die gemeinsame Druckleitung **10** beim Gebrauch jeder der Einspritzvorrichtungen Kraftstoff unter hohem Druck zuführt. Das Hauptsteuerventil **16** kann betätigt werden, um die Zuführung von Kraftstoff von der gemeinsamen Druckleitung **10** zur Einspritzvorrichtung **12** konventionell zu regeln, und steuert so den Zeitpunkt der Einleitung und Beendigung der Kraftstoffeinspritzung. Die Einspritzvorrichtung **12** kann von der Art sein, bei der die Einspritzdüse eine Ventilnadel umfasst, die zum Steuern der Kraftstoffeinspritzung durch wenigstens einen Kraftstoffeinspritzvorrichtungsauslass mit einem Ventilnadelsitz in Eingriff gebracht werden kann. Wenn der Druck des der Einspritzvorrichtung **12** zugeführten Kraftstoffs einen vorbestimmten Betrag überschreitet, wird eine Kraft auf die Ventilnadel ausgeübt, die ausreicht, um die Bewegung der Ventilnadel vom Sitz weg zu verursachen, so dass die Einspritzung eingeleitet wird. Die Kraftstoffeinspritzrate durch die Einspritzvorrichtung **12** hängt von den Abmessungen der Einspritzdüse und von dem Druck des der Einspritzdüse zugeführten Kraftstoffs ab.

**[0039]** Wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt wird, hat das Einspritzratensteuerventil **18** in einer ersten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung die Form eines Kolbenschieberelements, umfassend ein Kolbenschieberelement **20**, das in einer Bohrung **22** in einem Ventilgehäuse **24** verschiebbar ist, um die Drosselung des Kraftstoffstroms durch das Einspritzratensteuerventil **18** zu variieren. Das Kolbenschieberelement **20** hat über seine axiale Länge einen variablen Durchmesser, so dass es eine erste Region **20a** mit reduziertem Durchmesser und eine zweite Region **20b** mit etwas größerem Durchmesser hat. Das Kolbenschieberelement **20** kann zwischen einer ersten Position (wie in [Fig. 2](#) gezeigt), in der die Region **20b** mit größerem Durchmesser des Kolbenschieberelements **20** und der angrenzende Teil der Bohrung **22** einen gedrosselten Strömungspfad **26** für Kraftstoff definieren, bewegt werden. Wenn das Kolbenschie-

berelement **20** in eine zweite Position bewegt wird (wie in [Fig. 3](#) gezeigt), dann definiert die Region **20a** mit reduziertem Durchmesser des Kolbenschieberelements **20** zusammen mit dem angrenzenden Teil der Bohrung **22** einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungskanal **28** für durch das Einspritzratensteuerventil **18** strömenden Kraftstoff.

**[0040]** Das Einspritzratensteuerventil **18** kann mithilfe einer elektromagnetischen Stellantriebsanordnung **30** gesteuert werden, indem ein variabler Strom zu einer Wicklung geleitet wird, um die auf das Kolbenschieberelement **20** ausgeübte Kraft zum Verursachen einer Bewegung davon in der Bohrung **22** zu regeln.

**[0041]** Der Betrieb der Hauptsteuerventilanordnung **16** wird durch eine elektromagnetische Stellantriebsanordnung (nicht gezeigt) bequem gesteuert. Der Betrieb der Hauptsteuerventilanordnung **16** kann direkt über den elektromagnetischen Stellantrieb erreicht werden oder durch eine hydraulische Verbindung, wie sie mit Bezug auf die Steuerung des Einspritzratensteuerventils **18** bereits beschrieben wurde, gesteuert werden.

**[0042]** Beim Gebrauch wird, wenn Kraftstoff mit einer relativ niedrigen Einspritzrate aus der Kraftstoffeinspritzvorrichtung **12** eingespritzt werden soll, das Hauptsteuerventil **16** so betätigt, dass Kraftstoff aus der gemeinsamen Druckleitung **10** durch den Kraftstoffzuführungspfad **14** zur Einspritzvorrichtung **12** strömen kann. Auf das Öffnen des Hauptsteuerventils **16** hin steigt der Druck des der Einspritzvorrichtung **12** zugeführten Kraftstoffs, bis die Teil der Einspritzvorrichtung **12** bildende Ventilnadel aus ihrem Sitz gehoben wird, so dass Kraftstoff durch die Auslässe der Kraftstoffeinspritzvorrichtung strömen kann.

**[0043]** Wenn sich das Kolbenschieberelement **20** in der ersten Position (wie in [Fig. 2](#) gezeigt) befindet, so dass der Kraftstoffstrom von dem gedrosselten Strömungskanal **26** wesentlich gedrosselt wird, wird der Druck von dem der Einspritzvorrichtung **12** durch den Zuführungspfad **14** zugeführten Kraftstoff auf Grund der Drosselung **26** verringert. Da die Kraftstoffeinspritzrate vom Kraftstoffdruck innerhalb der Einspritzdüse abhängt, ist die Kraftstoffeinspritzrate relativ niedrig.

**[0044]** Wenn Kraftstoff mit einer höheren Einspritzrate eingespritzt werden soll, wird das Einspritzratensteuerventil **18** betätigt, so dass sich das Kolbenschieberelement **20** in die zweite Position bewegt, in der der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** im Wesentlichen ungedrosselt ist. Der Druck des der Einspritzvorrichtung **12** durch den Strömungspfad **14** zugeführten Kraftstoffs wird daher auf einem relativ hohen Pegel gehalten, so dass eine

relative hohe Kraftstoffeinspritzrate erreicht wird.

**[0045]** Durch Anordnen eines zusätzlichen Steuerventils in dem Zuführungspfad **14** zusätzlich zu dem Hauptsteuerventil **16** können relativ niedrige Einspritzraten erzielt und mit höherer Genauigkeit geregelt werden. Es ist bekannt, die Einspritzrate mithilfe eines Dreistellungs-Hauptsteuerventils zu regeln, bei dem die Bewegung des Ventils zwischen der offenen, geschlossenen und teilweise geschlossenen Position einen Grad an Einspritzratenregelung ermöglicht. Bei der Verwendung derartiger Systeme ist es aber schwierig, relativ niedrige Kraftstoffeinspritzraten genau zu regeln. Die vorliegende Erfindung bietet auch den Vorteil, dass nur ein einzelner Kraftstoffzuführungspfad **14** benötigt wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit des Kraftstoffs durch den Zuführungspfad **14** durch Variieren der Drosselung des Kraftstoffstroms durch das Einspritzratensteuerventil **18** geregelt wird.

**[0046]** In einer alternativen Ausgestaltung (nicht gezeigt) zu der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigten kann das Kurbelschieberelement **20** mit Flachstellen, Schlitten, Nuten oder Aussparungen versehen sein, um die Drosselung des Kraftstoffstroms je nach der Position des Kurbelschieberelements **20** variieren zu können.

**[0047]** Alternativ und wie in [Fig. 4](#) gezeigt kann das Einspritzratensteuerventil **18** durch eine hydraulische Verbindung zwischen einem elektromagnetisch betätigten Ventil **19** und dem Einspritzratensteuerventil **18** servobetätigt sein. Das elektromagnetisch betätigtes Ventil **19** regelt die Verbindung zwischen einem Niederdruk-Kraftstoffreservoir **17** und einer ersten Kammer **21**, die mit einem Ende des Kurbelschieberelements **20** assoziiert ist, wobei das Ventil **19** betätigt werden kann, um die auf dem Kraftstoffdruck in der ersten Kammer **21** beruhende Kraft, die auf das Kurbelschieberelement **20** wirkt, zu regeln. Die auf dem Kraftstoffdruck in der ersten Kammer **21** beruhende Kraft wirkt in Kombination mit einer auf einem federnden Vorspannungsmittel **23** beruhenden Kraft gegen die Kraft, die auf dem Kraftstoffdruck in einer zweiten Kammer **25** beruht, die von einer in dem Kurbelschieberelement **20** befindlichen Aussparung und einer Fläche eines feststehenden Stiftelements **29** definiert wird. Beim Gebrauch wird Kraftstoff durch eine in dem Kurbelschieberelement **20** befindliche Bohrung **27** der zweiten Kammer **25** zugeführt. Es versteht sich, dass die Position des Kurbelschieberelements **20** in der Bohrung **22** von dem Gleichgewicht von auf das Kurbelschieberelement **20** wirkenden hydraulischen Kräften bestimmt wird, das wiederum von dem Zustand des elektromagnetisch betätigten Ventils **19** bestimmt wird.

**[0048]** Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) wird eine weitere alternative Art von Einspritzratensteuerventil **18** zur

Verwendung in dem in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftstoffsystsem gezeigt. Das Einspritzratensteuerventil **18** umfasst ein Ventilelement **40**, das mit einem Sitz **22a** in Eingriff gebracht werden kann, der von der Bohrung **22** definiert wird, in der das Ventilelement **40** bewegt werden kann, um den Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** zu regeln. Das Ventilgehäuse **24** ist mit einer Bohrung versehen, die einen gedrosselten Strömungskanal **42** für Kraftstoff zwischen der Einlassregion **14a** des Kraftstoffzuführungspfads **14** und einer von der Bohrung **22** definierten ringförmigen Kammer **44** definiert. Die ringförmige Kammer **44** ist mit der Auslassregion **14b** des Kraftstoffzuführungspfads **14** so in Verbindung, dass, wenn sich das Ventilelement **40** in seiner am Sitz anliegenden Position (wie in [Fig. 5](#) gezeigt) befindet, Kraftstoff durch den gedrosselten Strömungskanal **42** in die ringförmige Kammer **44** und in die Auslassregion **14b** des Kraftstoffzuführungspfads **14** zur Einspritzvorrichtung strömt. Bei in der ersten Position befindlichem Ventilelement **40** ist der Druck des Kraftstoffs, der der Einspritzvorrichtung **12** zugeführt wird, verringert, so dass eine niedrigere Kraftstoffeinspritzrate erreicht wird, wie bereits beschrieben wurde.

**[0049]** Das Ventilelement **40** kann in eine zweite Position bewegt werden, in der es so von dem Sitz **22a** beabstandet ist, dass zwischen dem Ventilelement **40** und dem Sitz **22a** ein im Wesentlichen ungedrosselter Strömungskanal für Kraftstoff **22a** definiert wird. Bei von dem Sitz **22a** beabstandetem Ventilelement **40** umgeht der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** daher den gedrosselten Strömungskanal **42** und kann an dem Sitz **22a** vorbei und durch die Auslassregion **14b** des Zuführungspfads **14** zur Einspritzvorrichtung **12** strömen. Wenn das Ventilelement **40** von dem Sitz **22a** weg bewegt wird, dann wird der Druck des der Einspritzvorrichtung **12** zugeführten Kraftstoffs auf einem relativ hohen Wert gehalten, so dass eine höhere Einspritzrate erzielt wird. Es versteht sich, dass die Drosselung der Kraftstoffströmung über den Zuführungspfad **14** durch Steuern der Position des Ventilelements **40** relativ zum Sitz **22a** variiert werden kann, so dass relativ niedrige Kraftstoffeinspritzraten erzielt und genau geregelt werden können.

**[0050]** In einer weiteren alternativen Ausgestaltung, wobei auf [Fig. 6](#) Bezug genommen wird, hat das Einspritzratensteuerventil **18** ein Ventilelement **40**, das mit einer Bohrung **50** versehen ist, die einen gedrosselten Strömungskanal für Kraftstoff definiert. Das Ventilelement **40** kann zwischen einer ersten Position, in der es am Sitz **22a** anliegt, und einer zweiten Position, in der es von dem Sitz **22a** beabstandet ist, bewegt werden, wie bereits beschrieben wurde. Wenn das Ventilelement **40** an dem Sitz **22a** anliegt, strömt zu der Einlassregion **14a** des Zuführungspfads **14** geförderter Kraftstoff durch die Bohrung **50**,

die in dem Ventilelement **40** bereitgestellt ist, so dass der Strom von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** gedrosselt wird. Dies führt zu einem relativ niedrigen Druck des zur Einspritzvorrichtung geförderten Kraftstoffs, so dass eine relativ niedrige Einspritzrate erzielt wird.

**[0051]** Zum Erhöhen der Kraftstoffeinspritzrate wird das Ventilelement **40** von dem Sitz **22a** weg bewegt, so dass die Bohrung **50** umgangen wird und der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** im Wesentlichen ungedrosselt ist. Der Druck des der Einspritzvorrichtung zugeführten Kraftstoffs ist daher relativ hoch, was eine höhere Einspritzrate zur Folge hat.

**[0052]** In einer alternativen Ausgestaltung zu denen, die in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt sind, kann der Sitz **22a** für das Ventilelement **40** so gestaltet sein, dass er einen gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definiert, wenn das Ventilelement **40** am Sitz anliegt. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Fläche des Ventilelements **40**, die mit dem Sitz **22a** in Eingriff gebracht werden kann, so gestaltet sein, dass sie den gedrosselten Strömungspfad definiert.

**[0053]** Eine alternative Ausgestaltung des Kraftstoffsystems ist in [Fig. 7](#) abgebildet; dabei hat das Einspritzratensteuerventil **18** die Form eines Kolbenschieberelements, das hydraulisch betätigt werden kann, anstatt von einer Stellantriebsanordnung betätigt zu werden. Das Einspritzratensteuerventil **18** hat ein Kolbenschieberelement **60** mit einer Region **60a** mit reduziertem Durchmesser. Das Kolbenschieberelement **60** ist in einer Bohrung **62** mit einer Region mit vergrößertem Durchmesser verschiebbar, die mit der Einlassregion **14a** des Kraftstoffzuführungs-pfads **14** in Verbindung ist, wobei die Bohrung ferner eine stromabwärts von der vergrößerten Region befindliche Fläche **62a** definiert. Das Kolbenschieberelement **60** kann zwischen einer ersten Position (wie in [Fig. 7](#) gezeigt), in der ein gedrosselter Strömungspfad **63** für Kraftstoff von der Außenfläche der Region **60a** mit reduziertem Durchmesser des Kolbenschieberelements **60** und der Fläche **62a** der Bohrung **62** definiert wird, und einer zweiten Position (wie in [Fig. 8](#) gezeigt) bewegen werden, in der das Kolbenschieberelement **60** von der Fläche **62a** weg beabstandet ist, um zusammen mit der vergrößerten Region der Bohrung **62** einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad **67** für Kraftstoff zu definieren. Das Kolbenschieberelement **60** wird von einer ersten Feder **64**, die in einer Federkammer **66** angeordnet ist, die mit einem Ende des Kolbenschieberelements **60** assoziiert ist, in die erste Position gedrückt. Die Federkammer **66** ist durch einen mit einer Drosselung **70a** versehenen Strömungskanal **70** mit einem Niederdruck-Kraftstoffreservoir **68** in Verbindung. Eine weitere Kammer **65** wird von der Bohrung **62**, die mit der Auslassregion **14b** des Kraftstoffzu-

führungspfads **14** in Verbindung ist, definiert.

**[0054]** Die Einspritzvorrichtung **12** ist in [Fig. 7](#) detaillierter dargestellt und hat eine Ventilnadel **80**, die von einer Düsenfeder **82** in Richtung auf einen Ventilnadsitz gedrückt wird, wobei die Bewegung der Ventilnadel **80** von dem Ventilnadsitz weg gegen die auf der Düsenfeder **82** beruhende Kraft zur Folge hat, dass zur Einspritzvorrichtung **12** gefördeter Kraftstoff durch wenigstens eine Auslassöffnung **86** der Einspritzvorrichtung in den Motorzylinder oder einen anderen Verbrennungsraum strömt.

**[0055]** Beim Gebrauch wird, wenn Kraftstoff mit einer relativ niedrigen Einspritzrate aus der Einspritzvorrichtung **12** gespritzt werden soll, das Hauptsteuerventil **16** betätigt, so dass Kraftstoff aus der gemeinsamen Druckleitung **10** durch den Kraftstoffzuführungspfad **14** zur Einspritzvorrichtung **12** strömen kann. Nach dem Öffnen des Hauptsteuerventils **16** steigt der Druck des zur Einspritzvorrichtung **12** geförderten Kraftstoffs, bis die Ventilnadel **80** gegen die auf der Düsenfeder **82** beruhende Kraft aus ihrem Sitz gehoben wird, so dass Kraftstoff durch die Auslassöffnungen **86** der Kraftstoffeinspritzvorrichtung strömen kann. Wenn das Kolbenschieberelement **60** in seiner ersten Position ist (wie in [Fig. 7](#) gezeigt), so dass der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** von dem gedrosselten Strömungspfad **63** gedrosselt wird, ist der Druck des durch den Zuführungspfad **14** zur Einspritzvorrichtung **12** geförderten Kraftstoffs relativ niedrig. Unter diesen Umständen ist, weil die Kraftstoffeinspritzrate von der Einspritzvorrichtung **12** von dem an die Einspritzdüse angelegten Kraftstoffdruck abhängt, die Kraftstoffeinspritzrate relativ niedrig.

**[0056]** Bei zunehmendem Druck des durch die Einlassregion **14a** zu der weiteren Kammer **65** geförderten Kraftstoffs wird das Kolbenschieberelement **60** gegen die auf der ersten Feder **64** beruhende Kraft von der ersten Position weg in die zweite Position (wie in [Fig. 8](#) gezeigt) gedrückt. Die Bewegung des Kolbenschieberelements **60** in die in [Fig. 8](#) gezeigte Position wird verzögert, während Kraftstoff in der Federkammer **66** durch den gedrosselten Strömungskanal **70, 70a** zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir **68** verdrängt wird. Wenn das Kolbenschieberelement **60** sich in seine zweite Position bewegt hat, ist die Strömungsrate von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** im Wesentlichen ungedrosselt, was zu einem Anstieg des an die Einspritzvorrichtung **12** angelegten Kraftstoffdrucks und daher zu einem Anstieg der Kraftstoffeinspritzrate durch die Auslassöffnungen **86** führt.

**[0057]** Wenn die Einspritzung beendet werden soll, wird das Hauptsteuerventil **16** geschlossen, so dass aus der gemeinsamen Druckleitung **10** kein Kraftstoff mehr zur Einlassregion **14a** des Zuführungspfads **14**

zugeführt werden kann. Der Kraftstoffdruck in der Einlass- und der Auslassregion **14a**, **14b** des Kraftstoffzuführungspfads **14** wird dadurch verringert und die Ventilnadel **80** wird von der Düsenfeder **82** gegen den Ventilnadsitz gedrängt. Der Druck des Kraftstoffs in der Einlass- und der Auslassregion **14a**, **14b** des Kraftstoffzuführungspfads **14** und der Druck von Kraftstoff in der Einspritzvorrichtung **80** wird weiter reduziert, da Kraftstoff durch Ventilspiele in wenigstens einer der Ventilanordnungen **16**, **18** und/oder der Einspritzvorrichtung **12** zur Niederdruckseite abgehen kann. Während der auf das Kurbelschieberelement **60** wirkende Kraftstoffdruck zum Wegdrängen des Kurbelschieberelements **60** von der Fläche **62a** reduziert wird, kehrt das Kurbelschieberelement **60** unter der Wirkung der ersten Feder **64** und einer Kraft, die auf Kraftstoff beruht, der durch den gedrosselten Strömungskanal **70**, **70a** in die Federkammer **66** zurückfließt, in die erste Position (wie in [Fig. 7](#) gezeigt) zurück. In der Praxis muss eventuell das Niederdruck-Reservoir **68** leicht unter Druck gesetzt werden, um sicherzustellen, dass die Federkammer **66** in Bereitschaft für den nächsten Einspritzzyklus auf einen ausreichenden Pegel druckbeaufschlagt wird.

**[0058]** Die [Fig. 9\(a\)](#) und [Fig. 9\(b\)](#) zeigen verschiedene Querschnittsansichten einer alternativen Art von Einspritzratensteuerventil **18** zur Verwendung in dem in [Fig. 7](#) gezeigten Kraftstoffsystem. Wie in [Fig. 9\(b\)](#) am deutlichsten zu sehen ist, ist ein Ende des Kurbelschieberelements **60** mit einander seitlich gegenüber liegenden Flachstellen **90** versehen. Je nach der Position des Kurbelschieberelements **60** innerhalb der Bohrung **62** kooperieren entweder die abgeflachten Regionen **90** des Kurbelschieberelements **60** mit der Fläche **62a** der Bohrung **62**, so dass ein gedrosselter Strömungspfad für Kraftstoff zwischen der Einlassregion **14a** und der Auslassregion **14b** definiert wird, oder das Kurbelschieberelement **60** ist von der Fläche **62a** beabstandet, so dass ein im Wesentlichen ungedrosselter Strömungspfad für Kraftstoff zwischen der Einlassregion **14a** und der Auslassregion **14b** definiert wird. Der Betrieb des Kraftstoffsystems ist dem mit Bezug auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) bereits beschriebenen ähnlich und wird daher im Folgenden nicht ausführlicher beschrieben.

**[0059]** Die [Fig. 10](#) bis [Fig. 12](#) zeigen weitere alternative Formen des Einspritzratensteuerventils **18** zur Verwendung in dem Kraftstoffsystem von [Fig. 7](#). In [Fig. 10](#) ist das Ventilelement **160** mit einer Bohrung versehen, die einen ersten, axial verlaufenden Kanal **92** definiert, der an einem Ende mit der weiteren Kammer **65** in Verbindung ist. Das andere Ende des axial verlaufenden Kanals **92** ist mit einer weiteren Bohrung in Verbindung, die einen radial verlaufenden Kanal **94** mit eingeschränktem Durchmesser definiert. Das Ventilelement **160** ist an seinem untersten Ende zum Zusammenwirken mit der Fläche **62a** gestaltet, so dass in einer ersten Position, in der das

Ventilelement **160** neben der Fläche **62a** ist, Kraftstoff im Wesentlichen daran gehindert wird, an der Fläche **62a** vorbei in die weitere Kammer **65** zu strömen, aber durch den gedrosselten Kanal **94** in den axial verlaufenden Kanal **92** und von dort in die äußere Region **14b** zum Fördern zur Einspritzvorrichtung **12** strömen kann. Unter diesen Umständen ist die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff durch den Zuführungspfad **14** zur Einspritzvorrichtung **12** relativ niedrig, so dass die Kraftstoffeinspritzrate durch die Auslassöffnungen **86** der Einspritzvorrichtung **12** relativ niedrig ist.

**[0060]** Bei zunehmendem Kraftstoffdruck in der weiteren Kammer **65** wird das Ventilelement **160** auf Grund von größeren hydraulischen Kräften, die auf das Ventilelement **160** wirken, gegen die auf der ersten Feder **64** beruhende Kraft von der Fläche **62a** weg gedrückt, wodurch Kraftstoff in der Federkammer **66** durch den gedrosselten Kanal **70**, **70a** und zu dem Niederdruck-Kraftstoffreservoir **68** verdrängt wird und Kraftstoff durch einen relativ ungedrosselten Strömungspfad strömen kann, der zwischen dem Ventilelement **160** und der Fläche **62a** der Einspritzvorrichtung **12** definiert ist. Nach einer anfänglichen Zeitdauer, während der das Ventilelement **160** Kraftstoff in der Federkammer **66** zu dem Niederdruck-Kraftstoffreservoir **68** verdrängt, wird die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff durch den Strömungspfad **14** zur Einspritzvorrichtung **12** vergrößert, was zu einer höheren Kraftstoffeinspritzrate durch die Auslassöffnungen **86** der Einspritzvorrichtung **12** führt.

**[0061]** Das Einspritzratensteuerventil **18** in [Fig. 11](#) funktioniert ähnlich wie das in [Fig. 10](#) gezeigte Einspritzratensteuerventil, außer dass, wenn das Ventilelement **160** in seiner ersten Position ist, in der das Zusammenwirken zwischen dem Ventilelement **160** und der Fläche **62a** das Strömen von Kraftstoff von der Einlassregion **14a** zu der weiteren Kammer **65** im Wesentlichen verhindert, der gedrosselte Strömungspfad für Kraftstoff von einer Bohrung in einem Gehäuse definiert wird, die einen gedrosselten Strömungskanal **96** definiert.

**[0062]** [Fig. 12](#) zeigt ein weiteres alternatives Einspritzratensteuerventil **18** in der Form eines Kurbelschiebervents mit einem Kurbelschieberelement **260** mit größerer axialer Länge. Das Kurbelschieberelement **260** ist mit einer Bohrung, die einen axial verlaufenden Kanal **98** mit relativ großem Durchmesser definiert, durch den Kraftstoff mit einer relativ ungedrosselten Rate strömt, einer weiteren Bohrung, die einen ersten Querkanal **102** mit im Wesentlichen uneingeschränktem Durchmesser, durch den Kraftstoff mit einer relativ ungedrosselten Rate strömt, und einer zusätzlichen Bohrung versehen, die einen radial verlaufenden Kanal **100** mit einem relativ kleinen Durchmesser definiert, durch den Kraftstoff mit einer

gedrosselten Rate strömt.

**[0063]** In der in [Fig. 12](#) gezeigten Position kann zur Einlassregion **14a** des Kraftstoffzuführungspfads **14** geförderter Kraftstoff durch einen gedrosselten Strömungspfad, der von dem radial verlaufenden Kanal **100** und dem axial verlaufenden Kanal **98** definiert wird, zur Auslassregion **14b** des Zuführungspfads **14** und von dort zur Einspritzvorrichtung **12** strömen. Wenn das Kollenschieberelement **260** gegen die auf der ersten Feder **64** beruhende Kraft in einer Aufwärtsrichtung (in der in [Fig. 12](#) gezeigten Darstellung) gedrängt wird, wird das Kollenschieberelement **260** auf Grund von auf das Ventilelement **260** wirkendem hydraulischem Druck in eine zweite Position bewegt, in der der Kraftstoff in der Einlassregion **14a** des Zuführungspfads **14** durch den ersten Querkanal **102** mit uneingeschränktem Durchmesser in eine Region **14b** des axial verlaufenden Kanals **98** stromabwärts von dem Punkt der Verbindung mit dem radial verlaufenden Kanal **100** und von dort in die Auslassregion **14b** zur Förderung zur Einspritzvorrichtung **12** strömen kann. Wenn das Kollenschieberelement **260** in der zweiten Position ist, ist der Strom von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** durch das Einspritzratensteuerventil **18** daher im Wesentlichen ungedrosselt, so dass eine größere Kraftstofffeinspritzrate durch die Auslassöffnungen **86** erreicht wird. Das Kollenschieberelement **260** kann so gestaltet sein, dass der Strom von Kraftstoff durch den ersten radial verlaufenden Kanal **100** verhindert wird, wenn das Ventilelement **260** in der zweiten Position ist, wobei das aber nicht unbedingt erforderlich ist.

**[0064]** Bei jedem der in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 12](#) gezeigten Einspritzratensteuerventile **18** kann der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** in der umgekehrten Richtung erfolgen, so dass die „Auslassregion“ **14b** mit der gemeinsamen Druckleitung **10** in Verbindung ist und die „Einlassregion“ **14a** Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** fördert. Wenn der Druck von Kraftstoff, der zur Einlassseite des Einspritzratensteuerventils **18** (d. h. der Auslassregion **14b**) gefördert wird, ansteigt, wird das Ventilelement **60** daher von einer ersten Position, in der ein gedrosselter Strömungspfad für Kraftstoff im Kraftstoffzuführungspfad **14** definiert wird, in eine zweite Position weg gedrängt, in der die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** wesentlich gedrosselt ist.

**[0065]** Die [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) zeigen noch eine weitere alternative Form des Einspritzratensteuerventils **18**, bei der das Ventilelement **360** in einem axial verlaufenden Kraftstoffzuführungspfad **14** angeordnet ist. Der Zuführungspfad **14** ist so gestaltet, dass er eine erste bzw. eine zweite gestufte Fläche **103, 104** definiert, mit der das Ventilelement **360** in Eingriff gebracht werden kann, wenn es in seiner ersten bzw. zweiten Betriebsposition ist. Der Kraftstoff-

zuführungspfad **14** ist auch so gestaltet, dass er eine vergrößerte Region hat, die die Federkammer **66** definiert, in der die erste Feder **64** angeordnet ist, um das Ventilelement **360** in die erste Position zu drängen, in der es mit der ersten gestuften Fläche **103** in Eingriff ist. Das Ventilelement **360** ist mit einem axial verlaufenden Kanal **106** versehen, der an einem Ende mit der Auslassregion **14b** des Zuführungskanals **14** in Verbindung ist und am anderen Ende eine Region **108** mit einem relativ kleinen Strömungsbereich hat, der mit der Einlassregion **14a** des Zuführungskanals **14** in Verbindung ist. Das Ventilelement **360** ist auch mit einem radial verlaufenden Kanal **110** versehen, der einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungsbereich für Kraftstoff aufweist, wobei der radial verlaufende Kanal **110** mit dem axial verlaufenden Kanal **106** stromabwärts von der eingeschränkten Region **108** in Verbindung ist.

**[0066]** Wenn das Ventilelement **360** in seiner ersten Position ist (wie in [Fig. 13](#) gezeigt), ist das obere Ende des Ventilelements **360** mit der ersten gestuften Fläche **103** in Eingriff, so dass Kraftstoff in der Einlassregion **14a** nicht an der ersten gestuften Fläche **103** vorbei in den radial verlaufenden Kanal **110** strömen kann, sondern durch die gedrosselte Region **108** in den axial verlaufenden Kanal **106** und zur Auslassregion **14b** zur Förderung zur Einspritzvorrichtung **12** strömt. Die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** ist daher relativ niedrig, so dass eine relativ niedrige Kraftstofffeinspritzrate erzielt wird, wie bereits beschrieben wurde.

**[0067]** Bei zunehmendem Kraftstoffdruck innerhalb der Einlassregion **14a** des Zuführungspfads **14** wird das Ventilelement **360** gegen die auf der ersten Feder **64** beruhende Kraft und auch gegen angestiegenen Kraftstoffdruck in der Kammer **66** auf Grund der größeren hydraulischen Kraft, die auf die obere Endfläche des Ventilelements **360** ausgeübt wird, von der ersten gestuften Fläche **103** weg gedrängt. Das Ventilelement **360** wird mit der zweiten gestuften Fläche **104** in Eingriff gedrängt (wie in [Fig. 14](#) gezeigt), so dass Kraftstoff in der Einlassregion **14a** an der ersten gestuften Fläche **103** vorbei, die gedrosselte Region **108** umgehend in den Querkanal **110** mit im Wesentlichen nicht eingeschränkten Durchmesser strömen kann. Unter derartigen Umständen ist die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff durch den Zuführungspfad **14** im Wesentlichen ungedrosselt, so dass die Kraftstofffeinspritzrate durch die Auslassöffnungen **86** der Einspritzvorrichtung **12** relativ hoch ist, wie bereits beschrieben wurde. Die Bewegung des Ventilelements **360** in die in [Fig. 14](#) gezeigte Position ist etwas verzögert, wie bei bereits beschriebenen Ausgestaltungen, während Kraftstoff in der Federkammer **66** durch den gedrosselten Strömungskanal **70, 70a** zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir **68** verdrängt wird.

**[0068]** Der Strom von Kraftstoff durch das Einspritzratensteuerventil **18** kann in den Ausgestaltungen, die in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) gezeigt werden, auch umgekehrt erfolgen, wie bereits besprochen wurde.

**[0069]** [Fig. 15](#) zeigt eine weitere alternative Ausgestaltung der Erfindung, in der das Einspritzratensteuerventil **18** in dem Kraftstoffzuführungspfad **14** angeordnet ist, in der aber die Einleitung und Beendigung der Kraftstoffeinspritzung durch die Einspritzvorrichtung **12** mithilfe eines Steuerventils **16a** direkt gesteuert werden. Das Einspritzratensteuerventil **18** in [Fig. 15](#) kann die Form von einer beliebigen der in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) gezeigten Ventilanordnungen haben. Im typischen Fall kann das Hauptsteuerventil **16a** die Form einer elektromagnetischen Stellantriebsanordnung haben, um die Bewegung einer Ventilnadel der Einspritzvorrichtung **12** direkt oder mit hydraulischen Mitteln auf eine Weise zu steuern, die einer fachkundigen Person vertraut wäre. Wie bereits beschrieben, werden Einleitung und Beendigung der Einspritzung durch Betätigen des Steuerventils **16a** gesteuert und die Einspritzrate wird durch Steuern des Betriebs des Einspritzratensteuerventils **18** geregelt.

**[0070]** Die Erfindung sieht ein Mittel zum Steuern der Einleitung und Dauer des Teils der Kraftstoffeinspritzung mit relativ niedriger Einspritzrate entweder mit einem Solenoid (wie in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) gezeigt) oder voreingestellt (wie in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 14](#) gezeigt) vor. Unter einigen Umständen, zum Beispiel für einige Kombinationen von Motordrehzahl, Last und Zündeneinstellung, kann es erwünscht sein, die Einspritzung mit relativ niedrigen Einspritzraten zu vermeiden. Unter derartigen Umständen kann das Ventilelement des Einspritzratensteuerventils **18**, wenn solenoidgesteuert, in einer Position gehalten werden, in der der Strom von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** im Wesentlichen ungedrosselt ist. Alternativ kann es erwünscht sein, eine niedrigere Einspritzrate mit relativ langer Dauer zu haben, und dies kann erreicht werden, indem das Ventilelement in der Position gehalten wird, die den Fluss von Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** für eine relativ lange Zeit drosselt. Für die in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 14](#) gezeigten Ausgestaltungen, in denen das Einspritzratensteuerventil **18** hydraulisch gesteuert wird, sind die Abmessungen des Ventilelements **60, 160, 260, 360** und der Drosselung **70a** und die Größe der ersten Feder **64** so ausgewählt, dass das Erzielen der gewünschten Einspritzungskennlinien gewährleistet ist.

**[0071]** Es ist ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung, dass der Kraftstoffzuführungspfad **14** eine feste Strömungslänge hat, durch die Kraftstoff von der gemeinsamen Druckleitung **10** zur Einspritzvorrichtung **12** strömt. Es versteht sich, dass die Bewegung des Ventilelements **20, 40, 60, 160, 260, 360** zwar den tatsächlichen Pfad ändern kann, durch den

Kraftstoff strömt (zum Beispiel durch die Bohrung **96** oder an der Fläche **62a** vorbei, siehe [Fig. 11](#)), dies aber die Strömungslänge des Zuführungspfads nicht wesentlich ändert und derartiges „Umlenken“ des Stroms nur die Geschwindigkeit ändert, mit der Kraftstoff zur Einspritzvorrichtung **12** strömt, indem die Drosselung der Kraftstoffströmung variiert wird. Außerdem versteht es sich, dass der Kraftstoffzuführungspfad **14** sich in zwei oder mehr separate Pfade verzweigen kann, während eine feste Strömungslänge zwischen der gemeinsamen Druckleitung **10** und der Einspritzvorrichtung **12** doch noch aufrecht erhalten wird.

**[0072]** Die Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind zwar als Speichereinspritzsystem (Common Rail-Kraftstoffsystem) beschrieben, es versteht sich aber, dass die Kraftstoffquelle **10** auch eine alternative Form haben kann.

### Patentansprüche

1. Kraftstoffsystem für die Verwendung in einem Motor mit innerer Verbrennung, das Folgendes umfasst:

eine Quelle von Hochdruckkraftstoff (**10**) zum Zuführen von Kraftstoff zu einer Einspritzdüse (**12**) durch einen Kraftstoffzuführungspfad (**14**) mit einer im Wesentlichen festen Strömungslänge;  
eine erste Ventilanordnung (**16**) zum Steuern des Einleitens der Kraftstoffeinspritzung in einem Einspritzzyklus; gekennzeichnet durch  
eine zweite Ventilanordnung (**18**) in dem Kraftstoffzuführungspfad, umfassend ein Ventilelement (**20**), das zwischen einer ersten und einer zweiten Position beweglich ist, um die Drosselung des Kraftstoffstroms durch die zweite Ventilanordnung zu variieren, um dadurch die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff zur Einspritzdüse (**12**) zu variieren; und  
Betätigungsmitte, die so konfiguriert sind, dass sie die zweite Ventilanordnung nach dem Einleiten der Kraftstoffeinspritzung betätigen, so dass Kraftstoffeinspritzkenndaten während des Gebrauchs variiert werden können, wobei die Kenndaten die Variation der Kraftstoffströmungsgeschwindigkeit zur Einspritzdüse in dem Einspritzzyklus beinhalten.

2. Kraftstoffsystem nach Anspruch 1, wobei die Kraftstoffquelle die Form einer gemeinsamen Druckleitung (**10**) hat, die mit Kraftstoff unter hohem Druck beschickt wird.

3. Kraftstoffsystem nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die erste Ventilanordnung (**16**) auch die Aufgabe hat, die Beendigung der Kraftstoffeinspritzung zu regeln.

4. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste Ventilanordnung (**16**) in dem Kraftstoffzuführungspfad (**14**) angeordnet ist.

5. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die zweite Ventilanordnung (18) so angeordnet ist, dass dann, wenn sich das Ventilelement (20) in der ersten Position befindet, der Strom von Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung (18) gedrosselt wird, und wenn sich das Ventilelement (20) in der zweiten Position befindet, der Strom von Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung (18) im Wesentlichen ungedrosselt ist, wobei mittels der Bewegung des Ventilelementes (20) zwischen der ersten und der zweiten Position beim Gebrauch die Strömungsgeschwindigkeit des zur Einspritzdüse (12) zugeführten Kraftstoffs variiert werden kann.

6. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Ventilelement (20) der zweiten Ventilanordnung (18) in einer in einem Ventilgehäuse (24) vorgesehenen Bohrung (22) beweglich ist.

7. Kraftstoffsystem nach Anspruch 6, wobei die zweite Ventilanordnung (18) ein Kolbenschieberelement (20) umfasst, wobei die Bohrung (22) in dem Ventilgehäuse (24) und das Kolbenschieberelement (20) so gestaltet sind, dass, wenn sich das Kolbenschieberelement (20) in seiner ersten Position befindet, die Bohrung (22) und das Kolbenschieberelement (20) einen gedrosselten Strömungspfad (26) für Kraftstoff definieren, der der Einspritzdüse (12) zugeführt wird, und wenn sich das Kolbenschieberelement (20) in der zweiten Position befindet, die Bohrung (22) und das Kolbenschieberelement (20) einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad (28) für Kraftstoff definieren, der der Einspritzdüse (12) zugeführt wird.

8. Kraftstoffsystem nach Anspruch 7, wobei das Kolbenschieberelement (20) über seine axiale Länge einen variablen Durchmesser hat, wobei das Kolbenschieberelement (20) eine erste Region (20a) mit reduziertem Durchmesser und eine zweite Region (20b) mit größerem Durchmesser hat, so dass dann, wenn sich das Kolbenschieberelement (20) in der ersten Position befindet, die Region (20b) mit größerem Durchmesser, zusammen mit der Bohrung (22), den ungedrosselten Strömungspfad (26) für Kraftstoff definiert, und wenn sich das Kolbenschieberelement (20) in der zweiten Position befindet, die Region (20a) mit reduziertem Durchmesser, zusammen mit der Bohrung (22), den im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad (28) für Kraftstoff definiert.

9. Kraftstoffsystem nach Anspruch 7, wobei das Kolbenschieberventil (20) mit Flachstellen versehen ist, die zusammen mit der Bohrung (22) entweder den ungedrosselten Strömungspfad (26) für Kraftstoff oder den im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad (28) für Kraftstoff je nach der Position des Kolbenschieberelementes (20) definieren.

10. Kraftstoffsystem nach Anspruch 6, wobei das

Ventilelement (260) mit einem axial verlaufenden Kanal (98) versehen ist, der mit einem ersten radial verlaufenden Kanal (100) mit einem relativ kleinen Strömungsbereich und einem zweiten radial verlaufenden Kanal (102) mit einem größeren Strömungsbereich verbunden ist, wobei das Ventilelement (260) so angeordnet ist, dass, wenn es sich in der ersten Position befindet, ein Kraftstoffdurchfluss durch den zweiten radial verlaufenden Kanal (102) mit großem Strömungsbereich im Wesentlichen verhindert wird und Kraftstoff durch den ersten radial verlaufenden Kanal (100) in den axial verlaufenden Kanal (98) strömen kann, und wenn sich das Ventilelement (260) in der zweiten Position befindet, Kraftstoff durch den zweiten radial verlaufenden Kanal (102) in den axial verlaufenden Kanal (98) strömen kann, so dass die Strömungsrate von Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung (18) beim Gebrauch je nach der Position des Ventilelementes (260) variiert werden kann.

11. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Ventilelement (20, 260) der zweiten Ventilanordnung (18) von einer Feder (64), die in einer Federkammer (66) zur Aufnahme von Kraftstoff untergebracht ist, in Richtung auf die erste Position gedrückt wird, wobei die Federkammer (66) mit einem Niederdruck-Kraftstoffreservoir (68) durch einen zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal (70) in Verbindung ist, so dass nach einer Bewegung des Ventilelementes (20, 260) von der ersten Position weg unter dem Einfluss von Hydraulikkraft Kraftstoff durch den zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal (70) zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir (68) verdrängt wird.

12. Kraftstoffsystem nach Anspruch 6, wobei das Ventilelement (40) mit einem ersten Sitz (22a) in Eingriff gebracht werden kann, um die Strömungsgeschwindigkeit von Kraftstoff durch den einzelnen Kraftstoffzuführungspfad und somit die Strömungsräte von Kraftstoff zur Einspritzdüse (12) zu regeln.

13. Kraftstoffsystem nach Anspruch 12, wobei die zweite Ventilanordnung (18) so angeordnet ist, dass das Ventilelement (40), wenn es sich in der ersten Position befindet, an dem ersten Sitz (22a) anliegt, um den Strom von Kraftstoff daran entlang zu verhüten, und wenn sich das Ventilelement (40) in der zweiten Position befindet, es von dem ersten Sitz (22a) beabstandet ist, so dass die Bohrung (22) und das Ventilelement (40) einen im Wesentlichen ungedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff definieren, durch den Hochdruckkraftstoff zur Einspritzdüse (12) strömt.

14. Kraftstoffsystem nach Anspruch 13, wobei die zweite Ventilanordnung (18) einen gedrosselten Strömungspfad für Kraftstoff umfasst, so dass dann, wenn das Ventilelement (40) in der ersten Position an

dem ersten Sitz (22a) anliegt, Kraftstoff durch den gedrosselten Strömungspfad strömt.

15. Kraftstoffsystem nach Anspruch 14, wobei der gedrosselte Strömungspfad durch einen in dem Ventilelement (40) vorgesehenen Kanal (50) definiert wird.

16. Kraftstoffsystem nach Anspruch 14, wobei der gedrosselte Strömungspfad durch einen im Ventilgehäuse (24) vorgesehenen Kanal (42) definiert wird.

17. Kraftstoffsystem nach Anspruch 14, wobei der erste Sitz (22a) für das Ventilelement und/oder eine Fläche des Ventilelementes (40), die in den ersten Sitz (22a) eingreifen kann, so gestaltet ist/sind, dass der gedrosselte Strömungspfad definiert wird.

18. Kraftstoffsystem nach Anspruch 12, wobei das Ventilelement (360) in einen zweiten Sitz (104) eingreifen kann, wenn es sich in der zweiten Position befindet, wobei das Ventilelement einen axial verlaufenden Kanal (106) mit einer Region (108) mit relativ kleinem Strömungsbereich umfasst, so dass das Ventilelement (360) dann, wenn es sich in der ersten Position befindet, an dem ersten Sitz (103) anliegt, so dass Kraftstoff nicht an dem ersten Sitz (103) vorbei strömen kann, sondern durch die Region (108) mit relativ kleinem Strömungsbereich in den axial verlaufenden Kanal (106) strömt, und wenn sich das Ventilelement (360) in der zweiten Position befindet, er an dem ersten Sitz (103) vorbei in einen weiteren Kanal (110) in dem Ventilelement (360) strömen kann, der mit dem axial verlaufenden Kanal (106) in Verbindung ist, um dadurch einen im Wesentlichen gedrosselten Bypass-Strömungspfad für Kraftstoff durch die zweite Ventilanordnung (18) zu definieren.

19. Kraftstoffsystem nach Anspruch 18, wobei der weitere Kanal (110) mit einem Teil des axial verlaufenden Kanals (106) stromabwärts von der Region (108) mit relativ kleinem Strömungsbereich in Verbindung ist.

20. Kraftstoffsystem nach Anspruch 18 oder Anspruch 19, wobei das Ventilelement (360) mit Hilfe einer Feder (64), die sich in einer Federkammer (66) zur Aufnahme von Kraftstoff befindet, in Richtung auf die erste Position gedrängt wird, wobei die Federkammer (66) mit einem Niederdruck-Kraftstoffreservoir (68) durch einen zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal (70) in Verbindung ist, so dass nach einer Bewegung des Ventilelementes (360) von der ersten Position weg unter dem Einfluss von Hydraulikdruck Kraftstoff durch den zusätzlichen gedrosselten Strömungskanal (70) zum Niederdruck-Kraftstoffreservoir (68) verdrängt wird.

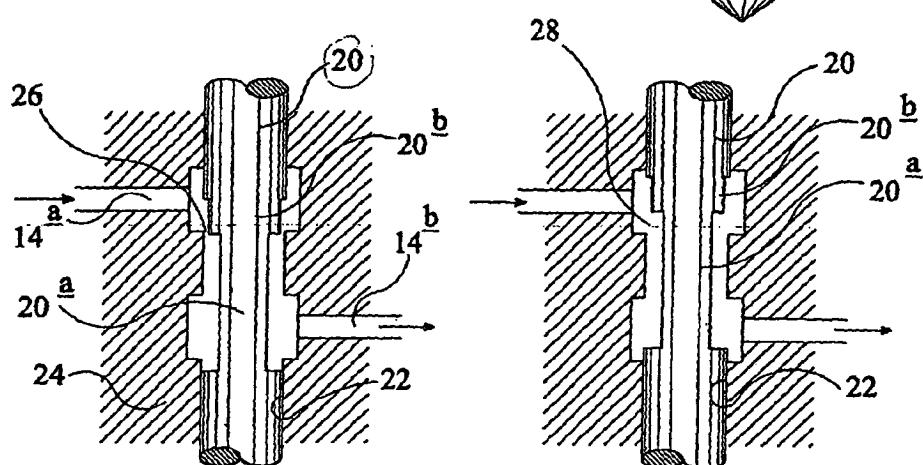
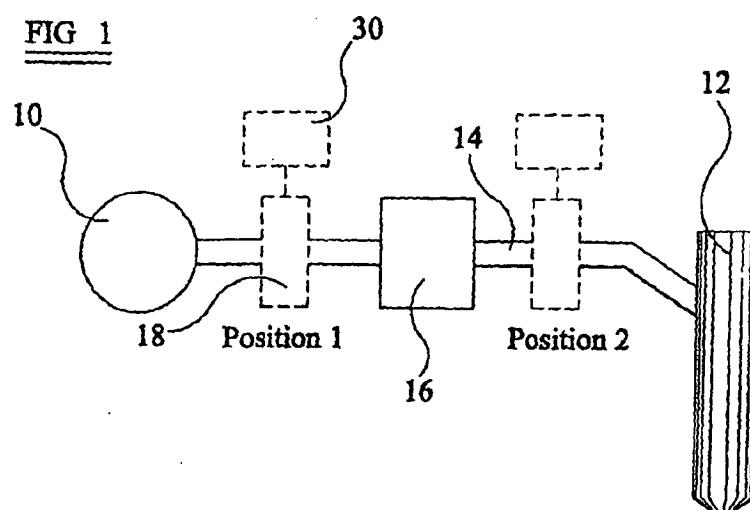
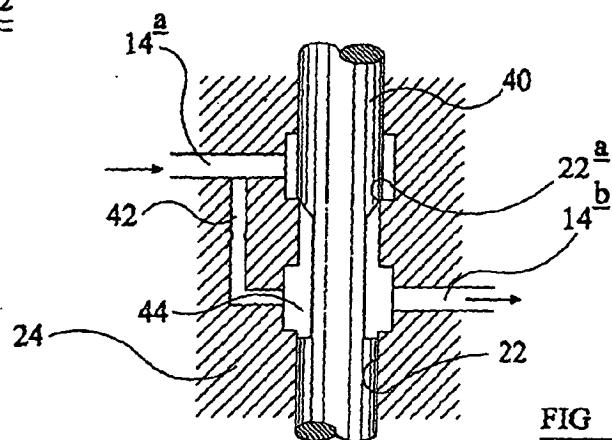
21. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1

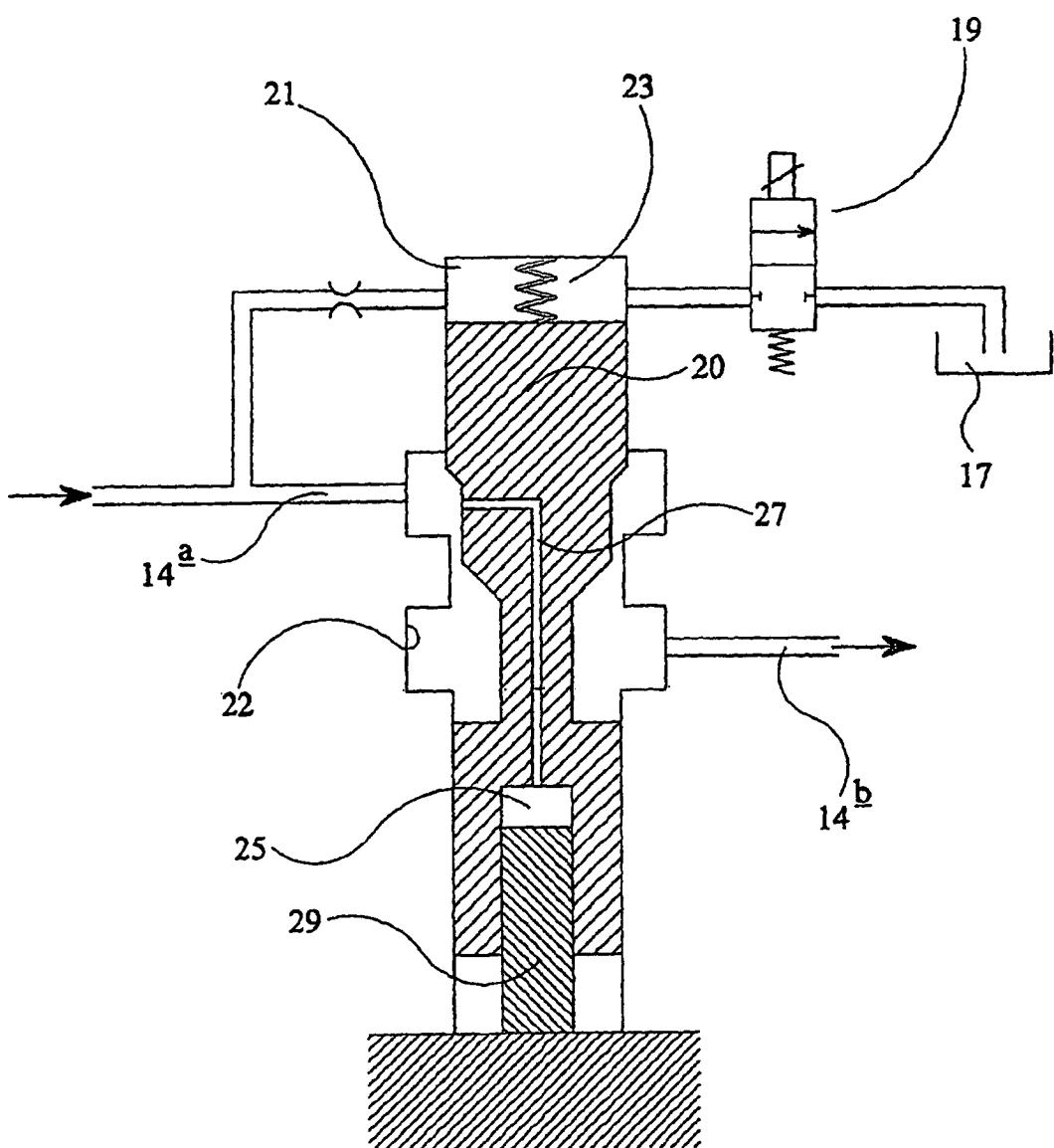
bis 20, wobei das Betätigungsmitte so konfiguriert ist, dass es die zweite Ventilanordnung (18) mit einer elektromagnetischen Betätigungsanordnung betätigt.

22. Kraftstoffsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei das Betätigungsmitte so konfiguriert ist, dass es die zweite Ventilanordnung (18) mit einem Hydraulikdruck betätigt, der auf eine Oberfläche wirkt, die mit einem Ventilelement der zweiten Ventilanordnung assoziiert ist, um das Ventilelement zwischen der ersten und der zweiten Position zu bewegen.

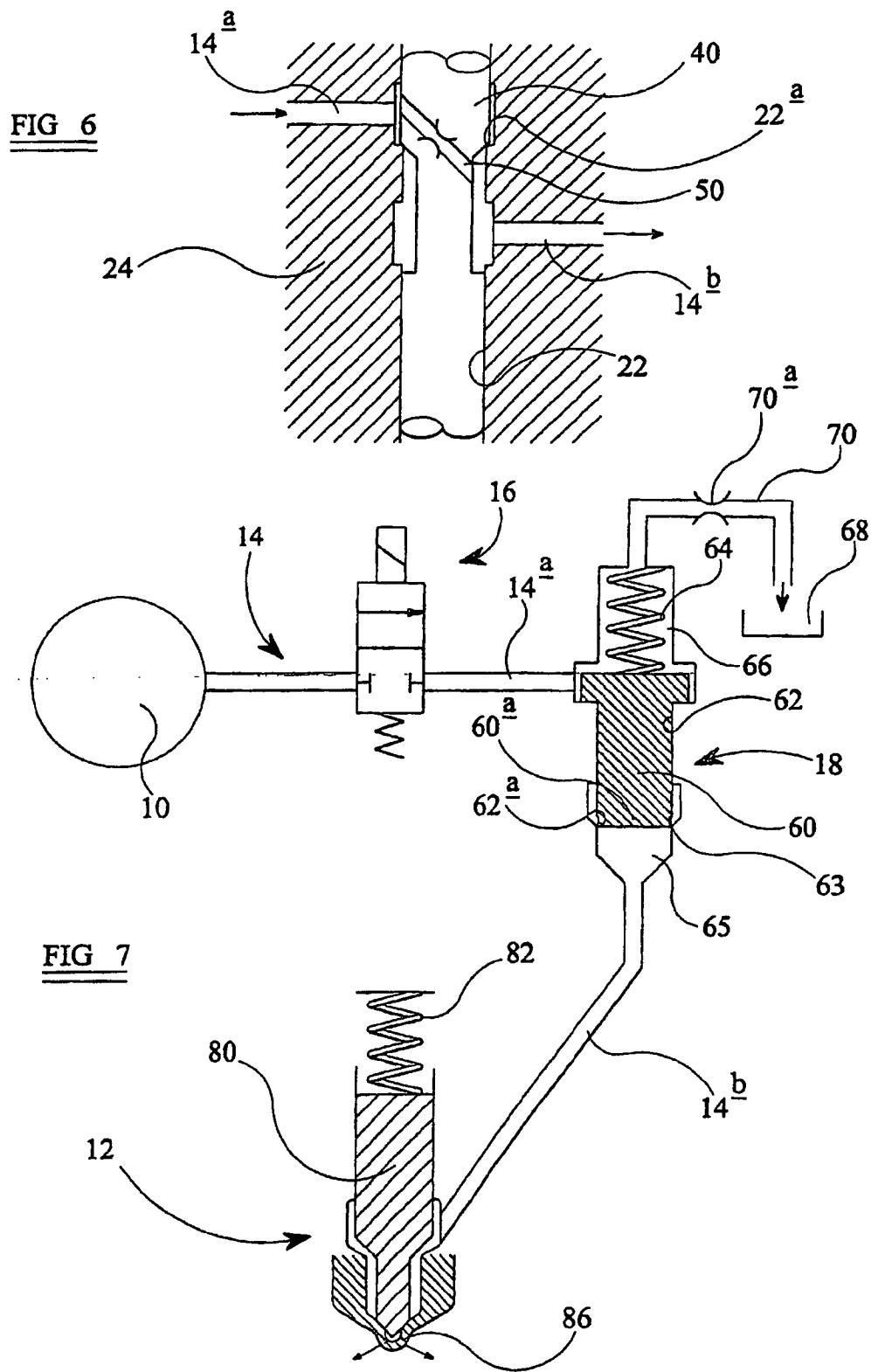
Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG 1FIG 2FIG 3FIG 5



**FIG 4**



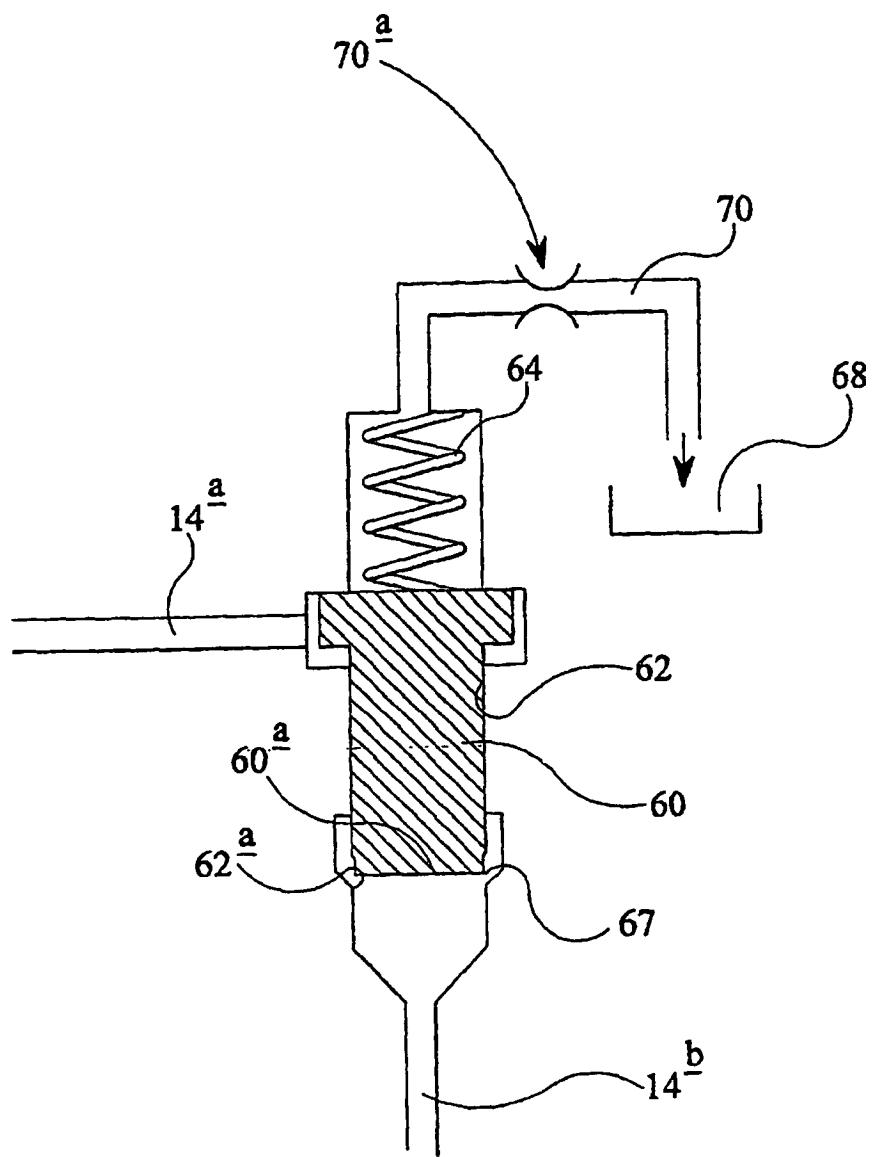


FIG. 8

FIG 9 (a)

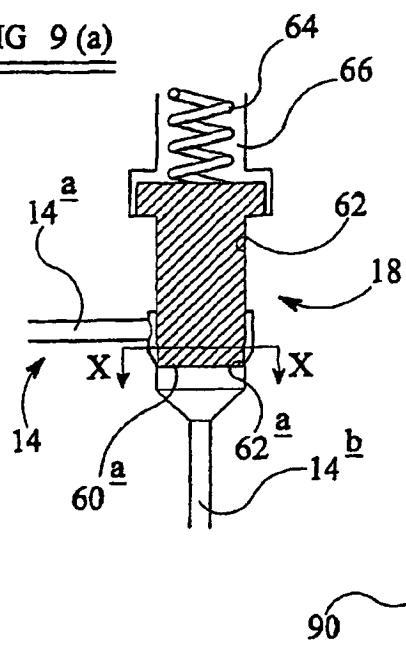


FIG 10

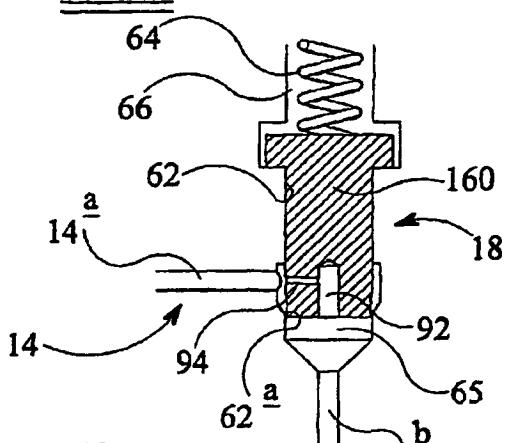


FIG 9 (b)

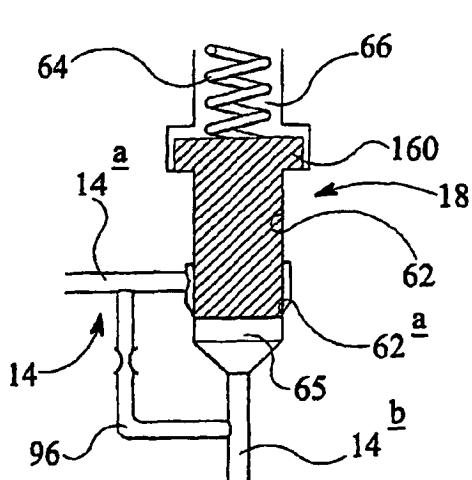


FIG 11

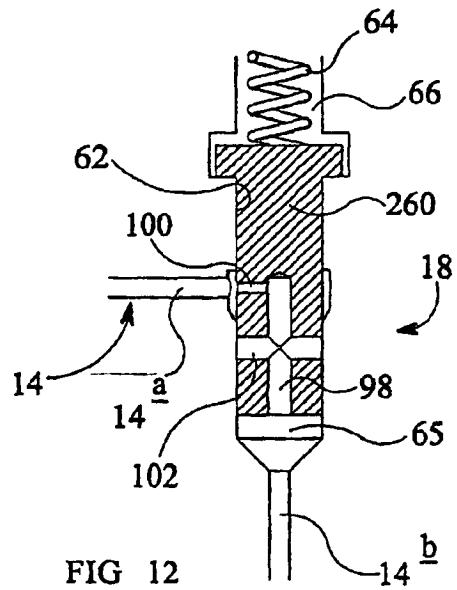


FIG 12

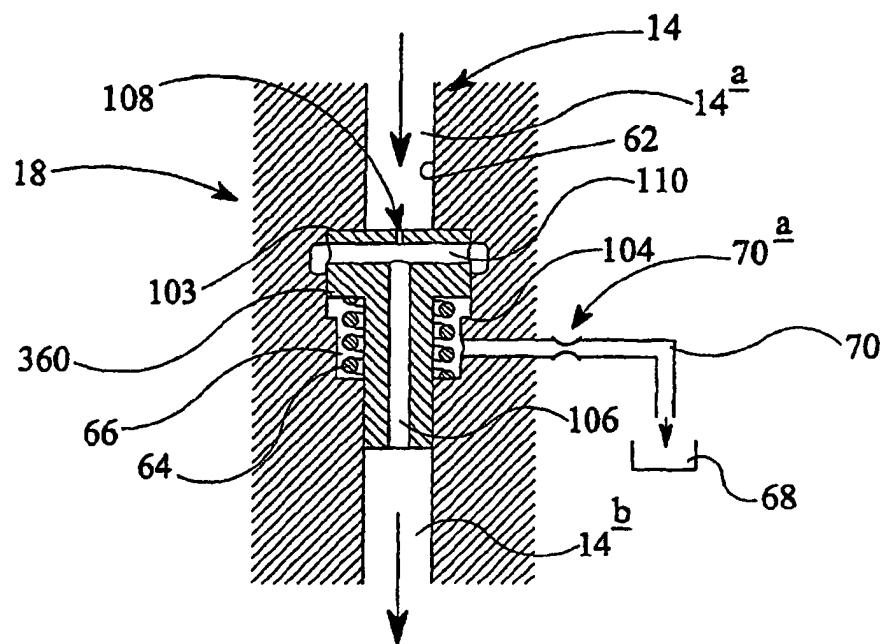
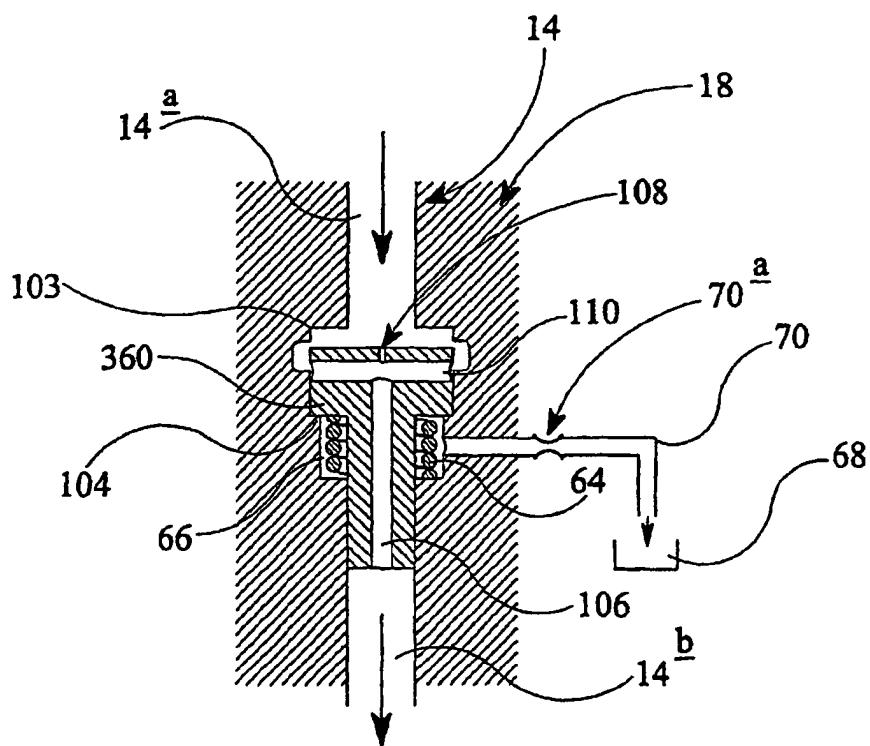
FIG 13FIG 14

FIG 15

