

(19)



(11)

EP 2 971 746 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.05.2018 Patentblatt 2018/18

(51) Int Cl.:
F02M 55/02 ^(2006.01) **F02D 41/06** ^(2006.01)
F02D 41/38 ^(2006.01) **F02M 37/00** ^(2006.01)
F02M 63/00 ^(2006.01) **F02M 55/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14708482.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/000556

(22) Anmeldetag: **05.03.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/139643 (18.09.2014 Gazette 2014/38)

(54) **VERFAHREN ZUR ENTLÜFTUNG EINER KRAFTSTOFFVERSORGUNGSLEITUNG UND BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR VENTING A FUEL SUPPLY LINE, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ DE PURGE D'AIR D'UN CONDUIT D'ALIMENTATION EN CARBURANT ET MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **REISCHMANN, Klaus**
88239 Wangen (DE)
- **WILLMANN, Michael**
88697 Bermatingen (DE)

(30) Priorität: **11.03.2013 DE 102013204093**

(74) Vertreter: **Kordel, Mattias**
Gleiss Große Schrell und Partner mbB
Patentanwälte Rechtsanwälte
Leitzstrasse 45
70469 Stuttgart (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.01.2016 Patentblatt 2016/03

(73) Patentinhaber: **MTU Friedrichshafen GmbH**
88045 Friedrichshafen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 314 883 DE-A1-102005 012 165
DE-A1-102005 025 114 DE-A1-102007 029 808
DE-B4- 10 342 116

(72) Erfinder:
• **RADL, Marc**
88045 Friedrichshafen (DE)

EP 2 971 746 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entlüftung einer Kraftstoffversorgungsleitung gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Brennkraftmaschine mit einem Direkt-Einspritzungssystem gemäß Oberbegriff des Anspruchs 9.

[0002] Verfahren und Brennkraftmaschinen der hier angesprochenen Art sind bekannt. Ein Direkt-Einspritzungssystem einer Brennkraftmaschine weist typischerweise mindestens einen Injektor auf, mit dem Kraftstoff in eine Brennkammer der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Es ist eine Kraftstoffversorgungsleitung vorgesehen, über die dem Injektor Kraftstoff zuführbar ist. Stromaufwärts des Injektors ist ein Hochdruck-Speicher vorgesehen, der auch als sogenannte gemeinsame Leiste, Common Rail, bezeichnet wird. Weist die Brennkraftmaschine mehrere Injektoren auf, werden diese vorzugsweise alle aus dem gemeinsamen Hochdruck-Speicher mit Kraftstoff versorgt. Zur Förderung von Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher ist eine Hochdruckpumpe vorgesehen. Ein Druck in dem Hochdruck-Speicher wird mittels einer stromaufwärts der Hochdruckpumpe angeordneten Saugdrossel geregelt. Um zu verhindern, dass die Brennkraftmaschine durch eine unzulässige Zufuhr von Kraftstoff durch einen defekten, nicht mehr korrekt schließenden Injektor beschädigt wird, ist zwischen dem Hochdruck-Speicher und dem Injektor ein Mengenbegrenzungsventil angeordnet, das eine von dem Hochdruck-Speicher zu dem Injektor strömende Kraftstoffmenge begrenzt. Weist der Injektor eine Fehlfunktion auf, sodass tendenziell zu viel Kraftstoff in die Brennkammer strömt, spricht das Mengenbegrenzungsventil an und unterbricht die Fluidverbindung zwischen dem Hochdruck-Speicher und dem defekten Injektor.

[0003] Bei einem Erststart der Brennkraftmaschine oder auch nach einer Wartung oder Reparatur ist es möglich, dass die Kraftstoffversorgungsleitung insbesondere stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils belüftet ist. Beim Starten der Brennkraftmaschine wird in diesem Fall die Luft in der Kraftstoffversorgungsleitung komprimiert. Da hierbei ein großes Luftvolumen verdrängt werden muss, fließt beim Füllen der belüfteten Kraftstoffversorgungsleitung eine große Menge Kraftstoff über das Mengenbegrenzungsventil. Dieses kann hierdurch ungewollt ansprechen. Daraufhin wird dem Injektor, der dem Mengenbegrenzungsventil zugeordnet ist, nur noch eine geringe oder gar keine Kraftstoffmenge mehr zugeführt. Dies führt zu einer verminderten Leistung und zu einem unruhigen Lauf der Brennkraftmaschine. Es ist dann gegebenenfalls nötig, diese mehrfach komplett herunterzufahren und die Kraftstoffversorgungsleitung zu entspannen. Aus der DE 103 42 116 B4 geht ein Verfahren zum Entlüften einer Kraftstoffeinspritzleitung hervor, bei dem ein Injektor in einem Entlüftungsbetrieb sehr viel länger offengehalten wird, als bei einem normalen Einspritzbetrieb. Auf diese Weise wird ein Abfluss von Luft aus der Kraftstoffeinspritzleitung in Zylinder der Brenn-

kraftmaschine hinein ermöglicht. Auch hierbei ist es jedoch noch möglich, dass ein stromaufwärts des Injektors angeordnetes Mengenbegrenzungsventil unzulässigerweise anspricht, wodurch sich die bereits beschriebenen Probleme ergeben.

[0004] Aus der EP 1 314 883 A2 ist ein Common-Rail-System mit mehreren Rails bekannt. Beim Spülvorgang wird in einem ersten Schritt ein Spülventil geöffnet und in einem zweiten Schritt wird dann der Kraftstoff von der Niederdruckpumpe über die Drosselventile zu den Hochdruckpumpen gefördert. Von den Hochdruckpumpen wiederum wird der Kraftstoff über einen Pumpspeicher, den Rails und über das Spülventil zurück zum Kraftstofftank gepumpt. Der Spülvorgang dient zur Vorwärmung einer kalten Brennkraftmaschine, die mit Schweröl gestartet werden soll.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Brennkraftmaschine zu schaffen, welche die beschriebenen Nachteile nicht aufweisen, wobei insbesondere eine Entlüftung der Kraftstoffversorgungsleitung möglich sein soll, bei welcher ein unzulässiges Ansprechen eines Mengenbegrenzungsventils vermieden wird.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren mit den Schritten des Anspruchs 1 geschaffen wird.

[0007] Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Kraftstoffversorgungsleitung stromabwärts der Hochdruckpumpe entlüftet wird, wobei in der Saugdrossel während eines Entlüftungsbetriebs ein Durchtrittsquerschnitt für den Kraftstoff eingestellt wird, der kleiner oder gleich einem vorherbestimmten Grenzdurchtrittsquerschnitt ist. Der Grenzdurchtrittsquerschnitt ist jedenfalls kleiner als ein maximaler Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel. Der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel wird im Entlüftungsbetrieb so gewählt, dass ein Kolben des Mengenbegrenzungsventils seine Sperposition während des Entlüftens nicht erreicht. Beim Entlüftungsbetrieb ergibt sich so eine reduzierte Fördermenge der Hochdruckpumpe, sodass nur ein kleiner Volumenstrom gefördert wird, der entsprechend über das mindestens ein Mengenbegrenzungsventil fließen kann. Dieses spricht daher nicht unzulässig an, und die Kraftstoffversorgungsleitung wird zuverlässig entlüftet beziehungsweise mit Kraftstoff gefüllt. Die Luft in der Kraftstoffversorgungsleitung wird komprimiert und geht im nachfolgenden Motorlauf in Lösung beziehungsweise wird in eine Brennkammer der Brennkraftmaschine abgeführt. Ein unzulässiges Ansprechen des Mengenbegrenzungsventils wird demnach vermieden, indem im Entlüftungsbetrieb eine reduzierte Kraftstoffmenge mittels der Hochdruckpumpe gefördert wird.

[0008] Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der Entlüftungsbetrieb beim Starten der Brennkraftmaschine durchgeführt wird. Bevorzugt wird der Entlüftungsbetrieb bei einem Erststart der Brennkraftmaschine durchgeführt. Alternativ oder zusätzlich ist vorgesehen, dass der Entlüftungsbetrieb nach einer Wartung oder Reparatur der Brennkraftma-

schine durchgeführt wird. Insbesondere wird der Entlüftungsbetrieb durchgeführt, wenn die Kraftstoffversorgungsleitung stromabwärts des Hochdruck-Speichers belüftet ist. Vorzugsweise ist ein Sensierungsmittel vorgesehen, mit dessen Hilfe insbesondere beim Starten festgestellt wird, ob die Kraftstoffversorgungsleitung stromabwärts des Hochdruck-Speichers belüftet ist. Wird dies festgestellt, wird der Entlüftungsbetrieb beim Starten der Brennkraftmaschine durchgeführt. Wird dagegen keine Belüftung der Kraftstoffversorgungsleitung festgestellt, wird die Brennkraftmaschine vorzugsweise in einem normalen Aufstartbetrieb gestartet. Dabei wird in dem normalen Aufstartbetrieb vorzugsweise der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel auf einen maximalen Wert eingestellt, um möglichst rasch einen vorherbestimmten Druck in dem Hochdruck-Speicher zu erreichen. Der Entlüftungsbetrieb unterscheidet sich demnach von dem normalen Aufstartbetrieb gerade dadurch, dass entgegen der herkömmlichen Vorgehensweise, bei der möglichst rasch durch Maximierung der Kraftstoffförderung ein vorherbestimmter Druck in dem Hochdruck-Speicher angestrebt wird, der Durchtrittsquerschnitt für den Kraftstoff im Bereich der Saugdrossel begrenzt wird, um den Kraftstoffstrom auf einen Wert zu beschränken, bei welchem das Mengenbegrenzungsventil nicht unzulässigerweise anspricht.

[0009] Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Saugdrossel durch ein Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine angesteuert wird. In dem Motorsteuergerät ist bevorzugt ein Algorithmus implementiert, mit dessen Hilfe der Druck in dem Hochdruck-Speicher im Normalbetrieb des Verbrennungsmotors steuer- und/oder regelbar ist, wobei der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel bevorzugt bei einem normalen Aufstartbetrieb der Brennkraftmaschine maximiert wird, die Saugdrossel mithin ganz aufgesteuert wird, um den vorherbestimmten Druck möglichst rasch zu erreichen. In dem Motorsteuergerät ist weiterhin bevorzugt ein Algorithmus implementiert, der es ermöglicht, den Entlüftungsbetrieb durchzuführen, wobei in diesem der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel kleiner oder gleich dem vorherbestimmten Grenzdurchtrittsquerschnitt eingestellt wird. Das Motorsteuergerät ist vorzugsweise mit der Saugdrossel zur Ansteuerung wirkverbunden.

[0010] Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der Entlüftungsbetrieb beendet wird, sobald die Kraftstoffversorgungsleitung entlüftet ist. Vorzugsweise wird der Entlüftungsbetrieb dadurch beendet, dass die Saugdrossel - bevorzugt von dem Motorsteuergerät - zur Regelung des Drucks in dem Hochdruck-Speicher angesteuert wird. Es wird also zum Beenden des Entlüftungsbetriebs die Ansteuerung der Saugdrossel geändert, wobei diese nicht mehr auf einem Durchtrittsquerschnitt kleiner oder gleich dem vorherbestimmten Grenzdurchtrittsquerschnitt gehalten wird, sondern indem diese derart angesteuert wird, dass eine Regelung des Drucks in dem Hochdruck-Speicher er-

folgt. Nach gezielter Durchführung des Entlüftungsbetriebs wird demnach vorzugsweise auf einen normalen Betrieb der Brennkraftmaschine umgeschaltet. Das Ende des Entlüftungsbetriebs wird vorzugsweise durch das Sensierungsmittel erfasst, durch welches festgestellt werden kann, ob die Kraftstoffversorgungsleitung stromabwärts des Hochdruck-Speichers belüftet ist.

[0011] Es wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass der vorherbestimmte Grenzdurchtrittsquerschnitt gewählt wird zu 50 %, vorzugsweise 25 %, vorzugsweise 15 %, vorzugsweise 10 %, vorzugsweise 5 %, vorzugsweise 2 %, vorzugsweise 1 % eines maximalen Durchtrittsquerschnitts der Saugdrossel. Die Saugdrossel ist dabei vorzugsweise so ausgebildet, dass ihr Durchtrittsquerschnitt zwischen einem minimalen Durchtrittsquerschnitt und einem maximalen Durchtrittsquerschnitt stufenweise oder bevorzugt kontinuierlich variabel ist. Durch entsprechende Wahl des Grenzdurchtrittsquerschnitts wird gewährleistet, dass im Entlüftungsbetrieb nur eine solche Menge Kraftstoff von der Hochdruckpumpe gefördert wird, bei der das Mengenbegrenzungsventil nicht unzulässig anspricht. Dabei ist es möglich, dass der vorherbestimmte und vorzugsweise in dem Motorsteuergerät hinterlegte Grenzdurchtrittsquerschnitt abhängig von einem in der Brennkraftmaschine eingesetzten Mengenbegrenzungsventil gewählt wird. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass verschiedene Mengenbegrenzungsventile bei verschiedenen Werten eines über sie fließenden Kraftstoffstroms ansprechen, sodass bevorzugt der Grenzdurchtrittsquerschnitt auf ein konkret verbautes Mengenbegrenzungsventil abgestimmt wird. Insbesondere wird bevorzugt der vorherbestimmte Grenzdurchtrittsquerschnitt auf die konkret verwendete Saugdrossel und auf ein konkret verwendetes Mengenbegrenzungsventil abgestimmt, sodass gewährleistet ist, dass beim Entlüftungsbetrieb kein unzulässig hoher Volumenstrom über das Mengenbegrenzungsventil strömt, um dessen Ansprechen zu verhindern.

[0012] Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass eine Motordrehzahl der Brennkraftmaschine während des Entlüftungsbetriebs bei ungefähr 100 Umdrehungen pro Minute (rounds per minute - rpm) gehalten wird. Dieser Wert liegt vorzugsweise unter einer Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine. Hierdurch wird die Fördermenge der Hochdruckpumpe zusätzlich reduziert, was für den Entlüftungsbetrieb vorteilhaft ist.

[0013] Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass ein Druck stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils erfasst wird. Hierzu ist bevorzugt ein Drucksensor stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils in der Kraftstoffversorgungsleitung vorgesehen. Dieser ist vorzugsweise mit dem Motorsteuergerät wirkverbunden, sodass dieses den von dem Drucksensor erfassten Druck auswerten und zur Steuerung der Brennkraftmaschine heranziehen kann.

[0014] Vorzugsweise wird anhand des erfassten

Drucks - insbesondere in dem Motorsteuergerät - festgestellt, ob die Kraftstoffversorgungsleitung entlüftet ist. Es ist in diesem Fall mithilfe der von dem Drucksensor gelieferten Messwerte möglich, zu entscheiden, ob ein Entlüftungsbetrieb beim Starten der Brennkraftmaschine durchgeführt werden soll, beziehungsweise ob und wann der Entlüftungsbetrieb beendet werden soll.

[0015] Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Hochdruckpumpe von der Brennkraftmaschine mit der Motordrehzahl angetrieben wird. Die Hochdruckpumpe ist in diesem Fall direkt mit der Brennkraftmaschine derart wirkverbunden, dass sie in jedem Betriebszustand die gleiche Drehzahl wie diese aufweist. Gerade bei dieser Ausgestaltung ist es vorteilhaft, wenn der Druck in dem Hochdruck-Speicher mittels der Saugdrossel geregelt wird, weil die Förderleistung der Hochdruckpumpe abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine variiert.

[0016] Die Aufgabe wird auch gelöst, indem eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 9 geschaffen wird. Diese umfasst ein Direkt-Einspritzungssystem, welches mindestens einen Injektor zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer der Brennkraftmaschine aufweist. Stromaufwärts des Injektors ist ein Hochdruck-Speicher vorgesehen, der zur Versorgung des Injektors mit Kraftstoff in Fluidverbindung mit dem Injektor steht. Ein Mengenbegrenzungsventil ist in der Fluidverbindung zwischen dem Hochdruck-Speicher und dem Injektor angeordnet, um eine von dem Motorspeicher zu dem Injektor strömende Kraftstoffmenge zu begrenzen. Eine Hochdruckpumpe ist zur Förderung von Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher stromaufwärts desselben vorgesehen, wobei ein Druck in dem Hochdruck-Speicher stromaufwärts der Hochdruckpumpe durch eine Saugdrossel regelbar ist. Die Saugdrossel ist durch ein Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine ansteuerbar. Die Brennkraftmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass das Motorsteuergerät zur Entlüftung der Kraftstoffversorgungsleitung stromabwärts der Hochdruckpumpe die Saugdrossel während eines Entlüftungsbetriebs auf einen Durchtrittsquerschnitt für den Kraftstoff einstellt, der kleiner oder gleich als ein vorherbestimmter Grenzdurchtrittsquerschnitt ist. Der Grenzdurchtrittsquerschnitt wiederum ist kleiner als der maximale Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel, wobei der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel im Entlüftungsbetrieb so gewählt ist, dass ein Kolben des Mengenbegrenzungsventils seine Sperposition während des Entlüftens nicht erreicht. Hierdurch ergeben sich die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

[0017] Es ist möglich, dass die Saugdrossel bei einem Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine in die Hochdruckpumpe integriert ist. Die Angabe, dass die Saugdrossel stromaufwärts der Hochdruckpumpe vorgesehen ist, bezieht sich insoweit insbesondere auf die funktionale Anordnung der Saugdrossel und bedeutet, dass die Saugdrossel den Zufluss von Kraftstoff zur

Hochdruckpumpe begrenzt. Alternativ ist es auch möglich, dass die Saugdrossel als separates Element stromaufwärts der Hochdruckpumpe in der Kraftstoffversorgungsleitung angeordnet ist.

[0018] Es wird auch eine Brennkraftmaschine bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass der mindestens eine Injektor einen internen Kraftstoffspeicher aufweist. Dieser ersetzt nicht den Hochdruck-Speicher, sondern ist zusätzlich zu diesem vorgesehen.

[0019] Bei einem Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine ist es auch möglich, dass das Mengenbegrenzungsventil in den Injektor integriert ist. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass das Mengenbegrenzungsventil als separates Element stromaufwärts des Injektors vorgesehen ist.

[0020] Die Beschreibung des Verfahrens einerseits und der Brennkraftmaschine andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Insbesondere wird eine Brennkraftmaschine bevorzugt, die sich durch mindestens ein Merkmal auszeichnet, das durch mindestens einen Verfahrensschritt, vorzugsweise Kombinationen hiervon, einer Ausführungsform des Verfahrens bedingt ist. Umgekehrt wird ein Verfahren bevorzugt, das durch mindestens einen Verfahrensschritt gekennzeichnet ist, der sich aus mindestens einem Merkmal der Brennkraftmaschine, vorzugsweise Kombinationen hiervon, ergibt. Alle in Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebenen Merkmale sind bevorzugt einzeln oder in Kombination miteinander Merkmale eines Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine. Ebenso sind alle in Zusammenhang mit der Brennkraftmaschine beschriebenen Verfahrensschritte bevorzugt einzeln oder in Kombination miteinander Schritte einer Ausführungsform des Verfahrens.

[0021] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt die einzige

Figur eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Direkt-Einspritzungssystems einer Brennkraftmaschine.

[0022] Die Figur zeigt eine schematische Darstellung eines Direkt-Einspritzungssystems 1 eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine. Das Direkteinspritzsystem 1 weist einen Injektor 3 auf, durch den mithilfe einer schematisch dargestellten Ventileinrichtung 5 Kraftstoff 7 in eine nicht dargestellte Brennkammer der Brennkraftmaschine einspritzbar ist. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst der Injektor 3 außerdem einen internen Kraftstoffspeicher 9.

[0023] Eine Kraftstoffversorgungsleitung 11 dient zur Förderung von Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 13, vorzugsweise einem Tank, zu dem Injektor 3. Stromaufwärts des Injektors 3 ist ein Hochdruck-Speicher 15 angeordnet, aus dem der Injektor 3 mit Kraftstoff versorgt wird. Zwischen dem Hochdruck-Speicher 15 und dem Injektor 3 ist ein Mengenbegrenzungsventil 17 in der Kraftstoffversorgungsleitung 11 angeordnet, um

die Brennkraftmaschine vor einer unzulässig hohen Kraftstoffmenge zu schützen, die über einen defekten Injektor 3 in die Brennkammer eingebracht werden könnte. Die Funktionsweise des Mengenbegrenzungsventils 17 wird im Folgenden noch näher erläutert.

[0024] Zur Förderung von Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher 15 ist stromaufwärts desselben eine Hochdruckpumpe 19 in der Kraftstoffleitung 11 angeordnet. Deren Förderleistung wird durch eine stromaufwärts der Hochdruckpumpe 19 angeordnete Saugdrossel 21 gesteuert, wobei insbesondere der Druck in dem Hochdruck-Speicher 15 mittels der Saugdrossel 21 geregelt wird. Die Saugdrossel 21 ist hier schematisch als von der Hochdruckpumpe 19 separate Ventileinrichtung dargestellt. Es ist aber sehr wohl möglich, dass die Saugdrossel 21 als Teil der Hochdruckpumpe 19 ausgebildet beziehungsweise in diese integriert ist. Vorzugsweise ist ein Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel 21 zwischen einem minimalen Wert und einem maximalen Wert kontinuierlich variabel. Es ist möglich, dass der minimale Wert des Durchtrittsquerschnitts einer geschlossenen Stellung der Saugdrossel 21 entspricht, sodass in diesem Fall kein Kraftstoff über die Saugdrossel 21 förderbar ist.

[0025] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist stromaufwärts der Saugdrossel 21 eine Niederdruckpumpe 23 vorgesehen, die der Förderung von Kraftstoff aus dem Vorratsbehälter 13 über einen Filter 25 zu der Saugdrossel 21 dient.

[0026] Das Mengenbegrenzungsventil 17 weist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine Durchflussbegrenzungseinrichtung 27 und ein stromabwärts von dieser angeordnetes Ausgleichsvolumen 29 auf, wobei das Ausgleichsvolumen 29 vorzugsweise eine Drossel-einrichtung 31 umfasst. Die Durchflussbegrenzungseinrichtung 27 umfasst bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel einen in einem Zylinder 33 verlagerbaren Kolben 35, der in der mit A gekennzeichneten Position durch ein Federelement 37 vorgespannt ist. Durch eine Festdrossel 39 ist schematisch angedeutet, dass im Bereich des Kolbens 35 ein vorherbestimmter Durchtrittsquerschnitt für Kraftstoff vorgesehen ist. Dabei ist es möglich, dass der Kraftstoff durch eine Bohrung in dem Kolben 35 - wie in der Figur durch die Festdrossel 39 angedeutet - hindurchströmen kann. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist es möglich, dass der Kraftstoff seitlich an dem Kolben 35 vorbeiströmen kann. Auch andere Ausgestaltungen, die Funktion der Festdrossel 39 zu verwirklichen, sind möglich.

[0027] Der Kolben 35 ist von seiner bei A dargestellten Anschlagposition über eine bei B dargestellte, mittlere Position entgegen der Vorspannkraft des Federelements 37 bis zu einer bei C dargestellten Anschlagposition verlagerbar.

[0028] In der Anschlagposition C ist kein Kraftstofffluss über die Festdrossel 39 mehr möglich. Das Mengenbegrenzungsventil 17 ist in diesem Fall in einer Sperrstellung angeordnet, sodass kein Kraftstoff mehr von

dem Hochdruck-Speicher 15 zu dem Injektor 3 strömen kann.

[0029] Während eines normalen Betriebs der Brennkraftmaschine ist die Kraftstoffversorgungsleitung 11 vollständig mit im Wesentlichen inkompressiblem Kraftstoff gefüllt. Der Druck in dem Hochdruck-Speicher 15 wird mittels der Saugdrossel 21 geregelt. Ist die Ventileinrichtung 5 des Injektors 3 geschlossen, fließt kein Kraftstoff von dem Hochdruck-Speicher 15 über das Mengenbegrenzungsventil 17 zu dem Injektor 3. Wird mittels des Injektors 3 eine Einspritzung von Kraftstoff 7 in die dem Injektor 3 zugeordnete Brennkammer durchgeführt, fließt Kraftstoff 7 über die Ventileinrichtung 5 ab, wodurch sich zugleich eine Kraftstoffströmung von dem Hochdruck-Speicher 15 zu dem Injektor 3 über das Mengenbegrenzungsventil 17 ergibt. Wird dabei pro Zeiteinheit mehr Kraftstoff 7 über die Ventileinrichtung 5 abgegeben, als durch die Festdrossel 39 nachströmen kann, wird dies ausgeglichen, indem das Ausgleichsvolumen 29 reduziert wird, wobei sich der Kolben 35 - in der Figur - nach rechts entgegen der Vorspannkraft des Federelements 37 verlagert. Die Einspritzung endet im Normalbetrieb typischerweise, wenn der Kolben 35 ungefähr seine bei B dargestellte Position erreicht. Da zu diesem Zeitpunkt die Ventileinrichtung 5 schließt, mithin keine weitere Kraftstoffinjektion mehr stattfindet, erfolgt nun eine Ausgleichsströmung von dem Hochdruck-Speicher 15 über die Festdrossel 39 in den internen Speicher 9, weil der Druck stromabwärts der Festdrossel 39 während des Einspritzereignisses und während der Verlagerung des Kolbens 35 im Vergleich zu dem Druckniveau des Hochdruck-Speichers 15 abgenommen hat. Während des Druckausgleichs verlagert sich der Kolben 35 zurück aus der Position B in die Position A, in die er durch das Federelement 37 gedrängt wird.

[0030] Wird aufgrund einer Fehlfunktion des Injektors 3 die Ventileinrichtung 5 nicht oder nicht rechtzeitig geschlossen, fällt der Druck in dem internen Speicher 9 beziehungsweise in der Kraftstoffversorgungsleitung 11 stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils 17 weiter ab, und das Ausgleichsvolumen 29 wird weiter verringert, indem sich der Kolben 35 über die Position B hinaus - in der Figur - nach rechts verlagert. Durch die Festdrossel 39 kann nämlich nicht genug Kraftstoff pro Zeiteinheit nachfließen, um den Kraftstoffabfluss über die Ventileinrichtung 5 auszugleichen. Dauert die Einspritzung an, erreicht der Kolben 35 schließlich die bei C dargestellte Position, in der die Fluidverbindung zwischen dem Hochdruck-Speicher 15 und dem Injektor 3 gesperrt ist. Es kann dann kein Kraftstoff mehr von dem Hochdruck-Speicher 15 nachfließen, sodass das Ausgleichsvolumen 29, gegebenenfalls der interne Speicher 9 und der Injektor 3 in die Brennkammer leerläuft. Hierdurch sinkt der Druck im Bereich des Injektors 3 ab, sodass der Kolben 35 dauerhaft durch die Druckdifferenz zwischen dem Hochdruck-Speicher 15 einerseits und dem Injektor 3 andererseits in der bei C dargestellten Sperrposition gehalten wird. Das Mengenbegrenzungsventil 17 ist daher

dauerhaft gesperrt, und es kann keine unzulässige Kraftstoffmenge über den defekten Injektor 3 in die Brennkammer eingebracht werden. Hierdurch wird die Brennkraftmaschine vor Beschädigungen durch eine zu große Energiemenge geschützt.

[0031] Ist bei einem Erststart der Brennkraftmaschine oder nach einer Wartung oder Reparatur die Kraftstoffversorgungsleitung 11 insgesamt oder jedenfalls stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils 17 belüftet, ergibt sich folgendes Problem: Bei einem Start der Brennkraftmaschine fördert die Hochdruckpumpe 19 Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher 15 und von diesem weiter über die Festdrossel 39 in das Ausgleichsvolumen 29 und zu dem Injektor 3. Typischerweise ist der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel 21 bei einem normalen Aufstartbetrieb der Brennkraftmaschine auf ein Maximum eingestellt, damit sich ein vorherbestimmter Druck in dem Hochdruck-Speicher 15 möglichst rasch einstellt. Da die Festdrossel 39 ein Strömungshindernis darstellt, fällt über dem Kolben 35 ein Druck ab. Ist nun das Ausgleichsvolumen 29 belüftet, also mit einem kompressiblen Medium, insbesondere Luft, gefüllt, bewegt sich der Kolben 35 aufgrund des Druckunterschieds rasch entgegen der Vorspannkraft des Federelements 37 - in der Figur - nach rechts, wobei das über die Festdrossel 39 pro Zeiteinheit nachströmende Kraftstoffvolumen nicht ausreicht, um die Kompression in dem Ausgleichsvolumen 29 auszugleichen. Daher besteht die Gefahr, dass der Kolben 35 die bei C dargestellte Position erreicht, wodurch das Mengenbegrenzungsventil 17 anspricht und die Fluidverbindung zwischen dem Hochdruck-Speicher 15 und dem Injektor 3 dauerhaft sperrt. Es ist dann keine Einspritzung mehr durch den Injektor 3 möglich. Dies führt zu einem Leistungsmangel und/oder zu einem unrunder Motorlauf der Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine muss dann unter Umständen mehrfach komplett heruntergefahren werden, und die Kraftstoffversorgungsleitung 11 muss stromaufwärts des Mengenbegrenzungsventils 17 entspannt werden, weil anders keine Rückverlagerung des Kolbens 35 in die Position A erreichbar ist.

[0032] Mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird diese problematische Situation vermieden. In einem Entlüftungsbetrieb wird die Saugdrossel 21 so angesteuert, dass sie lediglich einen Durchtrittsquerschnitt aufweist, der kleiner oder gleich einem vorherbestimmten Grenzdurchtrittsquerschnitt ist. Der Grenzdurchtrittsquerschnitt ist dabei vorzugsweise kleiner als ein im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine typischerweise von der Saugdrossel 21 angenommener Durchtrittsquerschnitt, und insbesondere kleiner, vorzugsweise sehr viel kleiner, als der maximale Durchtrittsquerschnitt, der bei einem normalen Aufstarten der Brennkraftmaschine eingenommen wird. Auf diese Weise wird die von der Hochdruckpumpe 19 geförderte Kraftstoffmenge begrenzt, sodass die Kraftstoffversorgungsleitung 11 stromaufwärts der Hochdruckpumpe 19 langsam mit Kraftstoff ge-

füllt wird.

[0033] Besonders bevorzugt wird der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel 21 im Entlüftungsbetrieb so eingestellt, dass die von der Hochdruckpumpe 19 geförderte Kraftstoffmenge bis zum Ende des Entlüftungsbetriebs gerade dem Volumenstrom entspricht, der durch die Festdrossel 39 strömt.

[0034] Bei einer anderen Ausführungsform des Verfahrens wird der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel 21 im Entlüftungsbetrieb vorzugsweise so gewählt, dass sich der Kolben 35 nicht, nur sehr langsam, oder höchstens nur so rasch in Richtung seiner in C dargestellten Anschlagposition bewegt, dass die Entlüftung der Kraftstoffversorgungsleitung 11 abgeschlossen ist, bevor der Kolben 35 seine Sperrposition erreicht. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der Kolben 35 seine Sperrposition während des Entlüftens nicht erreicht. Ist die Entlüftung abgeschlossen, gleichen sich über die Festdrossel 39 der Druck in dem Hochdruck-Speicher 15 und der Druck stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils 17, insbesondere in dem internen Kraftstoffspeicher 9, aus. Der Kolben 35 bewegt sich angetrieben durch die Rückstellkraft des Federelements 37 zurück in seine in A dargestellte Position. Ein Normalbetrieb der Brennkraftmaschine ist dann möglich, insbesondere kann dann der Druck in dem Hochdruck-Speicher 15 über die Saugdrossel 21 geregelt werden.

[0035] Die Drehzahl der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise während des Entlüftungsbetriebs bei ungefähr 100 rpm gehalten. Nach Beendigung des Entlüftungsbetriebs wird sie vorzugsweise auf eine Leerlaufdrehzahl erhöht, die beispielsweise bei ungefähr 350 rpm liegt. Indem die Hochdruckpumpe 19 vorzugsweise mit der Drehzahl der Brennkraftmaschine angetrieben wird, wobei diese bevorzugt während des Entlüftungsbetriebs reduziert ist, wird über die Ansteuerung der Saugdrossel 21 hinaus die Förderleistung der Hochdruckpumpe 19 begrenzt, was den Entlüftungsbetrieb besonders sicher macht.

[0036] Insgesamt zeigt sich, dass es mithilfe des Verfahrens und der Brennkraftmaschine möglich ist, ein unerwünschtes Ansprechen des Mengenbegrenzungsventils 17 beim Entlüften der Kraftstoffversorgungsleitung 11 zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entlüftung einer Kraftstoffversorgungsleitung (11) einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine, wobei die Kraftstoffversorgungsleitung (11) einen Injektor (3), einen Hochdruck-Speicher (15) stromaufwärts des Injektors (3), ein Mengenbegrenzungsventil (17) zwischen dem Hochdruck-Speicher (15) und dem Injektor (3) zur Begrenzung einer von dem Hochdruck-Speicher (15) zu dem Injektor (3) strömenden Kraftstoffmenge, und eine Hochdruckpumpe (19) stromaufwärts des

- Hochdruck-Speichers (15) zur Förderung von Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher (15) aufweist, wobei ein Druck in dem Hochdruck-Speicher (15) mittels einer stromaufwärts der Hochdruckpumpe (19) angeordnete Saugdrossel (21) geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffversorgungsleitung (11) stromabwärts der Hochdruckpumpe (19) entlüftet wird, indem in der Saugdrossel (21) während eines Entlüftungsbetriebs ein Durchtrittsquerschnitt für den Kraftstoff eingestellt wird, der kleiner oder gleich als ein vorherbestimmter Grenzdurchtrittsquerschnitt ist, wobei der Grenzdurchtrittsquerschnitt auf einen kleineren Wert als der maximale Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel (21) eingestellt wird und wobei der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel (21) im Entlüftungsbetrieb so gewählt wird, dass ein Kolben (35) des Mengenbegrenzungsventils (17) seine Sperrposition während des Entlüftens nicht erreicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entlüftungsbetrieb beim Starten der Brennkraftmaschine, insbesondere bei einem Erststart oder nach einer Wartung oder Reparatur der Brennkraftmaschine, insbesondere wenn die Kraftstoffversorgungsleitung (11) stromabwärts des Hochdruck-Speichers (15) belüftet ist, durchgeführt wird.
 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Saugdrossel (21) durch ein Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine angesteuert wird.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Entlüftungsbetrieb beendet wird, sobald die Kraftstoffversorgungsleitung (11) entlüftet ist, wobei der Entlüftungsbetrieb vorzugsweise beendet wird, indem die Saugdrossel (21) zur Regelung des Drucks in dem Hochdruck-Speicher (15) angesteuert wird.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorherbestimmte Grenzdurchtrittsquerschnitt zu 50 %, vorzugsweise 25 %, vorzugsweise 15 %, vorzugsweise 10 %, vorzugsweise 5 %, vorzugsweise 2 %, vorzugsweise 1 % des maximalen Durchtrittsquerschnitts der Saugdrossel (21) gewählt wird.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Motordrehzahl der Brennkraftmaschine während des Entlüftungsbetriebs bei ungefähr 100 rpm gehalten wird.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Druck stromabwärts des Mengenbegrenzungsventils (17) erfasst wird, wobei vorzugsweise anhand des erfassten Drucks festgestellt wird, ob die Kraftstoffversorgungsleitung (11) entlüftet ist.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hochdruckpumpe (19) von der Brennkraftmaschine mit der Motordrehzahl angetrieben wird.
 9. Brennkraftmaschine mit einem Direkt-Einspritzungssystem (1), welches mindestens einen Injektor (3) zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkammer der Brennkraftmaschine aufweist, wobei stromaufwärts des Injektors (3) ein Hochdruck-Speicher (15) vorgesehen ist, der zur Versorgung des Injektors (3) mit Kraftstoff in Fluidverbindung mit dem Injektor (3) steht, wobei ein Mengenbegrenzungsventil (17) in der Fluidverbindung zwischen dem Hochdruck-Speicher (15) und dem Injektor (3) zur Begrenzung einer von dem Hochdruck-Speicher (15) zu dem Injektor (3) strömenden Kraftstoffmenge angeordnet ist, und wobei eine Hochdruckpumpe (19) zur Förderung von Kraftstoff in den Hochdruck-Speicher (15) stromaufwärts desselben vorgesehen ist, wobei zur Regelung eines Drucks in dem Hochdruck-Speicher (15) stromaufwärts der Hochdruckpumpe (19) eine Saugdrossel (21) vorgesehen ist, die durch ein Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine ansteuerbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorsteuergerät zur Entlüftung der Kraftstoffversorgungsleitung (11) stromabwärts der Hochdruckpumpe (19) die Saugdrossel (21) während eines Entlüftungsbetriebs auf einen Durchtrittsquerschnitt für den Kraftstoff einstellt, der kleiner oder gleich als ein vorherbestimmter Grenzdurchtrittsquerschnitt ist, wobei der Grenzdurchtrittsquerschnitt kleiner als der maximale Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel (21) ist und wobei der Durchtrittsquerschnitt der Saugdrossel (21) im Entlüftungsbetrieb so gewählt ist, dass ein Kolben (35) des Mengenbegrenzungsventils (17) seine Sperrposition während des Entlüftens nicht erreicht.
 10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Injektor (3) einen internen Kraftstoffspeicher aufweist.

Claims

1. Method for venting a fuel supply line (11) of a direct-injection internal combustion engine, wherein the fuel supply line (11) has an injector (3), a high-pressure accumulator (15) upstream of the injector (3), a flow rate limiting valve (17) between the high-pressure accumulator (15) and the injector (3) for the purposes of limiting a fuel flow rate passing from the high-pressure accumulator (15) to the injector (3), and a high-

- pressure pump (19) upstream of the high-pressure accumulator (15) for delivering fuel into the high-pressure accumulator (15), wherein a pressure in the high-pressure accumulator (15) is regulated by means of an intake throttle (21) arranged upstream of the high-pressure pump (19), **characterized in that** the fuel supply line (11) is vented downstream of the high-pressure pump (19) by virtue of the fact that, during a venting operating mode, a passage cross section for the fuel which is smaller than or equal to a predetermined threshold passage cross section is set in the intake throttle (21), wherein the threshold passage cross section is set to a smaller value than the maximum passage cross section of the intake throttle (21), and wherein the passage cross section of the intake throttle (21) in the venting operating mode is selected such that a piston (35) of the flow rate limiting valve (17) does not reach its blocking position during the venting.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the venting operating mode is implemented upon starting of the internal combustion engine, in particular upon an initial start or after maintenance or repair of the internal combustion engine, in particular if the fuel supply line (11) has been aerated downstream of the high-pressure accumulator (15).
 3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the intake throttle (21) is actuated by an engine control unit of the internal combustion engine.
 4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the venting operating mode is ended when the fuel supply line (11) has been vented, wherein the venting operating mode is preferably ended by virtue of the intake throttle (21) being actuated for the purposes of regulating the pressure in the high-pressure accumulator (15).
 5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the predetermined threshold passage cross section is selected to be 50%, preferably 25%, preferably 15%, preferably 10%, preferably 5%, preferably 2%, preferably 1% of the maximum passage cross section of the intake throttle (21).
 6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an engine speed of the internal combustion engine is kept at approximately 100 rpm during the venting operating mode.
 7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a pressure downstream of the flow rate limiting valve (17) is detected, wherein determination of whether the fuel supply line (11) has been vented is performed preferably on the basis of the detected pressure.
 8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the high-pressure pump (19) is driven at the engine speed by the internal combustion engine.
 9. Internal combustion engine having a direct-injection system (1) which has at least one injector (3) for injecting fuel into a combustion chamber of the internal combustion engine, wherein, upstream of the injector (3), there is provided a high-pressure accumulator (15) which is fluidically connected to the injector (3) for the purposes of supplying fuel to the injector (3), wherein a flow rate limiting valve (17) is arranged in the fluidic connection between the high-pressure accumulator (15) and the injector (3) for the purposes of limiting a fuel flow rate passing from the high-pressure accumulator (15) to the injector (3), and wherein a high-pressure pump (19) for delivering fuel into the high-pressure accumulator (15) is provided upstream of the latter, wherein, for regulating a pressure in the high-pressure accumulator (15), an intake throttle (21) is provided upstream of the high-pressure pump (19), which intake throttle can be actuated by an engine control unit of the internal combustion engine, **characterized in that**, for the venting of the fuel supply line (11) downstream of the high-pressure pump (19), the engine control unit sets the intake throttle (21), during a venting operating mode, to a passage cross section for the fuel which is smaller than or equal to a predetermined threshold passage cross section, wherein the threshold passage cross section is smaller than the maximum passage cross section of the intake throttle (21), and wherein the passage cross section of the intake throttle (21) in the venting operating mode is selected such that a piston (35) of the flow rate limiting valve (17) does not reach its blocking position during the venting.
 10. Internal combustion engine according to Claim 9, **characterized in that** the at least one injector (3) has an internal fuel accumulator.

Revendications

1. Procédé de purge d'air d'un conduit d'alimentation en carburant (11) d'un moteur à combustion interne à injection directe, dans lequel le conduit d'alimentation en carburant (11) présente un injecteur (3), un réservoir haute pression (15) en amont de l'injecteur (3), une vanne de limitation de débit (17) entre le réservoir haute pression (15) et l'injecteur (3) pour la limitation d'un débit de carburant s'écoulant du réservoir haute pression (15) à l'injecteur (3), et une pompe haute pression (19) en amont du réservoir

- haute pression (15) pour le refoulement de carburant dans le réservoir haute pression (15), dans lequel on régule une pression dans le réservoir haute pression (15) au moyen d'un étrangleur d'aspiration (21) disposé en amont de la pompe haute pression (19), **caractérisé en ce que** l'on purge d'air le conduit d'alimentation en carburant (11) en aval de la pompe haute pression (19), par le fait que l'on règle dans l'étrangleur d'aspiration (21) une section transversale de passage pour le carburant pendant le fonctionnement de purge d'air, qui est inférieure ou égale à une section transversale de passage limite prédéterminée, dans lequel on règle la section transversale de passage limite à une valeur inférieure à la section transversale de passage maximale de l'étrangleur d'aspiration (21) et dans lequel on choisit la section transversale de passage de l'étrangleur d'aspiration (21) pendant le fonctionnement de purge d'air de telle manière qu'un piston (35) de la vanne de limitation de débit (17) n'atteigne pas sa position de fermeture pendant la purge d'air.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on exécute le fonctionnement de purge d'air lors du démarrage du moteur à combustion interne, en particulier lors d'un premier démarrage ou après un entretien ou une réparation du moteur à combustion interne, en particulier lorsque le conduit d'alimentation en carburant (11) est ventilé en aval du réservoir haute pression (15).
 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on commande l'étrangleur d'aspiration (21) au moyen d'un appareil de commande de moteur du moteur à combustion interne.
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on termine le fonctionnement de purge d'air, dès que le conduit d'alimentation en carburant (11) est purgé de l'air, dans lequel on termine le fonctionnement de purge d'air de préférence par le fait que l'on commande l'étrangleur d'aspiration (21) pour la régulation de la pression dans le réservoir haute pression (15).
 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on choisit la section transversale de passage limite prédéterminée à 50 %, de préférence à 25 %, de préférence à 15 %, de préférence à 10 %, de préférence à 5 %, de préférence à 2 %, et de préférence à 1 % de la section transversale de passage maximale de l'étrangleur d'aspiration (21).
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on maintient un nombre de tours de moteur du moteur à combustion interne à environ 100 tpm pendant le fonctionnement de purge d'air.
 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on détecte une pression en aval de la vanne de limitation de débit (17), dans lequel on constate de préférence à l'aide de la pression détectée, si le conduit d'alimentation en carburant (11) est purgé de l'air.
 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pompe haute pression (19) est entraînée par le moteur à combustion interne avec le nombre de tours du moteur.
 9. Moteur à combustion interne avec un système d'injection directe (1), qui présente au moins un injecteur (3) pour l'injection de carburant dans une chambre de combustion du moteur à combustion interne, dans lequel il est prévu en amont de l'injecteur (3) un réservoir haute pression (15), qui est en communication fluidique avec l'injecteur (3) pour l'alimentation de l'injecteur (3) en carburant, dans lequel une vanne de limitation de débit (17) est disposée dans la communication fluidique entre le réservoir haute pression (15) et l'injecteur (3) pour la limitation d'un débit de carburant s'écoulant du réservoir haute pression (15) à l'injecteur (3), et dans lequel il est prévu en amont du réservoir haute pression (15) une pompe haute pression (19) pour le refoulement de carburant dans celui-ci, dans lequel il est prévu en amont de la pompe haute pression (19), pour la régulation d'une pression dans le réservoir haute pression (15), un étrangleur d'aspiration (21), qui peut être commandé par un appareil de commande de moteur du moteur à combustion interne, **caractérisé en ce que**, pour la purge d'air du conduit d'alimentation en carburant (11) en aval de la pompe haute pression (19), l'appareil de commande de moteur règle l'étrangleur d'aspiration (21) pendant un fonctionnement de purge d'air à une section transversale de passage pour le carburant, qui est inférieure ou égale à une section transversale de passage limite prédéterminée, dans lequel la section transversale de passage limite est inférieure à la section transversale de passage maximale de l'étrangleur d'aspiration (21) et dans lequel la section transversale de passage de l'étrangleur d'aspiration (21) pendant le fonctionnement de purge d'air est choisi de telle manière qu'un piston (35) de la vanne de limitation de débit (17) n'atteigne pas sa position de fermeture pendant la purge d'air.
 10. Moteur à combustion interne selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ledit au moins un injecteur (3) présente un réservoir de carburant interne.

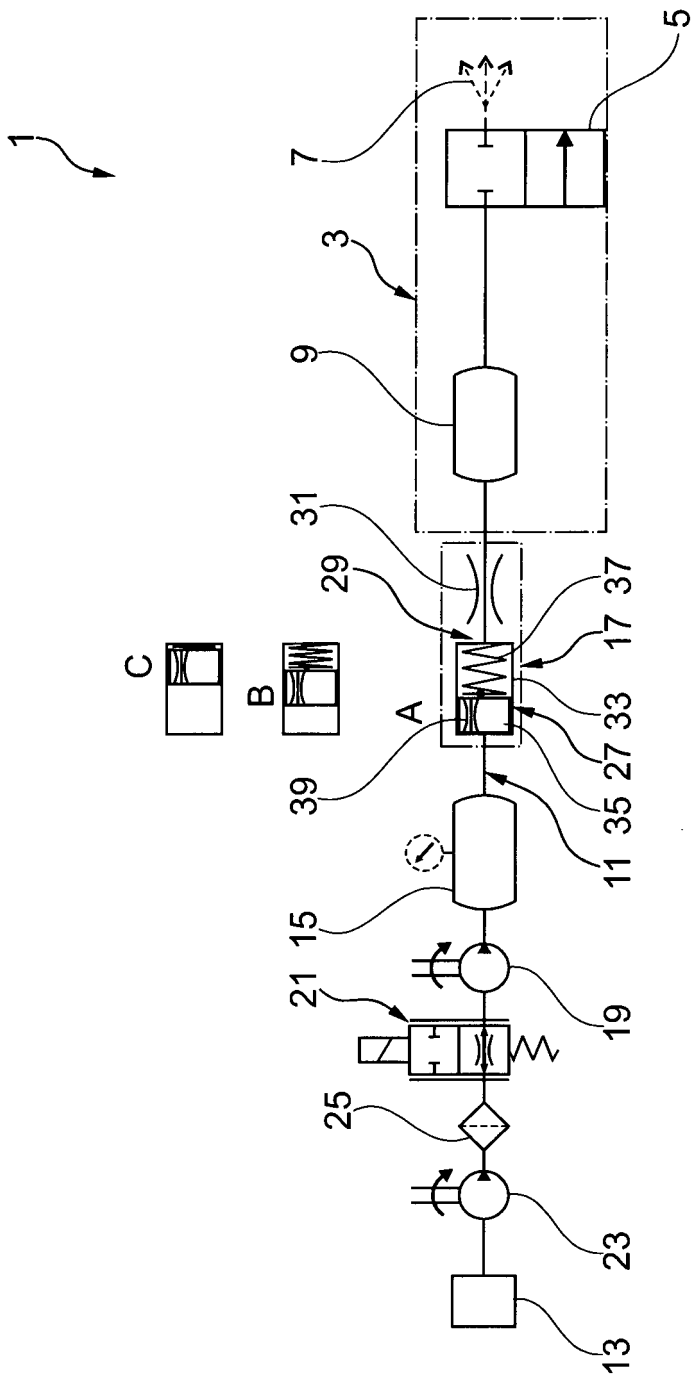


Fig.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10342116 B4 [0003]
- EP 1314883 A2 [0004]