



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.04.2002 Patentblatt 2002/17**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/30, F02D 41/38,  
F02D 41/06**

(21) Anmeldenummer: **01119971.8**

(22) Anmeldetag: **18.08.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

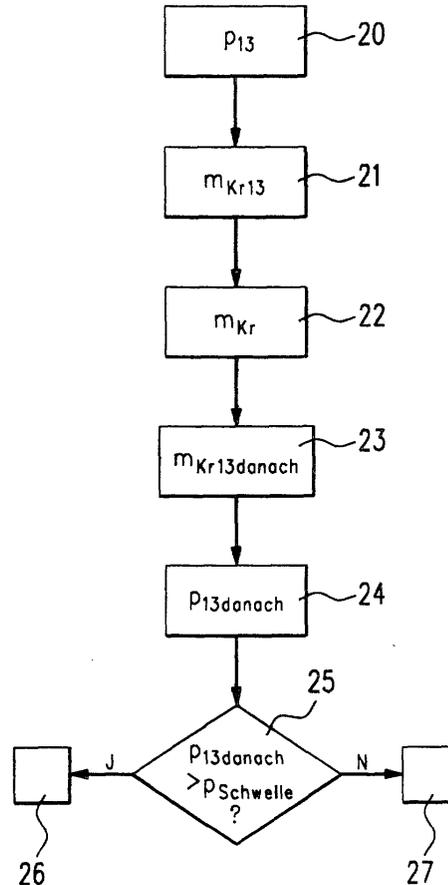
(72) Erfinder:  
• **Joos, Klaus**  
**74399 Walheim (DE)**  
• **Frenz, Thomas, Dr.**  
**86720 Noerdlingen (DE)**  
• **Grass, Gerd**  
**71701 Schwieberdingen (DE)**  
• **Bochum, Hansjoerg, Dr.**  
**Novi, MI 48377 (US)**

(30) Priorität: **21.10.2000 DE 10052344**

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

(54) **Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine**

(57) Es wird eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs beschrieben, die mit einem Steuergerät versehen ist. Beim Starten der Brennkraftmaschine wird ein Druck auf den Kraftstoff ausgeübt. Der Kraftstoff wird in einem Schichtbetrieb während einer Verdichtungsphase oder in einem Homogenbetrieb während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum eingespritzt. Durch das Steuergerät wird der am Ende oder nach einer Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) ermittelt. Durch das Steuergerät wird in Abhängigkeit von diesem Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) der Schichtbetrieb ausgeschlossen oder zugelassen.



**Fig. 2**

## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem ein Druck auf den Kraftstoff ausgeübt wird, und bei dem der Kraftstoff in einem Schichtbetrieb während einer Verdichtungsphase oder in einem Homogenbetrieb während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum eingespritzt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine entsprechende Brennkraftmaschine, ein entsprechendes Steuergerät sowie ein entsprechendes Computerprogramm für eine derartige Brennkraftmaschine.

**[0002]** Ein derartiges Verfahren, eine derartige Brennkraftmaschine, ein derartiges Steuergerät sowie ein derartiges Computerprogramm sind beispielsweise von einer sogenannten Benzin-Direkteinspritzung bekannt. Dort wird der Kraftstoff über Einspritzventile während der Ansaugphase oder während der Verdichtungsphase direkt in den Brennraum eingespritzt und dort verbrannt. Für die Einspritzung wird der Kraftstoff in einem vorgelagerten Kraftstoffspeicher mit einem Druck beaufschlagt. Dies stellt denjenigen Druck dar, der auf den Kraftstoff einwirkt, und mit dem der Kraftstoff damit über die Einspritzventile in die Brennräume eingespritzt wird.

**[0003]** Beim Starten der Brennkraftmaschine muß insbesondere bei nicht-betriebswarmer Brennkraftmaschine eine erhöhte Kraftstoffmenge in den Brennraum eingespritzt werden. Dies hat zur Folge, daß sich der Druck in dem Kraftstoffspeicher wesentlich vermindern kann. Dieser Druckeinbruch wird noch dadurch verstärkt, daß beim Starten der Brennkraftmaschine der Druck im Kraftstoffspeicher gegebenenfalls noch nicht ausreichend vorhanden ist und auch nicht so schnell aufgebaut und aufrecht erhalten werden kann.

**[0004]** Für den Betrieb der Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb ist ein bestimmter, auf den Kraftstoff einwirkender Druck erforderlich. Dies ergibt sich daraus, daß in der Verdichtungsphase, während der im Schichtbetrieb der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird, im Brennraum der Kompressionsdruck stark ansteigt. Wird nun der Kompressionsdruck während der Einspritzung größer als der auf den Kraftstoff einwirkende Druck, so hat dies die unerwünschte Folge, daß der einzuspritzende Kraftstoff in den Druckspeicher zurückgeblasen wird.

**[0005]** Aufgrund des beschriebenen Druckeinbruchs beim Starten der Brennkraftmaschine kann ein derartiges Zurückblasen gerade beim Startvorgang besonders schnell auftreten.

### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine zu schaffen, mit dem ein Zurückblasen von Kraftstoff in den Druckspei-

cher sicher vermieden wird.

**[0007]** Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der am Ende oder nach einer Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ermittelt wird, und daß in Abhängigkeit von diesem Druck der Schichtbetrieb ausgeschlossen oder zugelassen wird. Bei einer Brennkraftmaschine, einem Steuergerät und einem Computerprogramm der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß entsprechend gelöst.

**[0008]** Es wird also gezielt der auf den Kraftstoff einwirkende Druck berechnet, der am Ende oder nach einer Einspritzung noch vorhanden ist. Diese Berechnung wird für jede einzelne Einspritzung individuell durchgeführt. In Abhängigkeit von diesem ermittelten Druck wird dann entschieden, ob das Risiko eines Zurückblasens von Kraftstoff vorhanden ist, und ob deshalb der Schichtbetrieb ausgeschlossen werden muß oder zugelassen werden kann.

**[0009]** Auf diese Weise wird für jede einzelne Einspritzung gewährleistet, daß danach nur dann in den Schichtbetrieb umgeschaltet werden kann, wenn der auf den Kraftstoff einwirkende Druck groß genug ist. Ist dies nicht der Fall, wird ein Umschalten in den Schichtbetrieb ausgeschlossen oder wird ein vorhandener Schichtbetrieb abgeschaltet.

**[0010]** Ein unerwünschtes Zurückblasen von Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher wird damit sicher verhindert.

**[0011]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird aus dem vor oder am Anfang der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkenden Druck eine vor der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher vorhandene Kraftstoffmasse ermittelt. Dies wird auf der Grundlage einer Gleichung durchgeführt, die die Kompressibilität des Kraftstoffs berücksichtigt.

**[0012]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird aus der vor der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher vorhandenen Kraftstoffmasse und aus der einzuspritzenden Kraftstoffmasse eine nach der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher vorhandene Kraftstoffmasse ermittelt. Dies wird mittels einer Differenzbildung durchgeführt.

**[0013]** Danach wird aus der nach der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher vorhandenen Kraftstoffmasse der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ermittelt. Dies wird wiederum mit Hilfe der vorgenannten Gleichung durchgeführt.

**[0014]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck mit einem Schwellwertdruck verglichen wird. Der Schwellwertdruck entspricht dabei etwa demjenigen Druck, der erforderlich ist, damit der Schichtbetrieb durchgeführt werden kann.

**[0015]** Danach wird der Schichtbetrieb ausgeschlossen, wenn der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck kleiner ist als der Schwellwertdruck.

**[0016]** Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Computerprogramms, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist das Computerprogramm insbesondere auf einem Mikroprozessor ablauf-  
fähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. In diesem Fall wird also die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so daß dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist. Das Computerprogramm kann auf einem elektrischen Speichermedium abgespeichert sein, beispielsweise auf einem Flash-Memory oder einem Read-Only-Memory.

**[0017]** Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

##### **[0018]**

Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine, und

Figur 2 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine der Figur 1.

**[0019]** In der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar 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.

**[0020]** Im Bereich des Einlaßventils 5 und des Auslaßventils 6 ragen ein Einspritzventil 9 und eine Zündkerze 10 in den Brennraum 4. Über das Einspritzventil 9 kann Kraftstoff in den Brennraum 4 eingespritzt werden. Mit der Zündkerze 10 kann der Kraftstoff in dem Brennraum 4 entzündet werden.

**[0021]** 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 unterge-

bracht, der der Reinigung der durch die Verbrennung des Kraftstoffs entstehenden Abgase dient.

**[0022]** Das Einspritzventil 9 ist Über eine Druckleitung mit einem Kraftstoffspeicher 13 verbunden. In entsprechender Weise sind auch die Einspritzventile der anderen Zylinder der Brennkraftmaschine 1 mit dem Kraftstoffspeicher 13 verbunden. Der Kraftstoffspeicher 13 wird über eine Zuführleitung mit Kraftstoff versorgt. Hierzu ist eine elektrische und/oder mechanische Kraftstoffpumpe vorgesehen, die dazu geeignet ist, den erwünschten Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 aufzubauen.

**[0023]** Weiterhin ist an dem Kraftstoffspeicher 13 ein Drucksensor 14 angeordnet, mit dem der Druck in dem Kraftstoffspeicher 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 3 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt wird.

**[0024]** Im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 wird Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher 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 3 erzeugt, durch die die Kolben 2 in eine Hin- und Herbewegung versetzt werden. Diese Bewegungen werden auf eine nicht-dargestellte Pleuellwelle übertragen und üben auf diese ein Drehmoment aus.

**[0025]** Ein Steuergerät 15 ist von Eingangssignalen 16 beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 15 mit dem Drucksensor 14, einem Luftmassensensor, einem Lambda-Sensor, einem Drehzahlsensor und dergleichen verbunden. Des weiteren ist das Steuergerät 15 mit einem Fahrpedalsensor verbunden, der ein Signal erzeugt, das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals und damit das angeforderte Drehmoment angibt. Das Steuergerät 15 erzeugt Ausgangssignale 17, mit denen über Aktoren bzw. Stellern das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 beeinflußt werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 15 mit dem Einspritzventil 9, der Zündkerze 10 und der Drosselklappe 11 und dergleichen verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale.

**[0026]** Unter anderem ist das Steuergerät 15 dazu vorgesehen, die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 zu steuern und/oder zu regeln. Beispielsweise wird die von dem Einspritzventil 9 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse von dem Steuergerät 15 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 15 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Flash-Memory ein Computerprogramm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/

oder Regelung durchzuführen.

**[0027]** Die Brennkraftmaschine 1 der Figur 1 kann in einer Mehrzahl von Betriebsarten betrieben werden. So ist es möglich, die Brennkraftmaschine 1 in einem Homogenbetrieb, einem Schichtbetrieb, einem homogenen Magerbetrieb, einem Betrieb mit Doppelein-spritzung und dergleichen zu betreiben.

**[0028]** Im Homogenbetrieb wird der Kraftstoff während der Ansaugphase von dem Einspritzventil 9 direkt in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt. Der Kraftstoff wird dadurch bis zur Zündung noch weitgehend verwirbelt, so daß im Brennraum 4 ein im wesentlichen homogenes Kraftstoff/Luft-Gemisch entsteht. Das zu erzeugende Moment wird dabei im wesentlichen über die Stellung der Drosselklappe 11 von dem Steuergerät 15 eingestellt. Im Homogenbetrieb werden die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 derart gesteuert und/oder geregelt, daß Lambda gleich oder zumindest ungefähr gleich Eins ist. Der Homogenbetrieb wird insbesondere bei Vollast angewendet.

**[0029]** Der homogene Magerbetrieb entspricht weitgehend dem Homogenbetrieb, es wird jedoch das Lambda auf einen Wert größer Eins eingestellt.

**[0030]** Im Schichtbetrieb wird der Kraftstoff während der Verdichtungsphase von dem Einspritzventil 9 direkt in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt. Damit ist bei der Zündung durch die Zündkerze 10 kein homogenes Gemisch im Brennraum 4 vorhanden, sondern eine Kraftstoffsichtung. Die Drosselklappe 11 kann, abgesehen von Anforderungen z.B. der Abgasrückführung und/oder der Tankentlüftung, vollständig geöffnet und die Brennkraftmaschine 1 damit entdrosselt betrieben werden. Das zu erzeugende Moment wird im Schichtbetrieb weitgehend über die Kraftstoffmasse eingestellt. Mit dem Schichtbetrieb kann die Brennkraftmaschine 1 insbesondere im Leerlauf und bei Teillast betrieben werden.

**[0031]** Zwischen den genannten Betriebsarten der Brennkraftmaschine 1 kann hin- und her- bzw. umgeschaltet werden. Derartige Umschaltungen werden von dem Steuergerät 15 durchgeführt.

**[0032]** Wird die Brennkraftmaschine 1 nach einem längeren Stillstand gestartet, so wird insbesondere bei tiefen Temperaturen die in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wesentlich erhöht. Auf diese Weise wird nicht nur ein zündfähiges Luft/Kraftstoff-Gemisch im Brennraum 4 zur Verfügung gestellt, sondern es werden auch diejenigen Verluste an Kraftstoff ausgeglichen, die durch die Eintragung von Kraftstoff in das Motoröl und/oder durch den Aufbau eines Wandfilms aus Kraftstoff im Brennraum 4 entstehen.

**[0033]** Die während des Startens erforderliche große, einzuspritzende Kraftstoffmasse hat zur Folge, daß der Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 während der Einspritzdauer stark vermindert wird. Dies wird dadurch noch verstärkt, daß beim Starten der Brennkraftmaschine 1 die elektrische und/oder die mechanische Kraftstoffpumpe noch nicht in der Lage ist, schnell genug den

erforderlichen Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 zu erzeugen und aufrecht zu erhalten.

**[0034]** Sinkt der Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 ab, so besteht im Schichtbetrieb die Gefahr, daß während einer Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 der Kompressionsdruck in diesem Brennraum 4 größer wird als der eingebrochene Druck in dem Kraftstoffspeicher 13. Dies hätte dann die unerwünschte Folge, daß der einzuspritzende Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher 13 zurückgeblasen wird.

**[0035]** In der Figur 2 ist ein Verfahren dargestellt, mit dem von dem Steuergerät 15 derjenige Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 ermittelt wird, der dort nach einer Einspritzung noch vorhanden ist. Mit Hilfe dieses Drucks wird dann entschieden, ob die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb betrieben werden kann oder nicht. Dieses Verfahren ist dabei besonders für den Startvorgang der Brennkraftmaschine 1 geeignet, kann aber auch während des sonstigen Betriebs derselben zur Anwendung kommen.

**[0036]** In einem Schritt 20 wird mit Hilfe des Drucksensors 14 der Druck im Kraftstoffspeicher 13 gemessen. Diese Messung erfolgt dabei möglichst unmittelbar vor oder unmittelbar am Anfang der nächsten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 4.

**[0037]** In einem Schritt 21 wird mit Hilfe der Gleichung

$$p_{13} = p_0 + E_{Kr} \times (1 - \rho_{Kr} \times (V_{13} / m_{Kr13})) \quad (1)$$

mit

$p_{13}$  = Druck im Kraftstoffspeicher 13  
 $p_0$  = Umgebungsdruck  
 $E_{Kr}$  = Elastizitätsmodul des Kraftstoffs  
 $\rho_{Kr}$  = Dichte des Kraftstoffs  
 $V_{13}$  = Volumen des Kraftstoffspeichers 13  
 $m_{Kr13}$  = Kraftstoffmasse im Kraftstoffspeicher 13

aus dem gemessenen Druck im Kraftstoffspeicher 13 auf die in demselben vorhandene Kraftstoffmasse  $m_{Kr13}$  geschlossen. Hierzu wird der von dem Drucksensor 14 gemessene Druck als Druck  $p_{13}$  eingesetzt, um dann die Gleichung nach der Kraftstoffmasse  $m_{Kr13}$  aufzulösen. Der Umgebungsdruck, das Elastizitätsmodul des Kraftstoffs, die Dichte des Kraftstoffs und das Volumen des Kraftstoffspeichers 13 sind dabei bekannt oder können anderweitig gemessen oder berechnet werden.

**[0038]** In einem Schritt 22 wird - wie bereits erläutert wurde - aus den Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 von dem Steuergerät 15 die einzuspritzende Kraftstoffmasse  $m_{Kr}$  berechnet. Bei den Betriebsgrößen kann es sich um die Motortemperatur, die Umgebungstemperatur und dergleichen handeln.

**[0039]** In einem Schritt 23 wird diejenige Kraftstoffmasse  $m_{Kr13danach}$  berechnet, die nach der Einspritzung der Kraftstoffmasse  $m_{Kr}$  noch in dem Kraftstoffspeicher

13 vorhanden ist. Diese Berechnung erfolgt nach der Gleichung

$$m_{Kr13danach} = m_{Kr13} - m_{Kr} \quad (2).$$

**[0040]** Mit Hilfe der Gleichung (1) wird nunmehr in einem Schritt 24 der Druck  $p_{13danach}$  in dem Kraftstoffspeicher 13 unmittelbar am Ende oder unmittelbar nach der Einspritzung der Kraftstoffmasse  $m_{Kr}$  in den Brennraum 4 ermittelt. Dabei wird als Masse im Kraftstoffspeicher 13 nicht mehr die vor der Einspritzung vorhandene Kraftstoffmasse  $m_{Kr13}$ , sondern die nach der Einspritzung vorhandene Kraftstoffmasse  $m_{Kr13danach}$  verwendet. Die anderen Größen, also der Umgebungsdruck, das Elastizitätsmodul, udgl., sind wiederum entweder bekannt oder können anderweitig gemessen oder berechnet werden.

**[0041]** In einem Schritt 25 wird der Druck  $p_{13danach}$  in dem Kraftstoffspeicher 13 am Ende bzw. nach der Einspritzung mit einem Schwellwertdruck  $p_{Schwelle}$  verglichen. Der Schwellwertdruck  $p_{Schwelle}$  entspricht dabei etwa demjenigen Druck, der erforderlich ist, daß der Schichtbetrieb durchgeführt wird, ohne daß dabei das Risiko eines Zurückblasens von Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher 13 vorhanden ist.

**[0042]** Ist der Druck  $p_{13danach}$  größer als der Schwellwertdruck  $p_{Schwelle}$ , so bedeutet dies, daß noch genügend Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 vorhanden ist, um die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb zu betreiben. In diesem Fall wird deshalb in einem Schritt 26 der Schichtbetrieb zugelassen.

**[0043]** Ist der Druck  $p_{13danach}$  jedoch kleiner als der Schwellwertdruck  $p_{Schwelle}$ , so bedeutet dies, daß der Druck in dem Kraftstoffspeicher 13 nicht mehr ausreicht, um die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb zu betreiben. Insbesondere besteht in diesem Fall die Gefahr, daß aufgrund des größeren Kompressionsdrucks im Brennraum 4 der einzuspritzende Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher 13 zurückgeblasen wird. Dies wird dadurch verhindert, daß in diesem Fall in einem Schritt 27 der Schichtbetrieb ausgeschlossen wird.

**[0044]** Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren basiert die Entscheidung der Schritte 25, 26, 27 auf einer einzigen Einspritzung. Alternativ ist es möglich, dieses Verfahren auf mehrere Einspritzungen auszudehnen. Hierzu wird wie in der Figur 2 vorgegangen, jedoch werden nach dem Schritt 24 die Schritte 21 bis 24 wiederholt. Diese Wiederholung bezieht sich dann auf die nächste Einspritzung. Mittels vier derartiger Wiederholungen können beispielsweise vier Arbeitsspiele eines bestimmten Zylinders im Voraus berechnet werden. Das Ergebnis ist dann der Druck im Kraftstoffspeicher nach diesen vier Arbeitsspielen. Mit diesem Druck kann dann die Entscheidungsfindung der Schritte 25, 26, 27 durchgeführt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem ein Druck auf den Kraftstoff ausgeübt wird, und bei dem der Kraftstoff in einem Schichtbetrieb während einer Verdichtungsphase oder in einem Homogenbetrieb während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum (4) eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** der am Ende oder nach einer Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13danach}$ ) ermittelt wird, und daß in Abhängigkeit von diesem Druck ( $p_{13danach}$ ) der Schichtbetrieb ausgeschlossen oder zugelassen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der vor oder am Anfang der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13}$ ) von einem Drucksensor (14) gemessen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei ein Kraftstoffspeicher (13) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem vor oder am Anfang der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkenden Druck ( $p_{13}$ ) eine vor der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher (13) vorhandene Kraftstoffmasse ( $m_{Kr13}$ ) ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine einzuspritzende Kraftstoffmasse ( $m_{Kr}$ ) aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (1)
5. Verfahren nach den Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus der vor der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher (13) vorhandenen Kraftstoffmasse ( $m_{Kr13}$ ) und aus der einzuspritzenden Kraftstoffmasse ( $m_{Kr}$ ) eine nach der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher (13) vorhandene Kraftstoffmasse ( $m_{Kr13danach}$ ) ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus der nach der Einspritzung in dem Kraftstoffspeicher (13) vorhandenen Kraftstoffmasse ( $m_{Kr13danach}$ ) der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13danach}$ ) ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13danach}$ ) mit einem Schwellwertdruck ( $p_{Schwelle}$ ) verglichen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schichtbetrieb ausgeschlossen wird, wenn der am Ende oder nach der Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13danach}$ )

kleiner ist als der Schwellwertdruck ( $p_{\text{Schwelle}}$ ).

9. Computerprogramm für ein Steuergerät (15) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Computerprogramm zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 geeignet ist. 5
10. Computerprogramm nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Computerprogramm auf einem elektrischen Speichermedium, insbesondere auf einem Flash-Memory oder einem Read-Only-Memory abgespeichert ist. 10
11. Steuergerät (15) für eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei beim Starten der Brennkraftmaschine (1) ein Druck auf den Kraftstoff ausgeübt werden kann, und wobei der Kraftstoff in einem Schichtbetrieb während einer Verdichtungsphase oder in einem Homogenbetrieb während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum (4) einspritzbar ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch das Steuergerät (15) der am Ende oder nach einer Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) ermittelbar ist, und daß durch das Steuergerät (15) in Abhängigkeit von diesem Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) der Schichtbetrieb ausgeschlossen oder zugelassen werden kann. 15  
20  
25
12. Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs mit einem Steuergerät (15), wobei beim Starten der Brennkraftmaschine (1) ein Druck auf den Kraftstoff ausgeübt werden kann, und wobei der Kraftstoff in einem Schichtbetrieb während einer Verdichtungsphase oder in einem Homogenbetrieb während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum (4) einspritzbar ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch das Steuergerät (15) der am Ende oder nach einer Einspritzung auf den Kraftstoff einwirkende Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) ermittelbar ist, und daß durch das Steuergerät (15) in Abhängigkeit von diesem Druck ( $p_{13\text{danach}}$ ) der Schichtbetrieb ausgeschlossen oder zugelassen werden kann. 30  
35  
40

45

50

55

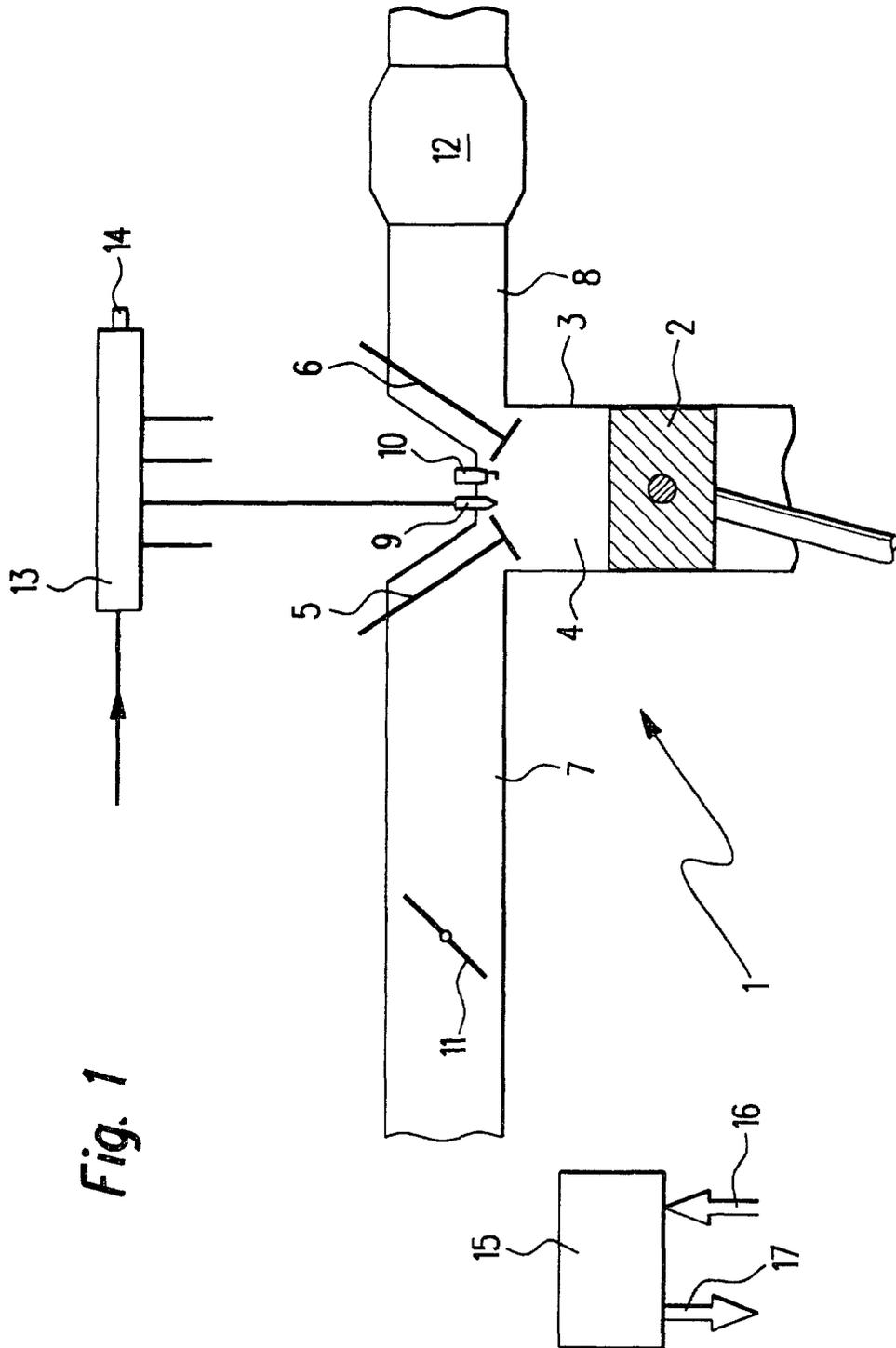
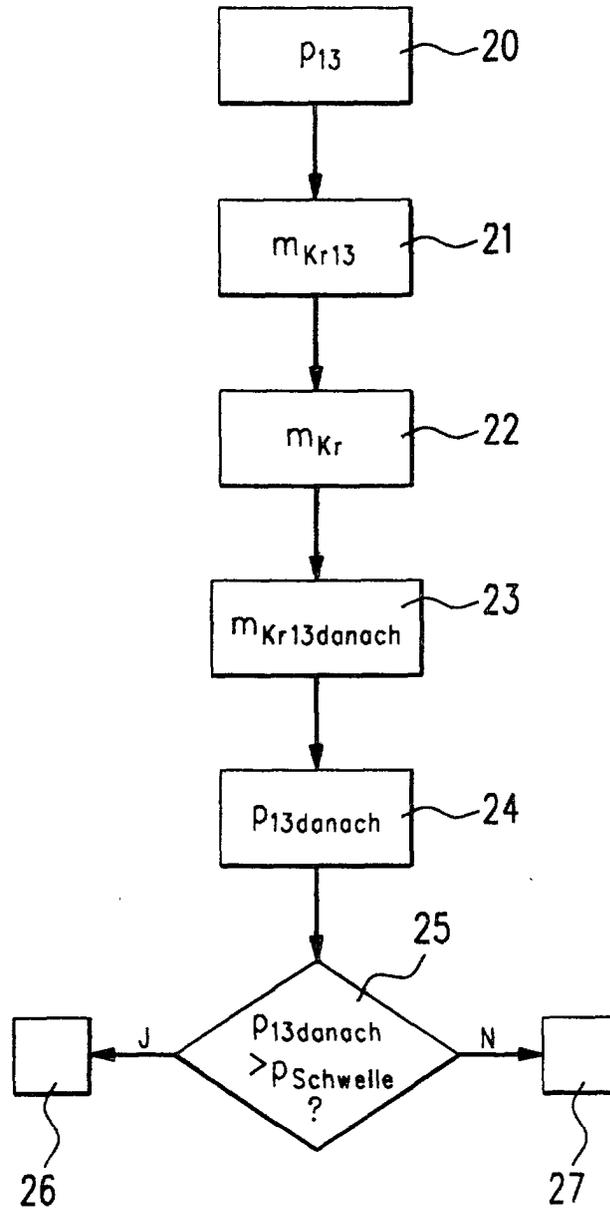


Fig. 1



*Fig. 2*