



(19)

Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 432 903 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.07.2008 Patentblatt 2008/31

(51) Int Cl.:
F02D 41/22 (2006.01) **F02D 41/20 (2006.01)**
F02D 41/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02760109.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2002/002785

(22) Anmeldetag: **26.07.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/031788 (17.04.2003 Gazette 2003/16)

(54) VERFAHREN SOWIE STEUER- UND/ODER REGELGERÄT ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE MIT PIEZOELEKTRISCH BETÄTIGTEN KRAFTSTOFFEINSPIRZVENTILEN

METHOD AND CONTROL AND REGULATING DEVICE FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH PIEZOELECTRICALLY ACTUATED FUEL INJECTION VALVES

PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMMANDE ET/OU REGLAGE POUR FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A SOUPAPES D'INJECTION DE CARBURANT A ACTIONNEMENT PIEZO-ELECTRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT

- **JOOS, Klaus**
74399 Walheim (DE)
- **FRENZ, Thomas**
86720 Nördlingen (DE)
- **MUELLER, Klaus**
71679 Asperg (DE)
- **AMLER, Markus**
71229 Leonberg-Gebersheim (DE)

(30) Priorität: **28.09.2001 DE 10148221**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 711 903 **DE-A- 19 810 525**
US-A- 5 816 220

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.2004 Patentblatt 2004/27

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **REISCHL, Rolf**
70499 Stuttgart (DE)

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 eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem der Kraftstoff über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, deren Ventilelement von einem Piezoaktor bewegt wird, direkt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt, und bei dem die Funktion des Piezoaktors überwacht und eine Fehlfunktion erkannt wird.

[0002] Ein solches Verfahren ist aus der DE 198 54 306 A1 bekannt. In dieser ist eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung beschrieben, welche einen Piezoaktor umfasst und welche in eine Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung (BDE) eingebaut ist. Bei einer solchen Brennkraftmaschine ist jedem Brennraum eine eigene Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zugeordnet. Über die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kann der Kraftstoff so in den entsprechenden Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt werden, dass er in diesem, je nach gewünschter Betriebsart, geschichtet oder homogen verteilt vorliegt. Liegt er geschichtet vor, bedeutet dies, dass im Wesentlichen nur im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Kraftstoff-Luft-Gemisch vorliegt. In dieser Betriebsart ist die Luftzufuhr zum Brennraum im Wesentlichen vollständig entdrosselt.

[0003] Die Verwendung von Piezoaktoren hat den Vorteil, dass mit ihnen eine gewünschte Einspritzmenge mit hoher Genauigkeit eingespritzt werden kann. Dies gilt insbesondere für sehr kleine Einspritzmengen, wie sie bspw. bei einer Voreinspritzung oder bei der Aufteilung größerer Einspritzmengen in kleine Einzeleinspritzungen vorkommen.

[0004] Um eine Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum durchzuführen, wird eine elektrische Ladung in den Piezoaktor eingebracht. Dies Aufladung führt zu einer Längenänderung des Piezoaktors. Ein Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung und der Piezoaktor sind üblicherweise durch eine hydraulische Übersetzung miteinander gekoppelt. Zum Beenden der Einspritzung wird die Ladung wieder aus dem Piezoaktor abgeführt. Die Ansteuerung der Piezoaktoren der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen der jeweiligen Brennräume bzw. Zylinder einer Brennkraftmaschine erfolgt üblicherweise durch die Ansteuerung einer Endstufe, die sich in einem Steuergerät befindet. Das Steuergerät und der Piezoaktor sind über Leitungen miteinander verbunden, die mit Verbindungsmitteln lösbar mit der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung verbunden sind.

[0005] Bei einem solchen System kann der Fall eintreten, dass der Piezoaktor so angesteuert ist, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung geöffnet ist, und dass gleichzeitig aufgrund einer Fehlfunktion eine Änderung des Ladezustands des Piezoaktors und somit ein Schließen der Kraftstoff - Einspritzvorrichtung nicht mehr möglich ist. In der Folge würde dem entsprechenden Zylinder

ununterbrochen, also beispielsweise auch während der Verbrennungsphase und während des Ausstoßens der heißen Verbrennungsabgase, Kraftstoff zugeführt werden. Dies würde jedoch zu schweren Schäden, beispielsweise durch einen Kraftstoffsenschlag, an der Brennkraftmaschine und an einem Katalysator der Brennkraftmaschine führen.

[0006] Ein solcher Fehler kann bspw. bei einem Kabellbruch in der Verbindung zwischen dem Piezoaktor und dem Steuergerät auftreten. Des Weiteren kann dieser Fehler auftreten, wenn in dem Steuergerät ein Defekt auftritt. Ein solcher Defekt liegt bspw. bei einem fehlerhaften Endstufenschalter vor. Ferner tritt ein solcher Fehler auf, wenn sich die Steckverbindung am Steuergerät und/oder am Piezoaktor gelöst hat.

[0007] Solche Fehler können vom Steuergerät erkannt werden. In der DE 198 54 306 A1 wird vorgeschlagen, dass parallel zum Piezoaktor ein ohmscher Widerstand geschaltet ist, über den der Piezoaktor definiert entladen werden kann. Trotz dieser Maßnahme wurde jedoch festgestellt, dass nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dass doch noch soviel Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt, dass es dort zu einem Kraftstoffsenschlag kommen kann. Auch können Schädigungen des Katalysators aufgrund bspw. während des Ausstoßhubes noch in den Brennraum gelangenden Kraftstoffes nicht vollständig ausgeschlossen werden.

[0008] US 5,816,220 offenbart eine Reduktion der Kraftstoffzufuhr zum Rail oder eine Reduktion des Kraftstoffdrucks im Rail bei fehlerhaftem Injektor.

[0009] Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass bei ihm Schäden an der Brennkraftmaschine und am Katalysator mit höchster Sicherheit ausgeschlossen werden können, wenn eine Fehlfunktion des Piezoaktors erkannt wird.

[0010] Diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Vorteile der Erfindung

[0011] Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird verhindert, dass die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung weiterhin mit dem maximalen Kraftstoff-Massenstrom versorgt wird. Selbst dann, wenn sich das Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung noch für eine gewisse Zeit nicht in der geschlossenen Position befindet, wird durch die Reduktion des Kraftstoff-Massenstroms der mögliche Kraftstoffeintrag in den Brennraum der Brennkraftmaschine reduziert. Je weniger Kraftstoff jedoch bei einer Fehlfunktion des Piezoaktors noch in den der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zugeordneten Brennraum gelangen kann, desto geringer ist das Risiko, dass es bspw. zu einem Kraftstoffsenschlag kommt oder dass unverbrannter Kraftstoff zum Katalysator in einer solchen Menge transportiert wird, dass er dort zu Schäden führen kann.

[0012] Es wird vorgeschlagen, dass der Kraftstoff von

mindestens einer Kraftstoffpumpe in einen Hochdruckbereich gefördert wird, an den die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung angeschlossen ist, und dass bei einer erkannten Fehlfunktion des Piezoaktors der Druck im Hochdruckbereich abgesenkt wird. Eine solche Maßnahme ist innerhalb einer äußerst geringen Reaktionszeit möglich. Da der Kraftstoff-Massenstrom unmittelbar von der Druckdifferenz zwischen dem Hochdruckbereich und dem Brennraum abhängt, kann so der Kraftstoff-Massenstrom sofort nach Erkennen der Fehlfunktion reduziert werden. Dabei kann der Druck im Hochdruckbereich der Kraftstoffpumpe dann, wenn eine Vorförderpumpe vorhanden ist, auf den Vorförderdruck, oder er kann auf Umgebungsdruck abgesenkt werden.

[0013] Es wird der Piezoaktor bei einer erkannten Fehlfunktion in eine Sicherheitsposition gebracht und der Druck im Hochdruckbereich dann wieder auf ein normales Niveau angehoben wird, wenn der Piezoaktor in der Sicherheitsposition ist. Auf diese Weise wird es ermöglicht, dass die Brennkraftmaschine mit jenen Brennräumen, deren Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen noch normal funktionieren, in einem Notlaufbetrieb weiterbetrieben werden kann. Ist die Brennkraftmaschine bspw. in ein Kraftfahrzeug eingebaut, kann so in einem Notlaufbetrieb die nächste Werkstatt angefahren werden. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Das Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kann aus einer fehlerhaft geöffneten Stellung durch ein Entladen des Piezoaktors auf besonders einfache Art und Weise in eine geschlossene Sicherheitsposition gebracht werden. Ein solches Entladen des Piezoaktors ist bspw. durch die in der DE 198 54 306 A1 offenbarten Vorrichtungen möglich. Auch in der DE 197 11 903 A1 sind entsprechende Möglichkeiten offenbart. Der Inhalt beider Druckschriften wird daher hiermit ausdrücklich auch zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht.

[0014] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass bei einer erkannten Fehlfunktion des Piezoaktors die Kraftstoffverbindung zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung hin unterbrochen wird. Dies ist bspw. durch den Einbau eines Absperrenvents zwischen dem Hochdruckbereich und der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung möglich. Eine solche vollständige Unterbrechung der Kraftstoffverbindung zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung hin stellt sicher, dass auch bei in geöffneter Position blockiertem Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung kein Kraftstoff mehr in den entsprechenden Brennraum gelangt. Das Risiko, dass es hier zu Schädigungen der Brennkraftmaschine kommt, ist somit besonders gering.

[0015] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm zur Durchführung des obigen Verfahrens. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory oder einem Ferrit-RAM, abgespeichert ist.

[0016] Die Erfindung betrifft auch ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei das Steuer- und/oder Regelgerät einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

[0017] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine, mit mindestens einer Kraftstoffpumpe, mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche den Kraftstoff direkt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzt, und deren Ventilelement an einen Piezoaktor gekoppelt ist, und mit Mitteln, mit denen eine Fehlfunktion des Piezoaktors erkannt werden kann.

[0018] Bei dem Hochdruckbereich handelt es sich bei Brennkraftmaschinen mit Benzin-Direkteinspritzung im Allgemeinen um eine Kraftstoff-Sammelleitung, welche auch als "Rail" bezeichnet wird. In sie wird der Kraftstoff von einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe unter hohem Druck gefördert. Der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung wird, ggf. neben anderen Maßnahmen, durch ein Drucksteuerventil eingestellt. Wird nun eine Fehlfunktion eines Piezoaktors einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung gemeldet, kann über das Drucksteuerventil der Druck aus dem Hochdruckbereich sofort abgelassen werden.

[0019] Die erfindungsgemäßen Vorteile sind somit erzielbar, ohne dass zusätzliche Komponenten installiert werden müssen. Der Druckabbau im Hochdruckbereich kann auch noch dadurch unterstützt werden, dass die Förderung des Kraftstoffs von der Kraftstoffpumpe zum Hochdruckbereich unterbrochen wird. Dies ist durch die Ansteuerung eines üblicherweise vorhandenen Mengensteuerventils leicht realisierbar.

[0020] Vorteilhaft ist auch, wenn die Brennkraftmaschine eine Ventileinrichtung umfasst, mit der die Kraftstoffverbindung zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung hin unterbrochen werden kann. Eine solche Ventileinrichtung kann beispielsweise zwischen dem Hochdruckbereich und der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung angeordnet sein. Sie bietet eine besonders hohe Sicherheit gegenüber Schäden der Brennkraftmaschine bei in geöffneter Stellung wenigstens zeitweise blockiertem Piezoaktor.

[0021] Ferner wird bevorzugt, wenn die Brennkraftmaschine eine Einrichtung umfasst, mit der bei einer erkannten Fehlfunktion des Piezoaktors eine im Piezoaktor gespeicherte elektrische Ladung abgeführt werden kann. Auch hierzu wird auf die DE 198 54 306 A1 und die DE 197 11 903 A1 verwiesen.

[0022] Insbesondere umfasst die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art.

Zeichnung

[0023] Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipskizze einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche wiederum einen Piezoaktor aufweist;
- Figur 2 ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine von Fig. 1 darstellt;
- Figur 3 ein Diagramm, in dem ein Fehlerzustand des Piezoaktors der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Brennkraftmaschine von Fig. 1 über der Zeit aufgetragen ist;
- Figur 4 ein Diagramm, in dem der Ladezustand des Piezoaktors der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung der Brennkraftmaschine von Fig. 1 über der Zeit dargestellt ist;
- Figur 5 ein Diagramm, in dem der Druck in einer Kraftstoff-Sammelleitung der Brennkraftmaschine von Fig. 1 über der Zeit dargestellt ist; und
- Figur 6 ein Diagramm, in dem die Schaltstellung eines Absperrventils der Brennkraftmaschine von Fig. 1 über der Zeit dargestellt ist.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0024] Eine Brennkraftmaschine trägt in Fig. 1 insgesamt das Bezugssymbol 10. Sie umfasst mehrere Brennräume, von denen in Fig. 1 nur einer mit dem Bezugssymbol 12 dargestellt ist. Diesem wird Verbrennungsluft über ein Einlassventil 14 und ein Ansaugrohr 16 zugeführt. Die Verbrennungsabgase werden aus dem Brennraum 12 über ein Auslassventil 18 und ein Abgasrohr 20 abgeleitet.

[0025] Kraftstoff wird dem Brennraum 12 über eine direkt am Brennraum 12 angeordnete Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 zugeführt. Die Zündung des im Brennraum 12 vorhandenen Kraftstoff-Luft-Gemisches erfolgt durch eine Zündkerze 23, welche mit einem Zündsystem 25 verbunden ist. Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 umfasst einen Piezoaktor 24, der mit einem Ventilelement (nicht dargestellt) der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 gekoppelt ist. An den Piezoaktor 24 ist ein ohmscher Widerstand 27 angeschlossen. Über eine Hochdruck-Kraftstoffleitung 26 ist die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 mit einer Kraftstoff-Sammelleitung 28 ("Rail") verbunden. Zwischen der Kraftstoff-Sammelleitung 28 und der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 ist in der Hochdruck-Kraftstoffleitung 26 ein Absperrventil 30 angeordnet.

[0026] Der Kraftstoff-Sammelleitung 28 wird der Kraftstoff von einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe 32 zugeführt. Im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 10 ist der Kraftstoff in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 unter hohem Druck gespeichert. Die zugeführte Kraftstoffmenge wird dabei durch ein Mengensteuerventil 34 eingestellt.

Dieses kann während eines Fördertaktes der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 32 deren Arbeitsraum (nicht dargestellt) mit einer Niederdruck-Kraftstoffleitung 36 verbinden. Während der Öffnungsdauer des Mengensteuerventils 34 gelangt somit kein Kraftstoff von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 32 zur Kraftstoff-Sammelleitung 28. Der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 wird von einem Drucksteuerventil 38 eingestellt. Dieses ist über eine Rücklaufleitung 40 mit einem Kraftstoff-Behälter 42 verbunden. Eine elektrische Kraftstoffpumpe 44 fördert den Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter 42 in die Niederdruck-Kraftstoffleitung 36 und weiter zur Hochdruck-Kraftstoffpumpe 32.

[0027] Die Brennkraftmaschine 10 umfasst auch ein Steuer- und Regelgerät 46. Dieses steuert die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22, das Zündsystem 25, das Absperrventil 30, das Mengensteuerventil 34 und das Drucksteuerventil 38 an. Der Betrieb der Brennkraftmaschine 10 wird vom Steuer- und Regelgerät gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Verfahren gesteuert. Dieses ist als Computerprogramm im Steuer- und Regelgerät 46 gespeichert.

[0028] Das Verfahren beginnt in einem Startblock 48. Im Block 50 wird die Funktion des Piezoaktors 24 überwacht. Dabei können Fehlfunktionen des Piezoaktors 24 erkannt werden. Zu solchen Fehlfunktionen gehört bspw. ein Bruch der Verbindung zwischen dem Piezoaktor 24 und dem Steuer- und Regelgerät 46. Auch ein Defekt im Steuergerät selbst, welcher zu einer Fehlfunktion des Piezoaktors 24 führt, kann im Block 50 erkannt werden.

[0029] Eine Fehlfunktion des Piezoaktors 24 kann im Block 50 bspw. dadurch erfasst werden, dass regelmäßig der Entladestrom des Piezoaktors 24 beim Schließvorgang gemessen wird. Ist die Verbindung zwischen Piezoaktor 24 und Steuer- und Regelgerät 46 bspw. durch einen Kabelbruch oder durch ein abgefallenes Kabel unterbrochen, ist der gemessene Entladestrom Null, so dass die hieraus resultierende Fehlfunktion des Piezoaktors 24 sofort erkannt werden kann.

[0030] Wird eine Fehlfunktion des Piezoaktors 24 erkannt, werden parallel drei Maßnahmen durchgeführt: Zum einen wird das Absperrventil 30 geschlossen (Block 52). Ferner wird eine ggf. noch im Piezoaktor 24 gespeicherte elektrische Ladung über den ohmschen Widerstand 27 abgeleitet (Block 54). Schließlich werden im Block 56 das Drucksteuerventil 38 und das Mengensteuerventil 34 so angesteuert, dass der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 schlagartig absinkt.

[0031] Wie aus den Fign. 3 - 6 ersichtlich ist, wird durch diese Maßnahmen eine hohe Sicherheit gegenüber einem unbeabsichtigten Kraftstoffeintrag in den Brennraum 12 bei einer Fehlfunktion des Piezoaktors 24 geschaffen. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, dauert es eine gewisse Zeit, bis die Ladung vom Piezoaktor 24 abgeführt ist (vgl. Fig. 4). Dies hängt damit zusammen, dass der ohmsche Widerstand 27 so ausgelegt werden muss, dass im normalen Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ohne Fehlfunktion des Piezoaktors 24 die Ladung im Pie-

zoaktor 24 so ausreichend rasch aufgebaut werden kann, dass eine entsprechende rasche Betätigung des Piezoaktors 24 und des mit ihm gekoppelten Ventilelementes möglich ist.

[0032] Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, ist durch die Ansteuerung des Mengensteuerventils 34 und des Drucksteuerventils 38 eine Absenkung des Drucks in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 innerhalb eines Zeitraums möglich, welcher deutlich kürzer ist als der Zeitraum, welcher für den Abbau der Ladung im Piezoaktor 24 benötigt wird. Somit ist auch dann, wenn die Ladung aus dem Piezoaktor 24 noch nicht vollständig abgeleitet und somit das Ventil der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 noch nicht vollständig geschlossen ist, gewährleistet, dass, wenn überhaupt, nur noch wenig Kraftstoff in den Brennraum 12 der Brennkraftmaschine 10 gelangen kann. Dies wird noch unterstützt durch das Schließen des Absperrventils 30 (Fig. 6), durch welches die Kraftstoffzufuhr zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 vollständig unterbrochen wird. Die Reduktion des Kraftstoff-Massenstroms zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 hin erfolgt bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel also redundant.

[0033] In Fig. 2 wird im Block 58 geprüft, ob die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 vollständig geschlossen ist. Unter Kenntnis der Entladungskurve von Fig. 4 kann bspw. nach einem bestimmten Zeitablauf davon ausgegangen werden, dass der Piezoaktor 24 vollständig entladen und sich somit das Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 in der vollständig geschlossenen Position befindet. Ist die Antwort im Block 58 "Ja", werden im Block 60 das Mengensteuerventil 34 und das Drucksteuerventil 38 wieder so angesteuert, dass sich in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 der normale Betriebsdruck aufbaut (vgl. Fig. 5). Das Verfahren endet in einem Endblock 62.

[0034] Der rasche Wiederaufbau des Drucks in der Kraftstoff-Sammelleitung 28 dann, wenn die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 in der geschlossenen Stellung ist, ermöglicht es, die Brennkraftmaschine 10 in einem Notlaufbetrieb weiterzubetreiben. In diesem Fall können nämlich die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen der anderen Brennräume (in Fig. 2 nicht dargestellt) weiterbetrieben werden, solange bei diesen keine Fehlfunktion festgestellt wird.

[0035] Es versteht sich, dass die in Fig. 2 in den Blöcken 52 und 56 durchgeführten Maßnahmen (Schließen des Absperrventils 30 und Absenken des Drucks in der Kraftstoff-Sammelleitung 28) nicht unbedingt beide erforderlich sind, um das Risiko einer Beschädigung der Brennkraftmaschine 10 im Fall einer Fehlfunktion des Piezoaktors 24 zu reduzieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem der Kraftstoff über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22), deren Ventilelement

ment von einem Piezoaktor (24) bewegt wird, direkt in mindestens einen Brennraum (12) der Brennkraftmaschine (10) gelangt, und bei dem die Funktion des Piezoaktors (24) überwacht und eine Fehlfunktion erkannt wird (50), wobei bei einer erkannten Fehlfunktion (50) des Piezoaktors (24) der Kraftstoff-Massenstrom zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) reduziert wird (52, 56), wobei der Kraftstoff von mindestens einer Kraftstoffpumpe (32, 44) in einen Hochdruckbereich (28) gefördert wird, an den die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer erkannten Fehlfunktion (50) des Piezoaktors (24) der Druck im Hochdruckbereich (28) abgesenkt wird (56), und dass der Piezoaktor (24) bei einer erkannten Fehlfunktion (50) in eine Sicherheitsposition gebracht (54) und der Druck im Hochdruckbereich (28) dann wieder auf ein normales Niveau angehoben wird (60), wenn der Piezoaktor (24) in der Sicherheitsposition ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventilelement der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) aus einer fehlerhaft geöffneten Stellung durch ein Entladen des Piezoaktors (24) in eine geschlossene Sicherheitsposition gebracht wird (54).
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer erkannten Fehlfunktion (50) des Piezoaktors (24) die Kraftstoffverbindung zur Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) hin unterbrochen wird (52).
- 35 4. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es alle Schritte des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchführt, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.
- 40 5. Computerprogramm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory oder einem Ferrit-RAM, abgespeichert ist.
- 45 6. Steuer- und/oder Regelgerät (46) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 4 oder 5 abgespeichert ist.
- 50 7. Brennkraftmaschine (10), mit mindestens einer Kraftstoffpumpe (32, 44), mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22), welche den Kraftstoff direkt in mindestens einen Brennraum (24) der Brennkraftmaschine (10) einspritzt, und deren Ventilelement an einen Piezoaktor (24) gekoppelt ist, und mit Mitteln (46), mit denen eine Fehlfunktion des Piezoaktors (24) erkannt werden kann, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät (46) nach Anspruch 6 umfasst.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine (10), in which method fuel is passed directly into at least one combustion chamber (12) of the internal combustion engine (10) by means of at least one fuel injection device (22) whose valve element is moved by a piezoelectric actuator (24), and in which method the functioning of the piezoelectric actuator (24) is monitored and a malfunction is detected (50), wherein, in the event of a malfunction of the piezoelectric actuator (24) being detected (50), the fuel mass flow to the fuel injection device (22) is reduced (52, 56), with the fuel being fed by at least one fuel pump (32, 44) into a high-pressure region (28) to which the fuel injection device (22) is connected, **characterized in that**, in the event of a malfunction of the piezoelectric actuator (24) being detected (50), the pressure in the high-pressure region (28) is reduced (56), and **in that**, in the event of a malfunction being detected (50), the piezoelectric actuator (24) is placed into a safety position (54) and the pressure in the high-pressure region (28) is then raised to a normal level again (60) when the piezoelectric actuator (24) is in the safety position.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve element of the fuel injection device (22) is moved from an erroneously open position into a closed safety position (54) by means of a discharge of the piezoelectric actuator (24).
3. Method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that**, in the event of a malfunction of the piezoelectric actuator (24) being detected (50), the fuel connection to the fuel injection device (22) is blocked (52).
4. Computer program, **characterized in that** said computer program carries out all the steps of the method according to one of the preceding claims when executed on a computer.
5. Computer program according to Claim 4, **characterized in that** said computer program is stored on a memory, in particular on a flash memory or on a ferrite RAM.
6. Control and/or regulating unit (46) for operating an internal combustion engine (10), **characterized in that** said control and/or regulating unit (46) comprises a memory on which is stored a computer program according to one of Claims 4 or 5.

7. Internal combustion engine (10), having at least one fuel pump (32, 44), having at least one fuel injection device (22) which injects the fuel directly into at least one combustion chamber (24) of the internal combustion engine (10) and whose valve element is coupled to a piezoelectric actuator (24), and having means (46) with which a malfunction of the piezoelectric actuator (24) can be detected, **characterized in that** said internal combustion engine (10) comprises a control and/or regulating unit (46) according to Claim 6.

Revendications

1. Procédé de gestion d'un moteur à combustion interne (10) selon lequel le carburant arrive directement dans au moins une chambre de combustion (12) du moteur à combustion interne (10) par au moins un dispositif d'injection de carburant (22) dont l'élément d'injecteur est déplacé par un actionneur piézo-électrique (24), et selon lequel on surveille le fonctionnement de l'actionneur piézo-électrique (24) et on détecte un défaut de fonctionnement (50), et en cas de défaut de fonctionnement (50) détecté de l'actionneur piézo-électrique (24), on réduit le débit massique de carburant vers le dispositif d'injection de carburant (22) (52, 56), le carburant étant fourni par au moins une pompe à carburant (32, 44) à une zone haute pression (28) à laquelle est relié le dispositif d'injection de carburant (22), **caractérisé en ce qu'** en cas de détection de défaut de fonctionnement (50) de l'actionneur piézo-électrique (24), on diminue la pression dans la zone haute pression (28) et en cas de défaut de fonctionnement (50) détecté, l'actionneur piézo-électrique (24) est mis dans une position de sécurité (54) et on relève la pression dans la zone haute pression (28) de nouveau à un niveau normal lorsque l'actionneur piézo-électrique (24) est dans la position de sécurité.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément d'injecteur du dispositif d'injection de carburant (22) est conduit d'une position ouverte, défectueuse par la décharge de l'actionneur piézo-électrique (24) dans une position de sécurité, fermée (54).
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'** en cas de défaut de fonctionnement (50) de l'actionneur piézo-électrique (24), détecté, on coupe (52) la liaison de carburant vers le dispositif d'injection de carburant (22).

4. Programme d'ordinateur
caractérisé en ce qu'
 il exécute toutes les étapes du procédé selon l'une des revendications précédentes appliqué à un ordinateur. 5
5. Programme d'ordinateur selon la revendication 4,
caractérisé en ce qu'
 il est enregistré dans une mémoire, notamment dans une mémoire flash ou une mémoire RAM à ferrites. 10
6. Appareil de commande et/ou de régulation (46) pour la gestion d'un moteur à combustion interne (10),
caractérisé en ce qu'
 il comprend une mémoire sur laquelle est enregistré 15 un programme d'ordinateur selon l'une des revendications 4 ou 5.
7. Moteur à combustion interne (10) comportant au moins une pompe à carburant (32, 44), au moins un dispositif d'injection de carburant (22) qui injecte le carburant directement dans au moins une chambre de combustion (24) du moteur à combustion interne (10) et dont l'élément d'injecteur est couplé à un actionneur piézo-électrique (24) et des moyens (46) 25 permettant de détecter un défaut de fonctionnement de l'actionneur piézo-électrique (24),
caractérisé en ce qu'
 il comporte un appareil de commande et/ou de régulation (46) selon la revendication 6. 30

35

40

45

50

55

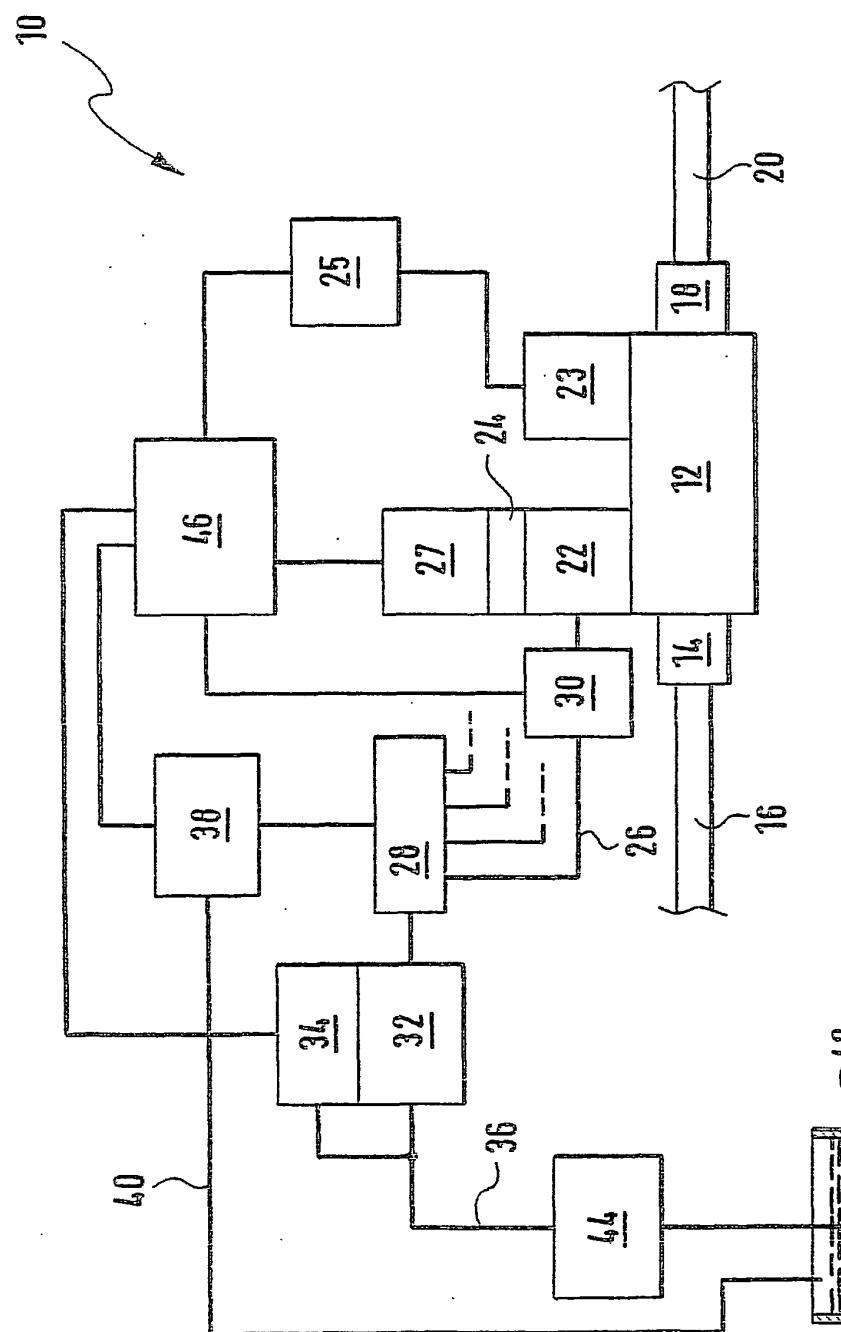


Fig. 1

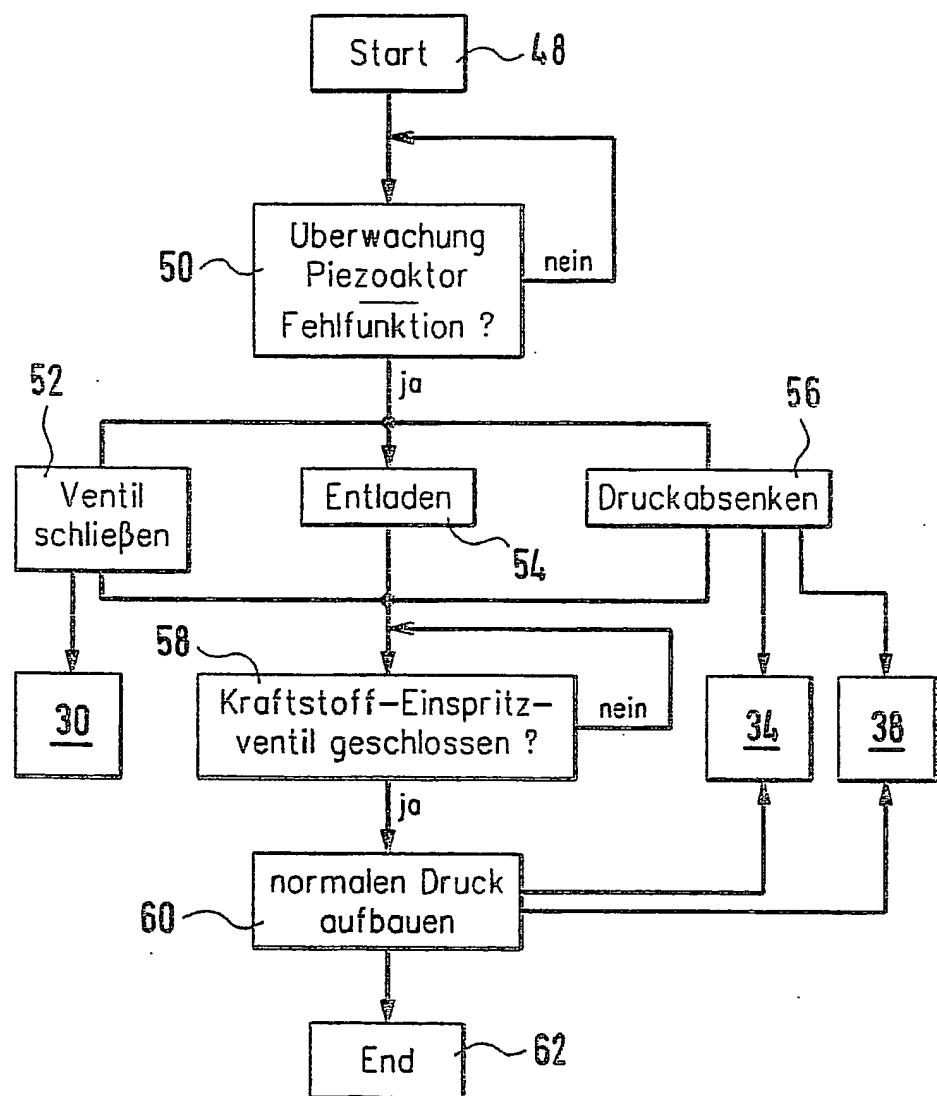


Fig. 2

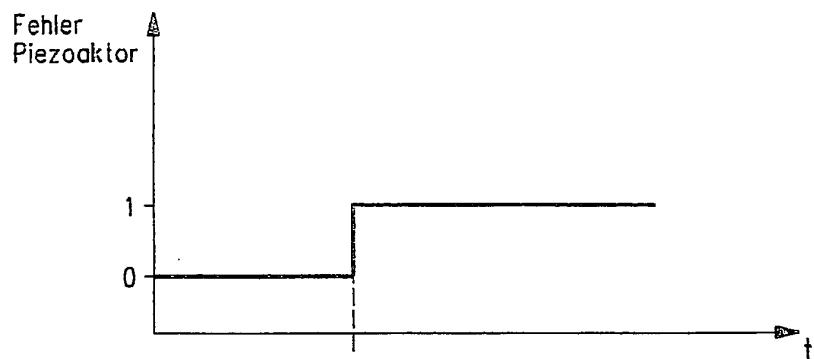


Fig. 3

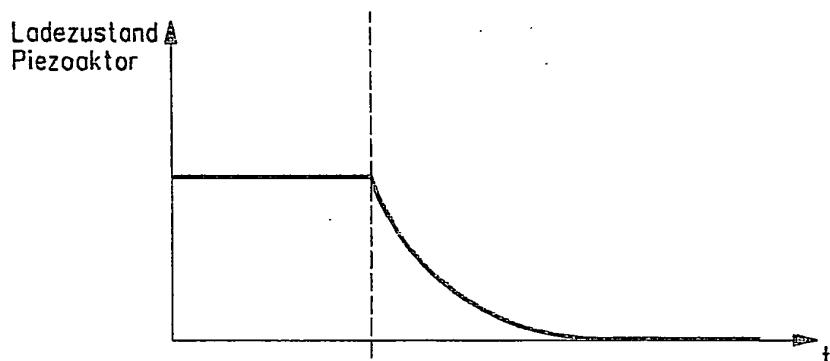


Fig. 4

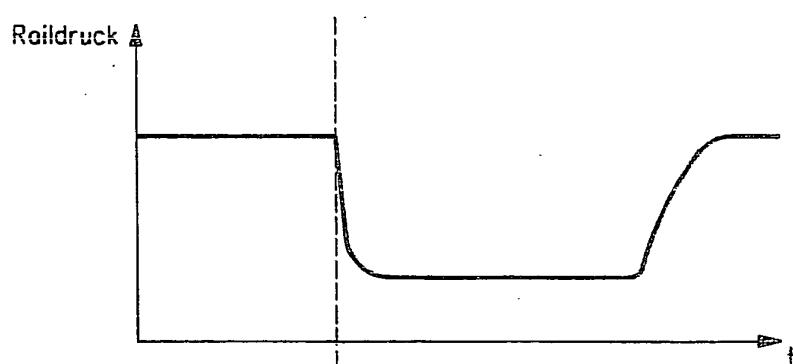


Fig. 5

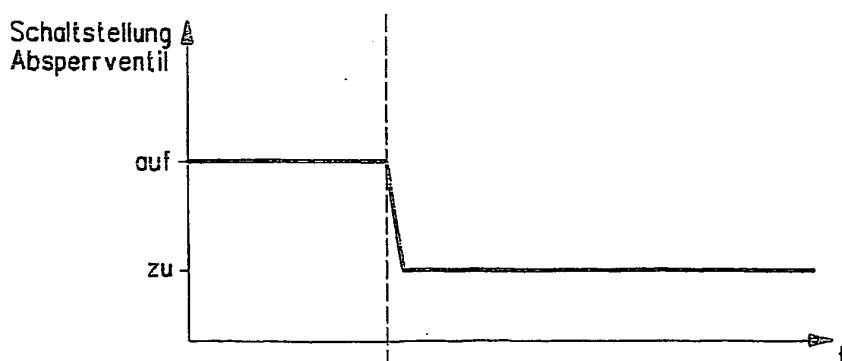


Fig. 6

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 19854306 A1 [0002] [0007] [0013] [0021]
- US 5816220 A [0008]
- DE 19711903 A1 [0013] [0021]