

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 090 221 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.09.2003 Patentblatt 2003/36

(51) Int Cl.7: **F02D 41/40**, F02D 41/06,
F02D 41/38

(21) Anmeldenummer: **99939317.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE99/01730

(22) Anmeldetag: **12.06.1999**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/067526 (29.12.1999 Gazette 1999/52)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE INSBESONDERE EINES KRAFTFAHRZEUGS**

METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, ESPECIALLY OF AN AUTOMOBILE

PROCEDE DE FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE, NOTAMMENT POUR UN VEHICULE AUTOMOBILE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(72) Erfinder: **BOCHUM, Hansjörg**
D-70771 Leinfelden (DE)

(30) Priorität: **20.06.1998 DE 19827609**

(56) Entgegenhaltungen:

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.04.2001 Patentblatt 2001/15

EP-A- 0 849 455 EP-A- 0 849 460
DE-A- 19 739 786 US-A- 4 785 786
US-A- 5 313 924

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

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1997, no. 10, 31. Oktober 1997 (1997-10-31) & JP 09 166039 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 24. Juni 1997 (1997-06-24)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 090 221 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem der für eine Verbrennung einzuspritzende Kraftstoff während einer Ansaugphase und während einer Verdichtungsphase direkt in einen Brennraum eingespritzt wird und bei dem der Druck ermittelt wird, mit dem der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Einspritzventil, mit dem der für eine Verbrennung einzuspritzende Kraftstoff während einer Ansaugphase und während einer Verdichtungsphase direkt in einen Brennraum einspritzbar ist, und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung des Startens der Brennkraftmaschine, und mit einem Drucksensor zur Messung des Drucks, mit dem der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird.

[0002] Ein System zur direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine ist bspw. aus der DE-A-197 39 786 bekannt.

[0003] Bei derartigen Systemen wird ein sogenannter Schichtbetrieb und ein sogenannter Homogenbetrieb unterschieden. Der Schichtbetrieb wird insbesondere bei kleineren Lasten verwendet, während der Homogenbetrieb bei größeren, an der Brennkraftmaschine anliegenden Lasten zur Anwendung kommt.

[0004] Im Schichtbetrieb wird der Kraftstoff während der Verdichtungsphase der Brennkraftmaschine in den Brennraum derart eingespritzt, daß sich im Zeitpunkt der Zündung eine Kraftstoffwolke in unmittelbarer Umgebung einer Zündkerze befindet. Diese Einspritzung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. So ist es möglich, daß die eingespritzte Kraftstoffwolke sich bereits während bzw. unmittelbar nach der Einspritzung bei der Zündkerze befindet und von dieser entzündet wird. Ebenfalls ist es möglich, daß die eingespritzte Kraftstoffwolke durch eine Ladungsbewegung zu der Zündkerze geführt und dann erst entzündet wird. Bei beiden Brennverfahren liegt keine gleichmäßige Kraftstoffverteilung vor, sondern eine Schichtladung.

[0005] Der Vorteil des Schichtbetriebs liegt darin, daß dort mit einer sehr geringen Kraftstoffmenge die anliegenden kleineren Lasten von der Brennkraftmaschine ausgeführt werden können. Größere Lasten können allerdings nicht durch den Schichtbetrieb erfüllt werden.

[0006] Im für derartige größere Lasten vorgesehenen Homogenbetrieb wird der Kraftstoff während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine eingespritzt, so daß eine Verwirbelung und damit eine Verteilung des Kraftstoffs in dem Brennraum noch ohne weiteres erfolgen kann. Insoweit entspricht der Homogenbetrieb etwa der Betriebsweise von Brennkraftmaschinen, bei denen in herkömmlicher Weise Kraftstoff in das Ansaugrohr eingespritzt wird. Bei Bedarf kann auch bei kleineren La-

sten der Homogenbetrieb eingesetzt werden.

[0007] Damit eine Einspritzung von Kraftstoff in der Verdichtungsphase der Brennkraftmaschine, also im Schichtbetrieb stattfinden kann, ist es ganz allgemein erforderlich, daß ein hoher Druck für diese Einspritzung vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, so besteht die Möglichkeit eines sogenannten Zurückblasens von verbranntem Gemisch der vorhergehenden Verbrennung sowie von angesaugter Verbrennungsluft aus dem Brennraum zurück in den Druckspeicher.

[0008] Nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine ist üblicherweise der für den Schichtbetrieb erforderliche hohe Druck nicht vorhanden. Aus diesem Grund kann beim Starten der Brennkraftmaschine nicht sofort in den Schichtbetrieb geschaltet werden, obwohl dies aus Gründen insbesondere der Kraftstoffeinsparung wünschenswert wäre.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine sowie eine Brennkraftmaschine zu schaffen, mit denen das beschriebene Zurückblasen ganz allgemein vermieden wird, und mit denen insbesondere ein möglichst kraftstoffsparendes Starten der Brennkraftmaschine möglich ist.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß beim Starten der Druck aufgebaut wird, daß der Kraftstoff während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck kleiner ist als ein vorgegebbarer Minimaldruck und daß der Kraftstoff während der Verdichtungsphase eingespritzt wird, wenn der Druck größer ist als der vorgebbare Minimaldruck. Bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß beim Starten der Druck aufgebaut wird, daß durch das Steuergerät der Kraftstoff während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck kleiner ist als ein vorgegebbarer Minimaldruck, und daß durch das Steuergerät der Kraftstoff während der Verdichtungsphase eingespritzt wird, wenn der Druck größer ist als der vorgebbare Minimaldruck.

[0011] Damit wird gewährleistet, daß bei einem zu niedrigen Druck nicht in den Schichtbetrieb geschaltet wird, sondern daß in diesem Fall die Brennkraftmaschine im Homogenbetrieb betrieben wird. Ganz allgemein und insbesondere beim Starten der Brennkraftmaschine wird auf diese Weise erreicht, daß ein Zurückblasen von verbranntem Gemisch aus dem Brennraum zurück in den Druckspeicher sicher vermieden wird. Gleichzeitig wird jedoch unter anderem beim Starten der Brennkraftmaschine aufgrund der Einspritzungen in der Ansaugphase und der daraus resultierenden ersten Zündungen der Brennkraftmaschine der Druck in dem Druckspeicher weiter vergrößert, so daß der genannte Druck relativ schnell anwächst und den für den Schichtbetrieb erforderlichen hohen Druck erreicht.

[0012] Hat beim Starten der Brennkraftmaschine der Druck in dem Druckspeicher den hohen Wert erreicht,

so wird die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb betrieben. Dies bringt den Vorteil der Kraftstoffeinsparung und Schadstoffreduktion.

[0013] Vorteilhaft ist es, wenn der Kraftstoff wieder während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck kleiner ist als ein vorgegebbarer Hysteresedruck, wobei der Hysteresedruck kleiner ist als der Minimaldruck. Auf diese Weise wird eine Hystere aufgebaut, die ein ständig aufeinanderfolgendes Hin- und Herschalten zwischen dem Schicht- und dem Homogenbetrieb im Bereich des Minimaldrucks sicher vermeidet.

[0014] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Druck, mit dem der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird, auf einen Maximaldruck gesteuert und/oder geregelt. Dies stellt eine Druckregelung des Drucks in dem Druckspeicher dar, mit der dieser Druck auf den Maximaldruck begrenzt wird.

[0015] Wichtig ist, daß das erfindungsgemäße Verfahren allgemein bei dem Betrieb der Brennkraftmaschine verwendet werden kann. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Starten der Brennkraftmaschine, insbesondere wenn die Drehzahl der Brennkraftmaschine kleiner ist als eine vorgebbare Startende-Schwelle. Durch dieser Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens während des Startens der Brennkraftmaschine kann ein aus einem anfänglichen Homogenbetrieb und nachfolgenden Schichtbetrieb kombinierter Startvorgang erzeugt werden, der die Nachteile des Homogenbetriebs, insbesondere dessen hoher Kraftstoffverbrauch, auf ein Minimum reduziert, und der gleichzeitig die Vorteile des Schichtbetriebs möglichst frühzeitig zur Geltung bringt.

[0016] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens abgespeichert, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein 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 For-

mulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

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

Figur 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Kraftstoffversorgungssystems für die Brennkraftmaschine der Figur 1, und

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms entsprechend einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0018] 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.

[0019] In dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 9 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 9.

[0020] Dem Zylinder 3 ist ein Einspritzventil 10 zugeordnet, mit dem Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt werden kann. Ebenfalls ist eine Zündkerze 11 dem Zylinder 3 zugeordnet, mit der der eingespritzte Kraftstoff entzündet werden kann.

[0021] In einem sogenannten Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 9 weit geöffnet. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 10 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 11 sowie zeitlich in geeignetem Abstand vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 11 der Kraftstoff entzündet, so daß der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

[0022] In einem sogenannten Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1 wird die Drosselklappe 9 in Abhängigkeit von der erwünschten, zugeführten Luftmasse teilweise geöffnet bzw. geschlossen. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 10 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff/Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 11 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

[0023] Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb

von dem Einspritzventil 10 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 12 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 12 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read-Only-Memory ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

[0024] Das Steuergerät 12 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 12 mit einem Luftmassensensor, einem Lambda-Sensor und einem Drehzahlsensor verbunden. Des weiteren ist das Steuergerät 12 mit einem Fahrpedalsensor verbunden, der ein Signal erzeugt, das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals angibt. Das Steuergerät 12 erzeugt Ausgangssignale, mit denen über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 entsprechend der erwünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflusst werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 12 mit dem Einspritzventil 10, der Zündkerze 11 und der Drosselklappe 9 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale.

[0025] In der Figur 2 ist ein Kraftstoffversorgungssystem 13 dargestellt, das für die Verwendung bei der Brennkraftmaschine 1 vorgesehen ist. Bei dem Kraftstoffversorgungssystem 13 handelt es sich um ein sogenanntes Common-Rail-System, das insbesondere bei einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung zur Anwendung kommt.

[0026] Das Kraftstoffversorgungssystem 13 weist einen Druckspeicher 14 auf, der mit einem Drucksensor 15 und einem Drucksteuerventil 16 versehen ist. Der Druckspeicher 14 ist über eine Druckleitung 17 mit einer Hochdruckpumpe 18 verbunden. In der Druckleitung 17 ist ein Umschaltventil 19 zwischengeschaltet, das in einem Normalzustand die Hochdruckpumpe 18 mit dem Druckspeicher 14 verbindet. Die Hochdruckpumpe 18 ist über eine Druckleitung 20 an das Drucksteuerventil 16 angeschlossen. Über eine Druckleitung 21 und ein Filter ist das Drucksteuerventil 16 und damit auch die Hochdruckpumpe 18 mit einer Kraftstoffpumpe 22 verbunden, die dazu geeignet ist, Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter 23 anzusaugen. Über eine Leitung 24 ist das Umschaltventil 19 mit dem Kraftstoffbehälter 23 verbunden.

[0027] Das Kraftstoffversorgungssystem 13 weist vier Einspritzventile 10 auf, die über Druckleitungen 25 mit dem Druckspeicher 14 verbunden sind. Die Einspritzventile 10 sind dazu geeignet, Kraftstoff in die Brennräume 4 der Brennkraftmaschine 1 einzuspritzen. Dort wird der Kraftstoff mittels der Zündkerzen 11 entzündet.

[0028] Mittels einer Signalleitung 26 ist der Drucksensor 15 mit dem Steuergerät 12 verbunden, an das des weiteren eine Mehrzahl anderer Signalleitungen als Ein-

gangsleitungen angeschlossen sind. Mittels einer Signalleitung 27 ist die Kraftstoffpumpe 22 und über eine Signalleitung 28 ist das Drucksteuerventil 16 mit dem Steuergerät 12 verbunden. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Hochdruckpumpe 18 mit dem Steuergerät 12 verbunden sein. Des weiteren sind die Einspritzventile 10 mittels Signalleitungen 29 an das Steuergerät 12 angeschlossen. Schließlich ist das Umschaltventil 19 über eine Signalleitung 30 mit dem Steuergerät 12 verbunden.

[0029] Der mit dem Drucksensor 15 gemessene und auf der Signalleitung 26 anliegende Druck in dem Druckspeicher 14 ist in der Figur 2 mit p_r bezeichnet. Bei diesem Druck p_r handelt es sich um denjenigen Druck, mit dem der Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt wird.

[0030] Der Kraftstoff wird von der Kraftstoffpumpe 2 aus dem Kraftstoffbehälter 23 zu der Hochdruckpumpe 18 gepumpt. Mit Hilfe der Hochdruckpumpe 18 wird in dem Druckspeicher 14 der Druck p_r erzeugt, der von dem Drucksensor 15 gemessen wird und durch eine entsprechende Betätigung des Drucksteuerventils 16 und/oder Steuerung der Kraftstoffpumpe 22 bzw. Hochdruckpumpe 18 auf einen gewünschten Wert eingestellt wird. Über die Einspritzventile 10 wird der Kraftstoff in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt.

[0031] Für die Bemessung der in den Brennraum 4 eingespritzten Kraftstoffmenge bzw. Kraftstoffmasse ist unter anderem der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 wesentlich. Je größer der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 ist, desto mehr Kraftstoff wird während derselben Einspritzzeit in den Brennraum 4 eingespritzt. Beispielsweise zur Erfüllung einer von der Brennkraftmaschine 1 geforderten vollen Last ist der genannte hohe Druck p_r in dem Druckspeicher 14 eine wesentliche Voraussetzung.

[0032] Ein hoher Druck p_r in dem Druckspeicher 14 ist ebenfalls erforderlich, wenn die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb betrieben werden soll, wenn also Kraftstoff in der Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt werden soll. Ist dabei kein ausreichend hoher Druck p_r in dem Druckspeicher 14 vorhanden, so tritt ein sogenanntes Zurückblasen auf, bei dem aufgrund der Verdichtungsphase und des daraus resultierenden Drucks in dem Brennraum 4 dort von der letzten Verbrennung verbliebenes verbranntes Gemisch der vorhergehenden Verbrennung sowie von angesaugter Verbrennungsluft aus dem Brennraum 4 in den Druckspeicher 14 zurückgedrückt wird. Nur wenn der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 größer ist als der bei der Verdichtungsphase entstehende Druck in dem Brennraum 4, findet tatsächlich eine Einspritzung von Kraftstoff aus dem Druckspeicher 14 in den Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 statt.

[0033] Ein derartiger hoher Druck p_r ist insbesondere nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine 1 üblicherweise nicht in dem Druckspeicher 14 vorhanden.

Aus diesem Grund kann beim Starten der Brennkraftmaschine 1 zumindest nicht ohne weiteres sofort in den Schichtbetrieb geschaltet werden.

[0034] Von dem Steuergerät 12 wird das nachfolgend anhand der Figur 3 beschriebene Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine 1 durchgeführt, das dazu vorgesehen ist, das Starten der Brennkraftmaschine zu steuern und/oder zu regeln. Es wird davon ausgegangen, daß die Brennkraftmaschine 1 sich im Stillstand befindet und der Druck p_r im Druckspeicher 14 gering ist.

[0035] Nachdem in einem Block 31 die Zündung eingeschaltet wird, wird in einem Block 32 das Drucksteuerventil 16 von dem Steuergerät 12 geschlossen und die Kraftstoffpumpe 18 wird eingeschaltet. Ebenfalls wird das Umschaltventil 19 derart gesteuert, daß der geförderte Kraftstoff von der Hochdruckpumpe 18 zu dem Druckspeicher 14 gelangt. Dies hat insgesamt zur Folge, daß der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 ansteigt. Solange die Zündung eingeschaltet und der Anlasser der Brennkraftmaschine 1 noch nicht betätigt ist, wird dieser sogenannte Vorlauf 33 aufrechterhalten.

[0036] Wird entsprechend einem Block 34 der Anlasser der Brennkraftmaschine 1 betätigt, so wird der genannte Vorlauf 33 abgebrochen, und es wird in einem Block 35 der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 gemessen. Danach wird in einem Block 36 der Druck p_r mit einem Minimaldruck p_{rmin} verglichen.

[0037] Bei dem Minimaldruck p_{rmin} handelt es sich um einen Druck, der mindestens erforderlich ist, damit die Brennkraftmaschine 1 in dem Schichtbetrieb betrieben werden kann. Der Minimaldruck p_{rmin} ist also zumindest gleich oder größer als derjenige Druck, bei dem ein Zurückblasen aus dem Brennraum 4 in den Druckspeicher stattfinden würde. Der Minimaldruck p_{rmin} liegt etwa in einem Bereich von etwa 8 bar bis etwa 15 bar. Der Minimaldruck p_{rmin} kann vorab fest vorgegeben werden. Ebenfalls ist es möglich, den Minimaldruck p_{rmin} ggf bei jedem Starten der Brennkraftmaschine 1 von dem Steuergerät 12 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 zu ermitteln.

[0038] Ist der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 kleiner als der Minimaldruck p_{rmin} , so wird der Kraftstoff für das Starten der Brennkraftmaschine 1 während der Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Die Brennkraftmaschine 1 wird also entsprechend zweier Blöcke 37 im Homogenbetrieb betrieben. Zu diesem Zweck werden der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge für den Homogenbetrieb von dem Steuergerät 12 ermittelt und es werden die Einspritzventile 10 und die Zündkerzen 11 entsprechend von dem Steuergerät 12 angesteuert.

[0039] In einem Block 38 wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 mit einer Startende-Schwelle verglichen. Ist die Drehzahl größer als die Startende-Schwelle, so wird das Starten der Brennkraftmaschine 1 mit einem Block 39 beendet. Ist hingegen die Drehzahl kleiner als die Startende-Schwelle, so wird erneut in einem Block 40 der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 gemessen,

und es wird danach das Verfahren mit dem Block 36 fortgesetzt.

[0040] Damit ist es möglich, daß in einem Extremfall die Brennkraftmaschine 1 vollständig im Homogenbetrieb gestartet wird. Üblicherweise wird jedoch nur während einer anfänglichen Zeitdauer, insbesondere nur während weniger Umdrehungen der Brennkraftmaschine 1 der Homogenbetrieb beibehalten, da danach der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 derart angestiegen ist, daß die Brennkraftmaschine 1 wie nachfolgend beschrieben im Schichtbetrieb gestartet werden kann.

[0041] Wird in dem Block 36 von dem Steuergerät 12 festgestellt, daß der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 größer ist als der Minimaldruck p_{rmin} , so bedeutet dies, daß der Kraftstoff in der Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt werden kann. Es wird das Verfahren daraufhin in einer Schleife 41 fortgesetzt.

[0042] In der Schleife 41 wird zuerst in einem Block 42 der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 mit einem sogenannten Hysteresedruck p_{rphys} verglichen. Der Hysteresedruck p_{rphys} ist kleiner als der Minimaldruck p_{rmin} . Er dient dazu, eine Hysterese in der Schleife 41 einzubauen. Sinkt der Druck p_r bei einem mehrfachen Durchlauf durch die Schleife 41 wieder unter den Minimaldruck p_{rmin} ab, so sorgt der Vergleich in dem Block 42 mit dem Hysteresedruck p_{rphys} dafür, daß dies von dem Steuergerät 12 erkannt wird.

[0043] Wird also von dem Steuergerät 12 innerhalb der Schleife 41 erkannt, daß der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 kleiner ist als der Hysteresedruck p_{rphys} , so wird danach der Kraftstoff in der Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Es wird also danach die Brennkraftmaschine 1 entsprechend den Blöcken 37 ff. im Homogenbetrieb betrieben.

[0044] Ist jedoch der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 größer als der Hysteresedruck p_{rphys} , so wird in einem Block 43 der Druck p_r mit einem Maximaldruck p_{rmax} verglichen. Bei dem Maximaldruck p_{rmax} handelt es sich um denjenigen Druck, der maximal in dem Druckspeicher 14 vorhanden sein sollte.

[0045] Ist der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 kleiner als der Maximaldruck p_{rmax} , so wird das Drucksteuerventil 16 durch einen Block 44 derart angesteuert, daß der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 weiterhin ansteigt. Insbesondere wird das Drucksteuerventil 16 weiterhin geschlossen gehalten, um den Druck p_r in dem Druckspeicher 14 aufzubauen.

[0046] Ist der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 größer als der Maximaldruck p_{rmax} , so wird daraufhin durch einen Block 45 eine Druckregelung durchgeführt, die den Druck p_r auf den Maximaldruck p_{rmax} begrenzt. Bei dieser Druckregelung ist es möglich, daß überschüssiger Druck in dem Druckspeicher 14 dadurch abgebaut wird, daß das Drucksteuerventil 16 geöffnet wird und/oder daß die Kraftstoffpumpe 22 und/oder die Hochdruckpumpe 18 in ihrer Leistung vermindert werden und/oder daß das Umschaltventil 19 derart umgeschaltet wird, daß der von der Hochdruckpumpe geför-

derte Kraftstoff nicht in den Druckspeicher 14, sondern zurück in den Kraftstoffbehälter 23 gelangt.

[0047] Nach Durchlauf durch den Block 44 oder den Block 45 wird der Kraftstoff durch das Steuergerät 12 während der Verdichtungsphase in den Brennraum eingespritzt. Es wird die Brennkraftmaschine 1 also entsprechend zweier Blöcke 46 im Schichtbetrieb betrieben. Hierzu werden der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge von dem Steuergerät 12 ermittelt und es werden von dem Steuergerät 12 die Einspritzventile 10 und die Zündkerzen 11 entsprechend angesteuert.

[0048] In einem Block 47 wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 mit der bereits erwähnten Startende-Schwelle verglichen. Ist die Drehzahl größer als die Startende-Schwelle, so wird das Starten der Brennkraftmaschine 1 mit dem Block 39 beendet. Ist hingegen die Drehzahl kleiner als die Startende-Schwelle, so wird erneut in einem Block 48 der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 gemessen, und es wird danach das Verfahren mit dem Block 42 der Schleife 41 fortgesetzt.

[0049] Bei der erwähnten Startende-Schwelle handelt es sich um eine Drehzahl, bei der von dem Starten der Brennkraftmaschine 1 in einen normalen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 übergegangen wird. Diese Drehzahl kann vorab fest vorgegeben werden. Beispielsweise kann die Drehzahl 500 Umdrehungen pro Minute betragen. Ebenfalls ist es möglich, daß diese Drehzahl ggf bei jedem Starten der Brennkraftmaschine 1 von dem Steuergerät 12 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 ermittelt wird.

[0050] Mittels der Schleife 41 ist es somit möglich, die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb zu starten. Dadurch entsteht ein kombiniertes Starten der Brennkraftmaschine 1 zuerst im Homogenbetrieb und dann im Schichtbetrieb. Gleichzeitig ist gewährleistet, daß bei einem zu geringen Druck p_r im Druckspeicher 14 sofort wieder auf den Homogenbetrieb zurückgeschaltet wird.

[0051] Wird nach einem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 dieselbe wieder in den Stillstand versetzt, so ist es möglich, das Umschaltventil 19 derart zu steuern, daß keine Verbindung mehr besteht zwischen dem Druckspeicher 14 und der Hochdruckpumpe 18 oder dem Kraftstoffbehälter 23. Des weiteren kann dann das Drucksteuerventil 16 geschlossen werden. Auf diese Weise wird der Druckspeicher 14 abgeriegelt bzw. verschlossen. Damit bleibt der von dem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 herrührende hohe Druck p_r in dem Druckspeicher 14 über längere Zeit, ggf. bis zu einem nächsten Starten der Brennkraftmaschine 1 erhalten.

[0052] Das beschriebene Verfahren, insbesondere das Betreiben der Brennkraftmaschine 1 im Homogenbetrieb, wenn der Druck p_r in dem Druckspeicher 14 kleiner ist als der Minimaldruck p_{rmin} ist nicht auf das Starten der Brennkraftmaschine 1 beschränkt, sondern kann ganz allgemein bei dem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 angewendet werden. Insbesondere sämtliche Schritte ab dem Block 36 der Figur 3 können auch bei einem normalen Betrieb der Brennkraftmaschine 1 ggf.

fortlaufend durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem der für eine Verbrennung einzuspritzende Kraftstoff während einer Ansaugphase und während einer Verdichtungsphase direkt in einen Brennraum (4) eingespritzt wird, und bei dem der Druck (p_r) ermittelt wird, mit dem der Kraftstoff in den Brennraum (4) eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Starten der vorgenannte Druck (p_r) aufgebaut wird, daß der Kraftstoff während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck (p_r) kleiner ist als ein vorgebbare Minimaldruck (p_{rmin}), und daß der Kraftstoff während der Verdichtungsphase eingespritzt wird, wenn der Druck (p_r) größer ist als der vorgebbare Minimaldruck (p_{rmin}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Kraftstoff wieder während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck (p_r) kleiner ist als ein vorgebbare Hysteresedruck (p_{rphys}), wobei der Hysteresedruck (p_{rphys}) kleiner ist als der Minimaldruck (p_{rmin}).
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Druck (p_r) mit dem der Kraftstoff in den Brennraum (4) eingespritzt wird, auf einen Maximaldruck (p_{rmax}) gesteuert und/oder geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** die Verwendung beim Starten der Brennkraftmaschine (1), wenn die Drehzahl der Brennkraftmaschine (1) kleiner ist als eine vorgebbare Startende-Schwelle
5. Elektrisches Speichermedium, insbesondere Read-Only-Memory zur Anwendung in einem Steuergerät (12) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei auf dem elektrischen Speichermedium ein Programm zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 abgespeichert ist, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig ist.
6. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Einspritzventil (9), mit dem der für eine Verbrennung einzuspritzende Kraftstoff während einer Ansaugphase und während einer Verdichtungsphase direkt in einen Brennraum (4) eingespritzbar ist, mit einem Steuergerät (12) zur Steuerung und/oder Regelung des Startens der

Brennkraftmaschine, und mit einem Druckssensor (15) zur Messung des Drucke (pr), mit dem der Kraftstoff in den Brennraum (4) eingespritzt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** beim Starten der vorgenannte Druck aufgebaut wird, daß durch das Steuergerät (12) der Kraftstoff während der Ansaugphase eingespritzt wird, wenn der Druck (pr) kleiner ist als ein vorgebbare Minimaldruck (prmin), und daß durch das Steuergerät (12) der Kraftstoff während der Verdichtungsphase eingespritzt wird, wenn der Druck (pr) größer ist als der vorgebbare Minimaldruck (prmin).

Claims

1. Method for starting an internal combustion engine (1), in particular of a motor vehicle, in which the fuel which is to be injected for a combustion process is injected directly into a combustion chamber (4) during an intake phase and during a compression phase, and in which the pressure (pr) with which the fuel is injected into the combustion chamber (4) is determined, **characterized in that** when starting occurs the abovementioned pressure (pr) is built up, **in that** the fuel is injected during the intake phase if the pressure (pr) is lower than a predefinable minimum pressure (prmin), and **in that** the fuel is injected during the compression phase if the pressure (pr) is higher than the predefinable minimum pressure (prmin).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the fuel is injected again during the intake phase if the pressure (pr) is lower than a predefinable hysteresis pressure (prhys), the hysteresis pressure (prhys) being lower than the minimum pressure (prmin).
3. Method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the pressure (pr) with which the fuel is injected into the combustion chamber (4) is controlled and/or regulated to a maximum pressure (prmax).
4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** it is used when the internal combustion engine (1) is started if the rotational speed of the internal combustion engine (1) is lower than a predefinable start-end threshold.
5. Electrical storage medium, in particular read-only memory for application in a controller (12) of an internal combustion engine (1), in particular of a motor vehicle, a program for carrying out a method according to one of Claims 1 to 4, which can run on a computing unit, in particular a microprocessor, being stored on the electrical storage medium.

6. Internal combustion engine (1), in particular for a motor vehicle, having an injection valve (9) with which the fuel which is to be injected for a combustion process can be injected directly into a combustion chamber (4) during an intake phase and during a compression phase, having a controller (12) for controlling and/or regulating the starting of the internal combustion engine, and having a pressure sensor (15) for measuring the pressure (pr) with which the fuel is injected into the combustion chamber (4), **characterized in that** when starting occurs the abovementioned pressure is built up, **in that** the controller (12) injects the fuel during the intake phase if the pressure (pr) is lower than a predefinable minimum pressure (prmin), and **in that** the controller (12) injects the fuel during the compression phase if the pressure (pr) is higher than the predefinable minimum pressure (prmin).

Revendications

1. Procédé pour le démarrage d'un moteur à combustion interne (1), notamment pour un véhicule automobile, selon lequel le carburant à injecter pour la combustion est injecté directement dans une chambre de combustion (4) pendant une phase d'aspiration et une phase de compression, et la pression (pr) à laquelle le carburant est injecté dans la chambre de combustion (4) est calculée, **caractérisé en ce que** la pression (pr) citée se forme au démarrage, le carburant est injecté pendant la phase d'aspiration lorsque la pression (pr) est inférieure à une pression minimum (prmin) prédéfinie, et le carburant est injecté pendant la phase de compression lorsque la pression (pr) est supérieure à la pression minimum (prmin) prédéfinie.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le carburant est réinjecté pendant la phase d'aspiration lorsque la pression (pr) est inférieure à une pression d'hystérésis (prhys) prédéfinie, la pression d'hystérésis (prhys) étant inférieure à la pression minimum (prmin).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la pression (pr) à laquelle le carburant est injecté dans la chambre de combustion (4) est commandée et/ou régulée à une pression maximum (prmax).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par** l'utilisation au démarrage du moteur à combustion interne (1) lorsque le régime du moteur à combustion interne (1) est inférieur à un seuil de fin de dé-

marrage pouvant être prédéfini.

5. Support d'enregistrement électrique, notamment une RAM, à utiliser dans un appareil de commande (12) d'un moteur à combustion interne (1), notamment un véhicule automobile, support d'enregistrement électrique sur lequel un programme est sauvegardé un programme exécutable sur un appareil de calcul, notamment sur un microprocesseur, pour la réalisation d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 4. 5 10
6. Moteur à combustion interne (1), notamment pour un véhicule automobile, comportant une soupape d'injection (9) qui peut injecter directement dans une chambre de combustion (4) le carburant nécessaire à la combustion pendant une phase d'aspiration et pendant une phase de compression, comportant un appareil de commande (12) pour commander et/ou réguler le démarrage du moteur à combustion interne et un capteur de pression (15) pour mesurer la pression (pr) à laquelle le carburant est injecté dans la chambre de combustion (4), 15 20
caractérisé en ce que
la pression (pr) mentionnée se forme au démarrage, **en ce que** par l'intermédiaire de l'appareil de commande (12) le carburant est injecté pendant la phase d'aspiration lorsque la pression (pr) est inférieure à une pression minimum (prmin) prédéfinie, et par l'intermédiaire de l'appareil de commande (12) le carburant est injecté pendant la phase de compression lorsque la pression (pr) est supérieure à la pression minimum (prmin) prédéfinie. 25 30

35

40

45

50

55

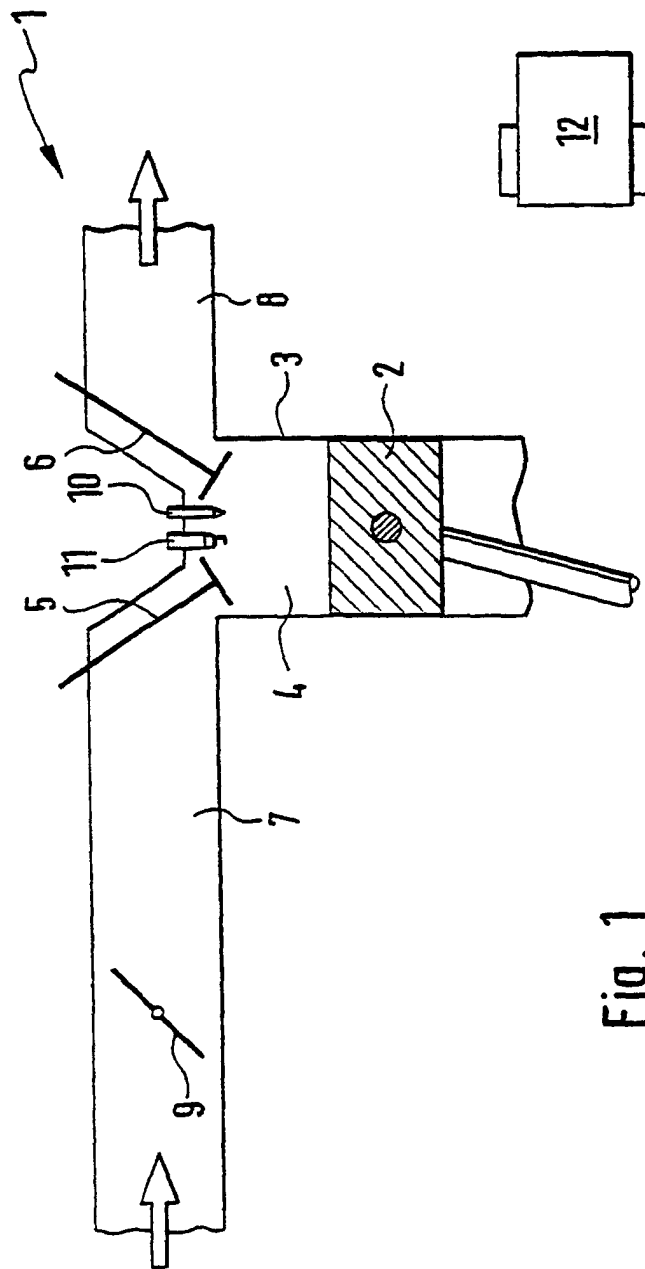


Fig. 1

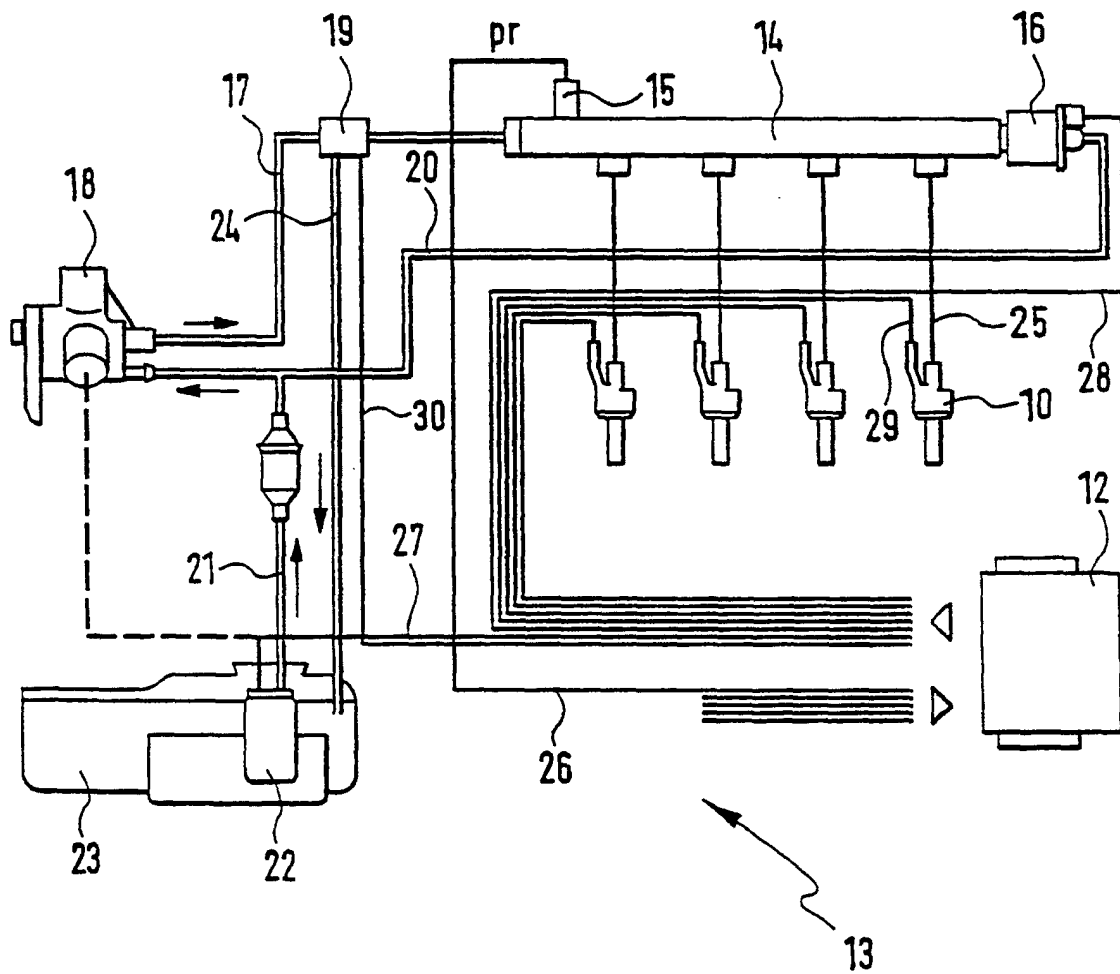


Fig. 2

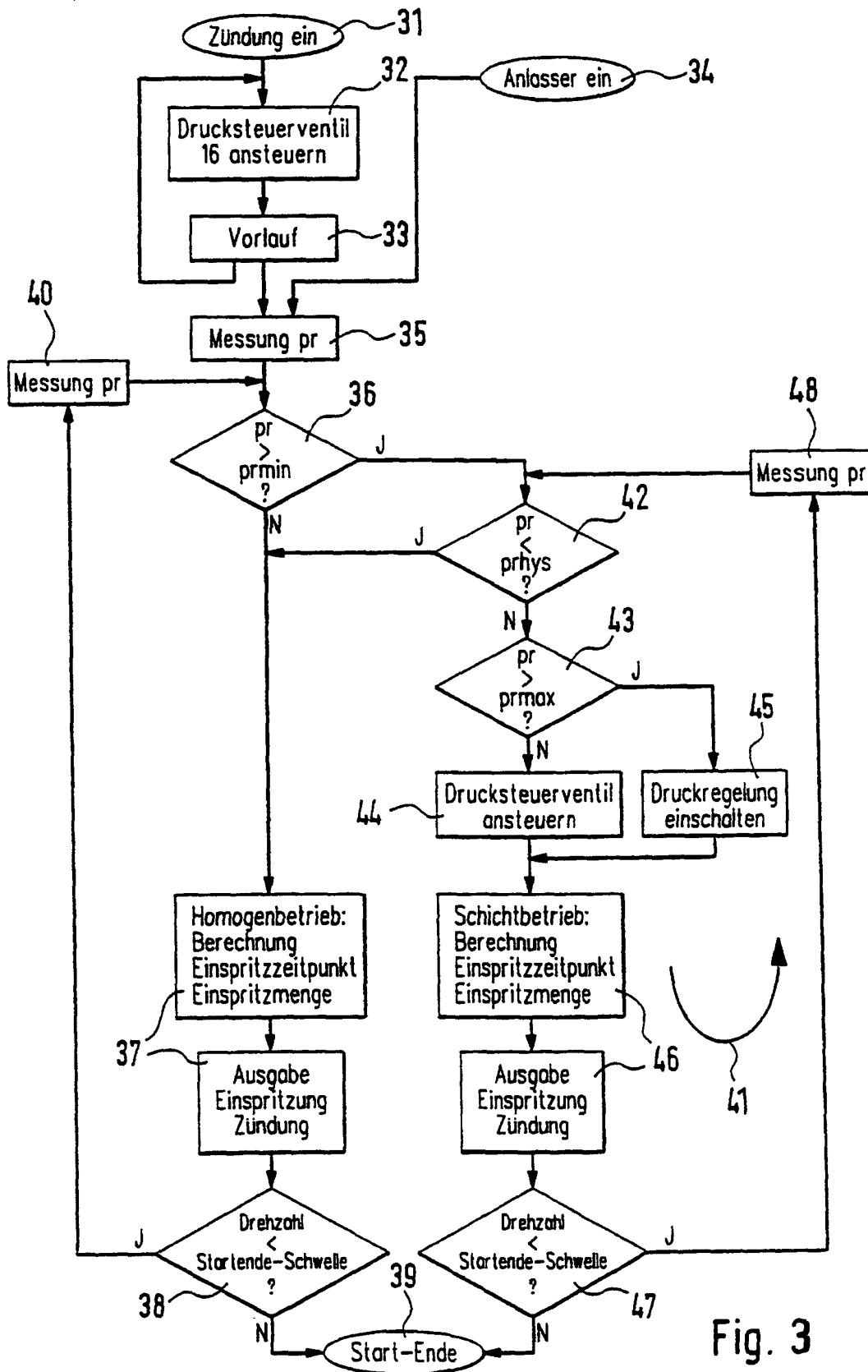


Fig. 3