



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 17 720 T2** 2005.06.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 986 701 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F02D 41/14**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 17 720.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/04417**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 908 576.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/045257**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.03.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **10.09.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **02.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.06.2005**

(30) Unionspriorität:

**36111                      06.03.1998              US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, DE, FI, FR, SE**

(73) Patentinhaber:

**Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US**

(72) Erfinder:

**BROWN, C. c/o CATERPILLAR INC., Scott, Peoria,  
US; WILLI, L., Martin, Lafayette, US**

(74) Vertreter:

**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und  
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DES ENERGIEGEHALTES EINES DEM MOTOR ZUGEFÜHRTEN  
BRENNSTOFFS BASIERT AUF DEN O<sub>2</sub>-GEHALT DES ABGASES**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Offenbarung der Erfindung

## Technisches Gebiet

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf Verbrennungsmotoren, die einen Brennstoff von einer Art verwenden, die einen variierenden Energiegehalt hat, und insbesondere auf ein Verfahren, um den Variationen des Energiegehaltes von einem gasförmigen Brennstoff Rechnung zu tragen, der an einen Verbrennungsmotor geliefert wird, und zwar basierend auf dem  $O_2$ -Pegel innerhalb der Motorabgase nach US-A-5 197 450.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** Obwohl die hier enthaltene Beschreibung hauptsächlich auf Dual-Brennstoffmotoren gerichtet ist, sei bemerkt, daß die beschriebenen Verfahren auf andere Bauarten von Motoren anwendbar sind, die einen Brennstoff mit einem variierenden Energiegehalt verbrennen.

**[0003]** Ein Dual-Brennstoff-Motor kann typischerweise in zwei Betriebszuständen arbeiten. In einem Betriebszustand alleine mit flüssigem Brennstoff wird flüssiger Brennstoff, wie beispielsweise Diesel-Brennstoff direkt in einen Motorzylinder oder in eine Vorverbrennungskammer eingespritzt, und zwar als einzige Energiequelle während der Verbrennung. In einem Dual-Brennstoff-Betriebszustand wird ein gasförmiger Brennstoff, wie beispielsweise Erdgas, mit Luft in einem Einlaßanschluß eines Zylinders vermischt, und eine kleine Menge oder Vormenge des Diesel-Brennstoffes wird in den Zylinder oder in die Vorverbrennungskammer eingeleitet, um die Mischung aus Luft und gasförmigem Brennstoff zu zünden.

**[0004]** Ein flüssiger Brennstoff, wie beispielsweise Diesel-Brennstoff hat einen im wesentlichen konstanten Energiegehalt. Jedoch kann der Energiegehalt eines gasförmigen Brennstoffes variieren, wie beispielsweise von Erdgas. Es ist wünschenswert, daß ein Dual-Brennstoff-Motorbrennstoffsteuersystem, welches den Energiegehalt von gasförmigem Brennstoff verwendet, um die Menge des gasförmigen Brennstoffes zu bestimmen, die zum Motor zu liefern ist, fähig sein sollte, Veränderungen des tatsächlichen Energiegehaltes des gasförmigen Brennstoffes Rechnung zu tragen. In ähnlicher Weise kann es bei einem funkengezündeten Motor, der gasförmigen Brennstoff verwendet, wie beispielsweise Erdgas, wünschenswert sein, den tatsächlichen Energiegehalt des gasförmigen Brennstoffes zu kennen.

**[0005]** Entsprechend ist die vorliegende Erfindung darauf gerichtet, eines oder mehrere der oben dargelegten Probleme zu überwinden.

**[0006]** Gemäß eines Aspektes der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Einstellung eines Brennstoffsteuersystems eines Verbrennungsmotors nach Anspruch 1 vorgesehen, um Variationen des Energiegehaltes eines Brennstoffes Rechnung zu tragen, der zum Motor geliefert wird.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0007]** Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung sei Bezug genommen auf die beigefügten Zeichnungen, in denen die Figuren folgendes darstellen:

**[0008]** [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht eines Dual-Brennstoff-Motorsystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0009]** [Fig. 2](#) ein Flußdiagramm der Betriebsschritte für den Dual-Brennstoff-Motor der [Fig. 1](#) gemäß der vorliegenden Erfindung; und

**[0010]** [Fig. 3](#) ein Steuerdiagramm gemäß der vorliegenden Erfindung.

## Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

**[0011]** Mit Bezug auf die Zeichnungen wird beim Bezugszeichen **10** in [Fig. 1](#) ein Dual-Brennstoff-Motorsystem abgebildet, welches einen Motor **12** mit einem gezeigten repräsentativen Zylinder **14** aufweist. Obwohl nur ein Zylinder **14** gezeigt ist, sei bemerkt, daß die Anzahl der Zylinder des Motors **12** variieren könnte, und daß der Motor **12** eine Reihen-Bauart, eine V-Bauart oder auch eine Drehkolbenbauart eines Motors sein kann. Der Kolben **16** ist zur Verschiebung innerhalb des Zylinders **14** positioniert, wobei der Zylinder **14** einen Einlaßanschluß **18** und einen Auslaßanschluß **20** aufweist, die jeweilige Ventile **22** und **24** aufweisen. Der Einlaßanschluß **18** nimmt Luft von einer Lufteinlaßsammelleitung **26** auf, zu der die Luft läuft, nach dem sie durch den Nachkühler **27**, den Turbolader **29** und einen (nicht gezeigten) Luftfilter gelaufen ist.

**[0012]** Der Motor **12** weist eine Brennstoffeinspritzvorrichtung **28** auf, wie beispielsweise eine elektronische Einspritzeinheit, die zur Einspritzung von flüssigem Brennstoff, wie beispielsweise Diesel-Brennstoff in den Zylinder **14** positioniert ist. Der flüssige Brennstoff kann zu der Brennstoffeinspritzvorrichtung **28** durch Mittel geliefert werden, die in der Technik wohlbekannt sind. Ein Einlaßventil **30** für gasförmigen Brennstoff ist zwischen der Sammelleitung **32** für gasförmigen Brennstoff an einer stromaufwärtsliegenden Seite und dem Einlaßanschluß **18** an einer stromabwärtsliegenden Seite positioniert, wobei ein Düsenteil des Ventils **30** sich in den Einlaßanschluß

**18** erstreckt, um gasförmigen Brennstoff dort hinein zu liefern. Das Einlaßventil **30** für gasförmigen Brennstoff kann beispielsweise von der Bauart sein, die im US-Patent 5 398 724 gezeigt und beschrieben wurde, die von Woodward Governor Company erhältlich ist. Die Sammelleitung **32** für gasförmigen Brennstoff ist mit einer Quelle **34** für gasförmigen Brennstoff durch einen Brennstoffpfad **36** verbunden, weiter durch ein elektromagnetbetätigtes Abschlußventil **38** für gasförmigen Brennstoff, welches entlang dem Brennstoffpfad **36** positioniert ist. Obwohl dies nicht gezeigt ist, sei bemerkt, daß ein solches System typischerweise einen Ausgleichsregler aufweisen könnte, der zwischen der Quelle **34** für gasförmigen Brennstoff und der Sammelleitung **32** für gasförmigen Brennstoff positioniert ist, um den Druck des gasförmigen Brennstoffes an der stromaufwärtsliegenden Seite des Einlaßventils **30** für gasförmigen Brennstoff zu regeln.

**[0013]** Ein elektronisches Steuermodul (ECM = electronic control module) **40** ist mit einem Drucksensor **42** für gasförmigen Brennstoff über einen Leitungspfad **44** und mit einem Drucksensor **46** für die Einlaßluft über einen Leitungspfad **48** verbunden, um druckanzeigende Signale von jedem dieser Sensoren aufzunehmen. Solche Drucksensoren sind in der Technik wohl bekannt, und daher wird hier eine detaillierte Beschreibung der Sensoren nicht miteingeschlossen. Ein Temperatursensor **43** ist ebenfalls in der Sammelleitung **32** für gasförmigen Brennstoff vorgesehen, um temperaturanzeigende Signale an das elektronische Steuermodul **40** über den Leitungspfad **45** zu liefern. Das elektronische Steuermodul **40** ist angeschlossen, um das Einlaßventil **30** für gasförmigen Brennstoff durch den Leitungspfad **50** zu steuern, und ist auch angeschlossen, um die Brennstoffeinspritzvorrichtung **28** durch den Leitungspfad **52** zu steuern. In dieser Hinsicht ist es bekannt, eine Treiberschaltung innerhalb des elektronischen Steuermoduls **40** vorzusehen, um Stromsteuersignale an diese Vorrichtungen zu liefern. Es sei jedoch bemerkt, daß eine solche Treiberschaltung getrennt von dem elektronischen Steuermodul jedoch mit diesem verbunden ausgeformt sein könnte. Ein Motordrehzahlsensor **54**, der mit einer Nockenwelle des Motors **12** assoziiert ist, ist auch mit dem elektronischen Steuermodul **40** über den Leitungspfad **56** verbunden, um Signale dort hin zu liefern, die die Motordrehzahl anzeigen. Das elektronische Steuermodul **40** weist typischerweise Verarbeitungsmittel auf, wie beispielsweise eine Mikrosteuervorrichtung (microcontroller) oder einen Mikroprozessor, weiter assoziierte elektronische Schaltungen, wie beispielsweise eine Eingabe/Ausgabe-Schaltung, genauso wie den assoziierten Speicher.

**[0014]** Abgase aus dem Auslaßanschluß **20** werden zum Turbolader **29** geleitet, wie von den Pfeilen **31** angezeigt. Ein elektronisch steuerbares Auslaßsteu-

erventil **33** ist vorgesehen, um die Menge des Abgases zu steuern, die an dem Turbolader **29** vorbeiläuft. Das elektronische Steuermodul **40** ist zur Steuerung des Auslaßsteuerventils **33** über den Leitungspfad **35** verbunden. Ein O<sub>2</sub>-Sensor **41**, der gewöhnlicherweise als EGO-Sensor bezeichnet wird, ist entlang des Abgaspfades vorgesehen, um den O<sub>2</sub>-Pegel abzufühlen und Signale an das elektronische Steuermodul **40** über den Leitungspfad **47** zu liefern, die den O<sub>2</sub>-Pegel anzeigen. Ein einzelner O<sub>2</sub>-Sensor, der in der Auslaßsammelleitung positioniert ist, könnte verwendet werden, oder ein jeweils einzeln vorgesehener O<sub>2</sub>-Sensor, der in dem Auslaßanschluß von jedem Zylinder positioniert ist, könnte verwendet werden.

**[0015]** Das Dual-Brennstoff-Motorsystem **10** kann sowohl in einem Betriebszustand für flüssigen Brennstoff als auch in einem Betriebszustand für Dual-Brennstoff arbeiten. In dem Betriebszustand für flüssigen Brennstoff wird der flüssige Brennstoff in den Motorzylinder **14** als die einzige Quelle von Brennstoffenergie während der Verbrennung eingespritzt. In einem Dual-Brennstoff-Betriebszustand wird der gasförmige Brennstoff mit Luft in dem Einlaßanschluß **18** des Zylinders **14** vermischt, und eine kleine Menge oder Vormenge von flüssigem Brennstoff wird in den Zylinder **14** eingespritzt, um die Mischung aus Luft und gasförmigem Brennstoff zu zünden. Der Betriebszustand kann eingerichtet werden durch abgefühlte Motorparameter in Verbindung mit einer Bedienereingabe, wie beispielsweise durch einen Betriebszustandsschalter **58** vorgesehen.

**[0016]** Das Brennstoffsteuersystem des Motors **12** arbeitet in dem es einen Regelungsausgangswert (X) einrichtet, der eine Gesamtbrennstoffenergie rate anzeigt, die zum Motor geliefert werden sollte, um eine erwünschte Motordrehzahl aufrecht zu erhalten. Die erwünschte Motordrehzahl kann eine vorbestimmte, gespeicherte Drehzahl sein, oder kann beispielsweise durch eine Drosseleinstellung bzw. Gaspedalstellung angezeigt werden. Ein erster Wert (Y), der eine Vorbrennstoffenergie rate für flüssigen Brennstoff anzeigt, die zum Motor geliefert werden soll, und ein zweiter Wert (Z), der eine Energie rate für gasförmigen Brennstoff anzeigt, die zum Motor geliefert werden soll, werden jeweils so bestimmt, daß die Summe der erwünschten Vorbrennstoffenergie rate für flüssigen Brennstoff (Soll-Energie rate) und die erwünschte Energie rate für gasförmigen Brennstoff (Soll-Energie rate) im wesentlichen gleich der erwünschten Gesamtbrennstoffenergie rate ist. Eine Steuersignaldauer für die Brennstoffeinspritzvorrichtung und eine Steuersignaldauer für ein Einlaßventil für gasförmigen Brennstoff werden beide so bestimmt, daß der flüssige Brennstoff, der zum Motor geliefert wird, die Soll-Brennstoffenergie rate für flüssigen Vorbrennstoff vorsieht, und daß der gasförmige Brennstoff, der zum Motor geliefert wird, die Soll-En-

ergierate für gasförmigen Brennstoff liefert. Die Steuersignaldauer für das Einlaßventil für gasförmigen Brennstoff wird bestimmt durch Anwendung von sowohl dem Wert (Z) für gasförmigen Brennstoff als auch dem gespeicherten Energiegehaltswert ( $E_G$ ) für gasförmigen Brennstoff. Mit Bezug auf den Wert (Y) für flüssigen Vorsteuerbrennstoff und auf den Wert (Z) für gasförmigen Brennstoff wird der Wert (Y) als eine Funktion der Motordrehzahl und der Motorbelastung bestimmt, und der Wert (Z) wird definiert als  $Z = X - Y$ .

**[0017]** Der Regelungsausgangswert (X) wird auch verwendet, um den Luftfluß in den Zylinder **14** zu steuern, in dem man Einstellungen an dem Auslaßsteuerventil **33** vornimmt. Insbesondere wird ein erwünschter Luftfluß als eine Funktion des Regelungsausgangswertes (X) und der abgefühlten Motordrehzahl bestimmt, und das elektronische Steuermodul **40** bewirkt eine Lieferung eines elektrischen Signals an das Auslaßsteuerventil **33**, um den Überleitungsfluß **37** des Turboladers zu steuern. Der Einlaßluftfluß **39** wird variieren, wenn der Überleitungsfluß **37** variiert. Im allgemeinen wird der erwünschte Luftfluß zu den Zylindern zunehmen, wenn der Regelungsausgangswert (X) ansteigt, weil ein größerer Wert (X) mehr Brennstofflieferung zum Motor anzeigt.

**[0018]** Mit Bezug auf [Fig. 2](#) ist ein Flußdiagramm **60** der Betriebsschritte gemäß der vorliegenden Erfindung in dem Dual-Brennstoff-Betriebszustand gezeigt. Insbesondere wird ein Regelungsausgangswert (X) in dem Dual-Brennstoff-Betriebszustand eingerichtet, und die tatsächliche Motordrehzahl wird ebenfalls im Schritt **62** bestimmt. Der erwünschte  $O_2$ -Pegel des Abgases wird im Schritt **64** bestimmt, wie beispielsweise aus einer 3D-Karte des  $O_2$ -Pegels des Abgases als eine Funktion des Regelungsausgangswertes (X) und der abgefühlten Motordrehzahl. Der tatsächliche  $O_2$ -Pegel (Ist-Pegel) des Abgases, wie er vom  $O_2$ -Sensor **41** abgefühlt wird, wird mit dem erwünschten  $O_2$ -Pegel (Soll-Pegel) des Abgases im Schritt **66** verglichen. Im Schritt **68** wird der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) für gasförmigen Brennstoff basierend auf den Vergleich eingestellt. Insbesondere wenn der Ist- $O_2$ -Pegel des Abgases größer ist als der Soll- $O_2$ -Pegel des Abgases wird der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) für gasförmigen Brennstoff nach unten eingestellt, und wenn der Ist- $O_2$ -Pegel des Abgases geringer als der Soll- $O_2$ -Pegel des Abgases ist, wird der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) des gasförmigen Brennstoffes nach oben eingestellt. Ein größerer Pegel als der erwünschte  $O_2$ -Pegel des Abgases zeigt ein Luft/Brennstoff-Verhältnis an, welches magerer ist als erwartet, was bedeutet, daß zuviel Luft zu den Motorzylindern geliefert wird. Weil die Menge der gelieferten Luft zunimmt, wenn der Regelungsausgangswert (X) ansteigt, zeigt ein mageres Luft/Brennstoff-Ver-

hältnis an, daß der Regelungsausgangswert (X) zu hoch ist, und daß somit der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) ebenfalls zu hoch ist. Genauso zeigt ein  $O_2$ -Pegel des Abgases, der niedriger als erwünscht ist, ein Luft/Brennstoff-Verhältnis an, welches fetter als erwartet ist, was bedeutet, daß nicht genügend Luft zu den Motorzylindern geliefert wird. Ein fettes Luft/Brennstoff-Verhältnis zeigt an, daß der Regelungsausgangswert (X) zu niedrig ist, und daß somit der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) zu niedrig ist.

#### Industrielle Anwendbarkeit

**[0019]** Die vorliegende Erfindung gestattet, daß Variationen im Energiegehalt eines gasförmigen Brennstoffes, der zu dem Motor geliefert wird, berücksichtigt werden, was ermöglicht, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis auf einem erwünschten Pegel gehalten wird.

**[0020]** Ein Beispiel des Betriebs gemäß der vorliegenden Erfindung wird mit Bezugnahme auf [Fig. 3](#) erklärt, die ein Steuerdiagramm **70** ist. Wie gezeigt, wird die tatsächliche Motordrehzahl (Ist-Motordrehzahl), wie sie vom Motor **12** abgefühlt wurde, mit der erwünschten Motordrehzahl (Soll-Motordrehzahl) verglichen, und die Regelungsvorrichtung **72**, die eine PID-Steuervorrichtung sein könnte, verwendet den Fehler, um einen Ausgangswert (X) einzurichten, der die Gesamtbrennstoffenergie rate anzeigt. Eine Tabelle **74** für flüssigen Vorbrennstoff wird dann verwendet, um den Ratenwert (Y) für flüssigen Vorbrennstoff zu bestimmen. Durch Subtrahieren des Ratenwertes (Y) für flüssigen Vorbrennstoff vom Wert (X) wird der Wert (Z) für gasförmigen Brennstoff bestimmt. Die notwendige Dauer eines Brennstoffeinspritzvorrichtungssteuersignals entsprechend einem Ratenwert (Y) für flüssigen Vorbrennstoff wird als eine Funktion der Zahnstangenlänge (rack) und der Motordrehzahl bei **76** bestimmt, wie beispielsweise durch Anwendung einer dreidimensionalen Karte oder in dem man eine Berechnung ausführt. Eine Steuersignaldauer für das Einlaßventil für gasförmigen Brennstoff entsprechend dem Wert (Z) für gasförmigen Brennstoff wird bei **78** durch eine entsprechende Berechnung bestimmt, die den Druck des gasförmigen Brennstoffes berücksichtigt, weiter den Einlaßluftdruck, die Temperatur des gasförmigen Brennstoffes, den gespeicherten Energiegehaltswert ( $E_G$ ) für den gasförmigen Brennstoff und die bekannten Flußcharakteristiken des Einlaßventils **30** für gasförmigen Brennstoff gemäß der folgenden Gleichung:

$$GASDURATION_Z = [(Z \cdot K_1 \cdot E_L) / (N_1 \cdot S \cdot E_G \cdot F_G)] + t_c,$$

wobei Z (mm) ein Zahnstangenwert ist, wobei  $K_1$  (g/mm·min) eine vorbestimmte Konstante ist, um die Zahnstangenlänge (rack) in eine Flußrate für flüssigen Brennstoff umzuwandeln, wobei  $E_G$  (J/g) der En-

ergiegehalt des flüssigen Brennstoffes ist, wobei  $N$  (Einspritzungen pro Umdrehung) die Anzahl der Einspritzungen pro Motorumdrehung ist, wobei  $S$  (U/min) die Motordrehzahl ist, wobei  $E_G$  (J/g) der gespeicherte Energiegehalt für gasförmigen Brennstoff ist, wobei  $F_G$  (g/s) die Flußrate des Einlaßventils für gasförmigen Brennstoff ist, und wobei  $t_c$  (s) eine Versetzung ist, um mechanischen Verzögerungen und einem verringerten Fluß für das Einlaßventil **30** für gasförmigen Brennstoff während des Öffnens und Schließens des Ventils Rechnung zu tragen. Sobald die Steuersignalzeitdauern bestimmt worden sind, bewirkt das elektronische Steuermodul **40** die Lieferung von jedem Steuersignal zu der Brennstoffeinspritzvorrichtung bzw. dem Einlaßventil für gasförmigen Brennstoff.

**[0021]** Der Regelungsausgangswert ( $X$ ) und die abgefühlte Motordrehzahl werden verwendet, um den Soll- $O_2$ -Pegel des Abgases bei **80** zu bestimmen. Die Tabelle des Soll- $O_2$ -Pegels des Abgases als eine Funktion der Motordrehzahl und des Regelungsausgangswertes ( $X$ ) könnten durch einen Test des Motors eingerichtet werden.

**[0022]** Der Soll- $O_2$ -Pegel des Abgases wird mit dem Ist- $O_2$ -Pegel des Abgases verglichen, wie vom Motor **12** abgefühlt, und ein Fehler oder eine Differenz wird erzeugt, und die entsprechende Energiegehaltseinstellung wird bei **82** bestimmt. Eine Technik, um die Energiegehaltseinstellung bei **82** auszuführen, würde den Vergleich des Fehlers oder der Differenz mit einer Schwellen-Differenz miteinbeziehen. Wenn der absolute Wert der Differenz größer ist als die Schwellen-Differenz, dann könnte der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) um eine vorbestimmte Größe gesteigert/verringert werden. In einem solchen Fall könnten die Schritte **66** und **68** der [Fig. 2](#) wiederholt werden, bis der geeignete gespeicherte Energiegehaltswert für gasförmigen Brennstoff erhalten wird. Eine weitere Technik, um eine Energiegehaltseinstellung bei **82** auszuführen, würde das Einspeisen des Fehlers in eine gewisse Art einer Steuervorrichtung einschließen, wie beispielsweise in eine algorithmische Steuervorrichtung oder eine PID-Steuervorrichtung, die die geeignete Energiegehaltseinstellung als eine Funktion des Fehlers oder der Differenz bestimmt und einen aktualisierten Energiegehaltswert ( $E_G'$ ) erzeugt. Der gespeicherte Energiegehaltswert ( $E_G$ ) für gasförmigen Brennstoff könnte dann durch den aktualisierten Wert ( $E_G'$ ) ersetzt werden.

**[0023]** Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung könnte auch in einem funkengezündeten Motor vorgesehen werden, der einen Brennstoff mit einem variierenden Energiegehalt verwendet, wie beispielsweise Erdgas. In einem solchen Fall wäre die Vorrichtung **28** der [Fig. 1](#) eine Zündkerze und nicht eine Brennstoffeinspritzvorrichtung. Bezüglich des gespeicherten Energiegehaltswertes ( $E_G$ ) sei be-

merkt, daß ein solcher Wert eine Energie pro Masseneinheit sein könnte, wie beispielsweise (J/g), oder daß ein solcher Wert eine Energie pro Volumeneinheit sein könnte, wie beispielsweise (J/m<sup>3</sup>). Es sei auch bemerkt, daß die Schritte gemäß der vorliegenden Erfindung in den Verarbeitungsmitteln des elektronischen Steuermoduls **40** vorgesehen sein könnten, und zwar unter Verwendung einer Vielzahl von bekannten Programmierungstechniken.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen eines Brennstoffsteuersystems eines Verbrennungsmotors (**12**) und zwar zum Berücksichtigen von Variationen in dem Energiegehalt eines an den Motor gelieferten gasförmigen Brennstoffs, wobei das Brennstoffsteuersystem einen gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) für gasförmigen Brennstoff verwendet und zwar zum Bestimmen der nötigen Dauer eines Einlassventilsteuersignals für gasförmigen Brennstoff, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: (a) Bilden eines Reglerausgangswertes ( $X$ ), der auf eine Gesamtbrennstoffenergieerate hinweist, die an den Motor geliefert werden soll; (b) Bestimmen eines gewünschten bzw. Soll-Abgas- $O_2$ -Pegels (Abgassauerstoffpegels) als eine Funktion von wenigstens dem Reglerausgangswert ( $X$ ); (c) Abfühlen eines tatsächlichen bzw. Ist-Motorabgas- $O_2$ -Pegels; (d) Vergleichen des im Schritt (c) abgefühlten Abgas- $O_2$ -Pegels mit dem Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel; und (e) Einstellen des gespeicherten gasförmigen Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ), basierend auf dem im Schritt (d) gemachten Vergleich.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin folgenden Schritt aufweist: (f) Abfühlen einer aktuellen bzw. Ist-Motordrehzahl; und wobei in Schritt (b) der Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel von Schritt (d) als eine Funktion sowohl der in Schritt (f) abgefühlten Motordrehzahl bzw. Motorgeschwindigkeit als auch dem in Schritt (a) gebildeten Reglerausgangswert ( $X$ ) bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei: der Schritt (d) das Bestimmen einer Differenz zwischen dem Ist-Abgas- $O_2$ -Pegel und dem Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel einschließt; und Schritt (e) nur durchgeführt wird, falls der Absolutwert der Differenz einen Differenz-Schwellenwert überschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei: die Schritte (c), (d) und (e) wiederholt werden bis der Absolutwert der Differenz den Differenz-Schwellenwert nicht länger überschreitet.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei:

Schritt (e) das Einstellen bzw. Anpassen des gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) um einen Betrag beinhaltet, der eine Funktion der Differenz ist.

6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei:

Schritt (e) das Einstellen bzw. Anpassen des gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) um einen vorher festgelegten Betrag beinhaltet.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei:

Schritt (d) das Bestimmen einer Differenz zwischen dem Ist-Abgas- $O_2$ -Pegel und dem Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel beinhaltet; und

Schritt (e) das Einstellen bzw. Anpassen des gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) um einen Betrag beinhaltet, der eine Funktion der Differenz ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei:

in Schritt (e) eine PID-Steuervorrichtung (Proportional-Integral-Derivativ-Steuervorrichtung) (72) zum Bestimmen eines aktualisierten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G'$ ) verwendet wird, und der gespeicherte Brennstoffenergiegehaltswert ( $E_G$ ) durch den aktualisierten Brennstoffenergiegehaltswert ( $E_G'$ ) ersetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei:

Schritt (e) das Reduzieren des gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) umfasst, und zwar wenn der Ist-Abgas- $O_2$ -Pegel größer als der Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei:

Schritt (e) das Erhöhen des gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswertes ( $E_G$ ) umfasst, wenn der Ist-Abgas- $O_2$ -Pegel kleiner als der Soll-Abgas- $O_2$ -Pegel ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Motor ein Dual-Brennstoffmotor ist, der sowohl für den Betrieb in einer Betriebsart mit flüssigem Brennstoff als auch in einer Betriebsart mit gasförmigem Brennstoff geeignet ist, wobei das Brennstoffsteuerungssystem den gespeicherten Brennstoffenergiegehaltswert ( $E_G$ ) während des Motorbetriebs in der Dual-Brennstoffbetriebsart verwendet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

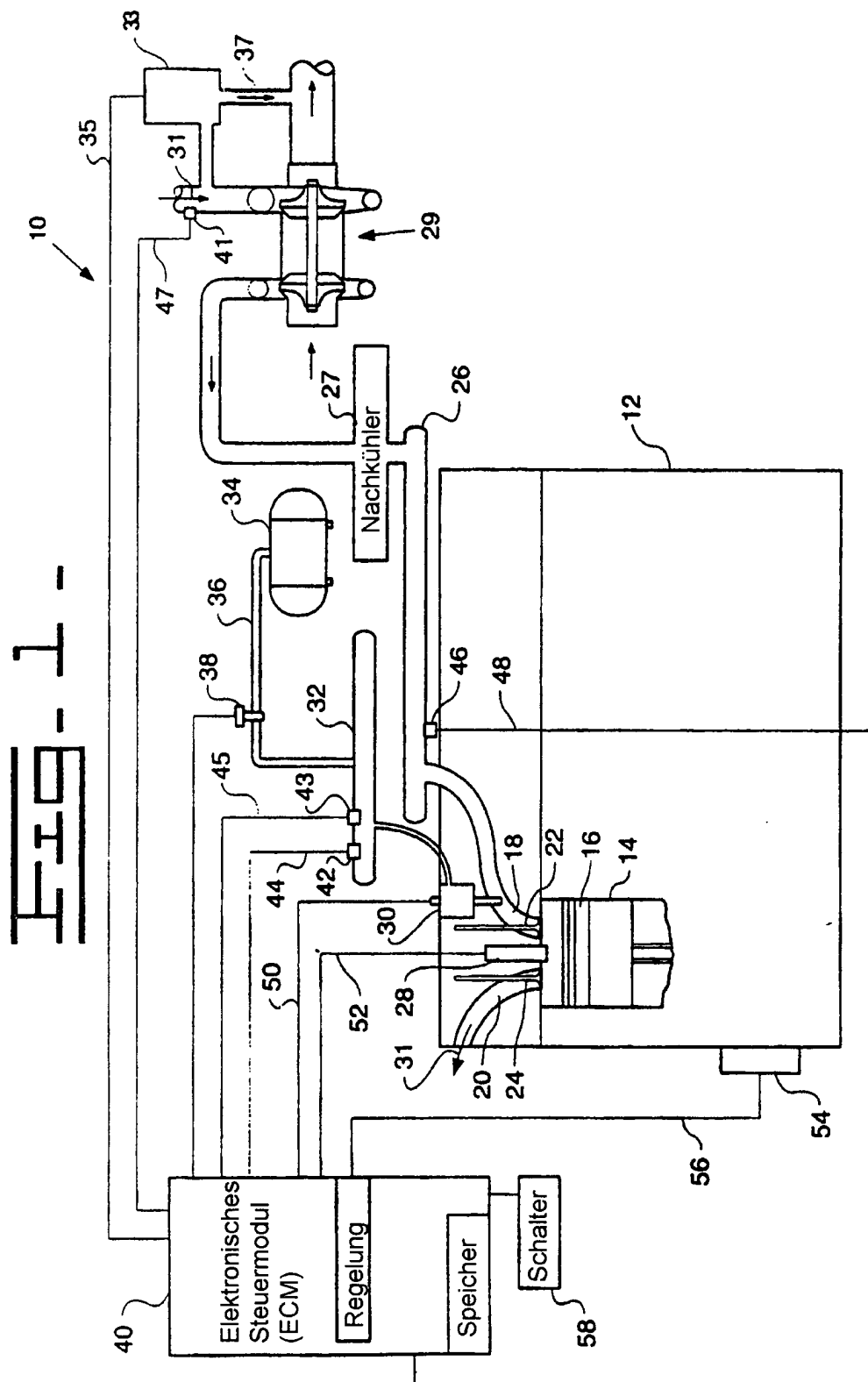
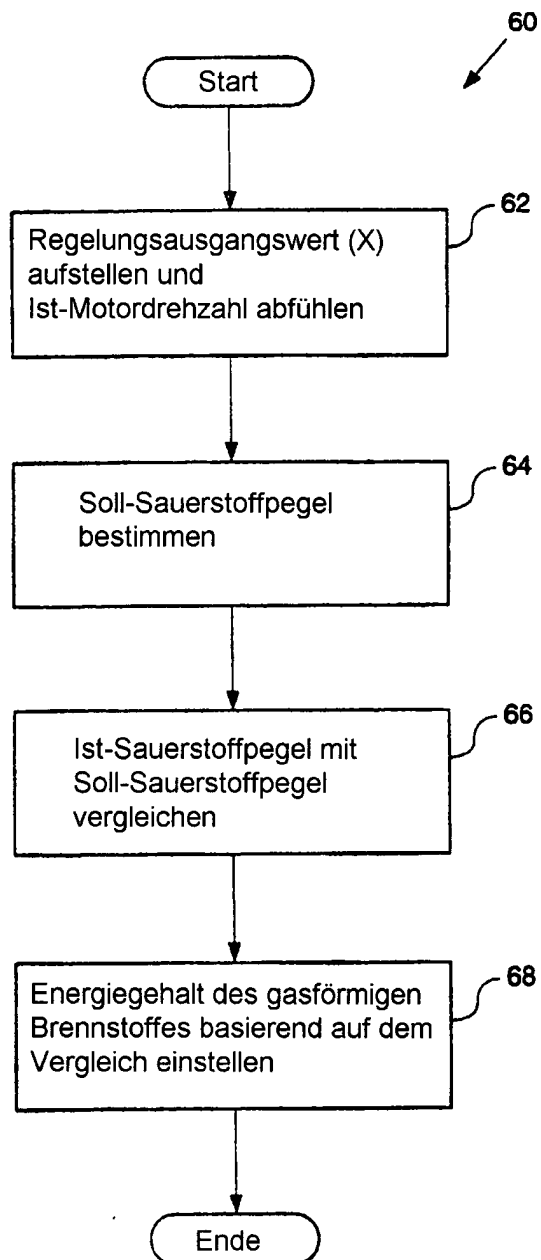


Fig. 2.



# Fig. 3

