(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 15 377 B4** 2005.07.14

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 15 377.5**
(22) Anmeldetag: **02.05.1994**
(43) Offenlegungstag: **17.11.1994**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.07.2005**

(51) Int Cl.[7]: **F02D 45/00**
F02D 41/14, F02D 41/22, F02D 33/00, F02D 19/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
08/058,373 10.05.1993 US

(71) Patentinhaber:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

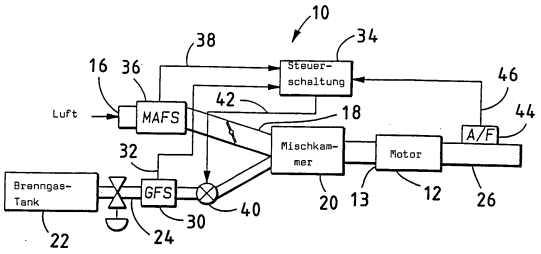
(74) Vertreter:
BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538 München

(72) Erfinder:
Saikalis, George, West Bloomfield, Mich., US;
Sugiura, Masatoshi, Novi, Mich., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 41 22 828 A1
EP 02 62 259 A1
Kraftfahrtechnisches Taschenbuch/Bosch VDI-Verlag 1987, 20. Aufl., ISBN 3-18-419105-2, S. 366-373;

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffsteuersystem für mit gasförmigem Kraftstoff betriebene Verbrennungsmotoren**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoffsteuersystem für einen Verbrennungsmotor (12) mit einem Lufteinlaß (16), einem Brenngastank (22), einer Verbrennungskammer, einer Brenngasströmungseinrichtung (24), die eine Fluidverbindung zwischen dem Brenngastank (22) und der Verbrennungskammer (12) herstellt, einer Luftströmungseinrichtung (18), die eine Fluidverbindung zwischen dem Lufteinlaß (16) und der Verbrennungskammer (12) herstellt, wobei das Brenngas und die Luft ein brennbares Gemisch für die Verbrennungskammer bilden, einer Ventileinrichtung (40) in der Brenngasströmungseinrichtung (24), um die Strömungsrate des Brenngases durch die Brenngasströmungseinrichtung (24) veränderlich zu steuern, einer Einrichtung (30) zum Messen des Brenngasmengendurchsatzes M_G durch die Brenngasströmungseinrichtung (24) und zum Erzeugen eines diesen Durchsatz repräsentierenden Brenngasausgangssignals (32) und einer Einrichtung (36) zum Messen des Luftmengendurchsatzes M_A durch die Luftströmungseinrichtung (18) und zum Erzeugen eines diesen Durchsatz repräsentierenden Luftausgangssignals (38),
gekennzeichnet durch
– eine Einrichtung (44) zur Bestimmung des Luft/Kraftstoffverhältnisses A/F aus einer Messung der Sauerstoffkonzentration in einer Abgasströmung des Motors (12),
– und eine Steuerschaltung (34), die...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Kraftstoffsteuersysteme für Verbrennungsmotoren und insbesondere Kraftstoffsteuersysteme für mit gasförmigem Kraftstoff oder Brenngas betriebene Verbrennungsmotoren.

[0002] Um einen optimalen Motorbetrieb zu erhalten, wird in modernen Verbrennungsmotoren des beispielsweise in Kraftfahrzeugen verwendeten Typs das Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Motor zugeführten Kraftstoffgemischs überwacht und in der Weise verändert, daß das gewünschte Motorverhalten erzielt wird. Eine sorgfältige Überwachung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses ist notwendig, um einen geringen Kraftstoffverbrauch, geringe Motoremissionen und dergleichen zu erhalten.

[0003] In letzter Zeit gibt es Bestrebungen, als Kraftstoff für den Motor gasförmigen Kraftstoff oder Brenngas zu verwenden. Solche Brenngase umfassen komprimiertes Erdgas (KEG), flüssiges Erdgas (FEG) und flüssiges Erdölgas (FÖG). Die Vorteile der Verwendung von Brenngas umfassen geringere Emissionen und eine sauberere Verbrennung, bessere Kaltstarteigenschaften des Motors und weniger teuere Kraftstoffe, da Brenngase reichlich zur Verfügung stehen.

[0004] Um das Luft-/Kraftstoffverhältnis von mit Brenngas betriebenen Verbrennungsmotoren zu überwachen, wird typischerweise ein Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor, der üblicherweise als Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor oder Sauerstoffsensor bekannt ist, der Abgasströmung vom Motor ausgesetzt. Der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor erzeugt ein Ausgangssignal für eine Steuerschaltung, das die Sauerstoffkonzentration in der Abgasströmung angibt. Die Sauerstoffkonzentration in der Abgasströmung repräsentiert ihrerseits das Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Motor zugeführten Kraftstoffgemischs.

[0005] Ein Nachteil der Verwendung des Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensors in der Abgasströmung von Verbrennungsmotoren besteht darin, daß ein solcher Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor für das Steuersystem nur ein Rückkopplungssignal erzeugen kann, welches das Luft-/Kraftstoffverhältnis repräsentiert. Folglich hat die Verzögerung zwischen der Motorverbrennung und dem Zeitpunkt, in dem der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor den Sauerstoffgehalt in der Abgasströmung bestimmt hat und sein Signal für die Steuerschaltung erzeugt, eine Verschlechterung gegenüber den optimalen Motorbetriebsbedingungen zur Folge, insbesondere dann, wenn sich die Motorbetriebsbedingungen ändern.

Stand der Technik

[0006] Die EP 0 262 259 A1 zeigt ein System zum Steuern der Strömungsraten von zwei Gasen für Fahrzeuge, welche alternativ mit zwei Kraftstoffquellen arbeiten. Hierbei werden ein Gasmassensensor und ein Luftmassensensor eingesetzt, wobei die Meßwerte dieser Sensoren für das Einstellen eines Servoventils in der Brenngasleitung verwendet werden. Das Einstellen des Gasmassenstroms wird dadurch erzielt, daß etwa bei periodischen Wartungsarbeiten ein variabler Widerstand entsprechend justiert wird.

[0007] Die Druckschrift "Kraftfahrtechnisches Taschenbuch/Bosch", VDI-Verlag, 1987, 20. Auflage, ISBN 3-18-419105-2, S. 366–373, betrifft Einspritzsysteme im allgemeinen, wobei keine Rückkopplung eines gemessenen Luft/Kraftstoffverhältnisses auf ein ermitteltes Luft/Kraftstoffverhältnis aufzeigt ist.

[0008] Die DE 41 22 828 A1 zeigt ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuersystem, das auf eine Erkennung eines Fehlers des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors im Abgasstrom gerichtet ist. Wird ein derartiger Fehler des Sensors erkannt, so wird das Sensorsignal entsprechend vorgespeicherten Werten korrigiert.

Aufgabenstellung

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kraftstoffsteuersystem für einen Verbrennungsmotor zu schaffen, das bei sich verändernden Motorbetriebsbedingungen eine optimale Kraftstoffzumessung gewährleistet.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Kraftstoffsteuersystem, das die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale besitzt. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

[0011] Erfindungsgemäß ist zwischen dem Brenngastank und dem Verbrennungsmotor ein Brenngasmengendurchsatz-Sensor vorgesehen. Dieser Brenngasmengendurchsatz-Sensor erzeugt ein Ausgangssignal für eine Steuerschaltung, das den Mengendurchsatz des dem Motor zugeführten Brenngases repräsentiert.

[0012] Ferner ist erfindungsgemäß im Motoreinlaßkanal ein Luftmengendurchsatz-Sensor vorgesehen. Dieser Luftmengendurchsatz-Sensor erzeugt ebenfalls ein Signal für die Steuerschaltung, das den Durchsatz der dem Motor zugeführten Luftmenge repräsentiert.

[0013] Die Steuerschaltung basiert vorzugsweise auf einem Mikroprozessor und enthält einen Algorith-

mus, gemäß dem das Luft-/Kraftstoffverhältnis anhand der vom Brenngasmengendurchsatz-Sensor sowie vom Luftmengendurchsatz-Sensor empfangenen Signale das Luft-/Kraftstoffverhältnis berechnet. Dann erzeugt die Steuerschaltung Ausgangssignale für Ventil- oder Einspritzeinrichtungen, die mit dem Brenngastank verbunden sind, um die Menge des dem Motor zugeführten Brenngases in der Weise zu verändern, daß ein optimales Luft-/Kraftstoffverhältnis erhalten wird.

[0014] Vorzugsweise ist ein Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor so vorgesehen, daß er der Abgasströmung vom Motor ausgesetzt ist und ein Ausgangssignal für die Steuerschaltung erzeugt, das das tatsächliche Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Motor zugeführten Kraftstoffgemischs repräsentiert. Die Steuerschaltung vergleicht das tatsächliche Luft-/Kraftstoffverhältnis, das vom Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor ermittelt wird, mit dem berechneten Luft-/Kraftstoffverhältnis und erzeugt gegebenenfalls geeignete Kompensationssignale für die Ventil- oder Einspritzeinrichtungen, derart, daß die berechneten und tatsächlichen Luft-/Kraftstoffverhältnis-Werte im wesentlichen miteinander in Übereinstimmung gelangen.

[0015] Vorzugsweise umfaßt der Brenngasmengendurchsatz-Sensor einen Hitzdraht-Brenngasmengendurchsatz-Sensor. In dem Brenngasmengendurchsatz-Sensor ist eine Sicherheitsschaltung enthalten, um die Temperatur des Hitzdrahts geringer als die Verbrennungstemperatur des Brenngases zu halten.

[0016] Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben, die sich auf bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen.

Ausführungsbeispiel

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

[0018] Fig. 1 eine diagrammartige Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 2 eine Ansicht ähnlich derjenigen von Fig. 1, in der jedoch eine Abwandlung hiervon gezeigt ist;

[0020] Fig. 3 eine Ansicht ähnlich derjenigen von Fig. 1, in der jedoch eine weitere Abwandlung hiervon gezeigt ist;

[0021] Fig. 4 eine Längsschnittansicht zur Erläuterung einer bevorzugten Ausführungsform des Brenngasmengendurchsatz-Sensors;

[0022] Fig. 5 eine Schnittansicht im wesentlichen längs 5-5 in Fig. 4;

[0023] Fig. 6 einen Schaltplan des elektronischen Teils des Brenngasmengendurchsatz-Sensors;

[0024] Fig. 7 ein Flußdiagramm zur Erläuterung des Betriebs der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0025] Fig. 8 ein Flußdiagramm zur Erläuterung einer Diagnoseroutine des Brenngasmengendurchsatz-Sensors.

[0026] In Fig. 1 ist eine diagrammartige Ansicht des erfindungsgemäßen Kraftstoffsteuersystems **10** gezeigt, das in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor **12** mit einem Einlaß **13** verwendet wird. Ein Lufteinlaß **16** steht über eine Luftströmungseinrichtung **18** mit einer Mischkammer **20** in einer Fluidverbindung, wobei die Mischkammer **20** ihrerseits mit der Ansaugleitung **13** des Motors **12** in einer Fluidverbindung steht. Außerdem steht ein Brenngastank **22** über eine Brenngasströmungseinrichtung **24** mit der Mischkammer **20** in einer Fluidverbindung. Daher werden während des Betriebs des Motors die Luft vom Lufteinlaß **16** und der gasförmige Kraftstoff vom Tank **22** in der Mischkammer **20** gemischt, bevor sie in den Motor **12** eingeleitet und dort verbrannt werden. Der Motor **12** stößt anschließend die Produkte der Motorverbrennung durch sein Abgasrohr **26** aus.

[0027] Im Kraftstofftank **22** können verschiedene Brenngase enthalten sein. Beispielsweise kann der Kraftstofftank **22** komprimiertes Erdgas (KEG), flüssiges Erdgas (FEG), flüssiges Erdölgas (FÖG) oder dergleichen enthalten.

[0028] Wie weiterhin in Fig. 1 gezeigt, ist in der Brenngasströmungseinrichtung **24** zwischen dem Brenngastank **22** und der Mischkammer **20** ein Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30**, der später genauer beschrieben wird, vorgesehen. Der Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** erzeugt an seinem Ausgang **32** ein Signal für eine Steuerschaltung **34**, das die Durchsatzmenge des Brenngases durch den Strömungssensor **30** und somit zum Motor **12** repräsentiert. Ähnlich ist in der Luftströmungseinrichtung **18** zwischen der Luftansaugleitung **16** und der Mischkammer **20** ein Luftmengendurchsatz-Sensor **36** so angeordnet, daß er von dem durch die Luftströmungseinrichtung **18** strömenden Fluid durchströmt wird. Der Luftmengendurchsatz-Sensor **36** erzeugt an seinem Ausgang **38** ein Signal für die Steuerschaltung **34**, das den Luftmengendurchsatz zur Mischkammer **20** und somit zum Motor **12** repräsentiert.

[0029] Außerdem ist in die Brenngasströmungseinrichtung **24** eine Steuerventileinrichtung **40** eingefügt, um den Brenngasdurchsatz vom Kraftstofftank **22** zur Mischkammer **20** veränderlich zu steuern. Die Steuerschaltung **34** enthält einen Ausgang **42**, der mit der variablen Ventileinrichtung **40** elektrisch verbunden ist, um den Brenngasdurchsatz vom Kraftstofftank **22** zur Mischkammer **20** zu verändern, um ein optimales Motorbetriebsverhalten zu erzielen.

[0030] Wie weiterhin in Fig. 1 gezeigt, steht ein Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor **44** in einer Fluidverbindung mit der Abgasströmung vom Motor **12**. Der Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor **44** erzeugt an seinem Ausgang **46** ein Signal für die Steuerschaltung **34**, das das tatsächliche Luft-/Kraftstoffverhältnis in der Abgasströmung **26** vom Motor **12** repräsentiert. Der Zweck dieses Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensors **44** wird im folgenden beschrieben.

[0031] In Fig. 2 ist eine Abwandlung des erfindungsgemäßen Kraftstoffsteuersystems **10** gezeigt. In der Ausführungsform von Fig. 2 ist die Mischkammer **20** weggelassen, statt dessen ist die Luftströmungseinrichtung **18** direkt mit dem Einlaß **13** des Motors **12** verbunden. Weiterhin ist eine variable Ventil- oder Einspritzeinrichtung **50** für Brenngas in die Brenngasströmungseinrichtung **24** eingefügt, um die Menge des dem Motor **12** zugeführten Brenngases veränderlich zu steuern. Vorzugsweise ist jeder Verbrennungskammer des Motors ein Ventil **50** zugeordnet. Wie vorhin steuert das Ausgangssignal **42** von der Steuerschaltung **34** die Öffnung der Ventil- oder Einspritzeinrichtung **50** und somit die Menge des dem Motor **12** zugeführten Kraftstoffs auf veränderliche Weise. In jeder anderen Hinsicht gleicht das System von Fig. 2 demjenigen von Fig. 1, so daß das System von Fig. 2 um der Kürze der Beschreibung willen nicht weiter erläutert wird.

[0032] In Fig. 3 ist eine weitere Abwandlung des erfindungsgemäßen Kraftstoffsteuersystems gezeigt, in der die variable Einspritzeinrichtung **52** für Brenngas das Ventil **50** ersetzt und mit der Brenngasströmungseinrichtung **24** in einer Fluidverbindung steht. Die Brenngaseinblaseinrichtung **52** ist an die Luftströmungseinrichtung **18** unmittelbar stromaufseitig vom Einlaß **13** des Motors **12** angeschlossen. Folglich vermischt sich das Brenngas von der Einblaseinrichtung **52** mit der durch den Einlaß **16** eingeleiteten Luft, bevor das Gemisch in den Motoreinlaß **13** eingeleitet wird. Wie vorhin steuert das Ausgangssignal **42** von der Steuerschaltung **34** den Betrieb der Einspritzeinrichtung **52**, um die Menge des dem Motor **12** zugeführten Kraftstoffs zu verändern.

[0033] In den Fig. 4 und Fig. 5 ist eine bevorzugte Ausführungsform des Brenngasmengendurchsatz-Sensors **30** gezeigt. Dieser Sensor **30** umfaßt ein langgestrecktes, röhrenförmiges und zylindrisches Gehäuse **60** mit einem Einlaßende **62** und einem Auslaßende **64**. Vorzugsweise sind am Einlaßende **62** des Gehäuses **60** Strömungsausrichtelemente **66** vorgesehen, um Turbulenzen im Gehäuse **60** zu minimieren.

[0034] Innerhalb des Gehäuses **60** ist ein Nebenleitungsrohr **68** in der Weise angeordnet, daß die Längsachsen des Rohrs **68** und des Gehäuses **60** im wesentlichen zueinander parallel sind. Daher strömt ein Teil der Strömung durch das Gehäuse **60** außerdem durch das Nebenleitungsrohr **68**.

[0035] Der Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** ist vom Typ eines Hitzdraht-Brenngasmengendurchsatz-Sensors. In dem Nebenleitungsrohr **68** sind sowohl ein Hitzdraht **70** als auch ein Kaltdraht **72** angeordnet, so daß sowohl der Hitzdraht **70** als auch der Kaltdraht **72** der Brenngasströmung durch das Nebenleitungsrohr **68** ausgesetzt sind. Der Kaltdraht **72** erzeugt ein Ausgangssignal, das die Umgebungstemperatur der Brenngasströmung durch das Gehäuse **60** repräsentiert, während der Hitzdraht **70** im wesentlichen um ein konstante Temperatur über der Umgebungstemperatur gehalten wird. Da ein größerer Stromfluß erforderlich ist, um den Hitzdraht **70** auf seiner erhöhten Temperatur zu halten, wenn der Brenngasmengendurchsatz erhöht ist, schafft die Spannung über dem Hitzdraht **70** ein Signal, das den Brenngasmengendurchsatz durch den Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** repräsentiert.

[0036] Beim Entwurf des Nebenleitungsrohrs **68** wird vorzugsweise versucht, die Gasturbulenz soweit wie möglich zu minimieren. Insbesondere sollte das optimale Durchmesser-Abstands-Verhältnis zwischen dem Hitzdrahtsensor und dem Nebenleitungsrohr ungefähr 1,5 betragen. Wenn das Verhältnis kleiner als 1,0 ist, befindet sich die Sonde zu nahe am Einlaß, so daß die Strömung nicht laminar ist. Wenn dagegen das Verhältnis größer als 2,0 ist, wird durch sekundäres Auftreffen der Luft an den Innenwänden des Nebenleitungsrohrs **68** eine Turbulenz erzeugt.

[0037] Weiterhin sollte die Reynoldszahl (R_E) größer als 2,300 sein. Die Reynoldszahl ist folgendermaßen definiert:

$$R_E = \frac{U \times D}{V}$$

wobei U die Gasgeschwindigkeit ist, D der Durchmesser des Nebenleitungsrohrs **68** ist und V die Viskosität des verwendeten Gases ist.

[0038] In Fig. 6 ist eine elektronische Schaltung **76** gezeigt, die in Verbindung mit dem Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** verwendet wird. Die elektronische Schaltung **76** enthält herkömmliche Operationsverstärker **78**, **80** und **90**, die an einem Ausgang **92** ein Spannungssignal V_0 erzeugen, das den

Stromfluß durch den Hitzdraht **70** repräsentiert. Eine solche Schaltungsanordnung ist Standard im Gebiet der Hitzdraht-Brenngasmengendurchsatz-Sensoren, so daß eine weitere Beschreibung derselben nicht notwendig ist.

[0039] Es ist jedoch wichtig, daß die Temperatur des Hitzdrahts **70** auf einem Wert unterhalb der Verbrennungstemperatur des Brenngases gehalten wird, da andernfalls eine unerwünschte Explosion stattfinden kann. Da beispielsweise die minimale Zündtemperatur des Brenngases wie etwa Methan bei ungefähr 630°C liegt, ist eine Temperaturgrenze von ungefähr 550°C für den Hitzdraht **70** ausreichend, um ein Zünden des Brenngases zu verhindern. Da ferner die Temperatur des Hitzdrahts **70** bei einem Spannungsabfall über dem Hitzdraht **70** ansteigt, ist es ausreichend, den Spannungsabfall über dem Hitzdraht **70** unterhalb eines im voraus festgelegten Betrags von beispielsweise 5 Volt zu halten, um die Temperatur des Hitzdrahts **70** unter der Verbrennungstemperatur des Kraftstoffs zu halten.

[0040] Wie in Fig. 6 gezeigt, enthält die Schaltung **76** zur Begrenzung des Spannungsabfalls über dem Hitzdraht **70** einen Operationsverstärker **94** mit einem Eingang **96**, der über einen Vorspannungswiderstand **98** mit einer Vorspannungsquelle ($+V_b$) verbunden ist, sowie einen zweiten Eingang **100**, der mit der Spannung über dem Hitzdraht **70** verbunden ist. Der Ausgang des Operationsverstärkers **94** wird dazu verwendet, einen Transistor **102** zu steuern, der über einen zweiten Transistor **104** den Strom für den Hitzdraht **70** liefert.

[0041] Wenn daher im Betrieb im Falle einer Fehlfunktion die Spannung V_1 des Hitzdrahts **70** in bezug auf Masse den Schwellenwert am Eingang **96** des Operationsverstärkers **94** übersteigt, steuert der Operationsverstärker **94** den Transistor **102** und begrenzt den Strom zum Hitzdraht **70**. Auf diese Weise wird die Spannung über dem Hitzdraht **70** auf den Schwellenwert V_{TH} begrenzt, der durch die Spannung am Eingang **96** des Operationsverstärkers **94** festgelegt wird.

[0042] In Fig. 7 ist ein Flußdiagramm gezeigt, das die Wirkungsweise des Kraftstoffsteuersystems gemäß der vorliegenden Erfindung erläutert. Im Schritt **110** liest die auf einem Mikroprozessor basierende Steuerschaltung das auf das Brenngas bezogene Ausgangssignal M_G vom Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** sowie das auf die Luft bezogene Ausgangssignal M_A vom Luftmengendurchsatz-Sensor **36** ein. Ferner wird im Schritt **110** ein Mittelwert des tatsächlichen Luft-/Kraftstoffverhältnisses, das durch den Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor **44** bestimmt worden ist, aufgesucht, wobei dieser Mittelwert mit A/F_{AV} bezeichnet wird.

[0043] Im Schritt **110** wird außerdem iterativ eine Sensor-Selbsteichungsroutine **112** aufgerufen, die eine interne Tabelle verwendet und eine herkömmliche Funktion ist, so daß eine weitere Beschreibung derselben nicht notwendig ist. Auf ähnliche Weise wird im Schritt **110** iterativ auch eine Sensor-Diagnoseroutine **114** aufgerufen. Die Diagnoseroutine wird im folgenden genauer beschrieben.

[0044] Nachdem im Schritt **110** die Signale von den Sensoren **36** und **30** sowie der Wert A/F_{AV} bestimmt worden sind, geht die Verarbeitung weiter zum Schritt **116**, in dem das berechnete Luft-/Kraftstoffverhältnis durch einen Algorithmus gemäß der folgenden Gleichung bestimmt wird:

$$A/F_{CALC} = \frac{M_A}{M_G}$$

[0045] Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **116** weiter zum Schritt **117**, in dem der vorher ermittelte Wert A/F_{AV} mit dem berechneten Wert des Luft-/Kraftstoffverhältnisses A/F_{CALC} zuzüglich oder abzüglich eines Toleranzwertes TOL verglichen wird. Wenn der Durchschnittswert A/F_{AV} des Luft-/Kraftstoffverhältnisses innerhalb des Wertes $A/F_{CALC} \pm$ TOL liegt, geht die Verarbeitung vom Schritt **117** weiter zum Schritt **119**, in dem dem Soll-Luft/Kraftstoff-Einspritzwert A/F_{INJ} das berechnete Luft/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} zugewiesen wird.

[0046] Wenn dagegen der Wert von A/F_{AV} nicht innerhalb des Bereichs des berechneten Luft-/Kraftstoffverhältnisses A/F_{CALC} + TOL liegt, geht die Verarbeitung vom Schritt **117** weiter zum Schritt **121**, in dem festgestellt wird, ob das berechnete Luft-/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} innerhalb eines vorgegebenen Bereichs von beispielsweise 10% über oder unter dem Wert von A/F_{AV} liegt. Dieser vorgegebene Bereich ist selbstverständlich größer als der im Schritt **117** durch den Wert TOL festgelegte Bereich.

[0047] Wenn der Wert von A/F_{CALC} außerhalb des durch den vorgegebenen Bereich im Schritt **121** festgelegten Bereichs (von z.B. 10%) liegt, geht die Verarbeitung vom Schritt **121** weiter zum Schritt **114**, in dem eine Diagnose ausgeführt wird, die später beschrieben wird.

[0048] Wenn dagegen der Wert von A/F_{CALC} innerhalb des vorgegebenen Bereichs um den Wert A/F_{AV} liegt, geht die Verarbeitung vom Schritt **121** weiter zum Schritt **123**, in dem der Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis-Wert A/F_{INJ} auf das um einen Kompensationsfaktor CR erhöhte berechnete Luft/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} gesetzt wird, wobei der Kompensationsfaktor CR eine gewichtete Funktion von A/F_{AV} und A/F_{CALC} ist.

[0049] Falls der Motor **12** Einspritzeinrichtungen verwendet, geht die Verarbeitung von den Schritten

119 oder **123** weiter zum Schritt **118**, in dem die Berechnungen für die Schaltverhältnisse für die Kraftstoffseinspritzeinrichtungen, die notwendig sind, um das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis A/F_{INJ} zu erhalten, ausgeführt werden. Wenn dagegen ein mechanisches Ventil zur Steuerung der Kraftstoffströmung zum Motor verwendet wird, geht die Verarbeitung von den Schritten **119** oder **123** weiter zum Schritt **118'**, in dem die Berechnungen bezüglich der Öffnung des mechanischen Ventils ausgeführt werden, um A/F_{INJ} zu erhalten. Dann geht die Verarbeitung von den Schritten **118** oder **118'** weiter zum Schritt **120**, in dem auf die zu den Einspritzeinrichtungen und/oder Ventilen führende Leitung **42** das geeignete Ausgangssignal ausgegeben wird.

[0050] Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **120** weiter zum Schritt **122**, in dem der Wert vom Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor **44** gelesen wird. Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **122** weiter zum Schritt **124**, in dem das mittlere gemessene Luft/Kraftstoffverhältnis A/F_{AV} berechnet wird, und dann zum Schritt **110**, woraufhin der obenbeschriebene Prozeß wiederholt wird.

[0051] In Fig. 8 ist eine Diagnoseroutine für den Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** gezeigt. Im Schritt **126** liest das Programm die Werte von V_0, V_1, min^{-1} und TPS ein, wobei V_0 die Ausgangsspannung des Ausgangs **92** (Fig. 6) der Schaltung für den Brenngasmengendurchsatz-Sensor **30** ist; V_1 die Spannung über dem Hitzdraht **70** (Fig. 6) ist; min^{-1} die Umdrehungen pro Minute des Motors angibt; und TPS ein Signal von einem Drosselklappenpositions-Sensor ist. Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **126** weiter zum Schritt **128**.

[0052] Im Schritt **128** vergleicht der Algorithmus das (min^{-1}-Signal mit einem Schwellenwert $(min^{-1})_{TH}$, um festzustellen, ob der Motor angelassen wird oder bereits läuft. Wenn das Signal min^{-1} kleiner als der Schwellenwert $(min^{-1})_{TH}$ ist, geht die Verarbeitung vom Schritt **128** direkt weiter zum Schritt **129** und kehrt aus der Diagnoseroutine zurück. Andernfalls geht die Verarbeitung vom Schritt **128** weiter zum Schritt **130**.

[0053] Wenn wie erwähnt der Motor bereits läuft, wird im Schritt **130** die Ausgangsspannung V_0 vom Modul mit 0 + Toleranz verglichen. Ein Wert 0 für die Spannung V_0 würde auf eine mögliche Fehlfunktion hinweisen. Wenn die Spannung V_0 größer als 0 ist, geht die Verarbeitung vom Schritt **130** weiter zum Schritt **132**. Im Schritt **132** vergleicht der Algorithmus die Hitzdrahtspannung V_1 mit einem im voraus festgelegten konstanten Wert V_{TH} (Fig. 7). Wenn die Hitzdrahtspannung V_1 gleich einem konstanten Schwellenwert V_{TH} ist, weist dies auf eine Fehlfunktion der Sensorschaltung oder auf einen Fehler des Kaltdrahts **72** hin. Wenn dagegen die Hitzdrahtspannung V_1 kleiner als der Schwellenwert ist, geht die Verarbeitung vom Schritt **132** weiter zum Schritt **134**, in dem angezeigt wird, daß der Brenngasmengendurchsatz-Sensor normal arbeitet. Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **134** weiter zum Schritt **129** und verläßt die Diagnoseroutine.

[0054] Wenn im Schritt **130** die Ausgangsspannung von den Modulen gleich 0 ist, geht die Verarbeitung weiter zum Schritt **136**, in dem durch Untersuchen des TPS-Signals festgestellt wird, ob die Drosselklappe geöffnet ist. Wenn dies nicht der Fall ist, was ein Hinweis auf eine Verzögerung oder einen Leerlauf ist, geht die Verarbeitung vom Schritt **136** weiter zum Schritt **132**. Wenn dagegen die Ausgangsspannung V_0 vom Modul gleich 0 ist und die Drosselklappe geöffnet ist, weist dies auf eine Fehlfunktion des Hitzdrahts oder auf die Fehlfunktion einer anderen Schaltung hin, so daß die Verarbeitung vom Schritt **136** weitergeht zum Schritt **137**. In diesem Schritt **137** wird ein Merker gesetzt, der einen Fehler des Hitzdrahts **70** und/oder einen Schaltungsfehler anzeigt, woraufhin die Verarbeitung zum Schritt **138** weitergeht. Im Schritt **138** tritt die Diagnoseroutine in eine "Kriechbetriebsart" ein, die einen begrenzten Betrieb des Fahrzeugs ermöglicht, damit das Fahrzeug eine Werkstatt anfahren kann.

[0055] Typischerweise benutzt der Mikroprozessor in der Kriechbetriebsart eher Daten von einer Nachschlagtabelle als die von den Sensoren ermittelten Daten, um den Betrieb des Fahrzeugs zu steuern. Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **138** weiter zum Schritt **140**, um den Fahrer auf die Fehlfunktion hinzuweisen, woraufhin die Verarbeitung über den Schritt **129** zurückkehrt.

[0056] Unter der Annahme, daß das Ausgangssignal V_0 vom Modul größer als 0 ist und V_1 gleich einem im voraus festgelegten konstanten Betrag V_{TH} ist, geht die Verarbeitung vom Schritt **132** weiter zum Schritt **142**, in dem ein Merker gesetzt wird, der darauf hinweist, daß entweder der Kaltdraht fehlerhaft arbeitet oder in der Schaltung ein anderer interner Fehler aufgetreten ist. Anschließend geht die Verarbeitung vom Schritt **142** weiter zum Schritt **138**, in dem wie oben der Motor in eine "Kriechbetriebsart" eintritt, woraufhin der Fahrer im Schritt **140** gewarnt wird und die Verarbeitung im Schritt **129** die Diagnoseroutine verläßt.

[0057] Aus der obigen Beschreibung geht hervor, daß die vorliegende Erfindung ein neuartiges Steuersystem für mit Brenngas betriebene Verbrennungsmotoren schafft. Außerdem sind erfindungsgemäß spezielle Vorkehrungen getroffen worden, um eine unerwünschte Verbrennung oder Explosion des Brenngases zu verhindern.

[0058] Selbstverständlich kann der Fachmann an-

hand der obigen Beschreibung viele Abwandlungen vornehmen, ohne vom Geist und vom Umfang der Erfindung abzuweichen, der in den folgenden Patentansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffsteuersystem für einen Verbrennungsmotor (**12**) mit einem Lufteinlaß (**16**), einem Brenngastank (**22**), einer Verbrennungskammer, einer Brenngasströmungseinrichtung (**24**), die eine Fluidverbindung zwischen dem Brenngastank (**22**) und der Verbrennungskammer (**12**) herstellt, einer Luftströmungseinrichtung (**18**), die eine Fluidverbindung zwischen dem Lufteinlaß (**16**) und der Verbrennungskammer (**12**) herstellt, wobei das Brenngas und die Luft ein brennbares Gemisch für die Verbrennungskammer bilden, einer Ventileinrichtung (**40**) in der Brenngasströmungseinrichtung (**24**), um die Strömungsrate des Brenngases durch die Brenngasströmungseinrichtung (**24**) veränderlich zu steuern, einer Einrichtung (**30**) zum Messen des Brenngasmengendurchsatzes M_G durch die Brenngasströmungseinrichtung (**24**) und zum Erzeugen eines diesen Durchsatz repräsentierenden Brenngasausgangssignals (**32**) und einer Einrichtung (**36**) zum Messen des Luftmengendurchsatzes M_A durch die Luftströmungseinrichtung (**18**) und zum Erzeugen eines diesen Durchsatz repräsentierenden Luftausgangssignals (**38**),
gekennzeichnet durch
– eine Einrichtung (**44**) zur Bestimmung des Luft/Kraftstoffverhältnisses A/F aus einer Messung der Sauerstoffkonzentration in einer Abgasströmung des Motors (**12**),
– und eine Steuerschaltung (**34**), die ein Luft/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} aus M_G und M_A ermittelt, A/F_{CALC} mit einem Referenz-Luft/Kraftstoffverhältnis A/F_{AV} vergleicht, das auf dem gemessenen Luft/Kraftstoffverhältnis A/F basiert, die Ventileinrichtung (**40**) basierend auf A/F_{CALC} betätigt, wenn eine Differenz zwischen A/F_{CALC} und A/F_{AV} innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt und die Ventileinrichtung (**40**) basierend auf einem korrigierten Luft/Kraftstoffverhältnis betätigt, wenn die Differenz außerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

2. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich ein Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis A/F_{INJ} als Funktion der Motorbetriebsbedingungen ändert.

3. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (**30**) zum Messen des Brenngasmengendurchsatzes M_G einen Hitzdraht-Brenngasmengendurchsatz-Sensor umfaßt, der einen Hitzdraht (**70**) besitzt, welcher der Brenngasströmung durch die Brenngasströmungseinrichtung (**24**) ausgesetzt ist.

4. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine Temperaturhalteeinrichtung (**94**, **102**), die die Temperatur des Hitzdrahts (**70**) unter einer im voraus festgelegten maximalen Temperatur hält.

5. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Temperatur geringer als die Verbrennungstemperatur des Brenngases ist.

6. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturhalteeinrichtung (**94**, **102**) eine Einrichtung enthält, die den Stromfluß durch den Hitzdraht (**70**) auf einen Wert unterhalb eines im voraus festgelegten maximalen Stroms begrenzt.

7. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (**34**) zur Anpassung des berechneten Luft-/Kraftstoffverhältnisses A/F_{CALC}, um die Unterschiede zwischen dem Luft-/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} und dem gemessenen Luft-/Krafstoffverhältnis A/F zu kompensieren, eine Einrichtung enthält, die dem berechneten Luft-/Kraftstoffverhältnis A/F_{CALC} einen Wert zuweist, der gleich einem gewichteten Mittelwert des berechneten Luft-/Kraftstoffverhältnisses A/F_{CALC} und des tatsächlichen Luft-/Kraftstoffverhältnisses A/F ist.

8. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor (**12**) eine Mischkammer (**20**) enthält, die in der Leitung zur Verbrennungskammer und stromaufseitig von dieser angeordnet ist, wobei die Brenngasströmungseinrichtung (**24**) und die Luftströmungseinrichtung (**18**) stromaufseitig von der Mischkammer (**20**) verlaufen und mit der Mischkammer (**20**) in Verbindung stehen.

9. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Einrichtung für die Erfassung einer Fehlfunktion eines Brenngasmengendurchsatz-Sensors (**30**) und zum Erzeugen eines Fehlfunktionssignals, das eine solche Fehlfunktion repräsentiert, wobei die Steuerschaltung (**34**) auf das Fehlfunktionssignal anspricht, um den Verbrennungsmotor (**12**) in einen Zustand mit eingeschränktem Betrieb zu versetzen.

10. Krafstoffsteuersystem gemäß Anspruch 9, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die auf das Fehlfunktionssignal anspricht und dem Fahrer eine Fehlfunktion des Brenngasmengendurchsatz-Sensors (**30**) meldet.

11. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas Erdgas ist.

12. Kraftstoffsteuersystem gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das Brenngas flüssiges Erdölgas ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

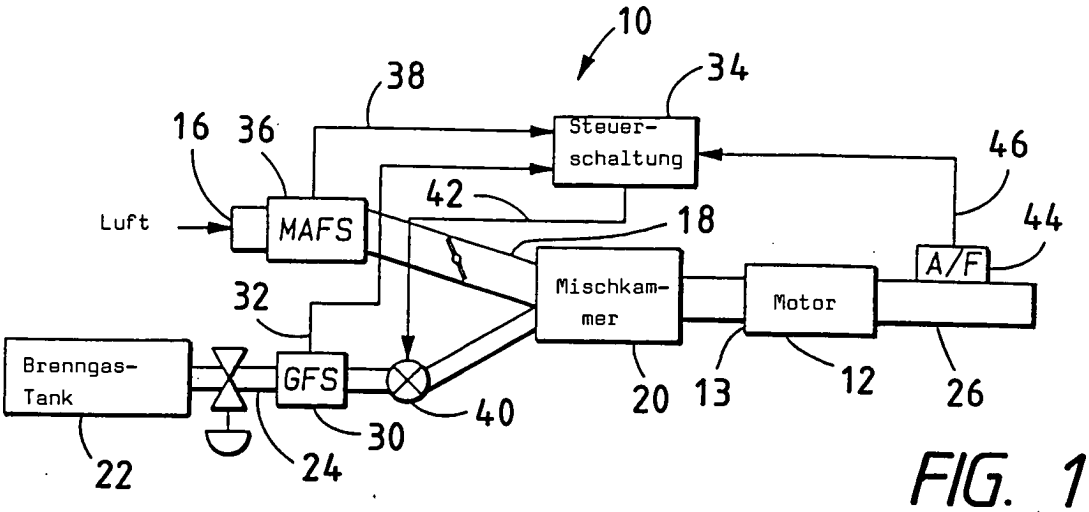


FIG. 1

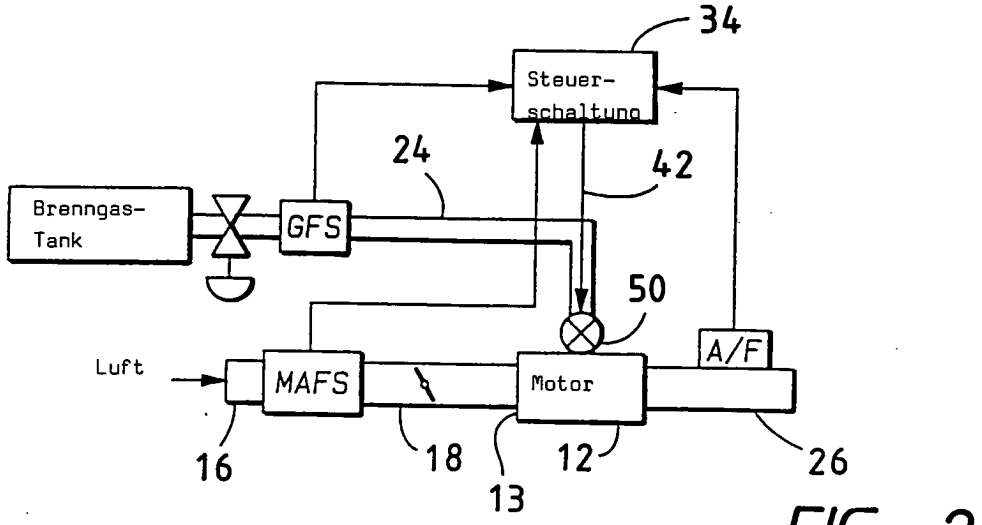


FIG. 2

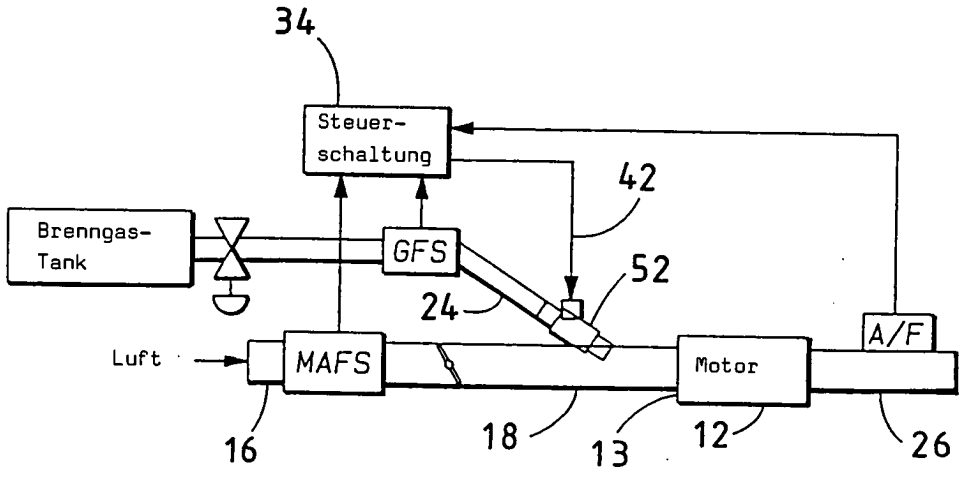


FIG. 3

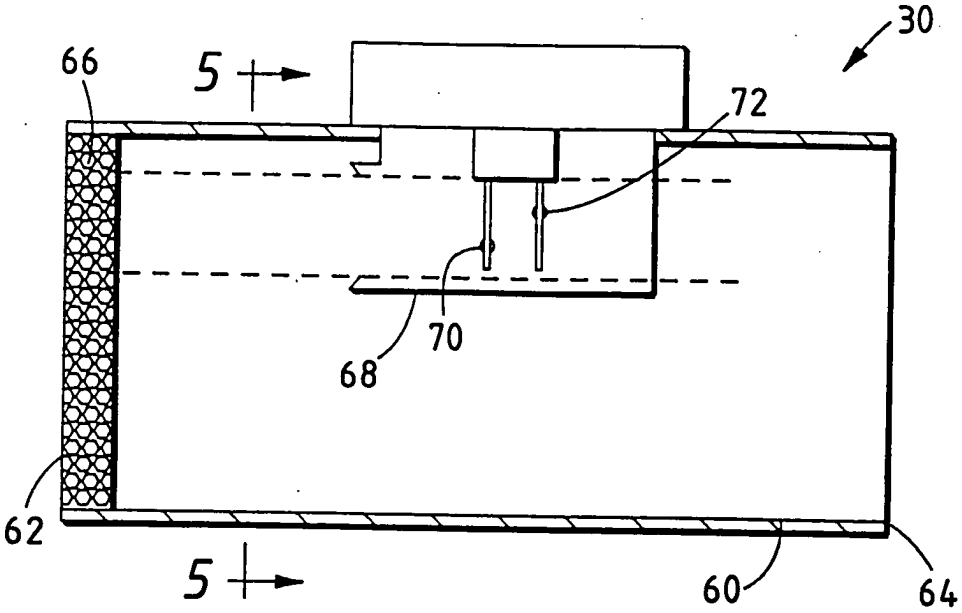


FIG. 4

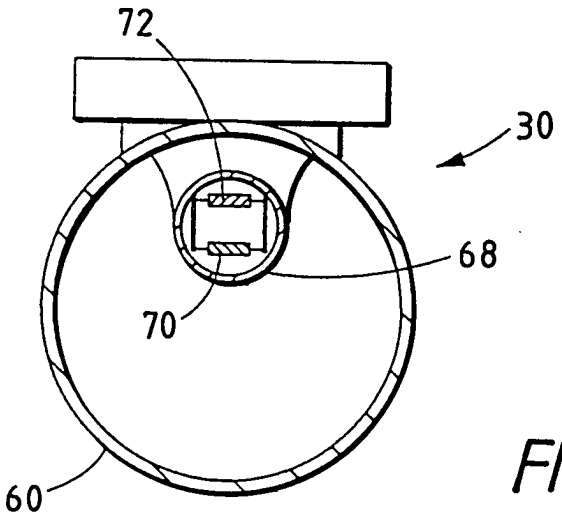


FIG. 5

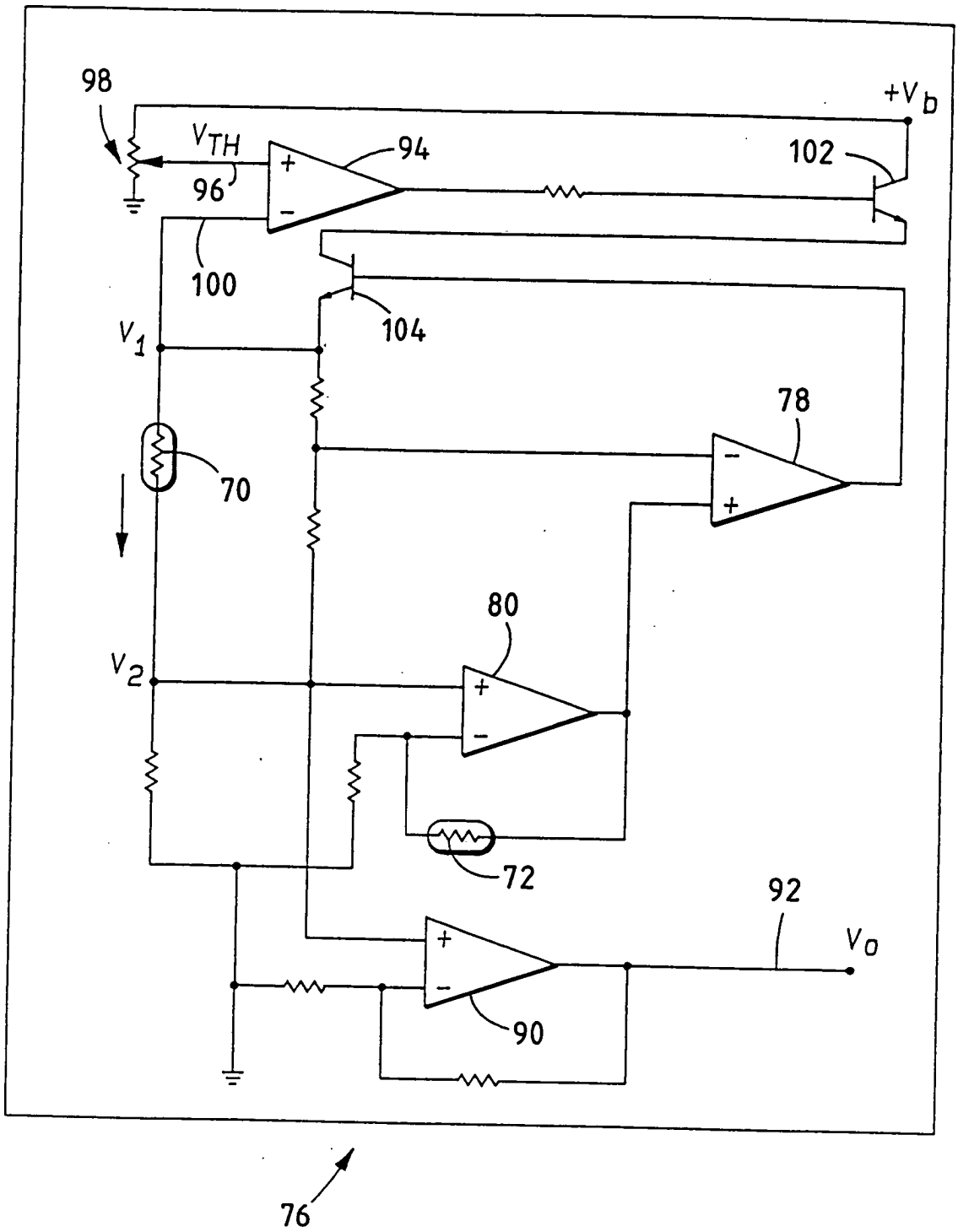


FIG. 6

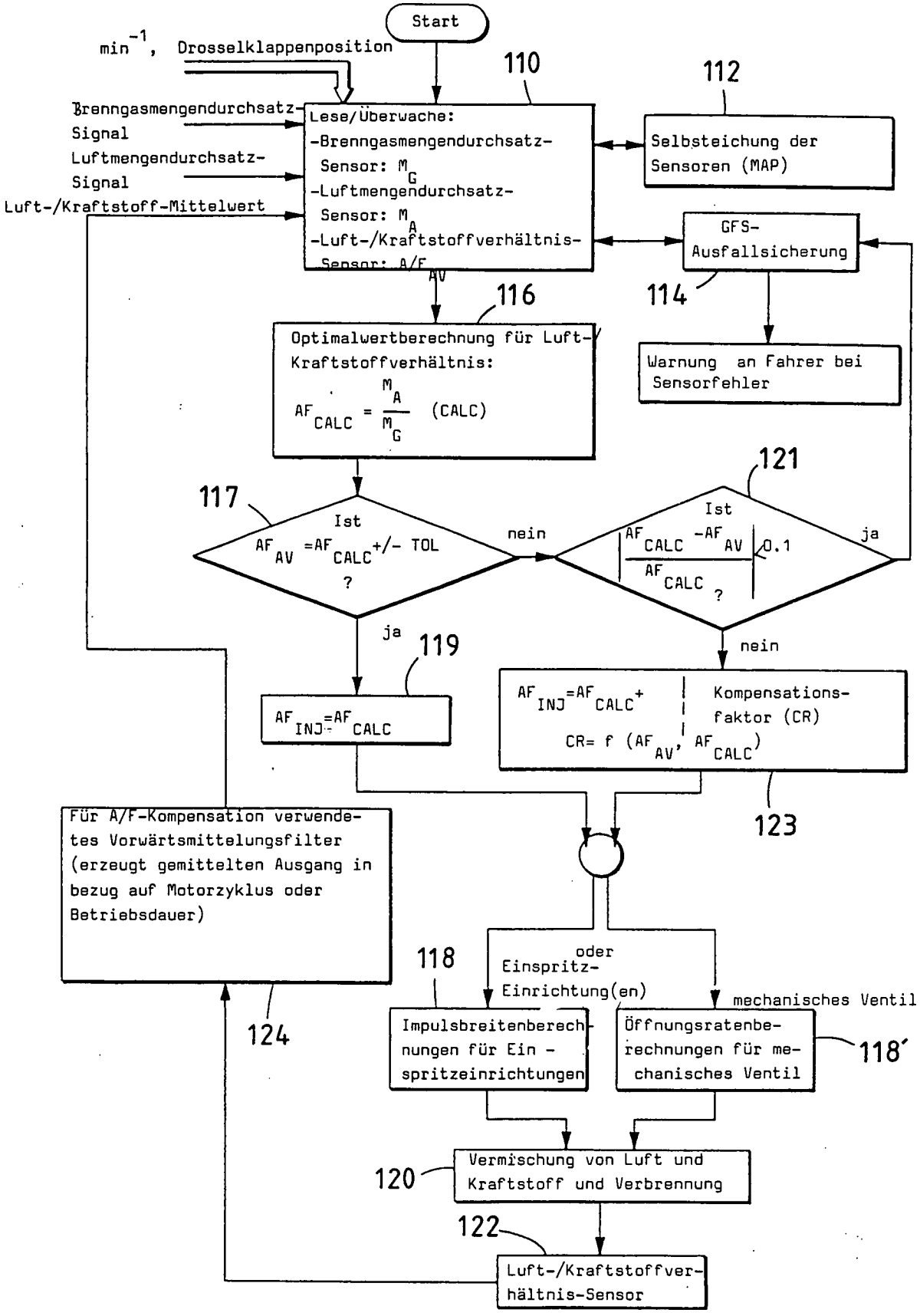

Start
min -1, Drosselklappenposition
Brenngasmengendurchsatz-Signal
Luftmengendurchsatz-Signal
Luft-/Kraftstoff-Mittelwert
110
Lese/Überwache:
-Brenngasmengendurchsatz-Sensor: M G
-Luftmengendurchsatz-Sensor: M A
-Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor: A/F AV
112
Selbsteichung der Sensoren (MAP)
GFS-Ausfallsicherung
114
Warnung an Fahrer bei Sensorfehler
116
Optimalwertberechnung für Luft-Kraftstoffverhältnis:
AF CALC = M A / M G (CALC)
117
Ist AF AV = AF CALC +/- TOL ?
nein
121
Ist |AF CALC - AF AV| / AF CALC > 0.1 ?
ja
ja
119
AF INJ = AF CALC
nein
AF INJ = AF CALC + Kompensationsfaktor (CR)
CR = f (AF AV, AF CALC)
123
Für A/F-Kompensation verwendetes Vorwärtsmittelungsfilter (erzeugt gemittelten Ausgang in bezug auf Motorzyklus oder Betriebsdauer)
124
118
oder Einspritz-Einrichtung(en)
mechanisches Ventil
Impulsbreitenberechnungen für Einspritzeinrichtungen
Öffnungsratenberechnungen für mechanisches Ventil
118'
120
Vermischung von Luft und Kraftstoff und Verbrennung
122
Luft-/Kraftstoffverhältnis-Sensor

FIG. 7

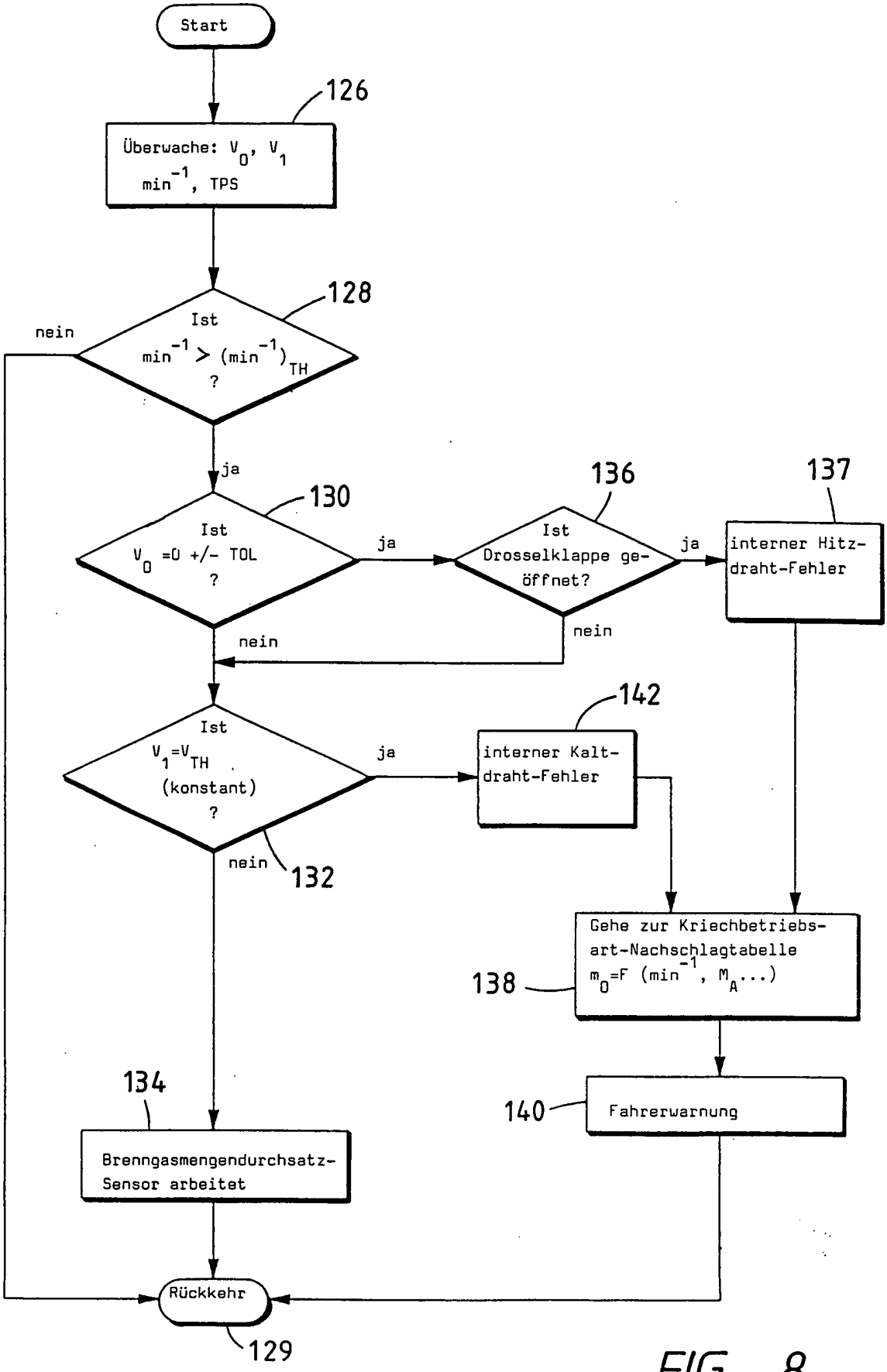

Start
126
Überwache: V_0, V_1
min^{-1}, TPS
128
Ist
$min^{-1} > (min^{-1})_{TH}$
?
nein
ja
130
Ist
V_0 =0 +/- TOL
?
ja
136
Ist
Drosselklappe ge-
öffnet?
ja
137
interner Hitz-
draht-Fehler
nein
nein
142
Ist
$V_1 = V_{TH}$
(konstant)
?
ja
interner Kalt-
draht-Fehler
nein
132
Gehe zur Kriechbetriebs-
art-Nachschlagtabelle
$m_0 = F (min^{-1}, M_A ...)$
138
134
140
Fahrerwarnung
Brenngasmengendurchsatz-
Sensor arbeitet
Rückkehr
129

FIG. 8