



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.11.2012 Patentblatt 2012/45

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

(21) Anmeldenummer: **12165871.0**

(22) Anmeldetag: **27.04.2012**

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

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Strasser, Markus**
70180 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **03.05.2011 DE 102011075124**

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems (100) einer Brennkraftmaschine (1) beschrieben, bei dem unter Druck stehender Kraftstoff in einem Druckspeicher (13) bereit gestellt und ein in dem Druckspeicher (13) vorliegender Kraftstoffdruck (68) mittels einer Druckregelung (19) geregelt wird, wobei in einem ersten Messintervall (60) mindestens eine Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (13)

erfolgt, und wobei in einem zweiten Messintervall (62) keine derartige Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (13) erfolgt, und wobei in dem ersten und in dem zweiten Messintervall (62) jeweils eine Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19) ermittelt wird, und wobei aus einer Differenz (70) der ermittelten Betriebsgrößen (64) der Druckregelung (19) die während des ersten Messintervalls (60) entnommene Kraftstoffmenge bei der mindestens einen Entnahme ermittelt wird.

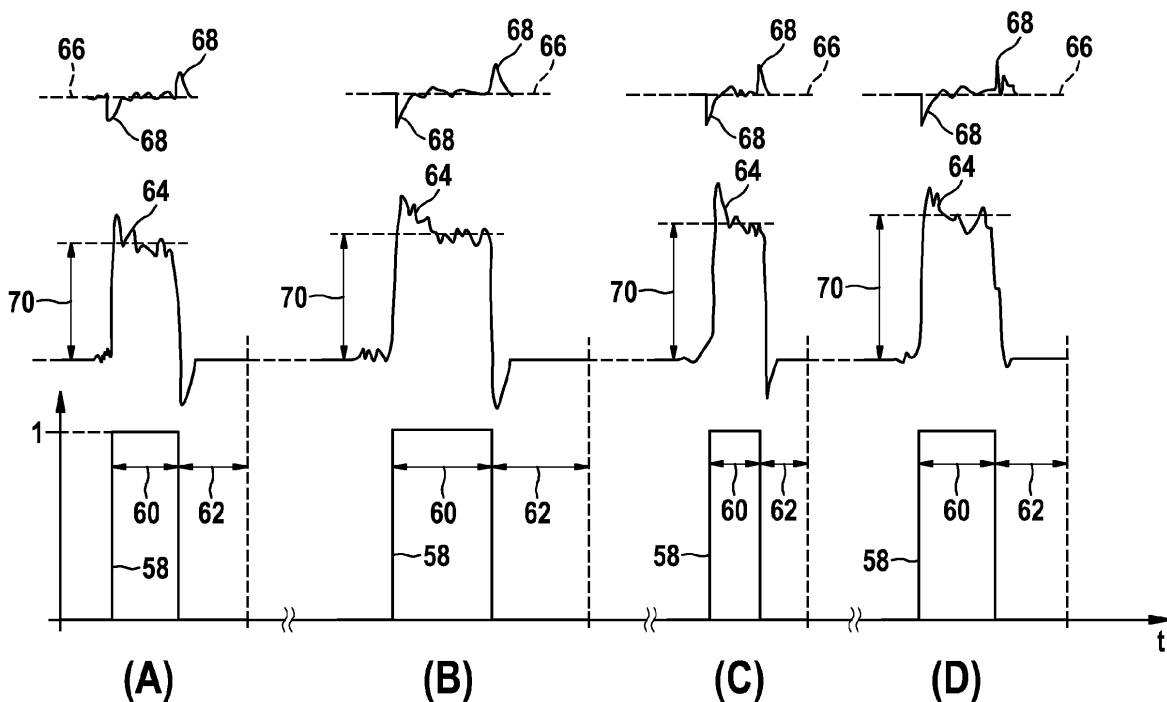


Fig. 3

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Computerprogramm und eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung nach den nebengeordneten Patentansprüchen.

[0002] Vom Markt her bekannt sind Einspritzventile von Brennkraftmaschinen, welche über ein so genanntes "Servoventil" betätigt werden, welches elektrisch angesteuert wird. Bei Betätigung des Servoventils wird ein Kraftstoffdruck in einem Stellraum des Einspritzventils abgesenkt, wobei Kraftstoff über hydraulische Drosseln in einen Injektor-Rücklauf abgeführt wird. Mittels der so gebildeten Druckdifferenz kann eine Einspritzdüse geöffnet und Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt werden.

[0003] Damit der hydraulische Druck in einem das Einspritzventil versorgenden Druckspeicher (Kraftstoffspeicher, "Rail") nicht abnimmt, muss Kraftstoff in den Druckspeicher nachgefördert werden. Diese Nachförderung erfolgt mittels einer Druckregelung, wobei mittels eines Drucksensors ("Raildrucksensor") ein aktueller Kraftstoffdruck ermittelt wird. Dadurch kann mittels einer Zumesseinrichtung eine entsprechende Menge an Kraftstoff in den Druckspeicher nachgefördert werden.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie durch ein Computerprogramm und eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung nach den nebengeordneten Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0005] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, bei dem unter Druck stehender Kraftstoff in einem Druckspeicher bereit gestellt und ein in dem Druckspeicher vorliegender Kraftstoffdruck mittels einer Druckregelung geregelt wird. Erfindungsgemäß erfolgt in einem ersten Messintervall mindestens eine Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher, und in einem zweiten Messintervall erfolgt keine derartige Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher. In dem ersten und in dem zweiten Messintervall wird jeweils eine Betriebsgröße der Druckregelung ermittelt. Mittels der Betriebsgröße kann eine Rate des aus dem Druckspeicher jeweils entnommenen Kraftstoffs ermittelt werden.

[0006] Unter der "Rate" des Kraftstoffs wird der Quotient aus einer dem Druckspeicher entnommenen bzw. zugeführten Kraftstoffmenge (bzw. Steuermenge) und einem zugehörigen Zeitintervall verstanden.

[0007] Besonders bevorzugt wird aus einer Differenz der ermittelten Betriebsgrößen der Druckregelung die während des ersten Messintervalls entnommene Kraftstoffmenge bei der mindestens einen Entnahme ermit-

telt. Die Differenz charakterisiert die jeweils entnommene Rate des Kraftstoffs. Durch die beschriebene Differenzbildung kann die in dem ersten Messintervall entnommene Steuermenge vergleichsweise genau ermittelt werden.

[0008] Von Vorteil ist es, wenn das erste und das zweite Messintervall zeitlich benachbart angeordnet sind. Vorzugsweise folgen die Messintervalle sehr kurz oder sogar unmittelbar aufeinander, und weisen eine gleiche Dauer auf. Eine bestimmte Reihenfolge der beiden Messintervalle ist dabei nicht erforderlich, das heißt, das zweite Messintervall kann zeitlich hinter oder vor dem ersten Messintervall liegen. Weiterhin kann das erste bzw. das zweite Messintervall einen Arbeitszyklus der Brennkraftmaschine oder einen Teil eines Arbeitszyklus oder mehrere Arbeitszyklen umfassen. Dabei ist es nicht erforderlich, dass während der Messintervalle Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird, wie weiter unten noch erläutert werden wird.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass ein Drucksensor einer Druckregelung in einem Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine überwacht und quantitativ bewertet werden kann. Dazu sind im Allgemeinen keine zusätzlichen Bauelemente oder Komponenten erforderlich. Das Verfahren kann vergleichsweise genau und langzeitstabil durchgeführt werden.

[0010] Insbesondere ist vorgesehen, dass die mindestens eine Entnahme von Kraftstoff erfolgt, indem ein Servoventil eines Einspritzventils der Brennkraftmaschine derart angesteuert wird, dass eine Steuermenge des Kraftstoffs entnommen wird, bei welcher das Einspritzventil nicht bereits Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzt. Dabei wird das Einspritzventil so kurz angesteuert, dass das Servoventil zwar betätigt wird, jedoch beispielsweise eine mit einer Auslassöffnung (Einspritzdüse) des Einspritzventils zusammenwirkende Ventalnadel nicht von ihrem Ventil Sitz abhebt ("Blank-Shot"). Somit wird einerseits noch kein Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt. Andererseits wird die zur kurzen Betätigung des Servoventils erforderliche Steuermenge ("Blank-Shot-Menge") des Kraftstoffs in einen Injektor-Rücklauf geführt, und dadurch der Druck in dem Druckspeicher jeweils um ein entsprechendes Maß gesenkt. Somit wird über die beschriebene Ansteuerung des Einspritzventils, das heißt, einer Ansteuerung eines das Einspritzventil betätigenden Aktors, eine definierte zusätzliche Kraftstoffmenge aus dem Druckspeicher entnommen, welche mittels der Druckregelung schnell kompensiert wird.

[0011] Außer den im Betrieb der Brennkraftmaschine eingespritzten Kraftstoffmengen ergibt sich durch Leckagen des Einspritzventils, welche - wie die erfindungsgemäß entnommene Steuermenge - in den Injektor-Rücklauf geführt werden, eine Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher. Dies wird jeweils durch die Druckregelung fortlaufend ausgeglichen. Die Leckagen sind vergleichsweise stark abhängig von einem Kraft-

stoffdruck und von der Kraftstofftemperatur. Außerdem können sich die Leckagen über der Lebensdauer des Einspritzventils verändern, das heißt, diese werden im Allgemeinen mit der Zeit größer. Andererseits hängen die jeweiligen Steuermengen im Wesentlichen von dem Kraftstoffdruck und der Dauer der Ansteuerung ab. Ferner besteht gegebenenfalls eine geringe Abhängigkeit der Steuermengen von der Kraftstofftemperatur und von der Kraftstoffsorte.

[0012] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die Steuermengen jedoch nicht oder nur unwesentlich von der Alterung des Einspritzventils abhängen. Bei einer jeweils gleichen Ansteuerdauer des Einspritzventils hängen die Steuermengen des Kraftstoffs also im Wesentlichen allein von dem Kraftstoffdruck ab. Dadurch wird es möglich, mittels gezielter Entnahmen der Steuermengen die Druckregelung zu einer zusätzlichen Nachförderung von Kraftstoff zu veranlassen, wobei eine Stellgröße der Druckregelung als Betriebsgröße ermittelt wird. Daraus lässt sich auf den in dem Druckspeicher herrschenden Kraftstoffdruck schließen. Durch Auswertung der Stellgröße kann der Drucksensor daher quantitativ überwacht werden, wobei die Leckagen in dem ersten und dem zweiten Messintervall gleich sind und somit die Differenz der ermittelten Betriebsgrößen nicht beeinflussen.

[0013] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass ein bzw. das Servoventil eines bzw. des Einspritzventils der Brennkraftmaschine in dem ersten Messintervall mehrfach zur Entnahme einer Steuermenge angesteuert wird, wobei die Ansteuerung vorzugsweise periodisch erfolgt. Durch die Mehrzahl der entnommenen Steuermengen wird in der Summe die entnommene Kraftstoffmenge größer, wodurch die Genauigkeit des Verfahrens verbessert werden kann. Durch die periodische Ansteuerung wird das Verfahren zudem vereinfacht.

[0014] Die Durchführung des Verfahrens wird vereinfacht und verbessert, wenn das Verfahren in einer Betriebsart der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, in der üblicherweise keine Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine vorgesehen ist, insbesondere in einem Schubbetrieb und/oder einer Gaswechselphase. Dadurch können mögliche Störeinflüsse minimiert und die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine während der Messintervalle besonders gut reproduziert werden. Mittels der Verwendung der Gaswechselphase ist es jedoch auch möglich, das Verfahren in einem Lastbetrieb der Brennkraftmaschine durchzuführen.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise entsprechend den nachfolgenden Schritten durchgeführt werden:

(a) der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher wird während des ersten und des zweiten Messintervalls mittels der Druckregelung auf einen jeweils gleichen Drucksollwert geregelt;

(b) das Einspritzventil wird während des ersten Messintervalls so angesteuert, dass eine Steuermenge des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher entnommen wird, wobei das Einspritzventil nicht bereits Kraftstoff in den Brennraum einspritzt;

(c) während der Ansteuerung des Einspritzventils wird ein erster Wert der Betriebsgröße der Druckregelung, insbesondere eine Stellgröße eines Druckreglers und/oder einer Zumesseinrichtung und/oder eines Druckregelventils ermittelt;

(d) das Einspritzventil wird während des zweiten Messintervalls so angesteuert, dass keine Steuermenge des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher entnommen wird;

(e) es wird ein zweiter Wert der Betriebsgröße der Druckregelung ermittelt;

(f) es wird eine Differenz zwischen dem ersten Wert und dem zweiten Wert der Betriebsgröße ermittelt; und

(g) die Differenz wird mit einer in einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine gespeicherten Differenz, welche unter vergleichbaren Bedingungen ermittelt wurde, verglichen, und daraus auf einen Zustand des Drucksensors geschlossen.

[0016] Die Entnahme der Steuermenge in dem ersten Messintervall erfolgt mit einer möglichst gleichbleibenden Rate, beispielsweise mittels der oben beschriebenen periodischen Ansteuerung. Erfindungsgemäß wird also auf den Zustand des Drucksensors geschlossen, indem eine von der Entnahme-Rate des Kraftstoffs abhängige Betriebsgröße, beispielsweise eine Stellgröße oder eine die Stellgröße charakterisierende Größe der Druckregelung ermittelt wird. Dabei wird in einem ersten Fall (erstes Messintervall) eine definierte Menge bzw. Rate des Kraftstoffs zusätzlich aus dem Druckspeicher entnommen, und in einem zweiten Fall (zweites Messintervall) nicht. Dazu wird das Einspritzventil in dem ersten Messintervall in einer geeigneten Weise elektrisch angesteuert, und in dem zweiten Messintervall beispielsweise nicht angesteuert.

[0017] Die übrigen Betriebsbedingungen des Kraftstoffeinspritzsystems sollen in dem ersten und dem zweiten Messintervall vergleichbar sein. Es wird in beiden Fällen der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher mittels der Druckregelung möglichst konstant auf den Drucksollwert geregelt. Dazu ist es erforderlich, dass die Druckregelung die Stellgröße jeweils passend einstellt. Weil in dem ersten Messintervall eine größere Rate von Kraftstoff aus dem Druckspeicher entnommen wird, als in dem zweiten Messintervall, sind die Werte der Betriebsgröße entsprechend unterschiedlich.

[0018] Die Steuermenge für eine einzelne Betätigung des Servoventils ist bei üblichen Ausführungsformen von Einspritzventilen vergleichsweise unabhängig von einer Alterung. Entsprechend ergibt sich bei einer definierten periodischen Entnahme der Steuerungen eine ebenfalls im Wesentlichen alterungsunabhängige Entnahmerate des Kraftstoffs. Die sich ergebende Differenz hängt daher im Wesentlichen von dem Kraftstoffdruck sowie von der Entnahmerate ab. Die Änderung der Betriebsgröße bzw. Stellgröße der Druckregelung im Vergleich des ersten zu dem zweiten Messintervall ist somit ein relativ genaues Maß für die in den Druckspeicher nachzufördernde Rate des Kraftstoffs.

[0019] Weiterhin ist vorgesehen, dass gelegentlich und/oder periodisch Werte der Betriebsgröße der Druckregelung in dem ersten und dem zweiten Messintervall ermittelt werden, und dass diese Werte mit in einem Neuzustand des Kraftstoffeinspritzsystems und/oder des Einspritzventils und/oder des Drucksensors in dem ersten und dem zweiten Messintervall erfassten Werten verglichen werden, und dass aus dem Vergleich auf einen Zustand des Drucksensors geschlossen wird. Für den Fall, dass die ermittelte Differenz der Werte der Betriebsgröße größer ist als eine gespeicherte Differenz, welche unter vergleichbaren Bedingungen, beispielsweise in einem Neuzustand des Kraftstoffsystems ermittelt wurde, wird erfindungsgemäß angenommen, dass der Drucksensor einen zu niedrigen Kraftstoffdruck des Druckspeichers anzeigt, das heißt, der tatsächliche Kraftstoffdruck ist größer. Für den Fall, dass die ermittelte Differenz kleiner ist als die gespeicherte Differenz, wird angenommen, dass der Drucksensor einen zu hohen Kraftstoffdruck des Druckspeichers anzeigt, das heißt, der tatsächliche Kraftstoffdruck ist kleiner. Somit kann der Zustand des Drucksensors quantitativ bewertet und seine Funktion plausibilisiert werden.

[0020] Weiterhin ist vorgesehen, dass die Betriebsgröße der Druckregelung bei verschiedenen Kraftstoffdrücken und/oder bei verschiedenen Kraftstofftemperaturen und/oder verschiedenen Kraftstoffsorten und/oder mit verschiedenen Ansteuerdauern für das Einspritzventil bzw. das Servoventil des Einspritzventils ermittelt wird. Damit werden wichtige Parameter beschrieben, welche die Steuermenge des Kraftstoffs bei der Betätigung des Einspritzventils quantitativ beeinflussen können. Erfindungsgemäß werden diese Parameter mit erfasst bzw. mit gespeichert. Die Speicherung kann beispielsweise mittels einer Tabelle und/oder eines Kennfelds in einem Datenspeicher der Steuer- und/oder Regeleinrichtung erfolgen. Dadurch kann ein Vergleich der jeweiligen Steuerungen zu einem Neuzustand des Kraftstoffeinspritzsystems in Abhängigkeit dieser Parameter erfolgen und die Genauigkeit des Verfahrens somit verbessert werden.

[0021] Ergänzend kann eine Zähl-Nummer (beispielsweise 1 bis 4 bei einem Vierzylindermotor) des Einspritzventils als Parameter ermittelt und für das Verfahren mit verwendet werden. Somit können eventuelle individuelle

Unterschiede mehrerer Einspritzventile berücksichtigt werden.

[0022] Das Einspritzventil kann hergestellt werden, wobei Muster des Einspritzventils auf einer hydraulischen Prüfbank vermessen werden. Dabei wird das Servoventil des Einspritzventils derart angesteuert, dass eine Steuermenge des Kraftstoffs entnommen wird, bei welcher das Einspritzventil nicht bereits Kraftstoff absetzt, und wobei die entnommene Steuermenge ermittelt und eine die entnommene Steuermenge charakterisierende Größe und/oder eine Entnahmerate des Kraftstoffs und/oder eine Differenz der Betriebsgröße zwischen dem ersten und dem zweiten Messintervall in Abhängigkeit von einem Kraftstoffdruck und/oder einer Kraftstofftemperatur und/oder einer Kraftstoffsorte und/oder einer Ansteuerdauer für das Einspritzventil bzw. das Servoventil des Einspritzventils in einem Kennfeld gespeichert wird. Die derart an den Mustern ermittelten Steuerungen können in Abhängigkeit der genannten Parameter für eine Serie von Einspritzventilen in der jeweiligen Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine gespeichert werden. Dadurch ist in einem Neuzustand der Brennkraftmaschine bzw. des Kraftstoffeinspritzsystems eine Ermittlung der Steuermenge nicht mehr erforderlich, wodurch Kosten gespart werden können.

[0023] Weiterhin ist vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren zumindest teilweise mittels eines Computerprogramms durchgeführt wird, welches auf der Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine gespeichert ist. Dadurch kann die Abarbeitung der für das Verfahren erforderlichen Schritte und Rechenoperationen schnell und vergleichsweise einfach durchgeführt werden.

[0024] Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in den nachfolgenden Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

[0025] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- 45 Figur 1 ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine;
- Figur 2 ein Balkendiagramm mit zwei Alterungszuständen des Kraftstoffeinspritzsystems;
- 50 Figur 3 ein erstes Diagramm mit Fördermengen und Drücken eines Kraftstoffs;
- Figur 4 ein zweites Diagramm mit Fördermengen und Drücken des Kraftstoffs, und
- 55 Figur 5 ein vereinfachtes Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ver-

fahrens.

[0026] Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0027] In der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und her bewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, der unter anderem durch den Kolben 2, ein Einlassventil 5 und ein Auslassventil 6 begrenzt ist. Mit dem Einlassventil 5 ist ein Ansaugrohr 7 und mit dem Auslassventil 6 ist ein Abgasrohr 8 gekoppelt.

[0028] Im Bereich des Einlassventils 5 und des Auslassventils 6 ragen ein Einspritzventil 9 und eine Zündkerze 10 in den Brennraum 4. Das Einspritzventil 9 umfasst ein - in der Zeichnung der Figur 1 nicht dargestelltes - Servoventil, welches von einem Aktor 18 betätigt werden kann. Bei einer ausreichenden Ansteuerdauer des Servoventils kann Kraftstoff in den Brennraum 4 eingespritzt werden. Mit der Zündkerze 10 kann der Kraftstoff in dem Brennraum 4 entzündet werden. Ein Kraftstoffeinspritzsystem der Brennkraftmaschine 1 ist mit dem Bezugszeichen 100 bezeichnet.

[0029] In dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 11 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 11. In dem Abgasrohr 8 ist ein Katalysator 12 untergebracht, der der Reinigung der durch die Verbrennung des Kraftstoffs entstehenden Abgase dient.

[0030] Eine Niederdruckleitung 21 führt Kraftstoff einer Zumesseinrichtung 22 und einer mit der Zumesseinrichtung 22 gekoppelten Hochdruckpumpe 23 zu. Die Hochdruckpumpe 23 ist eine - in der Zeichnung nicht sichtbare - elektrische und/oder mechanische Kraftstoffpumpe, welche dazu geeignet ist, Kraftstoff mit einem jeweils erforderlichen Druck zu fördern. Die Hochdruckpumpe 23 fördert den Kraftstoff mittels einer Zuführleitung 24 in einen Druckspeicher 13. Das Einspritzventil 9 ist über eine Druckleitung 20 mit dem Druckspeicher 13 verbunden. In entsprechender Weise sind auch die Einspritzventile 9 der übrigen (nicht dargestellten) Zylinder 3 der Brennkraftmaschine 1 mit dem Druckspeicher 13 verbunden; dies ist jedoch in der Zeichnung der Figur 1 nur mittels kurzer vertikaler Linien an dem Druckspeicher 13 angedeutet.

[0031] Weiterhin ist an dem Druckspeicher 13 ein Drucksensor 14 angeordnet, mit dem der Druck in dem Druckspeicher 13 messbar ist. Bei diesem Druck handelt es sich um denjenigen Druck, der auf den Kraftstoff ausgeübt wird, und mit dem deshalb der Kraftstoff über das Einspritzventil 9 in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt werden kann. Das Kraftstoffeinspritzsystem 100 kann auch über ein Druckregelventil 14a verfügen, das dazu ausgebildet ist, Kraftstoff aus dem Druckspeicher 13 zu entnehmen.

[0032] Eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 im rechten oberen Bereich der Zeichnung gemäß Figur 1 ist von Eingangssignalen 16 beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Beispielsweise ist die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 mit dem Drucksensor 14, einem Luftmassensensor in dem Ansaugrohr 7, einem Lambda-Sensor in dem Abgasrohr 8, einem Drehzahlensensor und dergleichen verbunden. Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 erzeugt Ausgangssignale 17, mit denen über Aktoren bzw. Steller das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 mit dem Aktor 18 des Einspritzventils 9, der Zündkerze 10, der Drosselklappe 11, dem Druckregelventil 14a und dergleichen verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale. Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 umfasst ein Computerprogramm 26 und ein Kennfeld 28.

[0033] Unter anderem ist die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 dazu vorgesehen, Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 zu steuern und/oder zu regeln. Beispielsweise wird die von dem Einspritzventil 9 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 in Abhängigkeit eines gewünschten Drehmoments der Brennkraftmaschine 1 unter Berücksichtigung eines geringen Kraftstoffverbrauchs und/oder einer geringen Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt.

[0034] Insbesondere sind die Zumesseinrichtung 22, der Druckspeicher 13, der Drucksensor 14, das Druckregelventil 14a und die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 Elemente einer Druckregelung 19 des Kraftstoffeinspritzsystems 100. Zu diesem Zweck weist die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 einen - nicht dargestellten - Mikroprozessor auf, der das Computerprogramm 26 in einem Speichermedium abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

[0035] Im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 wird Kraftstoff in den Druckspeicher 13 gefördert. Dieser Kraftstoff wird über die Einspritzventile 9 der einzelnen Zylinder 3 in die zugehörigen Brennräume 4 eingespritzt. Mit Hilfe der Zündkerzen 10 werden Verbrennungen in den Brennräumen 4 erzeugt, durch die die Kolben 2 in eine Hin- und Herbewegung versetzt werden. Diese Bewegungen werden auf eine nicht dargestellte Kurbelwelle übertragen und üben auf diese ein Drehmoment aus. Mittels des Drucksensors 14 wird ein aktueller Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 ermittelt. Mittels einer Stellgröße 25 wird die Zumesseinrichtung 22 von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 derart gesteuert, dass ein jeweils erforderlicher Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 möglichst konstant gehalten werden kann. Alternativ oder ergänzend kann auch das Druckregelventil 14a in an sich bekannter Weise angesteuert werden, um den Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 zu beeinflussen. Dem Druckregelventil 14a kann hierzu eine eigene Stellgröße

(vergleichbar zur Stellgröße 25 der Zumesseinrichtung 22) zugeordnet sein.

[0036] Entsprechend der Darstellung der Figur 1 kann das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise unter Verwendung der folgenden Schritte durchgeführt werden, vgl. das Flussdiagramm der Figur 5:

(200a) der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 wird während des ersten und des zweiten Messintervalls 60 bzw. 62 (siehe dazu die Figur 3) mittels der Druckregelung 19 auf einen jeweils gleichen Drucksollwert 66 (siehe dazu die Figur 3) geregelt;

(200b) der Aktor 18 des Einspritzventils 9 wird während des ersten Messintervalls 60 periodisch mehrfach kurz angesteuert, so dass eine Steuermenge des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher 13 entnommen wird, wobei das Einspritzventil 9 nicht bereits Kraftstoff in den Brennraum 4 einspritzt;

(200c) während der Ansteuerung des Einspritzventils 9 wird ein erster Wert einer Betriebsgröße der Druckregelung 19, insbesondere einer Stellgröße 25 eines Druckreglers und/oder der Zumesseinrichtung 22 und/oder des Druckregelventils 14a ermittelt;

(200d) das Einspritzventil 9 wird während des zweiten Messintervalls 62 so angesteuert, dass keine Steuermenge des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher 13 entnommen wird; dabei wird der Aktor 18 in diesem Schritt (d) bevorzugt gar nicht angesteuert;

(200e) es wird ein zweiter Wert der Betriebsgröße der Druckregelung 19 ermittelt;

(200f) es wird eine Differenz 70 (siehe dazu die Figur 3) zwischen dem ersten Wert und dem zweiten Wert der Betriebsgröße ermittelt; und

(200g) die Differenz 70 wird mit einer in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 15 der Brennkraftmaschine 1 gespeicherten Differenz 70, welche unter vergleichbaren Bedingungen ermittelt wurde, verglichen, und daraus auf einen Zustand des Drucksensors 14 geschlossen.

[0037] Bei der Durchführung der genannten Schritte (200a) bis (200g) werden der Kraftstoffdruck, die Kraftstofftemperatur, und die Kraftstoffsorte als Parameter berücksichtigt.

[0038] Figur 2 zeigt ein Balkendiagramm mit zwei Alterungszuständen des Kraftstoffeinspritzsystems 100. Ein in der Zeichnung linkes Balkendiagramm 30 beschreibt einen Neuzustand des Kraftstoffeinspritzsystems 100 bzw. des Einspritzventils 9. Ein in der Zeichnung rechtes Balkendiagramm 32 beschreibt einen Zustand des Kraftstoffeinspritzsystems 100 bzw. des Einspritzventils 9 nach einer bestimmten Betriebsdauer.

Senkrecht zu einer Abszisse 34 sind Fördermengen 36 des Kraftstoffs aufgetragen, welche vorliegend durch Leckagen 38 und 40 einerseits, sowie Steuer mengen 42 und 44 des Einspritzventils 9 andererseits, verursacht sind. In beiden Balkendiagrammen 30 und 32 zeigen waagerechte gestrichelte Linien jeweils eine erste Fördermenge 46 bzw. 48, und eine zweite Fördermenge 50 bzw. 52 an. Dabei entsprechen die ersten Fördermengen 46 bzw. 48 der jeweiligen Leckage 38 und 40 des Einspritzventils 9, und die zweiten Fördermengen 50 bzw. 52 der jeweiligen Leckage 38 bzw. 40 plus der jeweiligen Steuermenge 42 bzw. 44.

[0039] Beide Balkendiagramme 30 und 32 veranschaulichen zusammen die der Erfindung zugrunde liegende Bilanz. Man erkennt, dass die Leckage 40 beispielsweise eines "alten" Einspritzventils 9 stärker ist, als die Leckage 38 eines "neuen" Einspritzventils 9. Die Steuer mengen 42 und 44 sind dagegen gleich. Daher werden die Steuer mengen 42 bzw. 44 dazu verwendet, um in einem ersten Messintervall 60 (siehe die nachfolgenden Figuren 3 und 4) eine definierte Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 13 zu ermöglichen. In einem zweiten Messintervall 62 (siehe die nachfolgenden Figuren 3 und 4) werden dagegen keine Steuer mengen 42 bzw. 44 aus dem Druckspeicher 13 entnommen. In beiden Messintervallen 60 und 62 erfolgt jedoch eine Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 13 als Folge der Leckagen 38 bzw. 40. Mittels einer Differenzbildung der jeweils in dem ersten und dem zweiten Messintervall 60 und 62 entnommenen Kraftstoffmenge kann auf die jeweilige Steuermenge 42 bzw. 44 geschlossen werden. Daraus kann auf den Zustand des Drucksensors 14 geschlossen werden.

[0040] Falls die verfahrensgemäß nach einer bestimmten Betriebsdauer ermittelte Steuermenge 44 von der im Neuzustand ermittelten Steuermenge 42 abweicht, so wird - wegen der vorausgesetzten guten Reproduzierbarkeit der Steuer mengen 42 und 44 - erfindungsgemäß angenommen, dass die Ursache dafür ein nicht korrekt geregelter Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 ist.

[0041] Für den Fall, dass - bei einem scheinbar korrekt geregelten Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 - die Steuermenge 44 größer als die Steuermenge 42 ist, wird angenommen, dass der Drucksensor 14 einen zu niedrigen Kraftstoffdruck im Druckspeicher 13 anzeigt, das heißt, der tatsächliche Kraftstoffdruck ist größer. Für den Fall, dass - bei einem scheinbar korrekt geregelten Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 13 - die Steuermenge 44 kleiner als die Steuermenge 42 ist, wird angenommen, dass der Drucksensor 14 einen zu hohen Kraftstoffdruck im Druckspeicher 13 anzeigt, das heißt, der tatsächliche Kraftstoffdruck ist kleiner.

[0042] Figur 3 zeigt einen ersten Satz von Diagrammen (A) bis (D) über einer auf der Abszisse eingetragenen Zeit t. In einem in der Zeichnung unteren Bereich sind Ansteuersignale 58 dargestellt, welche durch eine Amplitude "1" jeweils ein erstes Messintervall 60 definie-

ren. Durch die Amplitude "0" wird zu jedem ersten Messintervall 60 ein zweites Messintervall 62 definiert, welches jeweils unmittelbar an das erste Messintervall 60 angrenzt. Vorliegend ist eine jeweilige Dauer der ersten Messintervalle 60 in den Diagrammen (A) bis (D) verschieden. Die zweiten Messintervalle 62 weisen jeweils die gleiche Dauer auf wie die zugehörigen ersten Messintervalle 60. Abweichend von der Darstellung der Figur 3 können die ersten Messintervalle 60 - und entsprechend die zweiten Messintervalle 62 - auch die gleiche Dauer aufweisen. Dadurch kann das erfindungsgemäße Verfahren gegebenenfalls vereinfacht und die Genauigkeit erhöht werden.

[0043] In einem in der Zeichnung mittleren Bereich ist jeweils eine Betriebsgröße 64 der Druckregelung 19 des Kraftstoffeinspritzsystems 100 eingetragen. Die Betriebsgröße 64 charakterisiert eine Rate des aus dem Druckspeicher 13 entnommenen Kraftstoffs. In einem in der Zeichnung oberen Bereich ist ein jeweils zugehöriger Drucksollwert 66 eingetragen, welcher einen Parameter darstellt. Ein Kraftstoffdruck 68 wird in Abhängigkeit von dem Drucksollwert 66 geregelt.

[0044] Die in den Diagrammen (A) bis (D) in dem mittleren und dem oberen Bereich dargestellten Kurven weisen aus Gründen der zeichnerischen Darstellung teilweise einen vertikalen Versatz zueinander auf. Beispielsweise wird in der Figur 3 der Drucksollwert 66 schrittweise von Diagramm (A) zu Diagramm (D) größer, jedoch zeigen die zugehörigen Linien bzw. Kurven in der Zeichnung ein in etwa gleiches vertikales Maß. Außerdem sind die Betriebsgrößen 64 der jeweils zweiten Messintervalle 62 vertikal zueinander gleichgestellt, um einen besseren Vergleich zu den ersten Messintervallen 60 zu ermöglichen.

[0045] In dem ersten Messintervall 60 erfolgen jeweils periodisch mehrere Entnahmen von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 13. Dabei wird der Aktor 18 des Einspritzventils 9 bei jeder einzelnen Entnahme derart kurz angesteuert, dass das Einspritzventil 9 nicht bereits Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 einspritzt. Dadurch wird jeweils eine Steuermenge des Kraftstoffs zum Ansteuern eines Servoventils des Einspritzventils 9 aus dem Druckspeicher 13 entnommen und anschließend über einen Rücklauf wieder dem Kraftstoffeinspritzsystem 100 zugeführt. Dabei wird jedoch kein Beitrag zu einem Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 geleistet.

[0046] In dem zweiten Messintervall 62 erfolgt keine derartige Entnahme von Kraftstoff, das heißt, das Servoventil wird nicht zur Entnahme einer Steuermenge des Kraftstoffs betätigt. Die übrigen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine 1 in dem zweiten Messintervall 62 sollen jedoch den Betriebsbedingungen während des ersten Messintervalls 60 möglichst gleichen. Vorzugsweise folgen das erste und das zweite Messintervall 60 und 62 daher unmittelbar aufeinander.

[0047] Aus einer Differenz 70 der in dem jeweils ersten und zweiten Messintervall 60 und 62 ermittelten Betriebs-

größen 64 kann die während des ersten Messintervalls 60 zusätzlich entnommene Kraftstoffmenge bei der mindestens einen Entnahme ermittelt werden. Vorzugsweise wird die Differenz 70 aus Mittelwerten der Betriebsgrößen 64 während des ersten Messintervalls 60 und des zweiten Messintervalls 62 gebildet, um die Genauigkeit des Verfahrens zu erhöhen. Eine bestimmte Reihenfolge des ersten Messintervalls 60 und des zweiten Messintervalls 62 ist jedoch nicht erforderlich, das heißt, in den Diagrammen (A) bis (D) kann das "zweite" Messintervall 62 gegebenenfalls auch zeitlich vor dem zugehörigen ersten Messintervall 60 angeordnet sein.

[0048] Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders einfach und genau durchführbar, wenn es in einer Betriebsart der Brennkraftmaschine 1 durchgeführt wird, in der üblicherweise keine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 vorgesehen ist. Beispielsweise kann dies in einem Schubbetrieb der Brennkraftmaschine 1 erfolgen, in welchem für eine vergleichsweise lange Zeitspanne kein Kraftstoff eingespritzt wird. Es ist jedoch ebenso möglich, das Verfahren in einer Gaswechselphase während eines oder mehrerer Arbeitszyklen der Brennkraftmaschine 1 durchzuführen.

[0049] Figur 4 zeigt einen zweiten Satz von Diagrammen (E) bis (G) über der Zeit t, ähnlich zu den vier Diagrammen (A) bis (D) der Figur 3. Die Diagramme (E) bis (G) weisen, aufbauend auf den Drucksollwert 66 des Diagramms (D), ebenfalls schrittweise zunehmende Drucksollwerte 66 auf. Die Figur 4 ist somit eine Fortsetzung der Darstellung von Figur 3. Für die Details der Zeichnung gilt zu der Figur 3 Entsprechendes.

[0050] Man erkennt aus den Figuren 3 und 4, dass die Rate (Betriebsgröße 64) des aus dem Druckspeicher 13 entnommenen Kraftstoffs während der jeweils ersten Messintervalle 60 größer ist als während der jeweils zweiten Messintervalle 62. Dies ist durch die während der ersten Messintervalle 60 entnommenen Steuer mengen 42 bzw. 44 bedingt. Für beide Messintervalle 60 und 62 ist dagegen eine Leckage 38 bzw. 40 des Einspritzventils 9 in etwa gleich. Weiterhin ist zu erkennen, dass die Differenz 70 fortschreitend in den Diagrammen (A) bis (G) entsprechend dem jeweils höheren Drucksollwert 66 bzw. Kraftstoffdruck 68 größer wird. Daraus folgt, dass der Kraftstoffdruck 68 einen Parameter bei der Ermittlung der Steuermenge 42 bzw. 44 darstellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems (100) einer Brennkraftmaschine (1), bei dem unter Druck stehender Kraftstoff in einem Druckspeicher (13) bereit gestellt und ein in dem Druckspeicher (13) vorliegender Kraftstoffdruck (68) mittels einer Druckregelung (19) geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Messintervall (60) mindestens eine Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (13) erfolgt, und dass

- in einem zweiten Messintervall (62) keine derartige Entnahme von Kraftstoff aus dem Druckspeicher (13) erfolgt, und dass in dem ersten und in dem zweiten Messintervall (62) jeweils eine Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19) ermittelt wird, und dass aus den ermittelten Betriebsgrößen (64) der Druckregelung (19), insbesondere aus einer Differenz (70) der ermittelten Betriebsgrößen (64), die während des ersten Messintervalls (60) entnommene Kraftstoffmenge bei der mindestens einen Entnahme ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Entnahme von Kraftstoff erfolgt, indem ein Servoventil eines Einspritzventils (9) der Brennkraftmaschine (1) derart angesteuert wird, dass eine Steuermenge (42, 44) des Kraftstoffs entnommen wird, bei welcher das Einspritzventil (9) nicht bereits Kraftstoff in einen Brennraum (4) der Brennkraftmaschine (1) einspritzt.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein bzw. das Servoventil eines bzw. des Einspritzventils der Brennkraftmaschine (1) in dem ersten Messintervall (60) mehrfach zur Entnahme einer Steuermenge (42, 44) angesteuert wird, wobei die Ansteuerung vorzugsweise periodisch erfolgt.
 4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es in einer Betriebsart der Brennkraftmaschine (1) durchgeführt wird, in der üblicherweise keine Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum (4) der Brennkraftmaschine (1) vorgesehen ist, insbesondere in einem Schubbetrieb und/oder einer Gaswechselphase.
 5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die nachfolgenden Schritte aufweist:
 - (200a) der Kraftstoffdruck (68) in dem Druckspeicher (13) wird während des ersten und des zweiten Messintervalls (60, 62) mittels der Druckregelung (19) auf einen jeweils gleichen Drucksollwert (66) geregelt;
 - (200b) das Einspritzventil (9) wird während des ersten Messintervalls (60) so angesteuert, dass eine Steuermenge (42, 44) des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher (13) entnommen wird, wobei das Einspritzventil (9) nicht bereits Kraftstoff in den Brennraum (4) einspritzt;
 - (200c) während der Ansteuerung des Einspritzventils (9) wird ein erster Wert der Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19), insbesondere eine Stellgröße (25) eines Druckreglers und/oder einer Zumesseinrichtung (22) und/oder eines Druckregelventils (14a) ermittelt;
 - (200d) das Einspritzventil (9) wird während des zweiten Messintervalls (62) so angesteuert, dass keine Steuermenge (42, 44) des Kraftstoffs aus dem Druckspeicher (13) entnommen wird;
 - (200e) es wird ein zweiter Wert der Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19) ermittelt;
 - (200f) es wird eine Differenz (70) zwischen dem ersten Wert und dem zweiten Wert der Betriebsgröße (64) ermittelt; und
 - (200g) die Differenz (70) wird mit einer in einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung (15) der Brennkraftmaschine (1) gespeicherten Differenz (70), welche unter vergleichbaren Bedingungen ermittelt wurde, verglichen, und daraus auf einen Zustand eines Drucksensors (14) geschlossen.
 6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** gelegentlich und/oder periodisch Werte der Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19) in dem ersten und dem zweiten Messintervall (60, 62) ermittelt werden, und dass diese Werte mit in einem Neuzustand des Kraftstoffeinspritzsystems (100) und/oder des Einspritzventils (9) und/oder des Drucksensors (14) in dem ersten und dem zweiten Messintervall (60, 62) erfassten Werten verglichen werden, und dass aus dem Vergleich auf einen Zustand des Drucksensors (14) geschlossen wird.
 7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsgröße (64) der Druckregelung (19) bei verschiedenen Kraftstoffdrücken (68) und/oder bei verschiedenen Kraftstofftemperaturen und/oder verschiedenen Kraftstoffsorten und/oder mit verschiedenen Ansteuerdauern für das Einspritzventil (9) bzw. das Servoventil des Einspritzventils (9) ermittelt wird.
 8. Verfahren zur Herstellung eines Einspritzventils (9), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Servoventil des Einspritzventils (9) derart angesteuert wird, dass eine Steuermenge (42, 44) eines Kraftstoffs entnommen wird, bei welcher das Einspritzventil (9) nicht bereits Kraftstoff absetzt, und dass die entnommene Steuermenge (42, 44) ermittelt und in Abhängigkeit von einem Kraftstoffdruck (68) und/oder einer Kraftstofftemperatur und/oder einer Kraftstoffsorte und/oder einer Ansteuerdauer für das Einspritzventil (9) bzw. das Servoventil des Einspritzventils (9) in einem Kennfeld (28) gespeichert wird.
 9. Computerprogramm (26), **dadurch gekennzeichnet, dass** es dazu programmiert ist, ein Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden An-

sprüche auszuführen.

10. Steuer- und/oder Regeleinrichtung (15) einer Brennkraftmaschine (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** auf ihr ein Computerprogramm (26) nach Anspruch 9 ablauffähig ist. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

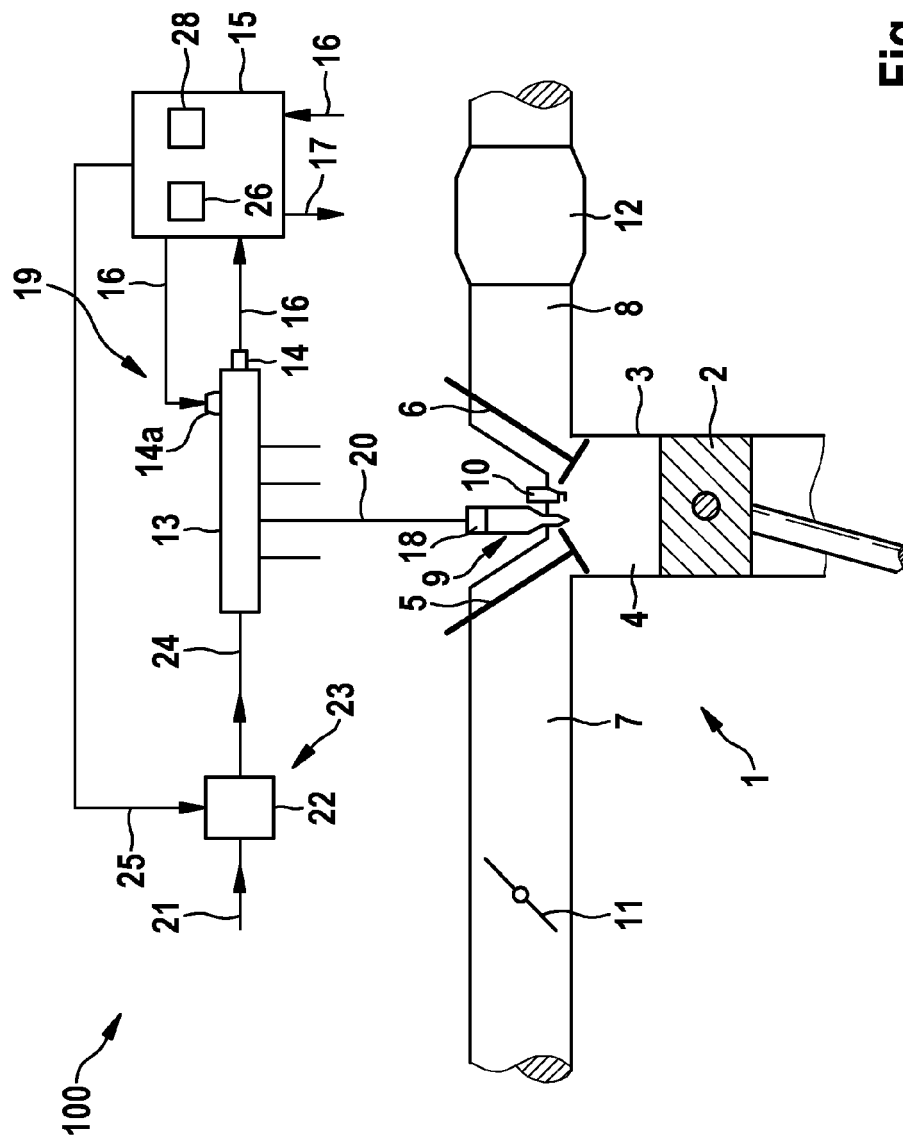


Fig. 1

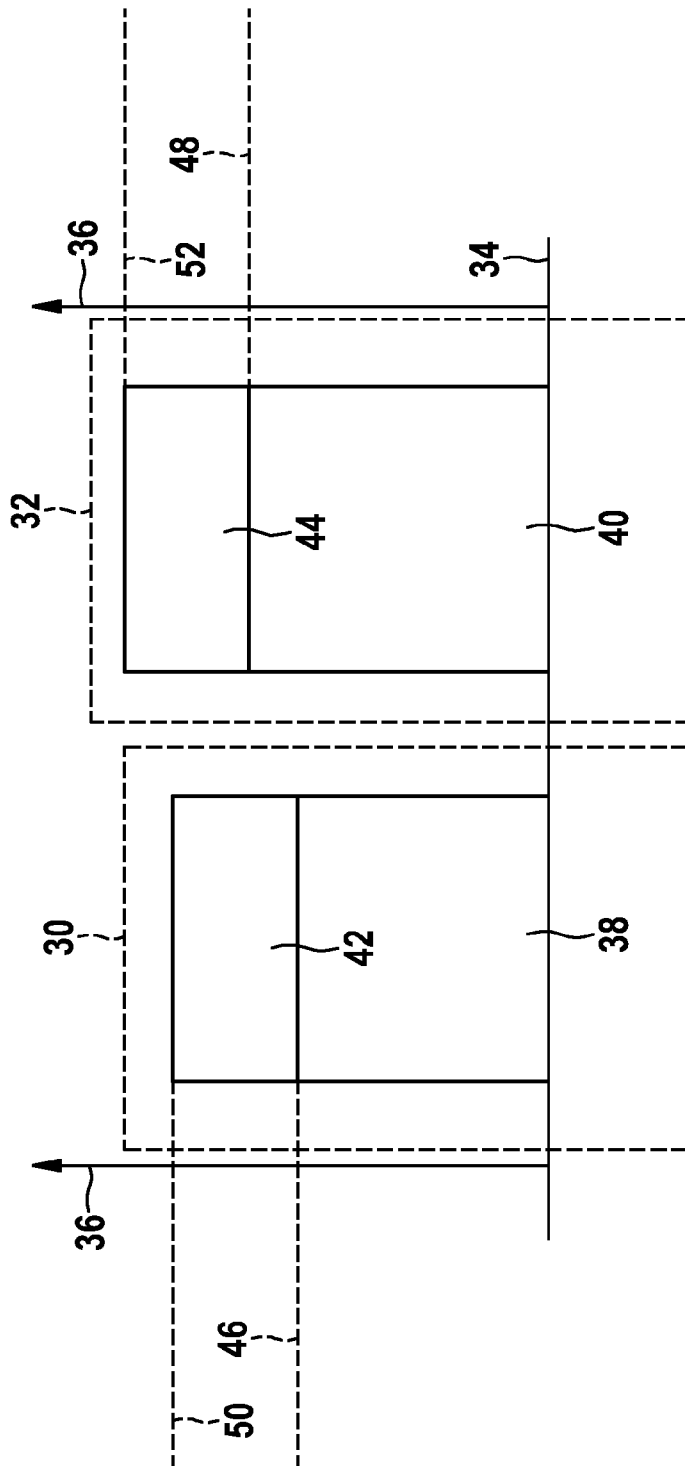


Fig. 2

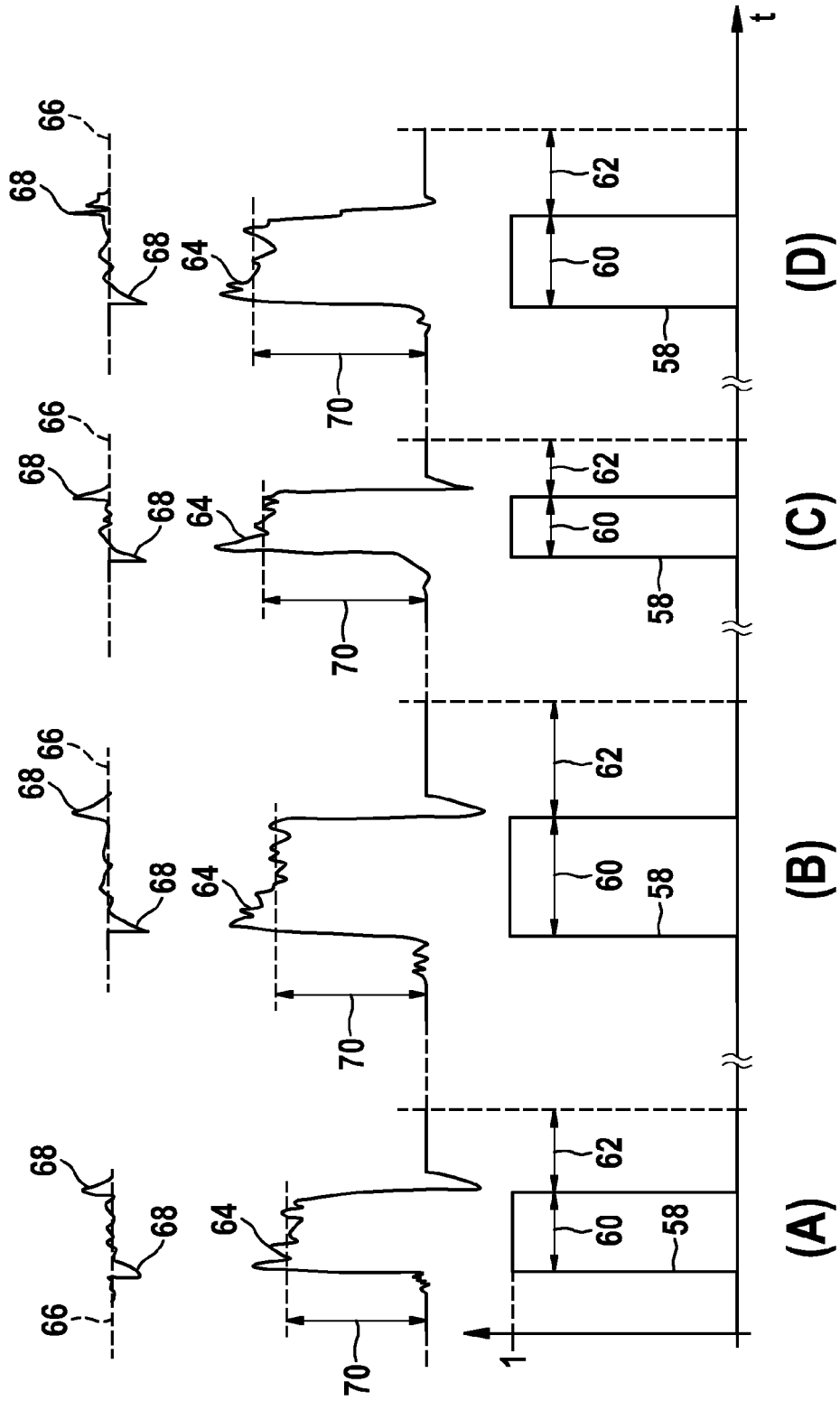


Fig. 3

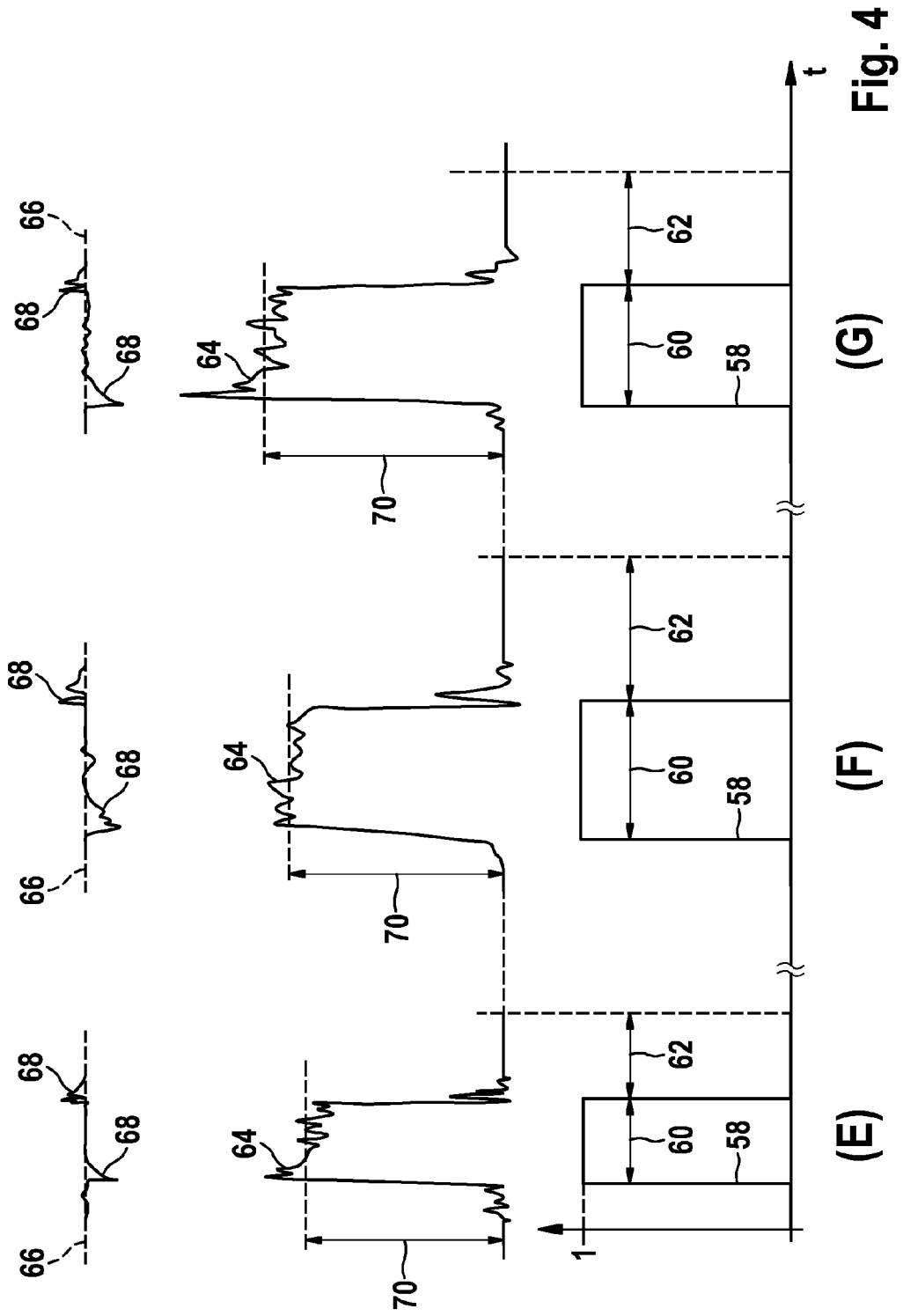


Fig. 4

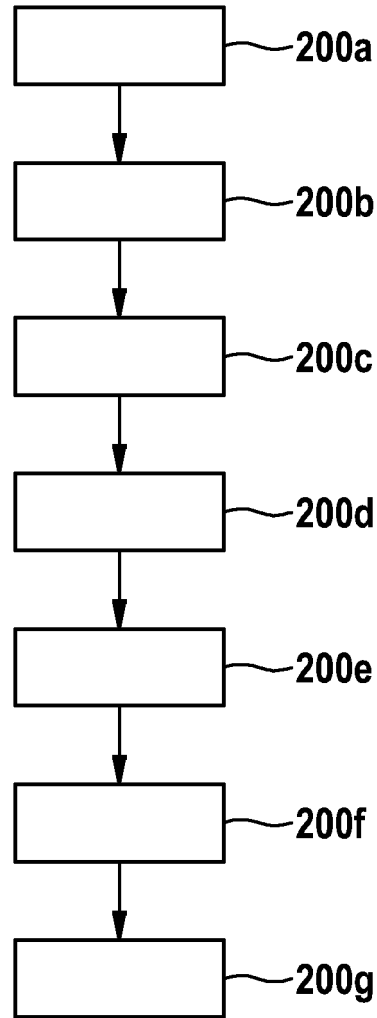


Fig. 5