



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2003 Patentblatt 2003/14

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

(21) Anmeldenummer: **02018418.0**

(22) Anmeldetag: **16.08.2002**

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

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

(72) Erfinder: **Roth, Andreas**
75417 Muehlacker-Lomersheim (DE)

(30) Priorität: **27.09.2001 DE 10147815**

(54) **Verfahren und Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie Brennkraftmaschine**

(57) Bei einer Brennkraftmaschine wird der Kraftstoff mittels mindestens einer Kraftstoffpumpe in eine Kraftstoff-Sammelleitung gefördert. Aus dieser gelangt er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) direkt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine. Um das Emissions- und Verbrauchsver-

halten der Brennkraftmaschine beim Start zu verbessern, wird vorgeschlagen, dass die beim Start der Brennkraftmaschine bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoffmasse (ms) vom Druck (pr) in der Kraftstoff-Sammelleitung abhängt.

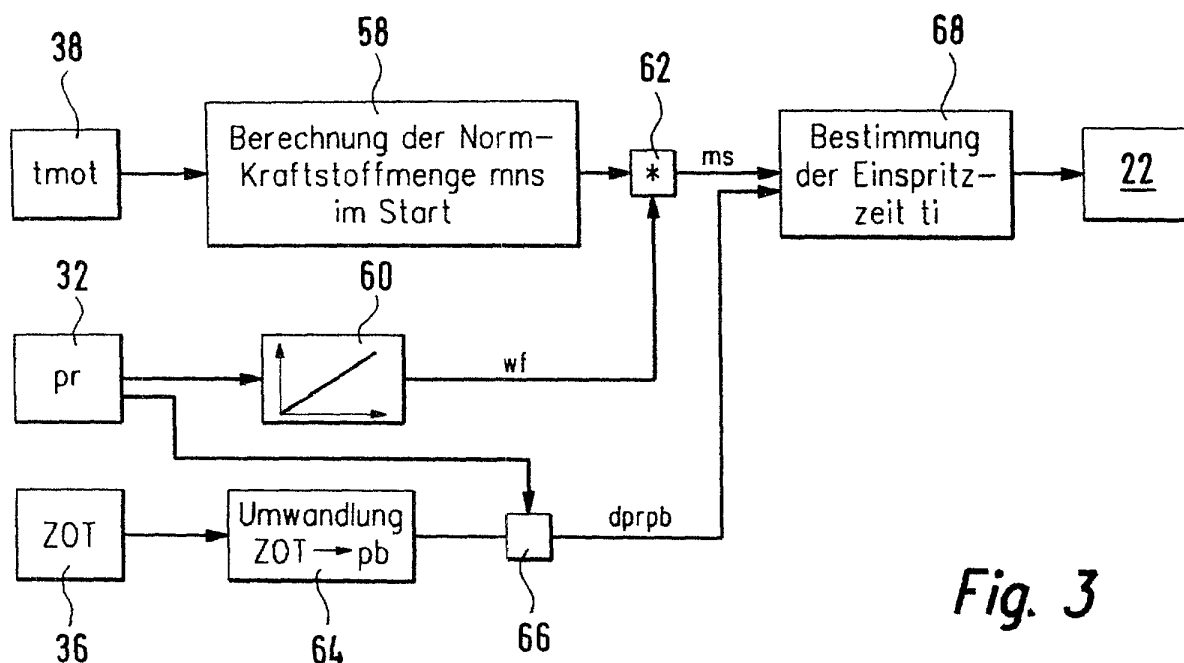


Fig. 3

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem Kraftstoff mittels mindestens einer Kraftstoffpumpe in eine Kraftstoff-Sammelleitung gefördert wird, aus der er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung direkt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine gelangt.

[0002] Ein solches Verfahren ist von Markt her bekannt. Es wird als Benzin-Direkteinspritzung bezeichnet. Bei ihm wird der Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter von einer ersten Kraftstoffpumpe (Vorförderpumpe) zu einer zweiten Kraftstoffpumpe (Hochdruckpumpe) gefördert. Diese fördert den Kraftstoff in eine Kraftstoff-Sammelleitung ("Rail"), in der der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. An die Kraftstoff-Sammelleitung sind mehrere Kraftstoff-Einspritzventile angeschlossen, die den Kraftstoff direkt in die entsprechenden Brennräume der Brennkraftmaschine einspritzen.

[0003] Durch die direkte Einspritzung des Kraftstoffs in die Brennräume kann der Kraftstoff im Brennraum geschichtet werden ("Schichtbetrieb"): Dies bedeutet, dass nur im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch vorhanden ist, wohingegen im übrigen Brennraum nur ein sehr mageres Kraftstoff-Luftgemisch oder überhaupt kein Kraftstoff vorhanden ist. Hierdurch kann der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden. Möglich ist aber auch, den Kraftstoff so in die Brennräume einzuspritzen, dass ein homogenes Luft-Kraftstoffgemisch im Brennraum vorliegt. Eine solche Betriebsart nennt man "Homogenbetrieb". Sie wird vor allem bei hoher Last und hohen Drehzahlen gewählt.

[0004] Ein Problem bei Brennkraftmaschinen mit Benzin-Direkteinspritzung ist der Start der Brennkraftmaschine: Da die Hochdruckpumpe üblicherweise mechanisch von der Brennkraftmaschine angetrieben wird und somit bei stehender Brennkraftmaschine selbst steht, wird der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung der Brennkraftmaschine bei deren Start bisher üblicherweise nur von der elektrisch angetriebenen Vorförderpumpe erzeugt. Dieser Druck liegt im Allgemeinen nur bei 3-6 bar. Bei einem derartig geringen Druck ist jedoch die Zerstäubung des Kraftstoffs durch die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung relativ schlecht. Um dies zu kompensieren, wird bisher eine gewisse Menge an Kraftstoff beim Start der Brennkraftmaschine zusätzlich eingespritzt, um ein zündfähiges Gemisch im Brennraum der Brennkraftmaschine zu erhalten. Diese zusätzliche Kraftstoffmasse führt jedoch zu einem Kraftstoff-Mehrverbrauch und verschlechtert die Emissionseigenschaften der Brennkraftmaschine.

[0005] Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass beim Start der Brennkraftmaschine weniger Kraftstoff verbraucht wird und die Emissionseigenschaften der Kraftmaschine besser werden.

genschaften der Kraftmaschine besser werden.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die beim Start der Brennkraftmaschine bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoffmasse vom Druck der Kraftstoff-Sammelleitung abhängt.

Vorteile der Erfindung

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die beim Start einzuspritzende Kraftstoffmasse vom aktuellen Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung abhängig gemacht. Hierdurch kann berücksichtigt werden, dass in manchen Startsituationen der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung höher ist als der von der Vorförderpumpe erzeugbare Kraftstoffdruck. Eine solche Situation kann zum Beispiel bei einem Wiederanlassen der Brennkraftmaschine nach einem kurzzeitigen Ausschalten vorliegen, wenn die Zeit zwischen dem Ausschalten der Brennkraftmaschine und dem Wiederanlassen so kurz ist, dass der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung noch nicht vollständig abgesunken ist. Möglich ist aber auch, dass sich während des Anlassvorgangs ein Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung aufbaut, welcher höher liegt als der von der Vorförderpumpe erzeugbare Druck.

[0008] In all diesen Situationen wird der Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung besser zerstäubt als in jenen Situationen, in denen nur der von der Vorförderpumpe erzeugbare Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung vorliegt. Dies bedeutet, dass der Kraftstoff zündwilliger ist und somit die Kraftstoffmasse verringert werden kann. Dem wird durch das erfindungsgemäße Verfahren Rechnung getragen.

[0009] Somit wird es durch das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht, in vielen Situationen beim Starten der Brennkraftmaschine den Kraftstoffverbrauch zu senken und das Emissionsverhalten zu verbessern.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0011] In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die beim Start der Brennkraftmaschine bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoffmasse dadurch gebildet wird, dass eine Norm-Kraftstoffmasse bestimmt wird, die beim Start bei einem bestimmten Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung in den Brennraum einzuspritzen ist, und diese Norm-Kraftstoffmasse mit einem Wichtungsfaktor multipliziert wird, der dann, wenn der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung gleich dem bestimmten Druck ist, den Wert 1 hat, und bei einer Abweichung des Drucks von dem bestimmten Druck einen Wert ungleich 1 annimmt.

[0012] Dieses erfindungsgemäße Verfahren ist softwaretechnisch leicht zu realisieren. Dabei sei darauf hingewiesen, dass es sich bei der Norm-Kraftstoffmasse keineswegs um eine Konstante handelt, sondern um

eine Kraftstoffmasse, welche beispielsweise von anderen Parametern, wie der Temperatur der Brennkraftmaschine, abhängen kann. Wenn die Norm-Kraftstoffmasse beispielsweise auf den minimalen Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung bezogen ist - bei diesem Druck handelt es sich vorzugsweise um den von der Vorförderpumpe erzeugbaren Druck - dann nimmt der Wichtungsfaktor bei größer werdendem Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung einen Wert kleiner 1 an.

[0013] Möglich ist auch, dass die beim Start der Brennkraftmaschine bei einer Einspritzung von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoffmasse von der Druckdifferenz zwischen Brennraum und Kraftstoff-Sammelleitung abhängt. Diese Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens führt dann zu einer besonders hohen Kraftstoffeinsparung, wenn die Brennkraftmaschine im Schichtbetrieb gestartet werden soll.

[0014] In diesem erfolgt die Einspritzung möglicherweise auch während des Verdichtungsaktes.

[0015] Dabei wird analog zu dem oben Gesagten vorgeschlagen, dass die beim Start der Brennkraftmaschine bei einer Einspritzung der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum einzuspritzende Kraftstoffmasse dadurch gebildet wird, dass eine Norm-Kraftstoffmasse bestimmt wird, die beim Start bei einer bestimmten Druckdifferenz zwischen Brennraum und Kraftstoff-Sammelleitung in den Brennraum einzuspritzen ist, und diese Norm-Kraftstoffmasse mit einem Wichtungsfaktor multipliziert wird, der dann, wenn die Druckdifferenz zwischen Brennraum und Kraftstoff-Sammelleitung gleich der bestimmten Druckdifferenz ist, den Wert 1 hat, und der bei einer Abweichung der Druckdifferenz von der bestimmten Druckdifferenz einen Wert ungleich 1 annimmt.

[0016] Bei der Verwendung eines Wichtungsfaktors zur Bestimmung der beim Start einzuspritzenden Kraftstoffmasse ist es vorteilhaft, wenn der Wichtungsfaktor mittels einer Kennlinie bestimmt wird, die mit dem Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung oder der Druckdifferenz zwischen Brennraum und Kraftstoff-Sammelleitung adressiert wird. Eine solche Kennlinie ist einfach zu programmieren und ermöglicht die Bestimmung des Wichtungsfaktors mit hoher Genauigkeit.

[0017] Für das erfindungsgemäße Verfahren wird auch vorgeschlagen, dass die Öffnungsdauer der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung bei einer Einspritzung beim Start der Brennkraftmaschine von der bei einer Einspritzung in den Brennraum einzuspritzenden Kraftstoffmasse und von der Druckdifferenz zwischen Brennraum und Kraftstoff-Sammelleitung abhängt. Hierdurch kann die beim Start der Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmasse mit besonders hoher Genauigkeit entsprechend den zum Startzeitpunkt vorliegenden Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine eingespritzt werden.

[0018] In vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auch vorgeschlagen, dass

nur dann, wenn in der Kraftstoff-Sammelleitung ein Druck von mindestens 20 bar, insbesondere mindestens ungefähr 50 bar, herrscht, Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Hierdurch wird der Druckaufbau in der Kraftstoff-Sammelleitung während des Startvorgangs der Brennkraftmaschine beschleunigt, da zunächst nur Kraftstoff in die Kraftstoff-Sammelleitung gefördert, jedoch kein Kraftstoff aus der Kraftstoff-Sammelleitung abgeführt wird. Ferner wird sichergestellt, dass bei einem Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung, welcher keine ausreichende Zerstäubung des Kraftstoffs im Brennraum ermöglicht, keine Einspritzung erfolgt. Hierdurch wird der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine nochmals reduziert und das Emissionsverhalten während des Starts der Brennkraftmaschine nochmals verbessert.

[0019] Durch eine "Notfallschaltung" kann sichergestellt werden, dass dann, wenn der gewünschte Druck auch nach einer bestimmten Zeit nicht erreicht werden kann, eine Einspritzung bei geringem Druck und entsprechend erhöhter Kraftstoffmenge erfolgt.

[0020] Dabei wird besonders bevorzugt, wenn mindestens eine Kraftstoffpumpe wenigstens zum Starten der Brennkraftmaschine wenigstens mittelbar elektrisch angetrieben wird. Wird der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung ausschließlich durch eine elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpe oder durch mehrere elektrisch angetriebene Kraftstoffpumpen erzeugt, kann bereits während des Startvorgangs der Brennkraftmaschine ein für die Zerstäubung ausreichend hoher Druck auf einfache Art und Weise erzeugt werden.

[0021] Möglich ist aber auch, dass mindestens eine Kraftstoffpumpe mechanisch von der Brennkraftmaschine angetrieben und beim Starten der Brennkraftmaschine ein elektrischer Anlasser betätigt wird. Der elektrische Anlasser wirkt somit mittelbar als elektrischer Antrieb der Kraftstoffpumpe. Somit muss beim Starten der Brennkraftmaschine zunächst der Anlasser eine bestimmte Zeit betätigt werden, um den Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung aufzubauen. Erst wenn der Druck ein bestimmtes Niveau erreicht hat, erfolgt eine Einspritzung des Kraftstoffs durch die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen und dessen Zündung im Brennraum. Dieses Verfahren ist auch bei einigen bekannten Brennkraftmaschinen ohne zusätzliche Komponenten zu realisieren. Die erfindungsgemäßen Vorteile können somit ohne Zusatzkosten erzielt werden.

[0022] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des Verfahrens der obigen Art geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory oder einem Ferrit-RAM, abgespeichert ist.

[0023] Die Erfindung betrifft auch ein Steuer-/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Bei diesem wird besonders bevorzugt, wenn es einen

Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

[0024] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine, mit einem Kraftstoffbehälter, mit mindestens einer Kraftstoffpumpe, welche Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter in eine Kraftstoff-Sammelleitung fördert, mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, welche an die Kraftstoff-Sammelleitung angeschlossen ist und Kraftstoff direkt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzt, und mit einem Drucksensor, welcher den Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung erfasst.

[0025] Bei einer solchen Brennkraftmaschine können die erfindungsgemäßen Vorteile dann erzielt werden, wenn sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

Zeichnung

[0026] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung;
- Figur 2 ein Ablaufdiagramm, welches ein Verfahren zum Starten der Brennkraftmaschine von Figur 1 darstellt;
- Figur 3 ein Ablaufdiagramm, welches ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Bestimmung der beim Start der Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffmasse und der Einspritzzeit darstellt; und
- Figur 4 ein Diagramm ähnlich Figur 3 eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur Bestimmung der beim Start einzuspritzenden Kraftstoffmasse und der Einspritzzeit.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0027] In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Kraftstoffbehälter 12, aus dem eine elektrisch angetriebene Vorförderpumpe 14 den Kraftstoff in eine Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 fördert. Die Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 führt zu einer mechanisch von einer Nockenwelle (nicht dargestellt) der Brennkraftmaschine angetriebenen Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18. Diese fördert den Kraftstoff in eine Kraftstoff-Sammelleitung 20, in der der Kraftstoff im Normalbetrieb unter hohem Druck gespeichert ist.

[0028] An die Kraftstoff-Sammelleitung 20 sind mehrere Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 angeschlossen.

Bei diesen handelt es sich um Injektoren, welche direkt am Motorblock der Brennkraftmaschine 10 befestigt sind. Sie spritzen den Kraftstoff direkt in Brennräume 24 ein. Gestartet wird die Brennkraftmaschine 10 durch die Betätigung eines elektrischen Anlassers 26, welcher mechanisch mit einer Kurbelwelle 28 der Brennkraftmaschine 10 verbunden ist.

[0029] Die von der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 in die Kraftstoff-Sammelleitung 20 geförderte Kraftstoffmenge wird durch ein Mengensteuerventil 30 eingestellt. Dieses kann einen Arbeitsraum (nicht dargestellt) der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 während eines Fördertaktes zeitweise mit der Niederdruck-Kraftstoffleitung 16 verbinden. Der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 wird von einem Drucksensor 32 erfasst. Im Normalbetrieb wird der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 über den Drucksensor 32 und das Mengensteuerventil 30 im Sinne einer geschlossenen Regelstrecke auf einem bestimmten Wert gehalten. Hierzu sind das Mengensteuerventil 30 und der Drucksensor 32 mit einem Steuer- und Regelgerät 34 verbunden.

[0030] Die Drehzahl der Kurbelwelle 28 wird von einem Drehzahlsensor 36 abgegriffen, welcher ebenfalls entsprechende Signale an das Steuer- und Regelgerät 34 liefert. Auch ein Temperatursensor 38, welcher die Temperatur der Brennkraftmaschine 10 abgreift, ist an das Steuer- und Regelgerät 34 angeschlossen. Schließlich erhält das Steuer- und Regelgerät 34 auch noch Signale von einem Starterschalter 40. Bei einer Betätigung des Starterschalters 40 wird der elektrische Anlasser 26 vom Steuer- und Regelgerät 34 entsprechend angesteuert, um die Brennkraftmaschine 10 zu starten. Die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 werden vom Steuer- und Regelgerät 34 angesteuert. (In Figur 1 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Verbindung einer Kraftstoff-Einspritzung 22 mit dem Steuer- und Regelgerät 34 dargestellt).

[0031] Der Startvorgang der in Figur 1 dargestellten Brennkraftmaschine 10 wird nun anhand des in Figur 2 gezeigten Ablaufdiagramms erläutert (das dargestellte Verfahren ist als Computerprogramm im Steuer- und Regelgerät 34 gespeichert):

[0032] Nach einem Startblock 42 wird in einem Block 44 abgefragt, ob der Starterschalter 40 betätigt wurde. Wenn die Antwort im Block 44 ja ist, wird im Block 46 der Anlasser 26 vom Steuer- und Regelgerät 34 so angesteuert, dass er die Kurbelwelle 28 in Drehung versetzt. Aufgrund der Drehung der Kurbelwelle 28 wird auch die Nockenwelle der Brennkraftmaschine 10 in Drehung versetzt, an die wiederum die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 angeschlossen ist. Durch eine Betätigung des elektrischen Anlassers 46 wird somit mittelbar auch die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 in Drehung versetzt.

[0033] Im Block 46 wird auch die elektrische Kraftstoffpumpe 14 eingeschaltet. Aufgrund des Betriebs der elektrischen Kraftstoffpumpe 14 und der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 18 baut sich in der Kraftstoff-Sammel-

leitung 20 ein gewisser Kraftstoffdruck auf. Dies wird noch dadurch beschleunigt, dass zunächst von den Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 kein Kraftstoff in die Brennräume 24 eingespritzt wird. In einem Block 48 wird geprüft, ob der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 einen Druck von 50 bar erreicht bzw. diesen überschritten hat. Die entsprechenden Signale erhält das Steuer- und Regelgerät 34 vom Drucksensor 32.

[0034] Wenn die Antwort im Block 48 ja ist, werden im Block 50 die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 so angesteuert, dass diese nun Kraftstoff in die Brennräume 24 einspritzen. Auch die Zündung (nicht dargestellt in Figur 1) wird nun eingeschaltet. Der eigentliche Start der Brennkraftmaschine 10 erfolgt also bei einem Kraftstoffdruck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 von mindestens 50 bar. Während des Startvorgangs steigt aufgrund der sich nun schneller drehenden Kurbelwelle 28 der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 weiter an.

[0035] Im Block 52 wird geprüft, ob der Startvorgang der Brennkraftmaschine 10 abgeschlossen werden kann. Die entsprechenden Signale werden vom Drehzahlsensor 36 dem Steuer- und Regelgerät 34 bereitgestellt. Ein Kriterium für das Ende des Startvorgangs kann beispielsweise sein, dass die Drehzahl der Brennkraftmaschinen 10 einen bestimmten Wert erreicht bzw. überschreitet. Nach dem Starten der Brennkraftmaschine wird im Block 54 der Anlasser ausgeschaltet. Das Verfahren endet im Endblock 56.

[0036] In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird auch die Zeit überwacht, innerhalb der sich der Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung aufbaut. Erreicht der Druck beispielsweise wegen einer schwachen Batterie und entsprechend niedriger Anlasserdrehzahl innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht den an sich vorgegebenen Mindestwert, erfolgen dennoch Einspritzungen durch die Injektoren mit entsprechend erhöhter Kraftstoffmasse.

[0037] Für die Durchführung des Verfahrensblockes 50 in Figur 2 (Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume 24) muss die Einspritzzeit der Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 festgelegt werden. Unter der Einspritzzeit wird der Zeitraum verstanden, während der die Kraftstoff-Einspritzvorrichtungen 22 während des Einspritztaktes des jeweiligen Brennraums 24 geöffnet sind.

[0038] Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Einspritzzeit ist in Figur 3 dargestellt: Danach wird in einem Block 58 eine Norm-Kraftstoffmasse m_{ns} für den Startvorgang berechnet. Diese Kraftstoffmasse m_{ns} ist beispielsweise abhängig von der Temperatur t_{mot} der Brennkraftmaschine 10, welche vom Temperatursensor 38 bereitgestellt wird. Bei kalter Brennkraftmaschine 10 muss insgesamt mehr Kraftstoff eingespritzt werden als bei warmer Brennkraftmaschine. Bei der "Norm-Kraftstoffmasse" handelt es sich um jene Kraftstoffmasse, welche bei einem bestimmten minimalen Kraftstoffdruck (3 bis 6 bar) eingespritzt werden müsste.

[0039] Wie im Zusammenhang mit Figur 2 erläutert

wurde, ist der Kraftstoffdruck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 während des Startvorgangs der Brennkraftmaschine 10 nicht konstant. Da bei hohem Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 der Kraftstoff von den Kraftstoff-Einspritzungen 22 im entsprechenden Brennraum 24 jedoch besser zerstäubt wird, so dass für eine erfolgreiche Zündung des Kraftstoffs weniger Kraftstoff eingespritzt werden kann, wird im Block 60 mittels einer Kennlinie ein Wichtungsfaktor w_f aus dem vom Drucksensor 32 erfassten Druck p_r in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 gebildet.

[0040] Die Kennlinie ist dabei so ausgelegt, dass dann, wenn der Druck p_r in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 in etwa dem von der elektrischen Kraftstoffpumpe 14 erzeugbaren Druck entspricht (ungefähr 3-6 bar), der Wichtungsfaktor w_f den Wert 1 hat. Bei einem Druck p_r in der Kraftstoff-Sammelleitung 20, welcher höher ist als dieser Minimaldruck, wird der Wichtungsfaktor w_f kleiner als 1. Der Wichtungsfaktor w_f wird in 62 mit der im Block 58 berechneten Norm-Kraftstoffmasse m_{ns} multipliziert.

[0041] In einem Block 64 wird aus dem Signal des Drehzahlsensors 36 die Position des ZOT des Kolbens (nicht dargestellt) des entsprechenden Brennraums 24 bestimmt. "ZOT" bedeutet eine Winkelstellung vor dem oberen Totpunkt Zündung. Die Kolbenposition eines Brennraums 24 kann vom Drehzahlsensor 36 erfasst werden, da er so ausgebildet ist, dass er auch die Winkelposition der Kurbelwelle 28 erfassen kann. Aus der Position des Kolbens eines Brennraums 24 kann dann ebenfalls im Block 64 der im Brennraum 24 herrschende aktuelle Druck p_b ermittelt werden.

[0042] In 66 wird die Differenz zwischen dem Druck p_r in der Kraftstoff-Sammelleitung 20 und dem Druck p_b im Brennraum 24 gebildet. Diese Druckdifferenz $dprpb$ wird ebenso wie die in 62 bestimmte und gegebenenfalls durch den Wichtungsfaktor w_f reduzierte Kraftstoffmasse m_s einem Block 68 zugeführt, in dem, beispielsweise durch ein Kennfeld, die Einspritzzeit t_i der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung 22 des entsprechenden Brennraums 24 bestimmt wird.

[0043] Alternativ zu dem in Figur 3 dargestellten Verfahren kann die Einspritzzeit t_i auch nach dem in Figur 4 dargestellten Verfahren ermittelt werden. In Figur tragen solche Blöcke, welche äquivalente Funktionen zu den Blöcken von Figur 3 aufweisen, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert.

[0044] Das in Figur 4 dargestellte Verfahren wird vorzugsweise dann eingesetzt, wenn die Brennkraftmaschine 10 im "Schichtbetrieb" gestartet werden soll. In diesem Fall werden bessere Ergebnisse erzielt, wenn für die Ermittlung des Wichtungsfaktors w_f im Block 60 als Eingangsgröße nicht der Druck p_r in der Kraftstoff-Sammelleitung 20, sondern die Druckdifferenz $dprpb$ verwendet wird, welche in 66 ermittelt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem Kraftstoff mittels mindestens einer Kraftstoffpumpe (14, 18) in eine Kraftstoff-Sammelleitung (20) gefördert wird, aus der er über mindestens eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) direkt in mindestens einen Brennraum (24) der Brennkraftmaschine (10) gelangt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beim Start der Brennkraftmaschine (10) bei einer Einspritzung (50) von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum (24) einzuspritzende Kraftstoffmasse (ms) vom Druck (pr) in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) abhängt. 5 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beim Start der Brennkraftmaschine (10) bei einer Einspritzung (50) von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum (24) einzuspritzende Kraftstoffmasse (ms) dadurch gebildet wird, dass eine Norm-Kraftstoffmasse (mns) bestimmt wird, die beim Start bei einem bestimmten Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) in den Brennraum (24) einzuspritzen ist, und diese Norm-Kraftstoffmasse (mns) mit einem Wichtungsfaktor (wf) multipliziert wird (62), der dann, wenn der Druck (pr) in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) gleich dem bestimmten Druck ist, den Wert 1 hat, und der bei einer Abweichung des Drucks (pr) in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) von dem bestimmten Druck einen Wert ungleich 1 annimmt. 15 20 25 30
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beim Start der Brennkraftmaschine (10) bei einer Einspritzung (50) von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum (24) einzuspritzende Kraftstoffmasse (mns) von der Druckdifferenz (dprpb) zwischen Brennraum (24) und Kraftstoff-Sammelleitung (20) abhängt. 35 40
4. Verfahren nach Anspruch 3, dass die beim Start der Brennkraftmaschine (10) bei einer Einspritzung (50) von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum (24) einzuspritzende Kraftstoffmasse (ms) dadurch gebildet wird, dass eine Norm-Kraftstoffmasse (mns) bestimmt wird, die beim Start bei einer bestimmten Druckdifferenz zwischen Brennraum (24) und Kraftstoff-Sammelleitung (20) in den Brennraum (24) einzuspritzen ist, und diese Norm-Kraftstoffmasse (mns) mit einem Wichtungsfaktor (wf) multipliziert wird, der dann, wenn die Druckdifferenz (dprpb) zwischen Brennraum (24) und Kraftstoff-Sammelleitung (20) gleich der bestimmten Druckdifferenz ist, den Wert 1 hat, und der bei einer Abweichung der Druckdifferenz (dprpb) von der bestimmten Druckdifferenz einen Wert un- 45 50 55
- gleich 1 annimmt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wichtungsfaktor (wf) mittels einer Kennlinie (60) bestimmt wird, die mit dem Druck (pr) in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) oder der Druckdifferenz (dprpb) zwischen Brennraum (24) und Kraftstoff-Sammelleitung (20) adressiert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungsdauer (ti) der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) bei einer Einspritzung (50) beim Start der Brennkraftmaschine (10) von der bei einer Einspritzung (50) in den Brennraum (24) einzuspritzenden Kraftstoffmasse (ms) und von der Druckdifferenz (dprpb) zwischen Brennraum (24) und Kraftstoff-Sammelleitung (20) abhängt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur dann, wenn in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) ein Druck (pr) von mindestens 20 bar, insbesondere mindestens ungefähr 50 bar, herrscht, Kraftstoff von der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22) in den Brennraum (24) der Brennkraftmaschine (10) eingespritzt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Kraftstoffpumpe (14, 18) wenigstens zum Starten der Brennkraftmaschine (10) wenigstens mittelbar elektrisch angetrieben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Kraftstoffpumpe (18) mechanisch von der Brennkraftmaschine (10) angetrieben und beim Starten der Brennkraftmaschine (10) ein elektrischer Anlasser (26) betätigt wird (46).
10. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.
11. Computerprogramm nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory oder einem Ferrit-RAM, abgespeichert ist.
12. Steuer- und/oder Regelgerät (34) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 10 oder 11 abgespeichert ist.

13. Brennkraftmaschine (10), mit einem Kraftstoffbehälter (12), mit mindestens einer Kraftstoffpumpe (14, 18), welche Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter (12) in eine Kraftstoff-Sammelleitung (20) fördert, mit mindestens einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (22), welche an die Kraftstoff-Sammelleitung (20) angeschlossen ist und Kraftstoff direkt in mindestens einen Brennraum (24) der Brennkraftmaschine (10) einspritzt, und mit einem Drucksensor (32), welcher den Druck in der Kraftstoff-Sammelleitung (20) erfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Steuer-und/oder Regelgerät (34) nach Anspruch 11 umfasst.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

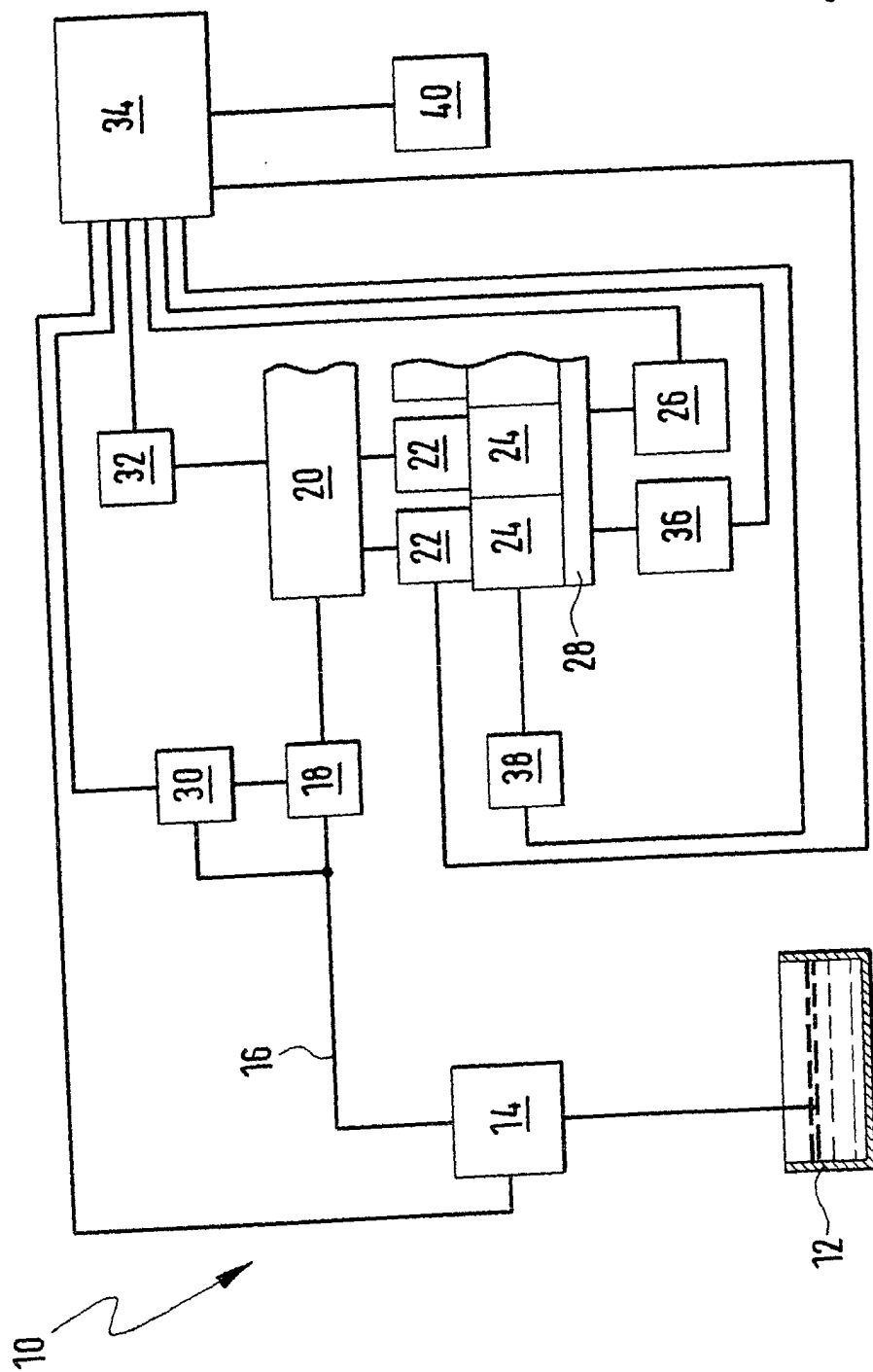
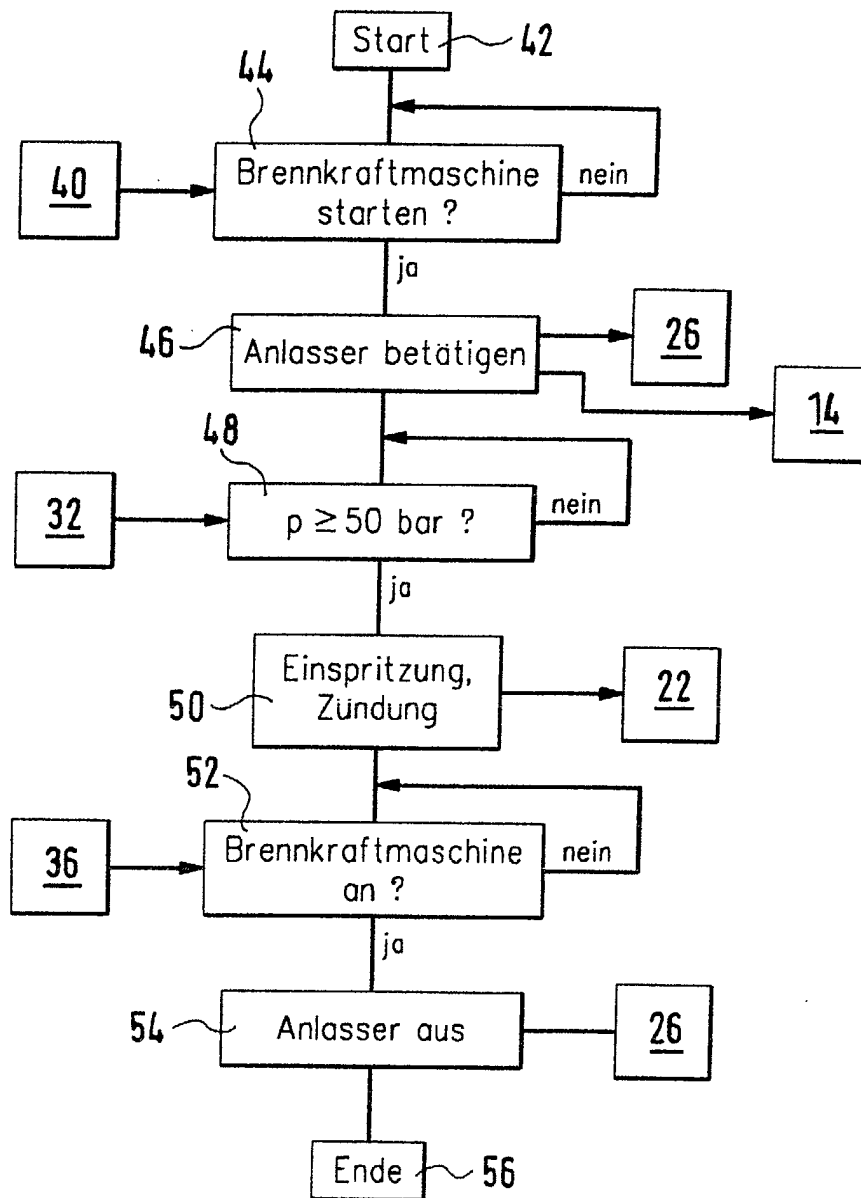


Fig. 1

*Fig. 2*

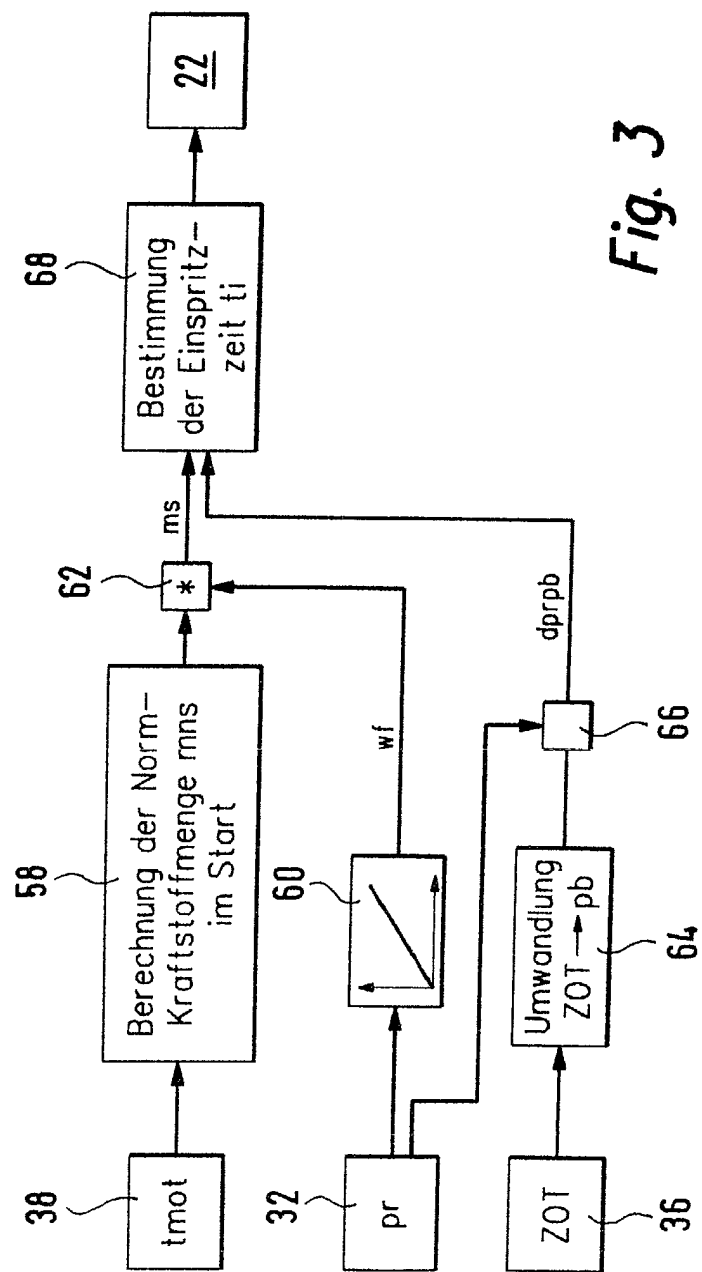


Fig. 3

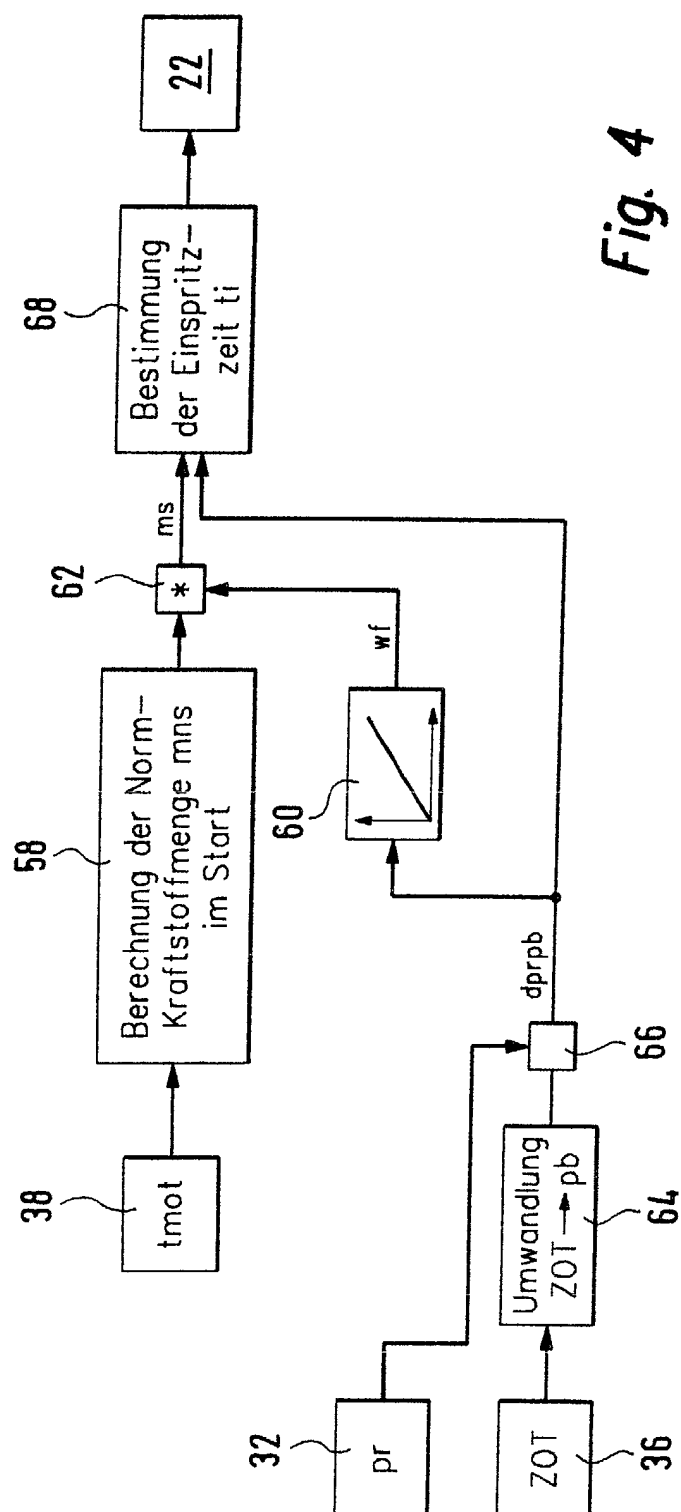


Fig. 4