

(19)



(11)

EP 2 205 846 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.02.2011 Patentblatt 2011/07

(51) Int Cl.:
F02D 41/38^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08804049.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/062084

(22) Anmeldetag: **11.09.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/053158 (30.04.2009 Gazette 2009/18)

(54) **VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEMS EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR CONTROLLING A FUEL INJECTION SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN SYSTÈME D'INJECTION DE CARBURANT D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

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

(30) Priorität: **22.10.2007 DE 102007050297**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.07.2010 Patentblatt 2010/28

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **ALBRECHT, Oliver**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
• **MUELLER, Frank**
71263 Weil der Stadt (DE)

- **SCHROEDER, Bernd**
73732 Esslingen (DE)
- **WOLBER, Jens**
70839 Gerlingen (DE)
- **AMLER, Markus**
71229 Leonberg-Gebersheim (DE)
- **HOLLMANN, Timm**
71726 Benningen A.N. (DE)
- **WIEDMANN, Christian**
71642 Ludwigsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 464 819 WO-A-2004/067948
WO-A-2006/032577 DE-A1- 10 001 882
DE-A1- 10 352 005 DE-A1- 19 951 410
DE-A1-102004 062 613

EP 2 205 846 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

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem ein Verteilerrohr und eine motordrehzahlabhängig angetriebene Hochdruckpumpe umfasst und der Hochdruckpumpe eine Kraftstoffzumesseinheit mit einem elektromagnetisch betätigbaren Regelventil zum Zuleiten von Kraftstoff zugeordnet ist, wobei die Kraftstoffzumesseinheit die geförderte Kraftstoffmenge steuert.

[0002] Ein solches Kraftstoffeinspritzsystem ist aus der DE 198 53 103 A1 bekannt. Es umfasst eine Hochdruckpumpe, deren Fördermenge eingestellt werden kann, indem die in einen Förderraum der Hochdruckpumpe gelangende Kraftstoffmenge zugemessen wird. Hierzu ist stromaufwärts vom Förderraum eine Kraftstoffzumesseinheit vorgesehen, die ein elektromagnetisch betätigbares Regelventil umfasst. Je nach Stellung eines Ventilelements dieses elektromagnetischen Regelventils wird ein Öffnungsquerschnitt, durch den der Kraftstoff auf dem Weg zum Förderraum hindurch treten muss, mehr oder weniger freigegeben. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Fördermenge der Hochdruckpumpe proportional zum Öffnungsquerschnitt ist.

[0003] Aus der DE 198 53 103 A1 ist darüber hinaus bekannt, dass der Öffnungsquerschnitt eine schlitzförmige, kreisförmige oder dreieckförmige Geometrie aufweisen kann.

[0004] Aus der DE 10 2005 025 114 A1 ist bekannt, dass die zum Öffnungsquerschnitt des Regelventils proportionale Fördermenge der Hochdruckpumpe durch zusätzliche, pumpenspezifische Aspekte beeinflusst wird. Die DE 10 2004 062 613 A1 und die DE 199 51410 A1 offenbaren jeweils Adaptionenverfahren zur Regelung eines Kraftstoffversorgungssystems, die ein Verdampfen des Kraftstoffs oder die Bildung von Dampfblasen im Hochdrucksystem vermeiden. Des Weiteren haben auch der Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und der Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs einen Einfluss auf die Fördermenge der Hochdruckpumpe.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die eine verbesserte Zumessung einer Kraftstoffmenge, die einer in einem Kraftstoffeinspritzsystem vorgesehenen Hochdruckpumpe zugeführt wird, ermöglichen.

[0006] Dieses Problem wird gelöst durch ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine. Das Kraftstoffeinspritzsystem umfasst ein Verteilerrohr und eine Hochdruckpumpe. Der Hochdruckpumpe ist eine Kraftstoffzumesseinheit zugeordnet. Die Kraftstoffzumesseinheit steuert die geförderte Kraftstoffmenge. Eine zum Betrieb der Brennkraftma-

chine erforderliche Kraftstoffmenge wird in Abhängigkeit von einem Korrekturfaktor bestimmt, der auf einem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und einem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs basiert.

[0007] Die Hochdruckpumpe ist vorzugsweise motordrehzahlabhängig angetrieben, beispielsweise durch einen mit der Kurbelwelle verbundenen Antrieb. Die Zumesseinheit umfasst vorzugsweise ein elektromagnetisch betätigbares Regelventil zum Zuleiten von Kraftstoff.

[0008] Die Erfindung ermöglicht somit eine Beeinflussung der geförderten Kraftstoffmenge in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und dem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs, um eine verbesserte Zumessung der Kraftstoffmenge, die der Hochdruckpumpe zugeführt wird, zu gewährleisten. Hierdurch kann die Regelqualität der Druckregelung im Verteilerrohr erfindungsgemäß verbessert werden und geometrische und/oder elektrische Toleranzen der Hochdruckpumpe bzw. der Kraftstoffzumesseinheit können kompensiert werden.

[0009] Der erfindungsgemäße Korrekturfaktor wird als Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und dem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs bestimmt. Die Hochdruckpumpe hat bevorzugt einen Förderraum mit einem eingangsseitig angeordneten Rückschlagventil, wobei zur Bestimmung des Korrekturfaktors ein Öffnungsdruck des Rückschlagventils bestimmt wird. Dieser wird zur Bestimmung eines Druckkorrekturwertes von der Druckdifferenz subtrahiert.

[0010] Somit wird die am Regelventil wirksame Druckdifferenz bestimmt, die die geförderte Kraftstoffmenge beeinflusst, und als Korrekturfaktor zur Korrektur der Kraftstoffmenge, die der Hochdruckpumpe zugeführt wird, verwendet. Hierdurch kann eine präzisere Vorsteuerung der Hochdruckpumpe durch die Kraftstoffzumesseinheit erzielt werden, wobei der Einfluss der Kraftstoffart und des entsprechenden Vordrucks reduziert wird und eine verbesserte Diagnose ermöglicht wird.

[0011] Bevorzugt wird ein der Hochdruckpumpe zuzuführendes Soll-Kraftstoffvolumen bestimmt, wobei die erforderliche Kraftstoffmenge basierend auf dem Soll-Kraftstoffvolumen und dem Korrekturfaktor bestimmt wird. Hierbei kann der Korrekturfaktor anhand einer Kennlinie bestimmt werden, die für mögliche Druckkorrekturwerte geeignete Volumenkorrekturwerte definiert.

[0012] Die Verwendung einer Kennlinie ermöglicht eine schnelle und einfache Bestimmung des Korrekturfaktors.

[0013] Erfindungsgemäß wird in Abhängigkeit von dem Korrekturfaktor ein Öffnungsquerschnitt des Regelventils bestimmt, der zum Zuleiten der erforderlichen Kraftstoffmenge einzustellen ist. Unter Verwendung des Öffnungsquerschnitts des Regelventils und einer jeweiligen Ist-Motordrehzahl wird ein Ansteuersignal für das Regelventil bestimmt. Das Ansteuersignal wird anhand einer Kennlinie bestimmt, die geeignete Ansteuersignale

in Abhängigkeit von möglichen Öffnungsquerschnitten und Ist-Motordrehzahlen definiert.

[0014] Somit wird das Regelventil in Abhängigkeit von dem Korrekturfaktor angesteuert, sodass der Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und/oder der Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs bei der Ansteuerung des Regelventils berücksichtigt werden und eine verbesserte Zumessung der geförderten Kraftstoffmenge gewährleistet wird. Hierbei ermöglicht die Verwendung einer Kennlinie eine schnelle und einfache Bestimmung des Ansteuersignals.

[0015] Der Dampfdruck wird in einer Ausgestaltung der Erfindung aus der Ist-Temperatur unter Verwendung mindestens einer Referenzdampfdruckkurve ermittelt. Alternativ wird der Dampfdruck aus einem Nachstart- und/oder Warmlauffaktor und/oder eines Faktors einer Übergangskompensation ermittelt. Des Weiteren ist es möglich, dass der Vordruck zur Ermittlung des Dampfdruckes von einem Ausgangswert verringert wird, bis die Fördermenge der Hochdruckpumpe null ist und der Dampfdruck aus der Differenz des Vordruckes und eines Öffnungsdruckes eines Rückschlagventils der Hochdruckpumpe ermittelt wird.

[0016] Das Eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch ein Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung aller Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.

[0017] Das Eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch eine Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffeinspritzsystem, das ein Verteilerrohr und eine Hochdruckpumpe umfasst. Der Hochdruckpumpe ist eine Kraftstoffzumesseinheit zugeordnet. Die Kraftstoffzumesseinheit steuert die geförderte Kraftstoffmenge. Eine zum Betrieb der Brennkraftmaschine erforderliche Kraftstoffmenge ist in Abhängigkeit von einem Korrekturfaktor bestimmbar, der auf einem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe und einem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs basiert.

[0018] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019]

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine mit einer Hochdruckpumpe und einer Kraftstoffzumesseinheit;

Fig. 2 einen teilweisen Schnitt durch einen abgebrochen dargestellten Bereich der Kraftstoffzumesseinheit von Fig. 1;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung eines Öffnungsquer-

schnitts für ein Regelventil der Kraftstoffzumesseinheit von Fig. 1;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung eines Ansteuersignals für ein Regelventil der Kraftstoffzumesseinheit von Fig. 1.

Ausführungsform der Erfindung

[0020] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems 10 einer Brennkraftmaschine. Dieses umfasst einen Kraftstoffbehälter 12, aus dem eine Vorförderpumpe 14 Kraftstoff zu einem Einlass 15 einer Kraftstoffzumesseinheit 16 fördert. Deren Auslass 18 führt zu einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe 20. Die vom Kraftstoffbehälter 12 bis zur Hochdruckpumpe 20 verlaufende Niederdruckleitung trägt insgesamt das Bezugszeichen 22.

[0021] Die Hochdruckpumpe 20 hat bevorzugt einen Förderraum mit einem eingangsseitig angeordneten Rückschlagventil, verdichtet den Kraftstoff auf einen sehr hohen Druck und fördert ihn in eine Kraftstoff-Sammelleitung 24, in der der Kraftstoff unter sehr hohem Druck gespeichert ist und die auch als "Verteilerrohr" bzw. "Rail" bezeichnet wird. An diese sind mehrere Injektoren 26 angeschlossen, die den Kraftstoff direkt in ihnen zugeordnete Brennräume 28 der im Weiteren nicht im Detail dargestellten Brennkraftmaschine einspritzen. Die Brennkraftmaschine dient beispielsweise zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs.

[0022] Der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 24 wird von einem Drucksensor 30 erfasst. Seine Signale überträgt der Drucksensor 30 an eine Steuer- und Regleinrichtung 32, die ausgangssseitig unter anderem mit der Kraftstoffzumesseinheit 16 verbunden ist. Mittels der Kraftstoffzumesseinheit 16 wird in noch darzustellender Art und Weise die Fördermenge der Hochdruckpumpe 20 eingestellt. Hierdurch kann der Ist-Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 24, der vom Drucksensor 30 erfasst wird, einem Soll-Druck nachgeführt werden.

[0023] Wie aus Fig. 2 hervorgeht, ist die Kraftstoffzumesseinheit 16 als Saugdrossel ausgebildet. Sie umfasst ein Gehäuse 34, in dem ein Ventilkolben 36 axial verschiebbar aufgenommen ist. Der Ventilkolben 36 ragt in eine Ventilkammer 38, in der ein Ventilschieber 40 axial verschiebbar aufgenommen ist. Der Ventilschieber 40 wird von einer Druckfeder 42 gegen den Ventilkolben 36 gedrückt. Der Einlass 15 der Kraftstoffzumesseinheit 16 ist am axialen Ende der Ventilkammer 38 ausgebildet, wohingegen der Auslass 18 in einer radialen Wand 44 der Ventilkammer 38 in Form einer Steueröffnung 46 ausgebildet ist.

[0024] Die Stellung des Ventilkolbens 36 wird durch eine elektromagnetische Betätigungseinrichtung 48 eingestellt. In stromlosem Zustand drückt die Ventildfeder 42 den Ventilschieber 40 und den Ventilkolben 36 in Fig. 2 vollständig nach unten. Dieser Zustand ist in der linken

Hälfte von Fig. 2 dargestellt. Wird die elektromagnetische Betätigungseinrichtung 48 dagegen bestromt, drückt der Ventilkolben 36 den Ventilschieber 40 gegen die Kraft der Ventilsfeder 42 in Fig. 2 nach oben, so dass dieser die Steueröffnung 46 in der radialen Wand 44 teilweise oder, in der Endstellung, vollständig überdeckt. Dieser Zustand ist in der rechten Hälfte von Fig. 2 gezeigt. Ist die Steueröffnung 46 vollkommen frei, gelangt eine maximale Kraftstoffmenge von der Vorförderpumpe 14 zur Hochdruckpumpe 20 und von dort weiter in das Rail 24. Dieser Betriebszustand wird als Vollförderung bezeichnet. Ist die Steueröffnung 46 dagegen vom Ventilschieber 40 zum Teil überdeckt, gelangt eine geringere Kraftstoffmenge zur Hochdruckpumpe 20 und in das Rail 24. Dieser Betriebszustand wird als "Teilförderung" bezeichnet.

[0025] Nachfolgend wird ein Verfahren zur Steuerung des Kraftstoffeinspritzsystems 10 von Fig. 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 im Detail beschrieben.

[0026] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung eines Öffnungsquerschnitts $rozme_w$ für das von dem Ventilkolben 36, der elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 48, der Ventilsfeder 42 und dem Ventilschieber 40 gebildete, elektromagnetisch betätigbare Regelventil der Kraftstoffzumesseinheit 16 von Fig. 1 und 2. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Verfahren als Computerprogramm implementiert und von der Steuer- und Regeleinrichtung 32 ausgeführt. Somit kann die Erfindung mit bereits vorhandenen Bauteilen der Brennkraftmaschine einfach und kostengünstig realisiert werden.

[0027] Bei der nachfolgenden Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf eine detaillierte Erläuterung von im Stand der Technik bekannten Verfahrensschritten verzichtet.

[0028] In einem Schritt 151 wird eine von der Hochdruckpumpe 20 in das Verteilerrohr 24 eingespritzte Kraftstoffmasse $mkreff_w$ berechnet. Diese wird in einem Schritt 153 in Abhängigkeit von einer temperaturabhängigen Kraftstoffdichte $KLROHKRTF$ in ein der Hochdruckpumpe 20 zuzuführendes Soll-Kraftstoffvolumen $vmkreff_w$ umgerechnet. Die temperaturabhängige Kraftstoffdichte $KLROHKRTF$ kann erfindungsgemäß in einem Schritt 152 anhand einer geeigneten Kennlinie basierend auf einer gemessenen Kraftstofftemperatur $tfuelsq$ ermittelt werden.

[0029] In einem Schritt 154 wird aus dem zuzuführenden Soll-Kraftstoffvolumen $vmkreff_w$ und einem Korrekturfaktor $KLFOZMEDP$ eine zum Betrieb der Brennkraftmaschine erforderliche Kraftstoffmenge bestimmt. Diese erforderliche Kraftstoffmenge muss der Hochdruckpumpe 20 und von dieser dem Verteilerrohr 24 zugeführt werden, um dort einen zum jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine benötigten Kraftstoffdruck und -durchsatz zu gewährleisten.

[0030] Erfindungsgemäß wird in Schritt 154 der Öff-

nungsquerschnitt $rozme_w$ des Regelventils bestimmt. Dieser ist zum Zuleiten der erforderlichen Kraftstoffmenge zur Hochdruckpumpe 20 einzustellen. Wie unten stehend bei Fig. 4 beschrieben, wird basierend auf dem ermittelten Öffnungsquerschnitt $rozme_w$ ein geeignetes Ansteuersignal für das Regelventil bestimmt.

[0031] Der Korrekturfaktor $KLFOZMEDP$ kann in einem Schritt 148 anhand eines Kennlinienfeldes ermittelt werden. Dieses beschreibt Volumenkorrekturwerte in Abhängigkeit von möglichen Druckkorrekturwerten, die als Korrekturfaktor $KLFOZMEDP$ zur Bestimmung der erforderlichen Kraftstoffmenge geeignet sind.

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren wird im Betrieb der Brennkraftmaschine bevorzugt schleifenförmig von der Steuer- und Regeleinrichtung 32 ausgeführt. Dementsprechend wird der Korrekturfaktor $KLFOZMEDP$ in Schritt 148 jeweils für einen Ist-Druckkorrekturwert $dpzme_w$ bestimmt. Dieser wird in Schritt 146 durch Subtraktion des Dampfdrucks P_{dampf} des zuzuleitenden Kraftstoffs sowie des Öffnungsdrucks $peiv$ des Rückschlagventils vom Kraftstoffdruck $pekp$ am Einlass der Hochdruckpumpe 20 bestimmt. Hierbei können der Dampfdruck P_{dampf} des zuzuleitenden Kraftstoffs und der Öffnungsdruck $peiv$ des Rückschlagventils zuvor in einem Schritt 144 summiert werden.

[0033] Alternativ hierzu kann auch zunächst eine Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffdruck $pekp$ am Einlass der Hochdruckpumpe 20 und dem Dampfdruck P_{dampf} des zuzuleitenden Kraftstoffs bestimmt werden. In diesem Fall wird zur Bestimmung des Druckkorrekturwertes der Öffnungsdruck $peiv$ des Rückschlagventils von der ermittelten Druckdifferenz subtrahiert.

[0034] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann der Ist-Druckkorrekturwert $dpzme_w$ auch anhand eines empirisch ermittelten Zusammenhangs, wie z.B. einem Kennlinienfeld, ermittelt werden. Ein geeignetes Kennlinienfeld kann in Abhängigkeit vom Dampfdruck P_{dampf} und Kraftstoffdruck $pekp$ ermittelt werden, z.B. für Niederdrucksysteme mit variablem Kraftstoffdruck, oder nur in Abhängigkeit vom Dampfdruck P_{dampf} , z.B. für Niederdrucksysteme mit konstantem Kraftstoffdruck $pekp$.

[0035] Der Dampfdruck P_{dampf} kann auf verschiedene Arten bestimmt werden. Dieser hängt im Wesentlichen von der Temperatur ab und nur eingeschränkt vom verwendeten Kraftstoff. Dementsprechend kann der Dampfdruck P_{dampf} im einfachsten Fall in Abhängigkeit von einer jeweiligen Ist-Temperatur aus einer geeigneten, sogenannten Referenzdampfdruckkurve ermittelt werden. Um hierbei Abhängigkeiten des Dampfdrucks P_{dampf} vom verwendeten Kraftstoff zu berücksichtigen, können je nach Kraftstoffsystem, insbesondere bei sogenannten "Flex Fuel Systemen" auch mehrere Referenzdampfdruckkurven Anwendung finden, wobei jedem möglichen Kraftstoff eine entsprechende Kurve zugeordnet ist.

[0036] Des Weiteren kann der Dampfdruck P_{dampf} unter Verwendung des adaptierten Nachstart- bzw.

Wärmlauffaktors oder unter Verwendung des adaptierten Faktors der Übergangskompensation bestimmt werden. Diese korrelieren direkt mit dem Dampfdruck P_{dampf} des verwendeten Kraftstoffs, da sie ein Maß für die Verdampfungsneigung des Kraftstoffs darstellen.

[0037] Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung des Dampfdrucks P_{dampf} besteht darin, den Vordruck P_{voradap} solange zu verringern, bis die Förderung der Hochdruckpumpe 20 zusammenbricht. Der eingestellte Druck entspricht dann dem um den Öffnungsdruck p_{eiv} des Rückschlagventils in der Hochdruckpumpe 20 vergrößerten Dampfdruck P_{dampf} , der sich somit zu $P_{\text{dampf}} = P_{\text{voradap}} - p_{\text{eiv}}$ ergibt. Der Öffnungsdruck p_{eiv} kann mit guter Näherung als konstant angesehen werden.

[0038] Darüber hinaus kann der Dampfdruck P_{dampf} dadurch bestimmt werden, dass im Rahmen der Tankentlüftung ein Wert bestimmt wird, der als Maß für die Beladung des zugeordneten Aktiv-Kohle-Filters dient, wobei ein hoher Wert auf einen sehr flüchtigen Kraftstoff hindeutet. Aus diesem Wert kann unter Berücksichtigung einer jeweiligen Ist-Temperatur der Dampfdruck P_{dampf} ermittelt werden.

[0039] Der Vordruck p_{ekp} kann erfindungsgemäß mit einem geeigneten Sensor gemessen oder anhand von Ansteuerparametern der elektrischen Kraftstoffpumpe 14 modelliert werden. Hierbei kann im Falle eines Konstantdrucksystems mit mechanischem Druckregler dessen eingestellter Öffnungsdruck unter Berücksichtigung des Druckabfalls über die Kraftstoffleitung 22 verwendet werden.

[0040] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung eines Ansteuersignals für das Regelventil der Kraftstoffzumesseinheit 16 von Fig. 1 und 2. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dieses Verfahren ebenfalls als Computerprogramm implementiert und von der Steuer- und Regeleinrichtung 32 ausgeführt.

[0041] In Schritt 160 wird basierend auf dem gem. Fig. 3 ermittelten Öffnungsquerschnitt $rozme_w$ und einer jeweiligen Ist-Motordrehzahl $nmot_w$ ein geeignetes Ansteuersignal $tavstzme_w$ für das Regelventil bestimmt. Dieses wird bevorzugt anhand eines Kennlinienfeldes bestimmt, das unterschiedliche Kennlinien für verschiedene mögliche Ist-Motordrehzahlen $nmot_v$ hat, wobei jede Kennlinie in Abhängigkeit von möglichen Öffnungsquerschnitten $rozme_w$ geeignete Ansteuersignale $tavstzme_w$ definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems (10) einer Brennkraftmaschine, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem (10) ein Verteilerrohr (24) und eine Hochdruckpumpe (20) umfasst und der Hochdruckpumpe (20) eine Kraftstoffzumesseinheit (16) zugeordnet ist, wobei die Kraftstoffzumesseinheit (16) die geförderte Kraftstoffmenge steuert, und

eine zum Betrieb der Brennkraftmaschine erforderliche Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von einem Korrekturfaktor bestimmt wird, der auf einem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe (20) und einem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs basiert

dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des Korrekturfaktors eine Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe (20) und dem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Hochdruckpumpe (20) einen Förderraum mit einem eingangsseitig angeordneten Rückschlagventil aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des Korrekturfaktors ein Öffnungsdruck des Rückschlagventils bestimmt und zur Bestimmung eines Druckkorrekturwertes von der Druckdifferenz subtrahiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein der Hochdruckpumpe (20) zuzuführendes Soll-Kraftstoffvolumen bestimmt wird, wobei die erforderliche Kraftstoffmenge basierend auf dem Soll-Kraftstoffvolumen und dem Korrekturfaktor bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Korrekturfaktor anhand einer Kennlinie bestimmt wird, die für mögliche Druckkorrekturwerte geeignete Volumenkorrekturwerte definiert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von dem Korrekturfaktor ein Öffnungsquerschnitt des Regelventils bestimmt wird, der zum Zuleiten der erforderlichen Kraftstoffmenge einzustellen ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter Verwendung des Öffnungsquerschnitts des Regelventils und einer jeweiligen Ist-Motordrehzahl ein Ansteuersignal für das Regelventil bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ansteuersignal anhand einer Kennlinie bestimmt wird, die geeignete Ansteuersignale in Abhängigkeit von möglichen Öffnungsquerschnitten und Ist-Motordrehzahlen definiert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dampfdruck (P_{dampf}) aus der Ist-Temperatur unter Verwendung mindestens einer Referenzdampfdruckkurve ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dampfdruck (P_{dampf}) aus einem Nachstart- und/oder Warmlauf-faktor und/oder eines Faktors einer Übergangskompensation ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vordruck (P_{voradp}) von einem Ausgangswert verringert wird, bis die Fördermenge der Hochdruckpumpe null ist und der Dampfdruck (P_{dampf}) aus der Differenz des Vordruckes und eines Öffnungsdruckes (p_{eiv}) eines Rückschlagventils der Hochdruckpumpe ermittelt wird.
11. Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung aller Schritte nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.
12. Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffeinspritzsystem (10), das ein Verteilerrohr (24) und eine Hochdruckpumpe (20) umfasst, wobei der Hochdruckpumpe (20) eine Kraftstoffzumesseinheit (16) zugeordnet ist und die Kraftstoffzumesseinheit (16) die geförderte Kraftstoffmenge steuert und eine zum Betrieb der Brennkraftmaschine erforderliche Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von einem Korrekturfaktor bestimmt wird, der auf einem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe (20) und einem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs basiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des Korrekturfaktors eine Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffdruck am Einlass der Hochdruckpumpe (20) und dem Dampfdruck des zuzuleitenden Kraftstoffs bestimmt wird.

Claims

1. Method for controlling a fuel injection system (10) of an internal combustion engine, with the fuel injection system (10) comprising a distributor pipe (24) and a high-pressure pump (20), and with the high-pressure pump (20) being assigned a fuel metering unit (16), with the fuel metering unit (16) controlling the amount of fuel delivered, and with an amount of fuel required for the operation of the internal combustion engine being determined as a function of a corrective factor based on a fuel pressure at the inlet of the high-pressure pump (20) and a vapour pressure of the fuel to be supplied, **characterized in that**, to determine the corrective factor, a pressure difference between the fuel pressure at the inlet of the high-pressure pump (20) and the vapour pressure of the fuel to be supplied is determined.
2. Method according to Claim 1, with the high-pressure pump (20) having a delivery chamber with a check valve arranged at the inlet side, **characterized in that**, to determine the corrective factor, an opening pressure of the check valve is determined and is subtracted from the pressure difference in order to determine a pressure corrective value.
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** a nominal fuel volume to be supplied to the high-pressure pump (20) is determined, with the required amount of fuel being determined on the basis of the nominal fuel volume and the corrective factor.
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the corrective factor is determined on the basis of a characteristic curve which defines volume corrective values suitable for possible pressure corrective values.
5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** an opening cross section of the regulating valve which must be set in order to supply the required amount of fuel is determined as a function of the corrective factor.
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** an actuation signal for the regulating valve is determined using the opening cross section of the regulating valve and a respective actual engine speed.
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** the actuation signal is determined on the basis of a characteristic curve which defines suitable actuation signals as a function of possible opening cross sections and actual engine speeds.
8. Method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the vapour pressure (P_{dampf}) is determined from the actual temperature using at least one reference vapour pressure curve.
9. Method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the vapour pressure (P_{dampf}) is determined from a post-start and/or warm-up factor and/or a factor of a transition compensation.
10. Method according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the admission pressure (P_{voradp}) is reduced from an initial value until the delivery rate of the high-pressure pump is zero, and the vapour pressure (P_{dampf}) is determined from the difference between the admission pressure and an opening pressure (p_{eiv}) of a check valve of the high-pressure pump.
11. Computer program having program code for carrying out all the steps according to one of Claims 1 to 7 when the program is executed in a computer.

12. Internal combustion engine having a fuel injection system (10) which comprises a distributor pipe (24) and a high-pressure pump (20), with the high-pressure pump (20) being assigned a fuel metering unit (16) and with the fuel metering unit (16) controlling the amount of fuel delivered, and with an amount of fuel required for the operation of the internal combustion engine being determined as a function of a corrective factor based on a fuel pressure at the inlet of the high-pressure pump (20) and a vapour pressure of the fuel to be supplied, **characterized in that**, to determine the corrective factor, a pressure difference between the fuel pressure at the inlet of the high-pressure pump (20) and the vapour pressure of the fuel to be supplied is determined.

Revendications

1. Procédé de commande d'un système d'injection de carburant (10) d'un moteur à combustion interne, le système d'injection de carburant (10) comprenant un tuyau distributeur (24) et une pompe haute pression (20), et une unité de dosage de carburant (16) étant associée à la pompe haute pression (20), l'unité de dosage de carburant (16) commandant la quantité de carburant refoulée, et une quantité de carburant requise pour le fonctionnement du moteur à combustion interne étant déterminée en fonction d'un facteur de correction qui est basé sur une pression de carburant à l'entrée de la pompe haute pression (20) et sur une pression de vapeur du carburant à introduire, **caractérisé en ce que** pour déterminer le facteur de correction, on détermine une différence de pression entre la pression de carburant à l'entrée de la pompe haute pression (20) et la pression de vapeur du carburant à introduire.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la pompe haute pression (20) présente un espace de refoulement avec un clapet antiretour disposé du côté de l'entrée, **caractérisé en ce que** pour déterminer le facteur de correction, une pression d'ouverture du clapet antiretour est déterminée et est soustraite de la différence de pression pour déterminer une valeur de correction de pression.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** un volume de carburant de consigne à acheminer à la pompe haute pression (20) est déterminé, la quantité de carburant requise étant déterminée sur la base du volume de carburant de consigne et du facteur de correction.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le facteur de correction est déterminé à l'aide d'une courbe caractéristique qui définit des valeurs de correction de volume appropriées pour des va-

leurs de correction de pression possibles.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** une section d'ouverture de la soupape de régulation est déterminée en fonction du facteur de correction, laquelle doit être ajustée pour introduire la quantité de carburant requise.
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'on détermine un signal de commande pour la soupape de régulation en utilisant la section d'ouverture de la soupape de régulation et un régime actuel respectif du moteur.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le signal de commande est déterminé à l'aide d'une courbe caractéristique, qui définit des signaux de commande appropriés en fonction de sections d'ouverture possibles et de régimes actuels du moteur.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la pression de vapeur (P_{dampf}) est déterminée à partir de la température actuelle en utilisant au moins une courbe de pression de vapeur de référence.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la pression de vapeur (P_{dampf}) est déterminée à partir d'un facteur de redémarrage et/ou de marche à chaud et/ou d'un facteur d'une compensation de transition.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la pression préalable (P_{voradp}) est réduite depuis une valeur de départ jusqu'à ce que la quantité refoulée par la pompe haute pression soit nulle et la pression de vapeur (P_{dampf}) est déterminée à partir de la différence entre la pression préalable et une pression d'ouverture (p_{eiv}) d'un clapet antiretour de la pompe haute pression.
11. Programme informatique avec code programme pour mettre en oeuvre toutes les étapes selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, lorsque le programme est exécuté dans un ordinateur.
12. Moteur à combustion interne comprenant un système d'injection de carburant (10), qui comprend un tuyau distributeur (24) et une pompe haute pression (20), une unité de dosage de carburant (16) étant associée à la pompe haute pression (20) et l'unité de dosage de carburant (16) commandant la quantité de carburant refoulée, et une quantité de carburant requise pour le fonctionnement du moteur à combustion interne étant déterminée en fonction d'un facteur de correction qui est basé sur une pression de carburant à l'entrée de la pompe haute pres-

sion (20) et sur une pression de vapeur du carburant à introduire, **caractérisé en ce que** pour déterminer le facteur de correction, on détermine une différence de pression entre la pression de carburant à l'entrée de la pompe haute pression (20) et la pression de vapeur du carburant à introduire. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

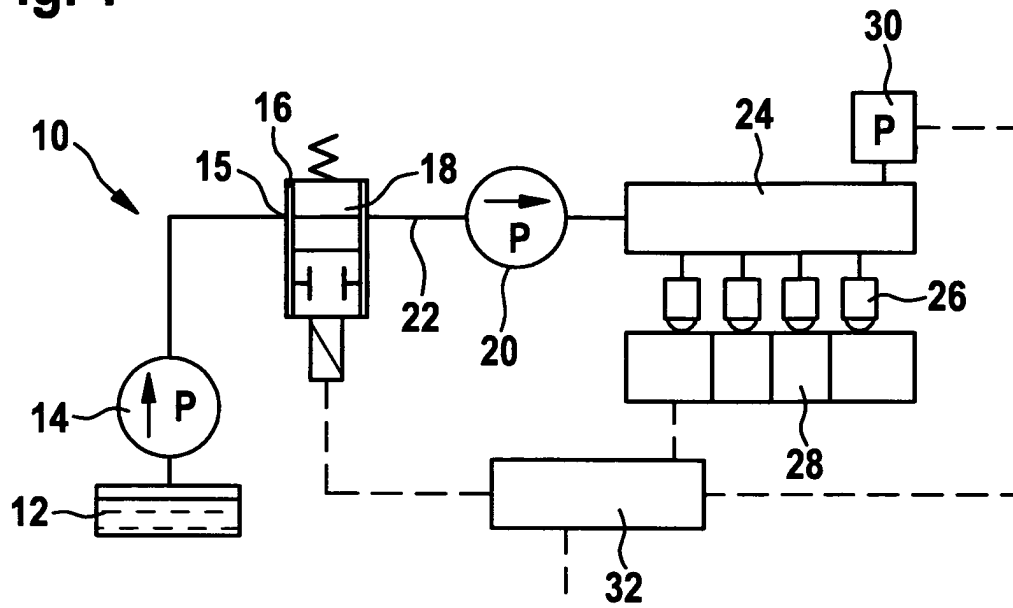
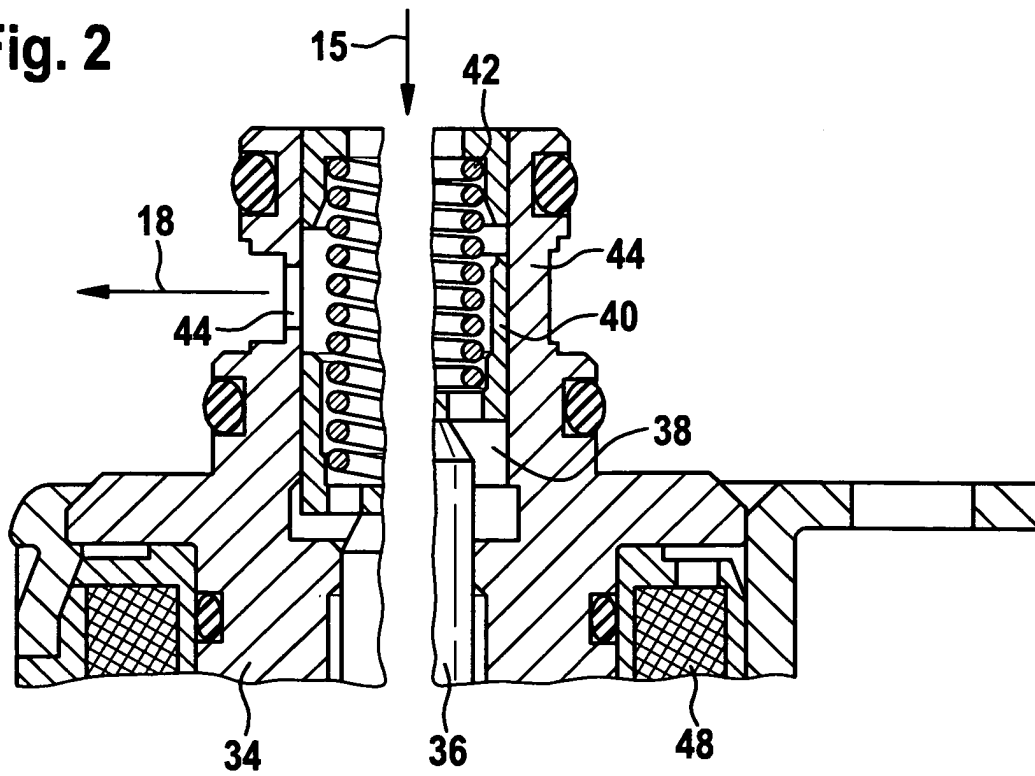
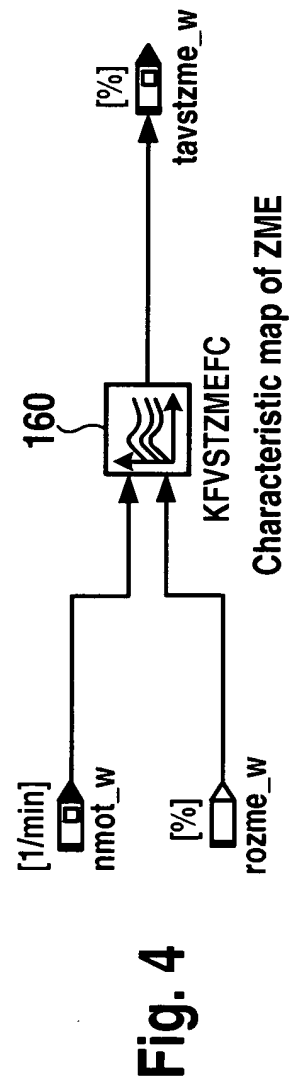
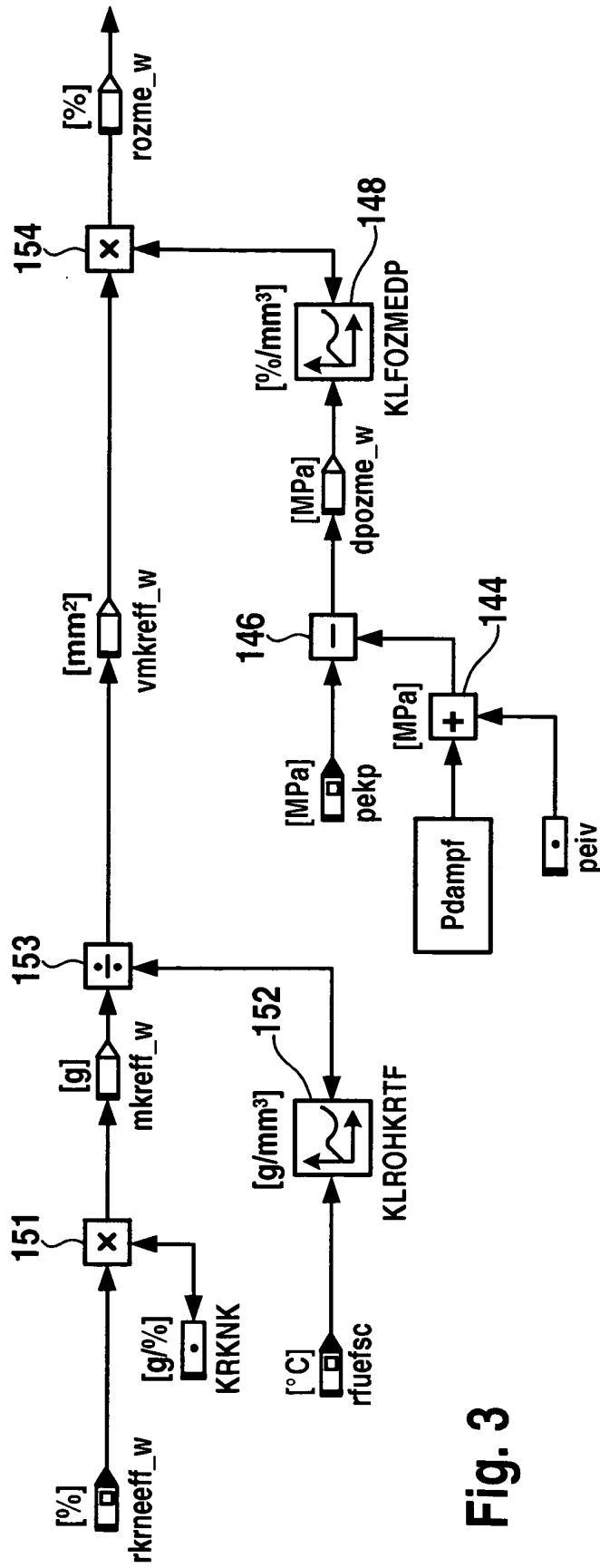


Fig. 2





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 19853103 A1 [0002] [0003]
- DE 102005025114 A1 [0004]
- DE 102004062613 A1 [0004]
- DE 19951410 A1 [0004]