



(10) **DE 10 2004 007 220 B4** 2016.10.20

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2004 007 220.5**
 (22) Anmeldetag: **13.02.2004**
 (43) Offenlegungstag: **23.09.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **20.10.2016**

(51) Int Cl.: **F02D 41/06 (2006.01)**
F02D 41/30 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10-375,511 26.02.2003 US

(73) Patentinhaber:
**Ford Global Technologies, LLC (n.d.Ges.d.
 Staates Delaware), Dearborn, Mich., US**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

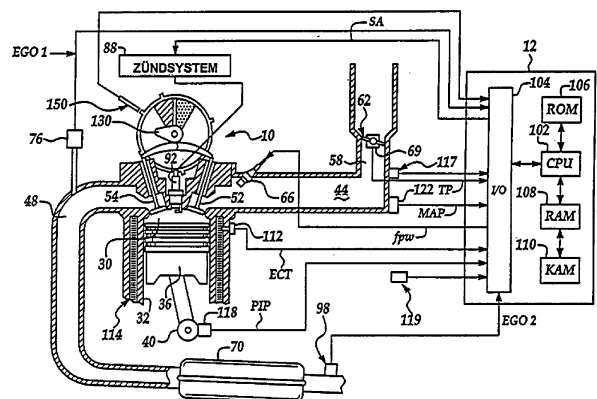
(72) Erfinder:
**Strayer, Ben Allen, Belleville, Mich., US; Meyer,
 Daniel Lawrence, Dearborn, Mich., US; Gonzales,
 Frank, Garden City, Mich., US; Meyer, Garth
 Michael, Dearborn, Mich., US; Smokovitz,
 Michael, Canton., Mich., US; Lewis, Donald
 James, Howell, Mich., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 56 862	C1
DE	100 56 863	C1
DE	42 36 007	A1
DE	101 04 232	A1
US	44 32 325	A
US	51 42 479	A
US	58 70 986	A

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffsteuerung auf Zylinderereignisbasis**

(57) Hauptanspruch: Kraftstoffsteuerverfahren für Verbrennungsmotoren, mit den Schritten:
 – Bestimmen von individuellen Luftbeladungen von Zylindern;
 – Zählen von Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart; und
 – Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder-Zündzeitverschiebung auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen eingestellt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kraftstoff-Steuerverfahren für Verbrennungsmotoren und ein computerlesbares Speichermedium mit darauf gespeicherten Daten, die computerausführbare Befehle repräsentieren, insbesondere also ein Verfahren zur Kraftstoffeinstellung aufgrund von Zylinderereignissen während eines Startereignisses.

[0002] Die Motorstartsteuerung hat wesentliche Auswirkungen auf die Motoremissionen und das Motoranlaufen. Die Kraftstoffmenge beeinflusst sowohl das Drehmoment als auch die Emissionen. Das Drehmoment wird benötigt, um einen Motor von der Kurbelgeschwindigkeit zur Leerlaufgeschwindigkeit zu beschleunigen. Ferner sind niedrige Startemissionen erwünscht, wenn die Katalysatoren alt und ihre Effizienz niedrig ist. Generell erhöhen Kraftstoffmengen, die Luft/Kraftstoffmischungen im fetten stöchiometrischen Bereich bewirken, das Motordrehmoment, während solche, die gegenüber dem stöchiometrischen Verhältnis mager sind, die Emissionen während eines Starts reduzieren. Demzufolge ist es wichtig, konsistente und genaue Kraftstoffmengen vorzusehen, um Motoranlaufen mit reduzierten Emissionen sicher zu stellen. Ein Verfahren, Kraftstoff während des Starts einzustellen, ist im US-Patent US 4 432 325 A beschrieben. Das Verfahren liefert eine abgemessene Kraftstoffmenge, die während einer ersten Phase einer Motorstartperiode bei einem ersten konstanten Wert gehalten wird, wobei die abgemessene Kraftstoffmenge auf einen Schwellenwert entsprechend einer Motorvariablen in der zweiten Phase der Motorstartperiode geändert und die abgemessene Kraftstoffmenge in der dritten Phase der Motorstartphase bei diesem Schwellenwert gehalten wird.

[0003] Dieses Vorgehen hat Nachteile. Die Näherung vernachlässigt die durch den pumpenden Motor und die sich ändernde Motorgeschwindigkeit hervorgerufenen Motorluftmengenänderungen. Mit anderen Worten beginnt der Motor beim Start, zu drehen und damit den Einlaßverteiler abzupumpen, wodurch während des Starts in jedem Zylinder unterschiedliche Luftladungen produziert werden. Bei verschiedenen Zylinder-Luftladungen bei konstanter Kraftstoffzuführung können verschiedene Luft/Kraftstoff Gemischladungen pro Zylinder entstehen. Dies ist für die Motoremissionen und Drehmomentgeneration ein unerwünschter Zustand.

[0004] Die Druckschrift DE 100 56 863 C1 offenbart ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine, wobei Kraftstoff-Vorabeinspritzungen erfolgen, bei denen die Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Reihenfolge der Vorabeinspritzungen und den zu erwartenden Luftfüllungen der betreffenden Zylinder unterschiedlich groß vorgegeben wird. Hierdurch kann vorteilhaft vermieden werden, dass die Vorabfüllungen während der Startphase der Brennkraftmaschine zu fett oder zu mager sind.

[0005] Die Druckschrift DE 101 04 232 A1 offenbart ferner eine Motorsteuervorrichtung für Mehrzylindermotoren, bei der eine Einspritzimpulsbreiten-Stelleinrichtung vorgesehen ist, die eine Motoranlass-Einspritzimpulsbreiten-Stelleinrichtung zum Einstellen der Einspritzimpulsbreite für jeden Zylinder im Motoranlassbetrieb umfasst. Die Motoranlass-Einspritzimpulsbreiten-Stelleinrichtung enthält dabei eine Einspritzimpulsbreiten-Korrekturereinheit, die in jedem Zyklus einen Korrekturkoeffizienten für eine Basis-Einspritzimpulsbreite für jeden Zylinder bestimmt. In der so ausgestalteten Motorsteuervorrichtung werden die Einspritzmenge für die Zylinder in jedem Zyklus bestimmt, wodurch das Luft-/Kraftstoffverhältnis dem stöchiometrischen Verhältnis angenähert werden kann.

[0006] Die Druckschrift US 51 42 479 A offenbart ein Verfahren zum Schutz von Zündkerzen vor Verrußen, bei dem in der Anlaufphase des Verbrennungsmotors eines Fahrzeugs das Luft-/Kraftstoffgemisch in Abhängigkeit von einer gemessenen Motorkühlflüssigkeitstemperatur und einer Fahrzeuglaufzeit eingestellt wird. Hierdurch kann eine Beschädigung der Zündkerzen insbesondere in der Einlaufzeit eines neuen Verbrennungsmotors bzw. eines neuen Fahrzeugs reduziert werden.

[0007] Die Druckschrift DE 100 56 862 C1 offenbart ferner ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einspritzventilzylinder, wobei in einem zentralen Steuergerät eine der Zylinderanzahl der Brennkraftmaschine entsprechende Anzahl von Stillstandswinkelpositionen der Kurbelwelle, an denen die Brennkraftmaschine nach Abschalten im ausgekuppelten Zustand stehenbleibt, gespeichert wird und wobei während der Startphase der Brennkraftmaschine die Zylinder in Abhängigkeit von einem Nockenwellensignal und den gespeicherten Stillstandswinkelpositionen zeitlich nacheinander mit Vorabeinspritzern versorgt werden. Obwohl zu diesem Zeitpunkt noch keine Synchronisation zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle vorhanden ist und die Position der Kolben unbekannt ist, kann so bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Reihenfolge der Vorabeinspritzer in Abhängigkeit von im Voraus bekannten möglichen Stillstandswinkelpositionen der Brennkraftmaschine bestimmt werden und sichergestellt werden,

dass alle Vorabeinspritzer tatsächlich an der Verbrennung teilnehmen, so dass die Schadstoffemissionen, insbesondere die HC-Emission, auf das Niveau eines sequenziellen Starts sinken.

[0008] Aus der Druckschrift DE 42 36 007 A1 ist ferner ein Verfahren zum Starten eines Verbrennungsmotors mit einer Luftzumesseinrichtung bekannt, bei dem festgestellt wird, ob eine Startphase vorliegt und bei dem, falls dies der Fall ist, der Zündwinkel auf das Luft-/Kraftstoffverhältnis für die Startphase eingestellt werden, wobei in der Startphase zusätzlich die Luftzufuhr vorgegeben wird, was unbeeinflussbar durch den Fahrer geschieht. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass der Motor möglichst zuverlässig startet.

[0009] Ein anderes Verfahren, Kraftstoff für kalten Motor einzustellen, ist im US Patent US 5 870 986 A beschrieben. Das Verfahren sieht einen Einspritzzähler der eine Gesamtzahl zählt, die durch Aufsummieren der Kraftstoffeinspritzer aller Zylinder ab Betriebsstart des Verbrennungsmotors erhalten wird, sowie eine Kraftstoffeinspritzzeitänderungseinrichtung vor, um den Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt um eine vorherbestimmte Zeit vorzuverstellen. Wenn der gezählte Wert des Einspritzzahl Zählers unter einem vorherbestimmten Wert liegt, setzt die Kraftstoffeinspritzzeitänderungseinrichtung den Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt auf eine Zeit, die mit der Ansaughubstartzeit des jeweiligen Zylinders synchronisiert ist. Falls der oben beschriebene Wert des Einspritzzahlzählers gleich oder größer als ein vorherbestimmter Wert ist, wird der Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt vor den Ansaughubstartzeitpunkt des jeweiligen Zylinders gesetzt.

[0010] Die Erfinder haben auch dort Nachteile gesehen. Bei dieser Näherung wird Kraftstoff in ein offenes Ventil eingespritzt, um Kraftstoffverlust-Kompensation zu vermeiden, die für an den Motoroberflächen klebenden Kraftstoff, wenn Kraftstoff in einem kalten Motor auf ein geschlossenes Ventil gespritzt wird, notwendig ist. Das Einspritzen von Kraftstoff auf ein offenes Ventil in einem kalten Motor wirft weitere Fragen auf. Insbesondere kann Einspritzen in offene Ventile während des Starts die Zündkerzenspitzen rohem Kraftstoff aussetzen, möglicherweise die Zündkerzen am Zünden hindern, die Motoremissionen erhöhen, ein ungleichmäßiges Motoranlaufen bewirken oder sogar den Motor am Start hindern. Ferner kann ein Einspritzen in offene Ventile während eines Starts die Zylinderwände eingespritztem Kraftstoff aussetzen, die Zylinderwände mit Kraftstoff waschen, wodurch der Ölfilm zerstört wird und Kratzer im Zylinder auftreten können.

[0011] Es ist demzufolge Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 sowie das Speichermedium des Patentanspruches 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0012] Eine Ausführungsform der Erfindung umfaßt ein Kraftstoffsteuerverfahren für einen Verbrennungsmotor. Das Verfahren umfaßt: Bestimmen von individuellen Luftbeladungen von Zylindern; Zählen von Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart; und Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen, wobei die Zylinder-Zündzeitverschiebung auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen eingestellt wird. Dieses Verfahren kann eingesetzt werden, die oben genannten Beschränkungen der Vorschläge des Standes der Technik zu verringern.

[0013] Indem individuelle Zylinderereignis Luftmengen bestimmt, die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse gezählt und so dann Kraftstoff auf Basis der gezählten Kraftstoff Zylinderereignis Zahl und Zylinderereignis Luftmengen abgegeben wird, wird der Motorstart verbessert. Mit anderen Worten haben die Erfinder erkannt, dass sich, da sich die Motorluftmenge in jedem Zylinder während eines Starts ändert und die Kraftstoffmenge ermittelt wird, die benötigt wird, um erwünschte Luft/Kraftstoff Verhältnisänderungen auf Basis der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl zu erzielen die Kraftstoffabgabe auf Basis der Zahl Zylinderereignisse und individueller Zylinderluftmengen die Luft/Kraftstoffsteuerung des Motors verbessern. Demzufolge kann Kraftstoffzuführung auf Basis von Kraftstoff Zylinderereignissen und individuellen Zylinderereignis Luftmengen eingesetzt werden, um Motoremissionen zu erniedrigen und eine gleichmäßige Motoranlaufgeschwindigkeit während des Starts sicherzustellen. Es wurde auch gefunden, dass die Motorkraftstoffanforderungen eine Funktion der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse sind, anstatt nur auf der Zeit zu beruhen. Zylinderereignisse können mit mechanischen Dimensionen korreliert werden; Zeit ist ein Kontinuum ohne räumliche Dimensionen oder irgendeine Verbindung mit dem physischen Motor. Demzufolge reduziert die Motorkraftstoffversorgung auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse die mit zeitabhängiger Kraftstoffversorgung assoziierte Kraftstoffvariation.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung schafft die Erfindung ein weiteres Verfahren, das aufweist: Einspritzen von Kraftstoff auf geschlossene Einlassventile beim Start des Verbrennungsmotors; Zählen von Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart; und Einstellen der eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen.

[0015] Als Resultat des Einspritzens von Kraftstoff auf geschlossene Einlassventile ab Start und Basieren der eingespritzten Kraftstoffmenge auf der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse wurde erfindungsgemäß der Motorstart verbessert. Da Einspritzen auf ein geschlossenes Ventil die Chancen, Zündkerzen und Zylinderwände Kraftstoff auszusetzen, verringert und da die Kraftstoffmenge ermittelt wird, die benötigt wird, eine erwünschte Luft/Kraftstoff Verhältnis Änderung auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse zu erhalten, wird der Motorstart verbessert und die Motoremissionen reduziert. Man beachte, dass nach dem Start weiterhin auf geschlossene Ventile oder in offene Ventile oder eine Kombination derselben eingespritzt werden kann.

[0016] Die Erfindung liefert mehrere Vorteile. Sie schafft den Vorteil verbesserter Luft/Kraftstoff Steuerung während des Motorstarts, was zu niedrigeren Emissionen führt. Dieser Vorteil ist besonders günstig, wenn der Katalysator kalt und seine Effizienz niedrig ist. Ferner verbessert die Erfindung die Motoranlaufkonsistenz. Wiederholbare Motorgeschwindigkeit während des Starts verbessert das Vertrauen des Besitzers und dessen Zufriedenheit, da der Motor in zuverlässiger und vorhersehbarer Weise arbeitet.

[0017] Diese und weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden in der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung näher erläutert. Dabei sind die Vorteile besser anhand eines Ausführungsbeispiels, in dem die Erfindung vorteilhaft eingesetzt wird, verständlich, welches nun als Beschreibung der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert wird. Dabei zeigt:

[0018] Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Motors, in dem die Erfindung vorteilhaft eingesetzt wird;

[0019] Fig. 2 ein Flußdiagramm auf hoher Programmebene, das sequentielle (SEFI) Kraftstoff Zylinderereignis basierte Kraftstoffversorgung beschreibt;

[0020] Fig. 3 ein alternatives Flußdiagramm auf hoher Programmebene, das "Big Bang" Start und auf sequentiell Kraftstoff Zylinderereignis basierende Kraftstoffversorgung nach dem Start beschreibt;

[0021] Fig. 4 eine Auftragung eines Beispiels einer konventionellen zeitbasierten Kraftstoffsteuerung und der während des Starts produzierten Kohlenwasserstoffemissionen;

[0022] Fig. 5 eine Auftragung der Kraftstoff Zylinderereignisse auf Basis der Kraftstoffsteuerung und der während eines Starts produzierten Kohlenwasserstoffemissionen;

[0023] Fig. 6 eine Tabelle eines Beispiels, bei dem Kraftstoff von einer Basis erwünschten Lambda während offenen Schleifenbetriebs subtrahiert wird; und

[0024] Fig. 7 eine Tabelle eines Beispiels, bei dem Kraftstoff von einem erwünschten Basis Lambda, das verlorenen Kraftstoff repräsentiert, subtrahiert wird.

[0025] In Fig. 1 wird ein Verbrennungsmotor **10**, mit mehreren Zylindern, von denen ein Zylinder in Fig. 1 gezeigt wird, durch die elektronische Motorsteuerung **12** gesteuert. Der Motor umfasst Brennraum **30** und Zylinderwände **32** mit Nockenwelle **130** und Kolben **36**, der darin angeordnet und mit der Kurbelwelle **40** verbunden ist. Der Brennraum **30** ist mit dem Einlassverteiler **44** und den Abgassammler **48** über ein entsprechendes Einlassventil **52** und Abgasventil **54** verbunden. Der Einlassverteiler **44** ist so dargestellt, dass er einen mit diesen verbundenen Kraftstoffeinspritzer **66** besitzt, der flüssigen Kraftstoff entsprechend der Pulsbreite des Signals FPW der Steuerung **12** abgibt. Kraftstoff wird dem Kraftstoffeinspritzer **66** durch ein (nicht gezeigtes) Kraftstoffsystem, eingeschlossen einen Kraftstofftank, Kraftstoffpumpe und Kraftstoffleitungen (nicht gezeigt) geliefert. Alternativ kann der Motor so konfiguriert sein, dass der Kraftstoff direkt in den Motorzylinder eingespritzt wird, welches dem Fachmann als Direkteinspritzung bekannt ist. Der Einlassverteiler **44** ist mit dem Drosselkörper **58** über die Drosselplatte **62** kommunizierend dargestellt.

[0026] Das konventionelle verteilerlose Zündsystem **88** liefert über die Zündkerze **92** einen Zündfunken in den Brennraum **30** entsprechend der Steuerung **12**. Der zwei Zustände aufweisende Abgassauerstoffsensoren **76** ist mit dem Abgassammler **48** stromaufwärts des katalytischen Konverters **70** verbunden dargestellt. Alternativ kann ein universeller Abgassauerstoff(UEGO)sensoren den Zweizustands Sensor **76** ersetzen. Der zwei Zustände aufweisende Abgassauerstoffsensoren **76** ist mit dem Abgassammler **48** stromabwärts des katalytischen Konverters **70** verbunden dargestellt. Der zwei Zustände aufweisende Sensor **76** liefert der Steuerung **12** das Signal EGO 1. Die Steuerung **12** ist in Fig. 1 als konventioneller Microcomputer dargestellt, der aufweist: eine Microprozessoreinheit **102**, Ein- und Ausgänge **104**, ein Read-Only-Memory **106**, Random-Access-Memory

108 und einen konventionellen Datenbus. Die Steuerung ist so dargestellt, dass sie verschiedene Signale von mit dem Motor **10** verbundenen Sensoren zusätzlich zu den oben diskutierten Signalen empfängt, eingeschlossen: Motorkühlmitteltemperatur (ECT) vom mit dem Kühlmantel **114** verbundenen Temperatursensor **112**; eine Messung des absoluten Verteilerdrucks (MAP) vom mit dem Einlassverteiler **44** verbundenen Drucksensor **122**; eine Messung (ACT) der Motorluftmengentemperatur oder Verteilertemperatur vom Temperatursensor **117**; ein Positionssignal (CAM) vom Nockensensor **150**; ein Zündprofilaufnehmersignal (PIP) von einem mit einer Kurbelwelle **40** verbundenen Kurbelwellenpositionssensor (Halleffektsensor) **118** und ein Motorgeschwindigkeitssignal (RPM) vom Motorgeschwindigkeitssensor **119**.

[0027] Nach einem bevorzugtem Aspekt der Erfindung liefert der Motorgeschwindigkeitssensor **119** eine vorherbestimmte Zahl Impulse gleichen Abstands pro Kurbelwellenumdrehung. In **Fig. 2** ist ein Flußdiagramm einer durch die Steuerung **12** zur Kraftstoffsteuerung auf Basis einer Kraftstoff Zylinderereignisstrategie durchgeführten Routine gezeigt. Der Zeitpunkt der Zylinderereignissignale in Grad ausgedrückt ist: 720/Zahl Motorzylinder. Ein Zylinderereignis wird identifiziert oder beobachtet, in dem die auf den Signalen des Nockensensors **150** und des Kurbelwellenpositionssensors **118** basierende Motorposition dekodiert wird. Das Zylinderereignissignal identifiziert, wann ein vorgegebener Motorzylinder den oberen Totpunkt des Kompressionshubs erreicht.

[0028] In Schritt **210** werden die Motorbetriebsbedingungen abgelesen. Die Betriebsbedingungen werden bestimmt, indem die Motorkühlmitteltemperatur, Katalysatortemperatur, seit letztem Motorbetrieb verstrichene Zeit (Standzeit) und ähnliche Parameter gemessen werden. Die Parameter werden dazu verwendet, um die Motor Kraftstoffanforderung in Schritt **224** zu kompensieren. Die Parameter beeinflussen den Motorbetrieb in verschiedener Weise, abhängig von Ihrem Zustand. Beispielsweise liefern niedrige Motorkühlmitteltemperaturen Luft/Kraftstoff Gemisch Anreicherung, aber höhere Motorkühlmitteltemperatur Luft/Kraftstoffentreichung. Im Schritt **212** entscheidet die Routine abhängig von der Motordrehung, fortzufahren. Wenn der Motor nicht dreht, wartet die Routine, bis der Kurbelwellenpositionssensor **118** Motorumdrehungen detektiert. Wenn der Motor dreht, fährt die Routine in Schritt **214** fort. in Schritt **214** bestimmt die Steuerung, ob ein Zylinderereignis stattgefunden hat, und wenn dies zutrifft, fährt die Routine in Schritt **216** fort. Falls keine neuen Zylinderereignisse aufgetreten sind, wartet die Routine bis ein Zylinderereignis beobachtet wird.

[0029] In Schritt **216** bestimmt die Steuerung **12**, ob Synchronisation zwischen der Steuerung **12** und dem Motor **10** stattgefunden hat. Synchronisation tritt auf, wenn die Motorzeit mit dem Motorsteuerungsbetrieb ausgerichtet ist. Falls Synchronisation eingetreten ist, fährt die Routine in Schritt **218** fort, falls nicht, fährt die Routine in Schritt **220** fort. In Schritt **218** wird die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse schrittweise erhöht, da ein Zylinderereignis detektiert wurde und Motor und Steuerung **12** synchronisiert sind, welches Kraftstoffabgabe erlaubt. Die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse wird als Zeilenwert verwendet, wenn FNEVTCLD, **Fig. 6** und FNEVTLOST, **Fig. 7**, nachgeschlagen werden, um den erwünschten Lambdawert, das relative Luft/Kraftstoff Verhältnis, für das momentane Kraftstoff Zylinderereignis zu bestimmen.

[0030] In Schritt **220** überwacht die Steuerung **12** Nocken- und Kurbelwellensignale, die die Bestimmung der Motorposition erlauben. Wenn die Motorposition festgestellt wurde, richtet die Motorsteuerung die Betriebsweise, Zündzeitpunkt, Kraftstoffabgabe und die Motorzeitsteuerung so aus, daß sie synchronisiert werden. Die Kraftstoffabgabe wird so lange suspendiert, bis Synchronisation auftritt. Nach Synchronisation wird der Kraftstoff Zylinderereignis Zähler auf 0 gesetzt und die Routine fährt in Schritt **222** fort, wo eine Motorluftmengen-Vorhersage mit einem Motorluftmengen-Algorithmus berechnet wird. In Schritt **222** wird die Motorluftmenge für das nächste Zylinderereignis aus dem Motorluftmengen-Algorithmus berechnet. Der Einlassverteilerdruck **44** und die Einlassverteiltertemperatur **117** werden über ein Motorereignis aufgenommen und so dann eine individuelle Basiszylinderluftmenge unter Verwendung der bekannten Gleichung für ideale Gase $PC = mRT$ berechnet. Die Ideale Gasgleichung für einen 4-Zylinder-Motor, für Betriebsbedingungen kompensiert, lautet wie folgt:

$$M_{cyl} = \frac{D}{4RT} \cdot \eta(N, \text{Last}) \cdot P_m \cdot F_{NBP}(BP) \cdot F_{NTEM}(ECT, ACT)$$

dabei ist M_{cyl} die Motorluftmenge oder Zylinderluftladung, D die Verschiebung des Motors, R die allgemeine Gaskonstante, T die Motorlufttemperatur. Das Symbol η repräsentiert die volumetrische Motoreffizienz, die in einer empirisch bestimmten Tabelle mit Werten für Motorgeschwindigkeit und Last abgespeichert ist. Der Verteilerdruck P_m basiert auf der Messung des Signals eines Druckwandlers **122**. Eine barometrische Druckkompensation wird als empirisch bestimmte Funktion F_{NBP} gespeichert, so daß sie die Änderung der Motorluftmenge als Abweichungen des barometrischen Betriebsdrucks vom nominalen barometrischen Druck ausdrückt. Wärmeübergang zwischen Motor und Motorluftmenge beeinflusst die volumetrische Effizienz und die

eingeführte Motorluftmenge. Die Tabelle FNTEM ist eine empirisch bestimmte Tabelle, die Werte der Motorkühlmitteltemperatur (ECT) und Werte für die Motorluftmengentemperatur (ACT) besitzt. FNTEM kompensiert den Wärmetransfer aufgrund der Motorbetriebsbedingungen. Die Motorluftmenge wird für die Berechnung einer vorherbestimmten Motorluftmenge verwendet, da das Einspritzen typischerweise auf ein geschlossenes Ventil erfolgt. Die Vorhersage wird durch Berechnen der Änderungsgeschwindigkeit der Luftmenge aus den letzten zwei Motorereignissen getroffen, wobei danach die Änderungsgeschwindigkeit und die Dauer zwischen den Motorereignissen eingesetzt wird, um eine zukünftige Motorluftmenge vorherzusagen. Dieses Beispiel verwendet die Motorluftmenge in der aktuellen Zylinder Kraftstoffrechnung, bevor der Zylinder tatsächlich die Zylinderluftladung einsaugt. Nach Auffinden der Motorluftmenge fährt die Routine in Schritt **224** fort.

[0031] Alternativ kann ein Luftmassenflußmeter zur Bestimmung der Motorluftmenge verwendet werden, indem das Luftmassensignal über ein Zylinderereignis integriert wird und dann zukünftige Motorluftmengen extrapoliert werden, so kann unter Verwendung früherer Motorluftmengen eine Motorluftmengenvorhersage berechnet werden.

[0032] In Schritt **224** wird das erwünschte Lambda für das bevorstehende Kraftstoff Zylinderereignis aus den Tabellen FNEVTCLD, **Fig. 6** und FNEVTLOST **Fig. 7** berechnet. Die Tabellen besitzen Zeilen Werte auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und Spaltenindizes auf Basis der Motorkühlmitteltemperatur oder, alternativ, Zylinderkopftemperatur. Nachdem der Zählerstand für Kraftstoff Zylinderereignisse aktualisiert wurde, wird in Schritt **218** diese Zahl aus Schritt **210** gemeinsam mit der Motorkühlmitteltemperatur verwendet um das erwünschte Lambda für das nächste Kraftstoffereignis zu bestimmen. FNEVTCLD und FNEVTLOST-Werte werden pro Reihe und Spalte interpoliert, um das erwünschte zukünftige Zylinderereignis Lambda zu bestimmen. Das erwünschte Lambda wird durch die Gleichungen

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTCLD – FNEVTLOST, offene Schleife und

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTLOST, geschlossene Schleife,

berechnet. Lambda wird in offene und geschlossene Schleifenmodi aufgetrennt, so daß Kraftstoffverluste in beiden Betriebsweisen berücksichtigt werden können. Bei offener Schleife ist BASEFUL der erwünschte Lambdawert, der aus einer Tabelle auf Basis von Motorgeschwindigkeit und Last interpoliert ist. Bei geschlossener Schleife nimmt BASEFUL einen Wert an, der sich dynamisch um den Wert 1 auf Basis des Zustands des Sauerstoffsensors **76** bewegt. Allgemein ist der Zeilenwert, die Kraftstoff Zylinderereignis Zahl geeicht, um individuelle Zylinder-Lambda-werte für wenige erste Motorzyklen zu schaffen, danach werden die Lambdawerte über die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse interpoliert, wenn die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse steigt. Lambda ist wie folgt definiert:

$$\text{Lambda}(\lambda) = \frac{\frac{\text{Luft}}{\text{Kraftstoff}}}{\text{Kraftstoff}_{\text{stöchiometrisch}}}$$

[0033] Der Spalten Wert, die Motorkühlmitteltemperatur, wird geeicht, um Änderungen der Kraftstoffverdampfung und Kraftstoffverlust, wenn Motor- und Ventilttemperaturen sich ändern, zu berücksichtigen. Die Verwendung der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und Motorkühlmitteltemperatur als Werte der Bestimmung individueller Zylinder-Lambda ermöglicht eine sehr feine Steuerung des Motorkraftstoffs beim Start. Alternativ kann die Katalysatortemperatur als Faktor zur Bestimmung der erwünschten Luft/Kraftstoff Verhältnisses verwendet werden. Die Erfinder haben erkannt, daß die Katalysatortemperatur als Faktor bei der Bestimmung der Kraftstoffmenge verwendet werden kann. Wenn ein Katalysator kalt ist, kann ein mageres Luft/Kraftstoff Verhältnis und Zündzeitpunktverzögerung verwendet werden, um die Katalysatortemperaturen zu erhöhen und die Auspuffemissionen zu reduzieren. Wenn ein Katalysator warm ist und der Motor angehalten wurde, diffundiert Sauerstoff in den Katalysator. Dadurch kann der Motor nach einem Start über einen gewissen Zeitraum mit einem fetten Verhältnis betrieben werden, ohne die Auspuffemissionen signifikant zu erhöhen. Der Betrieb eines Motors im fetten Bereich über einen Zeitraum reduziert die NOx Produktion und bereitet den Katalysator für das während erhöhter Lastbedingungen entstehende NOx vor. Um die Katalysatortemperatur zu kompensieren wird die Lambdaberechnung durch einen weiteren Term modifiziert, FNEVTCAT. Die Gleichung für erwünschtes Lambda mit Katalysatortemperaturkompensation ist:

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTCLD – FNEVTLOST + FNEVTCAT, offene Schleife

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTLOST + FNEVTCAT geschlossene Schleife.

[0034] Die Funktion FNEVTCAT hat die gleiche Form wie **Fig. 6**, mit Katalysator Temperaturwerten anstelle der Motorkühlmitteltemperaturen. Die weiteren Werte bleiben Kraftstoff Zylinderereignis Zahlen. Durch Verwendung der Katalysatortemperatur als Faktor bei der Bestimmung des Motor Luft/Kraftstoff Verhältnisses kann der Motorbetrieb so eingestellt werden, dass die Auspuffemissionen reduziert werden. Die Routine fährt dann in Schritt **226** fort. In Schritt **226** wird die individuelle Zylinder Kraftstoffmasse auf Basis des in Schritt **224** berechneten erwünschten Lambda berechnet und die vorhergesagte Motorluftmenge aus Schritt **222** abgeleitet. Die Basis-Kraftstoffmasse wird wie folgt berechnet:

$$\text{Basiskraftstoffmasse} = \frac{\text{Motorluftmenge}}{\frac{\text{Luft}}{\text{Kraftstoff}_{\text{stöchiometrisch}}}} * \text{Lambda}$$

[0035] Die einzuspritzende Kraftstoffmasse wird ferner modifiziert, um zu berücksichtigen, dass ein Teil der eingespritzten Kraftstoffmasse in die Bildung einer Kraftstoffniederschlagsmenge im Einlassverteiler gehen kann und dass ein Teil des Kraftstoffniederschlags abhängig von den Betriebsbedingungen in den Zylinder geraten kann. Der in den Motorzylinder geratende Kraftstoff wird, wie durch Aquino im S. A. E. Papier 810494 beschrieben, wie folgt berechnet:

$$\text{Endkraftstoffmasse} = (1 - X) \cdot \text{Basiskraftstoffmasse} + \frac{\text{Kraftstoffniederschlagsmasse}}{\text{Tau}}$$

[0036] Die Gleichungsterme X und Tau repräsentieren den Teil des eingespritzten Kraftstoffes, der in den Niederschlag X gerät, und die Zeitkonstante des Niederschlags, Tau. Die Termini werden aus in Tabellen abgespeicherten Werten ermittelt, die empirisch bestimmt wurden und auf dem Verteilerdruck, Motorkühlmitteltemperatur und der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse basieren. Die Kraftstoffniederschlagsmasse ändert sich dynamisch und wird durch den Kraftstoffdruck, die Motortemperatur und die Motorgeschwindigkeit beeinflusst. Die Niederschlagsmasse steigt bei niedrigerer Motortemperatur, höheren Verteilerdrücken und niedriger Motorgeschwindigkeit. Die Niederschlagsmasse nimmt bei höherer Motortemperatur, niedrigerem Verteilerdruck und höheren Motorgeschwindigkeiten ab. In dem die Kraftstoffniederschlagsmasse beobachtet und für Kraftstoff, der den Kraftstoffniederschlag bereichert oder diese verlässt, kompensiert wird, wird das erwünschte Zylinder Luft/Kraftstoff Gemisch hergestellt. Die Routine fährt dann in Schritt **228** fort. In Schritt **228** wird die Kraftstoffpulsbreite aus der berechneten Kraftstoffmasse und einer Funktion, die die Abgabedauer einer vorgegebenen Kraftstoffmasse repräsentiert, bestimmt. Die Routine fährt dann in Schritt **230** fort, wo der Einspritzer aktiviert wird, um die erwünschte Kraftstoffmasse abzugeben. Die Routine fährt dann in Schritt **223** fort.

[0037] In Schritt **223** übergibt die Routine die Kraftstoff Zylinderereignis Zahl an eine Zündpunktroutine, die den Zündpunkt auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und der Zylinder Brenngeschwindigkeit einstellen kann. Typischerweise wird der Zündpunkt vorverstellt, wenn die Brenngeschwindigkeit niedriger ist und verzögert, wenn die Brenngeschwindigkeit höher ist. Die Brenngeschwindigkeit wird aus der Zylinderanordnung und dem Kraftstofftyp bestimmt, bspw. Benzin, Ethanol und Methanol. Der Basis Zündzeitpunkt wird einer Tabelle abgespeicherter vorherbestimmter Werte entnommen. Die Basis Zündzeitpunkttafel besitzt Werte der Motorkühlmitteltemperatur und Werte der Kraftstoff Zylinderereignis Zahlen. Wenn die Brenngeschwindigkeit des Kraftstoffes sich ändert, ändert eine Funktion FNBUR_SPK die Zündungsanforderung, indem eine Verschiebung gegenüber der Basis Zündzeitpunkt addiert wird. FNBUR_SPK wird empirisch bestimmt und liefert die Zündzeitpunktverschiebung als Funktion der Brenngeschwindigkeit. Wenn die Brenngeschwindigkeit sich abhängig vom Kraftstofftyp ändert, wird der Zündzeitpunkt vorverstellt oder in geeigneter Weise verzögert. Mit anderen Worten wird der Zündwinkel, der auf der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse basiert, entsprechend der Zylinderbrenngeschwindigkeit modifiziert. Durch Verbindung des Zündwinkels mit der Zylinderbrenngeschwindigkeit und Kraftstoff Zylinderereignis Zahl können die Motoremissionen bei verschiedensten Kraftstofftypen reduziert werden. Die Routine fährt sodann in Schritt **234** fort. In Schritt **234** werden die Motorbetriebsbedingungen bestimmt, um festzustellen, ob Kraftstoffsteuerung im Modus mit geschlossener Schleife erwünscht ist. Gemeinsame Signale, die dazu eingesetzt werden, den erwünschten Motorbetrieb mit geschlossener Schleife zu bestimmen umfassen: Zeit seit Motorstart, Abgassensortemperatur, Motorkühlmitteltemperatur und Motorlast. Falls Kraftstoffsteuerung mit geschlossener Schleife erwünscht ist, fährt die Routine in Schritt **236** fort, wo die Kraftstoffsteuerung von der Steuerung mit offener Schleife zur Steuerung mit geschlossener Schleife übergeht, indem die Kraftstoffzufuhr in Richtung Stöchiometrie erhöht wird. Falls die Steuerung mit geschlossener Schleife unerwünscht ist, steigt die Routine aus, bis sie wieder aufgerufen wird, um Kraftstoff für den nächsten Zylinder zu bestimmen.

[0038] Alternativ liefert eine weitere Ausführungsform der Erfindung Kraftstoff auf Basis der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl und geht sodann auf zeitbasierte Kraftstoffabgabe über. Dieses Verfahren profitiert von den Vorteilen der Kraftstoffversorgung auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse während des Starts und reduziert sodann die Berechnungen, indem zeitbasierte Kraftstoffversorgung verwendet wird. Bei einer weiteren Alternative wird eine gleichzeitige auf Verwendung von Kraftstoff Zylinderereignis Zahl und Zeit basierende Kraftstoffversorgung ebenfalls Vorteile haben. Eine auf Ereignis Zahlen basierende Kraftstoffversorgung liefert die oben genannten Vorteile. Eine auf Zeit basierende Kraftstoffversorgung ermöglicht vereinfachtes Eichen bei der Kraftstoffkompensation für sich langsamer ändernde Bedingungen, wie Kraftstoffverdampfung. Durch Verwendung beider Verfahren kann die Kraftstoffmenge für Motorbedingungen, kompensiert werden, die sich langsam ändern sowie Motorbedingungen, die sich schnell kompromißlos ändern.

[0039] Die Erfinder haben das Verfahren der **Fig. 2** entwickelt, da sie erkannt haben, dass die Menge "Kraftstoffverlust" unberücksichtigten Kraftstoffs, der eingespritzt wurde, aber nicht in der Herstellung des Abgasstroms erscheint, genauer sein kann, falls sie auf der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse begründet wird, anstelle darauf, dass sie nur auf der Zeit ab Start basiert. Wenn ein kalter Motor gestartet wird, kann der eingespritzte Kraftstoff die Kolbenringe umgehen und im Kurbelwellengehäuse enden. Dieses Phänomen tritt aufgrund kalter Öffnungen zwischen Kolben- und Zylinderbohrungen auf. Der unberücksichtigte Kraftstoff, der in das Kurbelwellengehäuse läuft, wird als "Kraftstoffverlust" bezeichnet. Die Menge Kraftstoffverlust ist eine Funktion von Motortemperatur und Standzeit. Falls die Motorbetriebsbedingungen Kraftstoffverluste produzieren, ist das resultierende Abgas Luft/Kraftstoff Mischungsverhältnis magerer als das erwünschte Luft/Kraftstoff Verhältnis, das durch die Anpassung der Kraftstoffmenge an die Luftmenge produziert wird. Da die Zylindertemperatur die Kolbenbohrungsöffnungen beeinflusst und die Zylindertemperatur pro Zylinderereignis steigt, schafft eine Basierung der Kraftstoffverlustmenge auf der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse eine besser Näherung der Kraftstoffverlustmenge.

[0040] Ferner haben die Erfinder erkannt, dass beim Start die Zeit, die seit dem letzten Motorbetrieb verstrichen ist, ebenfalls bei der Bestimmung des erwünschten Zylinder Luft/Kraftstoffes zu berücksichtigen ist. Nachdem der Motor angehalten wurde, kann Kraftstoff aus dem Einlassverteiler Kraftstoffniederschlag verdampfen. Je länger der Motor still steht, um so mehr Kraftstoff verdunstet aus dem Kraftstoffniederschlag. Da der Kraftstoff im Kraftstoffniederschlag das Zylinder Luft/Kraftstoff Verhältnis beeinflusst, beeinflusst die Zeit, die der Kraftstoff zur Verdampfung hat, das in den Zylinder eingelangende Luft/Kraftstoff Gemisch. Eine Tabelle, FNSOAK liefert eine Kompensation für die Kraftstoffniederschlagmasse als Funktion der Zeit und der Motorkühlmitteltemperatur. Die Tabelle besitzt Werte der Motorkühlmitteltemperatur und Werte der Standzeit. Die Werte der Tabelle repräsentieren den Prozentsatz der durch Verdampfung verlorenen Kraftstoffniederschlagmasse. Die Kraftstoffmenge des Niederschlags beim letzten Motorbetrieb wird mit dem aus FNSOAK entnommenen interpolierten Wert multipliziert, um die Kraftstoffniederschlagmasse während eines Starts zu bestimmen. Da die Standzeit zunimmt, verringert sich die Verteiler Kraftstoffniederschlagmasse. Eine Kompensation für die seit dem Start verstrichene Zeit kann verwendet werden, die Einlassverteiler -Schätzung zu verbessern, wodurch individuelle Zylinder Luft/Kraftstoff Gemische beim Start des Motors verbessert werden. Ferner haben die Erfinder erkannt, dass während eines Starts Änderungen innerhalb eines Motors und seiner Umgebung auftreten. Die zuerst gezündeten Zylinder haben ein Luft/Kraftstoff Gemisch, das aus frischer Ladung und Kraftstoff zusammengesetzt ist. Mit anderen Worten besteht sehr wenig EGR oder Restgas während der ersten Verbrennungereignisse. Nach wenigen ersten Zündereignissen stossen die Zylinder Restgase aus, diese beeinflussen die Luft/Kraftstoff Gemische in anderen Zylindern. Demzufolge ist der Verbrennungsprozess in einem Motor nicht nur zeitabhängig, sondern auch von der Zahl Zylinder, die Kraftstoff empfangen, abhängig.

[0041] Die Routine in **Fig. 2** kann dazu verwendet werden, von den oben genannten erkannten Vorteilen zu profitieren. Die Vorteile werden erzielt, da die Routine Kraftstoff Luft und Zündzeitpunkt auf individueller Zylinderbasis berücksichtigt. Indem die individuellen Zylinderluftmengen bestimmt werden, der Zylinder Kraftstoff in Form von Lambda auf Kraftstoff Zylinderereignissen basiert und auf Basis der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl gezündet wird, werden die individuellen Zylinder Gemische und die Verbrennung besser gesteuert. Eine Person, die den Motor unter Verwendung der Routine in **Fig. 2** eicht, kann diskrete Kraftstoffmengen zu individuellen Zylindern transportieren lassen, um interpolierte Kraftstoffmengen über eine Zahl Zylinderereignisse zu liefern. Da die Zylinderluftmenge für jeden Zylinder bestimmt wird und die Kraftstoffabgabe eine Funktion der Zylinder Luftmenge und der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse ist, werden demzufolge konsistente Zylinder Luft/Kraftstoff Gemische Start für Start bestimmt.

[0042] Die Motorkraftstoffabgabe auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse kann auch mit zwei weiteren Verfahren kombiniert werden, um die Emissionen weiter zu reduzieren, bspw. durch Einführen von Umge-

bungsluft in den Abgassammler, um die Öffnungsoxidation zu fördern, oder von mageren Luft/Kraftstoff Gemischen, kombiniert mit Zündzeitpunktverzögerung, falls die Katalysatortemperaturen niedrig sind.

[0043] Nachfolgend wird auf **Fig. 3** bezug genommen, einem Flussdiagramm einer alternativen Ausführungsform der Kraftstoffsteuerung, die auf der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse beruht. In Schritt **310** werden die Motorbetriebsbedingungen abgelesen. Die Betriebsbedingungen werden bestimmt, indem Motorkühlmitteltemperatur, Katalysatortemperatur, Zeit seit letztem Motorbetrieb (Standzeit) und ähnliche Parameter gemessen werden. Die Parameter werden dazu verwendet, um die Motor Kraftstoffnachfrage in den Kästen **318** und **330** zu kompensieren. Die Parameter beeinflussen den Motorbetrieb in verschiedene Weise abhängig von ihrem Zustand. Beispielsweise schaffen niedrige Motorkühlmitteltemperaturen ein fetteres Luft/Kraftstoff Gemisch, während höhere Motorkühlmitteltemperaturen eine magereres Luft/Kraftstoff Gemisch benötigen. Bei Schritt **312** entscheidet die Routine, ob sie auf Grundlage dessen, ob der Motor sich dreht, fortfährt. Wenn der Motor sich nicht dreht, wartet die Routine, bis der Kurbelwellenpositionssensor **118** Motorrotation detektiert. Wenn der Motor dreht, fährt die Routine in Schritt **314** fort. In Schritt **314** bestimmt die Steuerung, ob ein Zylinderereignis aufgetreten ist und falls dies zutrifft, fährt die Routine in Schritt **316** fort. Falls keine neuen Zylinderereignisse aufgetreten sind, wartet die Routine, bis ein Zylinderereignis beobachtet wird.

[0044] In Schritt **316** bestimmt die Routine, ob das Zylinderereignis des ersten Motorzyklus aufgetreten ist. Falls dies zutrifft, fährt die Routine in Schritt **322** fort. Falls dies nicht zutrifft, fährt die Routine in Schritt **318** fort, wo die Big Bang Kraftstoffzuführung beginnt. In Schritt **318** spritzen alle Einspritzer ein, welches als Big Bang bezeichnet wird, und liefern allen Zylindern Kraftstoff, unabhängig von dem individuellen Zylinderventil Zündzeitpunkt. Die abgegebene Menge Kraftstoff ist eine Funktion der Motorkühlmitteltemperatur. Die Menge ausgelieferten Kraftstoffes steigt mit fallender Motorkühlmitteltemperatur. Das Startverfahren schafft den Vorteil reduzierter Startdauer, kann aber die Emissionen erhöhen. Die Routine fährt sodann in Schritt **320** fort, wo das Kraftstoffeinspritzen verzögert wird, bis der erste Zylinder, der den Big Bang Kraftstoff empfängt, mit Kraftstoff für das erste Ereignis im zweiten Zyklus versorgt wird. Der Kraftstoff Zylinderereignis Zähler wird auch in Schritt **320** schrittweise weitergesetzt, wenn Big Bang Kraftstoff Zylinderereignisse auftreten. Die Routine fährt dann in Schritt **322** fort.

[0045] In Schritt **322** bestimmt die Steuerung **12**, ob Synchronisation zwischen Steuerung **12** und Motor **10** erfolgt ist. Falls Synchronisation aufgetreten ist, fährt die Routine in Schritt **324** fort, falls nicht, geht die Routine zu Schritt **326** über. Der Motor sollte zu dem Zeitpunkt, bei dem der gesamte Big Bang Kraftstoff verbrannt ist, synchronisiert sein.

[0046] In Schritt **324** wird ein Kraftstoff Zylinderzähler schrittweise vorwärts gesetzt, da ein Zylinderereignis detektiert wurde, Motor und Steuerung **12** synchronisiert sind und Kraftstoffabgabe ermöglichen. Die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse wird als Zeilenwert verwendet, wenn FNEVTCLD, **Fig. 6**, und FNEVLOST, **Fig. 7** festgestellt werden, um den erwünschten Lambda Wert für das momentane Kraftstoff Zylinderereignis zu bestimmen.

[0047] In Schritt **326** beobachtet die Steuerung **12** Nocken- und Kurbelwellensignale, die die Bestimmung der Motorposition ermöglichen. Wenn die Motorposition gesichert wurde, richtet die Steuerung **12** die Betriebsweisen, Zündzeitpunkt und Kraftstoffabgabe mit der Motorzeitgebung so aus, dass sie synchronisiert sind. Die Kraftstoffabgabe wird einen Motorzyklus nach der Big Bang Kraftstoffzuführung ausgesetzt, so dass der Big Bang Kraftstoff verbrannt werden kann. Nach Synchronisierung fährt die Routine in Schritt **328** fort, wo eine Motorluftmengenvorhersage aus einem Motorluftmengen-Algorithmus berechnet wird.

[0048] In Schritt **328** wird eine Motorluftmenge für das nächste Zylinderereignis aus einem Motorluftereignis-Algorithmus berechnet. Einlassverteilerdruck **44** und Einlassverteilterperatur **177** werden über ein Motorereignis genommen und sodann eine individuelle Zylinder Luftbasismenge berechnet, indem die bekannte Gleichung des idealen Gasgesetzes $PV = mRT$ verwendet wird. Die ideale Gasgleichung ist für einen 4-Zylindermotor, kompensiert für Betriebsbedingung, ist die nachfolgende:

$$M_{cyl} = \frac{D}{4RT} \cdot \eta(N, \text{Last}) \cdot P_m \cdot \text{FNBP}(\text{BP}) \cdot \text{FNTEM}(\text{ECT}, \text{ACT})$$

[0049] Dabei ist M_{cyl} die Luftmenge oder Zylinderluftladung, D die Motorsverschiebung, R die allgemeine Gaskonstante und T die Motorlufttemperatur. Das Symbol η repräsentiert die empirisch bestimmte volumetrische Motoreffizienz, die in Schritten in einer Tabelle mit Motorgeschwindigkeit und Motorlast abgespeichert ist. Der Verteilerdruck P_m basiert auf der Messung eines Signals vom Druckwandler **122**. Die Kompensation für barometrischen Druck wird als Funktion FNBP gespeichert und empirisch bestimmt, so dass sie die Ände-

rungen der Motorluftmenge ausdrückt, wenn der barometrische Betriebsdruck vom nominalen barometrischen Druck abweicht. Wärmeübergang zwischen Motor und der Motorluftmenge beeinflusst die volumetrische Effizienz und die eingeführte Motorluftmenge. Die Tabelle FNTEM ist eine empirisch bestimmte Tabelle, die Schrittweise Motorkühlmitteltemperatur (ECT) und schrittweise Motorluftmengentemperatur (ACT) beinhaltet. Aufgrund dieser Betriebsbedingungen liefert FNTEM eine Kompensierung für den Wärmeübergang. Sodann wird eine Motorluftmenge verwendet, um eine Motorluftmengenvorhersage zu berechnen, da das Einspritzen typischerweise auf ein geschlossenes Ventil erfolgt. Die Vorhersage wird getroffen, indem die Änderungsgeschwindigkeit der Luftmenge aus den letzten beiden Motorzyklen berechnet wird, sodann die Änderungsgeschwindigkeit und der Zeitraum zwischen Motorereignissen verwendet wird, um die nächste Luftmenge vorherzusagen. Dieses Beispiel verwendet die Motorluftmenge in der aktuellen Zylinder Kraftstoffberechnung, bevor der Zylinder tatsächlich die Zylinderluftladung ansaugt. Nachdem die Motorluftmenge errechnet wurde, fährt die Routine in Schritt **330** fort.

[0050] Alternativ kann ein Luftmassenmeter verwendet werden, um die Motorluftmenge zu bestimmen. Indem das Luftmassensignal über ein Zylinderereignis integriert wird und so dann nächste Motorluftmengen durch Extrapolation unter Verwendung vorhergehender Motorluftmengen vorhergesagt werden, kann eine Motorluftmengenvorhersage berechnet werden.

[0051] In Schritt **330** wird das erwünschte Lambda für das nächste Kraftstoff Zylinderereignis aus den Tabellen FNEVTCLD **Fig. 6** und FNEVTLOST, **Fig. 7** berechnet. Die Tabellen besitzen Zeilenwerte auf Basis der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und Spaltenwerte auf Basis der Motorkühlmitteltemperatur oder alternativ der Zylinderkopftemperatur. Nach Aktualisierung der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl in Schritt **324** wird die Zahl gemeinsam mit der Motorkühlmitteltemperatur aus Schritt **310** verwendet, um das erwünschte Lambda für das nächste Kraftstoffereignis zu bestimmen. FNEVTCLD und FNEVT wird hier werden pro Reihe und Spalte interpoliert, um das erwünschte nächste Zylinderereignis Lambda zu bestimmen. Das erwünschte Lambda wird durch die Gleichungen

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTCLD – FNEVTLOST, offene Schleife

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTLOST, geschlossene Schleife

errechnet. Lambda wird in offene Schleifen und geschlossene Schleifen Modi auf getrennt, so dass Kraftstoffverlust in beiden Betriebsweisen berücksichtigt werden kann. Beim Steuermodus mit offener Schleife ist BASEFUL der erwünschte Lambdawert, der aus einer Tabelle auf Basis von Motorgeschwindigkeit und Last interpoliert wird. Beim Steuermodus mit geschlossener Schleife nimmt BASEFUL einen Wert an, der sich dynamisch um den Wert 1 bewegt, auf Basis des Zustands des Sauerstoffsensors **76**. Allgemein ist der Zeilenwert, die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse, geeicht, um individuelle Zylinder-Lambdawerte für wenige erste Zylinderzyklen zu liefern, sodann werden die Lambdawerte über eine Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse interpoliert, wenn die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse wächst. Lambda ist hier wie folgt definiert:

$$\text{Lambda}(\lambda) = \frac{\frac{\text{Luft}}{\text{Kraftstoff}}}{\text{Kraftstoff}_{\text{stöchiometrisch}}}$$

[0052] Die Werte der Spalten, die Motorkühlmitteltemperatur, werden geeicht, um Änderungen in der Kraftstoffverdampfung und Kraftstoffverlust, falls Motor- und Ventilttemperaturen variieren, zu berücksichtigen. Die Verwendung der Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und der Motorkühlmitteltemperaturen als Werte bei der Bestimmung des individuellen Zylinderlambda ermöglicht eine sehr feine Steuerung des Motor-Kraftstoffes während des Starts.

[0053] Alternativ kann die Katalysatortemperatur als Faktor zur Bestimmung des erwünschten Luft/Kraftstoff Verhältnisses verwendet werden. Die Erfinder haben auch erkannt, dass die Katalysatortemperatur als Faktor zur Bestimmung der Kraftstoffmenge verwendet werden kann. Wenn ein Katalysator kalt ist, können magere Luft/Kraftstoff Verhältnisse und Zündzeitpunktverzögerung verwendet werden, um die Katalysatortemperaturen zu erhöhen und die Auspuffemissionen zu reduzieren. Falls ein Katalysator warm ist und der Motor angehalten wurde, diffundiert Sauerstoff in den Katalysator. Dadurch kann der Motor nach dem Start über einem Zeitraum fett betrieben werden, ohne die Auspuffemissionen signifikant zu erhöhen. Der Betrieb des Motors im fetten Bereich über einen Zeitraum reduziert die NOx Produktion des Motors und bereitet den Katalysator für

das während erhöhter Lastbedingungen hervorgerufene erhöhte NO_x vor. Um die Katalysatortemperatur zu kompensieren, wird die Lambdakalkulation durch einen weiteren Term modifiziert, FNEVTCAT. Die erwünschte Lambdagleichung mit Katalysatortemperaturkompensation ist:

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTCLD – FNEVTLOST + FNEVTCAT, offene Schleife

LAMBDA = BASEFUL – FNEVTLOST + FNEVTCAT, geschlossene Schleife.

[0054] Die Funktion FNEVTCAT hat die gleiche Form wie in **Fig. 6**, wobei die x Werte die Katalysatortemperatur anstatt der Motorkühlmitteltemperatur sind. Der y Wert bleibt die Kraftstoff Zylinderereignis Zahl. Unter Verwendung mit Katalysatortemperatur als Faktor zur Bestimmung der Motor Luft/Kraftstoff Verhältnisses kann der Motorbetrieb eingestellt werden, um die Auspuffemissionen zu reduzieren. Die Routine fährt dann in Schritt **332** fort. In Schritt **332** wird die individuelle Zylinder Kraftstoffmasse auf Basis des in Schritt **330** berechneten erwünschten Lambda und die vorhergesagte Motorluftmenge aus Schritt **328** erhalten. Die Basis Kraftstoffmasse wird wie folgt berechnet:

$$\text{Basiskraftstoffmasse} = \frac{\text{Motorluftmenge}}{\frac{\text{Luft}}{\text{Kraftstoff}_{\text{stöchiometrisch}}}} * \text{Lambda}$$

[0055] Die einzuspritzende Kraftstoffmasse wird ferner modifiziert, um zu reflektieren, dass ein Teil der eingespritzten Kraftstoffmasse in die Bildung des Kraftstoffniederschlags im Einlassverteiler gelangen kann und ein Teil des Kraftstoffniederschlags in den Zylinder abhängig von den Betriebsbedingungen, gelangen kann. Der den Motorzylinder gelangende Kraftstoff wird, wie von Aquino S. A. E. Papier 810494 beschrieben, wie folgt berechnet:

$$\text{Endkraftstoffmasse} = (1 - X) \cdot \text{Basiskraftstoffmasse} + \frac{\text{Kraftstoffniederschlagsmasse}}{\text{Tau}}$$

[0056] Die Gleichungsterme K und Tau repräsentieren den Teil des eingespritzten Kraftstoffes, der im Niederschlag K verbleibt und die Zeitkonstante des Niederschlags, Tau. Die Terme werden aus den in Tabellen abgespeicherten Werten bestimmt, deren Werte empirisch bestimmt sind und auf Verteilerdruck, Motorkühlmitteltemperatur und Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse beruhen. Die Kraftstoffniederschlagsmasse ändert sich dynamisch und wird durch den Verteilerdruck, Motortemperatur und Motorgeschwindigkeit beeinflusst. Die Niederschlagsmasse erhöht sich bei niedrigeren Motortemperaturen, höheren Verteilerdrücken und niedrigeren Motorgeschwindigkeiten. Die Niederschlagsmasse nimmt bei höherer Motorgeschwindigkeit, niedrigerem Verteilerdruck und höheren Motorgeschwindigkeiten ab. Indem die Kraftstoffniederschlagsmasse beobachtet wird und für den Kraftstoffniederschlag bereichernden oder diesen verlassenden Kraftstoff kompensiert wird, wird das erwünschte Zylinder Luft/Kraftstoff Gemisch geschaffen. Die Routine fährt dann in Schritt **334**.

[0057] In Schritt **334** wird die Kraftstoffpulsbreite aus der berechneten Kraftstoffmasse und einer Funktion als Zeit, die zur Abgabe einer vorgegebenen Kraftstoffmasse benötigt wird, berechnet. Die Routine fährt sodann in Schritt **336** fort, wo der Einspritzer aktiviert wird, um die erwünschte Kraftstoffmasse abzugeben. Die Routine fährt dann in Schritt **338** fort.

[0058] In Schritt **338** übermittelt die Routine die Kraftstoff Zylinderereignis Zahl an die Zündungsroutine, die den Zündzeitpunkt auf Basis der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl und der Zylinderbrenngeschwindigkeit einstellen kann. Typischerweise wird der Zündzeitpunkt vorverstellt, wenn die Brenngeschwindigkeit niedriger ist und verzögert, falls die Brenngeschwindigkeit höher ist. Die Brenngeschwindigkeit wird durch die Zylinderkonstruktion und die Kraftstoffart bestimmt, bspw. Benzin, Ethanol und Methanol. Der Basis Zündzeitpunkt wird den in einer Tabelle abgespeicherten vorbestimmten Werten entnommen. Die Basis Zündzeitpunktabelle besitzt Werte der Motorkühlmitteltemperatur und Werte der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl. Falls sich die Brenngeschwindigkeit des verwendeten Kraftstoffes ändert, verstellt eine Funktion FNBUR_SPK die Zündung vor, indem zum Basis Zündzeitpunkt eine Verschiebung aktiviert wird. FNBUR_SPK wird empirisch bestimmt und liefert die Zündzeitpunktverschiebung als Funktion der Brenngeschwindigkeit. Wenn die Brenngeschwindigkeit sich ändert, abhängig vom Kraftstofftyp, wird der Zündzeitpunkt vorverschoben oder in geeigneter Weise verzögert. Mit anderen Worten wird der Basis Zündwinkel, der auf der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl beruht, aufgrund der Zylinderbrenngeschwindigkeit modifiziert. Indem der Zündwinkel mit der Zylinderbrenngeschwindigkeit und der Kraftstoff Zylinderereigniszahl verbunden wird, können die Motoremissionen bei verschiedenen Kraftstofftypen reduziert werden. Die Routine fährt dann in Schritt **340** fort.

[0059] In Schritt **340** werden die Motorbetriebsbedingungen bewertet, um festzustellen, ob Steuerung mit geschlossener Schleife erwünscht ist. Allgemeine Signale, die dazu verwendet werden, den erwünschten Motorbetrieb mit geschlossener Schleife zu bestimmen, umfassen: Zeit seit Motorstart, Abgassensortemperatur, Motorkühlmitteltemperatur und Motorlast. Falls Kraftstoffsteuerung mit geschlossener Schleife erwünscht wird, fährt die Routine in Schritt **342** fort, wo sich die Kraftstoffsteuerung von der Steuerung mit offener Schleife zur Steuerung mit geschlossener Schleife durch Erhöhen des Kraftstoffes in Richtung der Stöchiometrie übergeht. Falls Kraftstoff-Steuerung mit geschlossener Schleife unerwünscht ist, steigt die Routine aus, bis sie wieder aufgerufen wird, um den Kraftstoff für den nächsten Zylinder zu bestimmen.

[0060] In Fig. 4 ist eine Auftragung interessierender Parameter während des Starts gezeigt, wobei konventionelle (nur zeitbasierte) Zündung verwendet wird, um einen V6 Motor zu steuern. Signalgrößen wurden normiert, so dass die Kurven der Signale gemeinsam betrachtet werden können. Fig. 4 und Fig. 5 sind im gleichen Maßstab dargestellt, um objektiven Vergleich beider Verfahren zu ermöglichen.

[0061] Motorgeschwindigkeit (RPM), Kohlenwasserstoffe (HCPPM), die in Zylinder 1 eingespritzte Kraftstoffmasse (MFINJ1) und die seit Start verstrichene Zeit (ATMRL1) werden aufgetragen, um typische Signalkurven während eines Kaltstartes zu zeigen. Man beachte das Verhältnis zwischen den Signalen. Die eingespritzte Kraftstoffmasse beginnt mit großen Werten und nimmt mit der Zeit ab, sie folgt einer durch eine Tabelle beschriebenen Kurve mit den Werten der Motorkühlmitteltemperatur und der seit dem Start verstrichenen Zeit. Der abgegebene Kraftstoff ist nicht direkt mit der Zahl Zylinderereignisse korreliert. Diese Näherung resultiert in höheren Kohlenwasserstoff (HCPPM) Emissionen, da individuelle Ereignisse nicht gesteuert werden. Man beachte, dass das Signal ATMR1 linear steigt und unabhängig von der Motorgeschwindigkeit und der Zahl Zylinderereignisse ist.

[0062] In Fig. 5 ist eine Darstellung der gleichen Parameter wie in Fig. 4 gezeigt, wobei aber dort Kraftstoffversorgung auf Basis von Kraftstoff Zylinderereigniszahlen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung verwendet wird. Die Signalgrößen wurden so normiert, dass die Signalkurven gemeinsam betrachtet werden können. Die Motorgeschwindigkeit (RPM), die Kohlenwasserstoffe (HCPPM), die in Zylinder 1 eingespritzte Kraftstoffmasse (MFINJ1) und die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse (EVT CNT) werden aufgetragen, um typische Signalkurven während einem Start zu zeigen. Jeder Zylinder besitzt eine einzigartige Variable, welchen den abgegebenen Kraftstoff beschreibt (MFINJ1-N), allerdings ist in Fig. 5 lediglich die Einspritzpulsbreite für Zylinder 1 gezeigt. MFINJ1 ist die eingespritzte Kraftstoffmasse, um das erwünschte Lambda herzustellen, die Ausgabe der Fig. 2, Schritt **226**. Beachtenswert ist das Verhältnis zwischen den Signalen, die Änderung der eingespritzten Kraftstoffmasse auf Basis der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl (EVT CNT). FINJ1 ändert sich mit jedem 6 Zylinderereignis und folgt einer Kurve, die durch Berechnung von Lambda, der Ausgabe der Fig. 2 in Schritt **224** ermittelt wird. Die abgegebene Pulsbreite ist mit einem spezifischen synchronisierten Kraftstoff Zylinderereignis verbunden, welches zu reduzierten Kohlenwasserstoffemissionen führt, während ausreichendes Drehmoment, um den Motor bis zum Leerlauf zu betreiben, bereitgestellt wird.

[0063] In Fig. 6 ist eine Tabelle FNEVTCLD gezeigt, die ein Beispiel zeigt, bei dem Kraftstoff von einem erwünschten Basis Lambda subtrahiert wird, das auf der Motorkühlmitteltemperatur und der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl basiert. Die Tabelle wird dazu verwendet, um den Kraftstoff zu bestimmen, der vom Basis Lambda für ein spezifisches Kraftstoff Zylinderereignis subtrahiert wird, während der Motor mit Kraftstoffsteuerung mit offener Schleife arbeitet. In der Tabelle sind die Werte der Motortemperatur in °F und Werte der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl enthalten. Typischerweise sind die Tabellenspalten mit Abstand angeordnet, um eine Kompensation der Kraftstoffverdampfung und Kraftstoffverlust zu ermöglichen; die Zeilenabstände sind durch die für die Unterstützung des Verbrennungsprozesses benötigte Auflösung definiert. Allgemein werden Zeilen vorgesehen, um individuelle Zylinderereignisse über eine Kraftstoff Zylinderereignis Zahl zu steuern.

[0064] Hinsichtlich der Form der Spalten beginnt die Tabelle, da der Tabellenwert von einem Lambdabasiswert subtrahiert wird, mit einem Wert und nimmt sodann mit steigender Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse und Motortemperaturanstieg ab. Die Form bewirkt eine Kraftstoffanreicherung bei kaltem Motor. Dies verbessert die Verbrennung, wenn der Motor kalt ist.

[0065] In Fig. 7 zeigt eine Tabelle FNEVTLOST, ein Beispiel für von einem erwünschten Lambda auf Basis der Motorkühlmitteltemperatur und der Kraftstoff Zylinderereignis Zahl subtrahiertes Lambda. Die Tabelle wird dazu verwendet, um den Kraftstoff zu bestimmen, der vom erwünschten Lambda für ein spezifisches Kraftstoff Zylinderereignis subtrahiert wird, während der Motor in den Steuermodi mit offener Schleife oder geschlossener Schleife betrieben wird. Die Tabelle beinhaltet Motortemperaturwerte in °F und Kraftstoff Zylinderereignis Zahlen. Die Zeit bis zur Kraftstoffsteuerung im Modus mit geschlossener Schleife variiert abhängig von

den Motorbetriebsbedingungen. Da FNEVTLOST während Kraftstoffsteuerung mit offener oder geschlossenen Schleife funktioniert, wird es geeicht, danach wird FNEVTCLD so geeicht, dass beide Tabellen die erwünschte Funktion mit offener Schleife liefern. Allgemein werden ausreichend Zeilen vorgesehen, um individuelle Zylinderereignisse über die ersten zwei Motorzyklen zu steuern, plus einige zusätzliche Zeilen. Die zusätzlichen Zeilen werden dazu verwendet, um den Kraftstoff über eine Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse zu definieren, die Stabilisierung im Verbrennungsprozess reflektieren, wenn die Zahl Kraftstoff Zylinderereignisse steigt.

[0066] Wie dem Fachmann ersichtlich, können die in den **Fig. 2** und **Fig. 3** beschriebenen Routinen eine oder mehrere Arbeitsstrategien repräsentieren, wie Ereignis gesteuerte, Unterbrechungsgesteuerte, multi-tasking, multi-threading oder der gleichen. Als solches können verschiedene Schritte oder Funktionen, die dargestellt sind, in der dargestellten Sequenz parallel oder in einigen Fällen mit Auslassungen durchgeführt werden. In ähnlicher Weise ist die Abarbeitungs Reihenfolge nicht unbedingt notwendig, um die Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung zu erzielen, sondern wird lediglich zur Vereinfachung der Illustration und Beschreibung angegeben. Obwohl nicht explizit dargestellt, ist dem Fachmann offensichtlich, dass mindestens einer der dargestellten Schritte oder Funktionen wiederholt – abhängig von der speziell eingesetzten Strategie – durchgeführt werden kann.

[0067] Dies schließt die Beschreibung der Erfindung. Die Lektüre derselben durch den Fachmann bringt diesem vielfache Änderungen und Modifikationen nahe, ohne vom Geist und Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen. Bspw. können I3, I4, I5, V6, V8, V10 und V12 Motoren, die mit natürlichem Gas, Benzin oder alternativen Kraftstoffkonfigurationen betrieben werden, die Erfindung vorteilhaft einsetzen. Demzufolge soll der Schutzzumfang der Erfindung nur durch die Ansprüche definiert sein.

Bezugszeichenliste

10	Verbrennungsmotor
12	elektronische Motorsteuerung
30	Brennraum
32	Zylinderwände
38	Kolben
40	Kurbelwelle
44	Einlassverteiler
48	Abgassammler
52	Einlassventil
54	Abgasventil
58	Drosselkörper
62	Drosselplatte
66	Kraftstoffeinspritzer
70	katalytischer Konverter
76	Abgassauerstoffsensoren
88	verteilerloses Zündsystem
92	Zündkerze
102	Microprozessoreinheit
104	Ein- und Ausgänge
106	Read-Only-Memory
108	Random-Access-Memory
112	Temperatursensor
114	Kühlmantel
117	Einlassverteiltertemperatursensor
118	Kurbelwellenumdrehungssensor
119	Motorgeschwindigkeitssensor
122	Drucksensor
130	Nockenwelle
150	Nockensensor
UEGO	universeller Sauerstoffsensoren
ECT	Motorkühlmitteltemperatur
MAP	absoluter Verteilerdruck
ACT	Motorluft-Nerteilertemperatur
CAM	Nockenpositionssignal von 150
PIP	Zündprofilaufnehmersignal von 118

RPM	Motorgeschwindigkeitssignal v. 119 .
FPW	Pulsbreitensignal
Mcyl	Motorluftmenge/Zylinderluftladung
D	Verschiebung des Motors
R	Gaskonstante
T	Motorlufttemperatur.
Pm	Verteilerdruck
ACT	Motorluftmengentemperatur
X	Kraftstoffniederschlag
Tau	Zeitkonstante des Niederschlags
HCPPM	Kohlenwasserstoffe
MFINJ1	in Zylinder 1 eingespritzter Kraftstoff
ATMRL1	seit Start verstrichene Zeit
EVCNT	Kraftstoff Zylinderereignis Zahl.

Patentansprüche

1. Kraftstoffsteuerverfahren für Verbrennungsmotoren, mit den Schritten:
 - Bestimmen von individuellen Luftbeladungen von Zylindern;
 - Zählen von Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart; und
 - Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen**dadurch gekennzeichnet,**
 dass die Zylinder-Zündzeitverschiebung auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner auf Basis der Motortemperatur eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner auf Basis der Katalysatortemperatur eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner auf Basis der Zeitdauer seit dem letztem Betrieb des Verbrennungsmotors eingestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner aufgrund der in den Abgasstrom des Verbrennungsmotors eingeführten Luft eingestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge während des Starts mindestens einmal asynchron zum Motorventilbetrieb eingespritzt wird, und nach dem Start Kraftstoff synchron mit dem Motorventilbetrieb eingespritzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Abgabe der eingespritzten Kraftstoffmenge synchron zur Motorventilzeitsteuerung erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ein mageres Luft/Kraftstoffgemisch während des Starts liefert.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner auf Basis der Masse eines Kraftstoffniederschlags im Einlaßverteiler eingestellt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, mit den Schritten:
 - Einspritzen von Kraftstoff mindestens auf geschlossene Einlaßventile beim Start des Verbrennungsmotors;
 - Zählen von Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart; und
 - Einstellen der eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen.
11. Verfahren nach Anspruch 1 oder 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die eingespritzte Kraftstoffmenge ferner auf Basis der Zeit eingestellt wird
12. Verfahren nach Anspruch 1, mit:

– Einstellen des Zylinder-Zündwinkels auf Basis der Zylinderbrenngeschwindigkeit und der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen.

13. Verfahren nach Anspruch 1, mit:

– mindestens einmaligem Einspritzen einer Kraftstoffmenge in alle Zylinder asynchron zur Motorzeitgebung; und
– Einspritzen zusätzlicher Kraftstoffmengen in individuelle Zylinder nach der asynchron eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen.

14. Verfahren nach Anspruch 1, mit den Schritten:

– Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen in einem ersten Betriebszustand; und
– Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Zeit seit dem Start und der individuellen Luftbeladungen in einem zweiten Betriebszustand.

15. Computerlesbares Speichermedium mit gespeicherten Daten, die durch einen Computer ausführbare Befehle repräsentieren, um die Kraftstoffversorgung eines Verbrennungsmotors zu steuern, das aufweist:

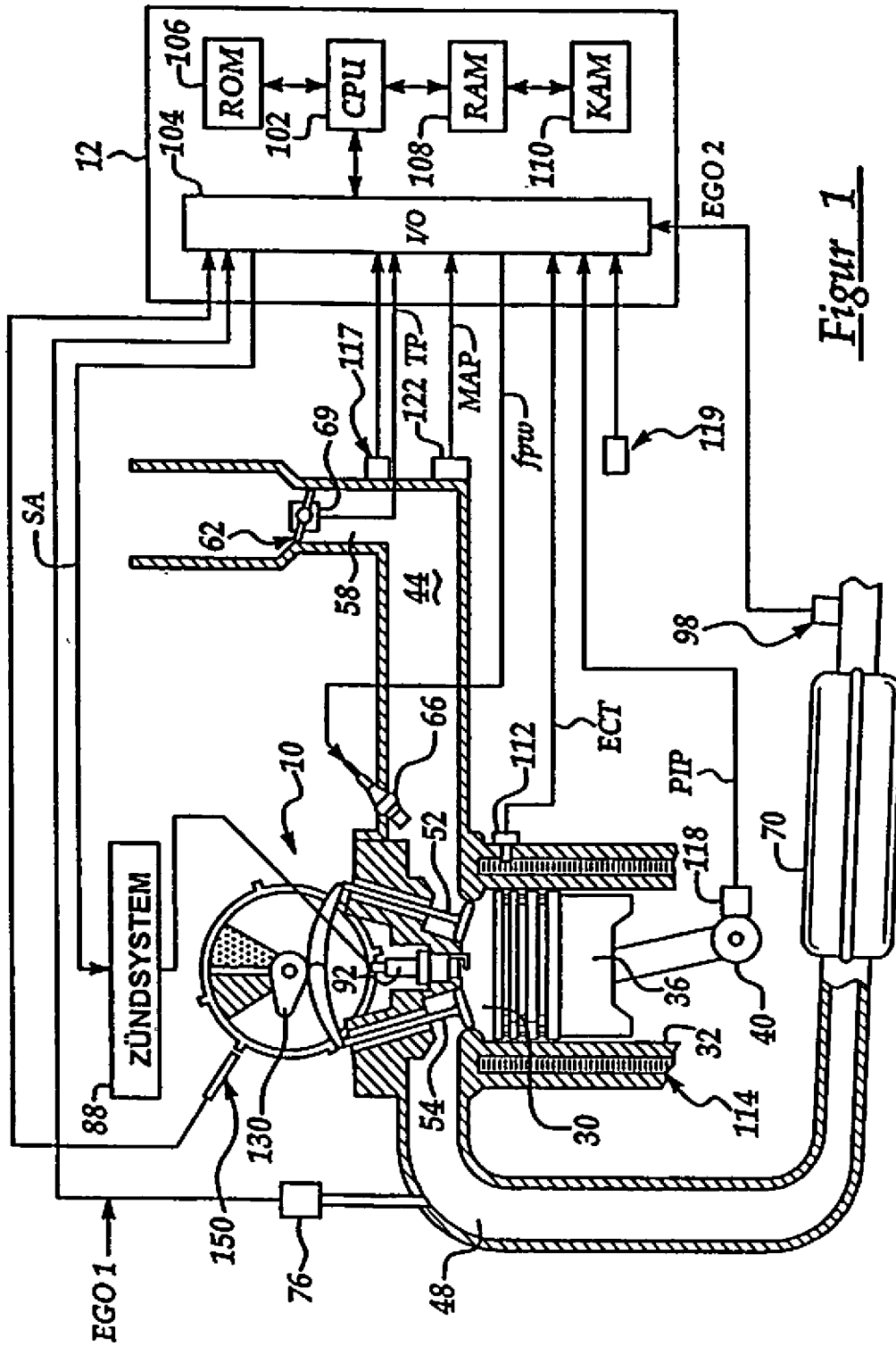
– Befehle zum Bestimmen von individuellen Luftbeladungen von Zylindern;
– Befehle, die Kraftstoffeinspritzungen ab Motorstart zu zählen; und
– Befehle zum Einstellen der in individuelle Zylinder eingespritzten Kraftstoffmenge auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen und der individuellen Luftbeladungen,

dadurch gekennzeichnet,

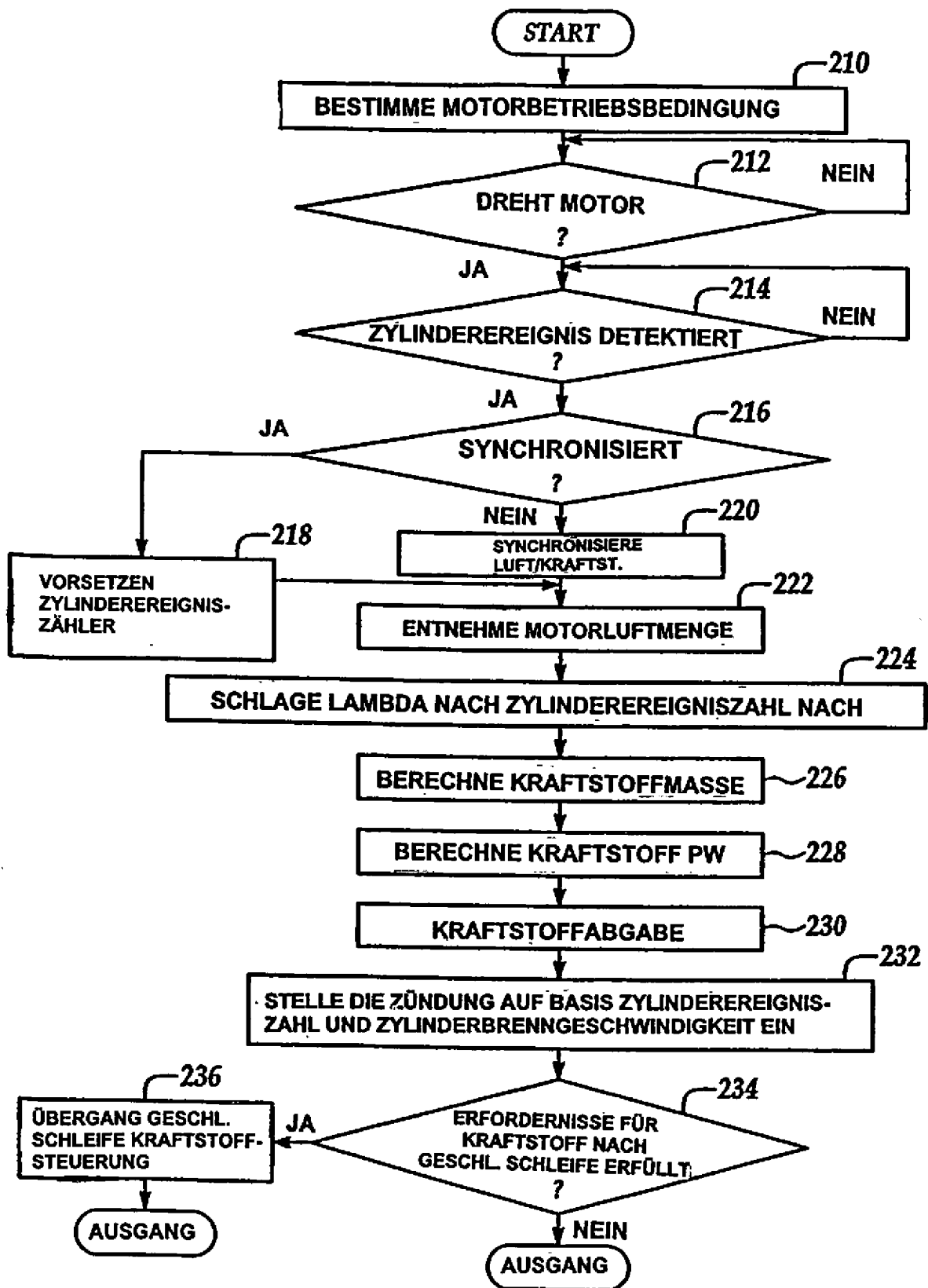
das die Zylinder-Zündzeitverschiebung auf Basis der Anzahl der Kraftstoffeinspritzungen eingestellt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

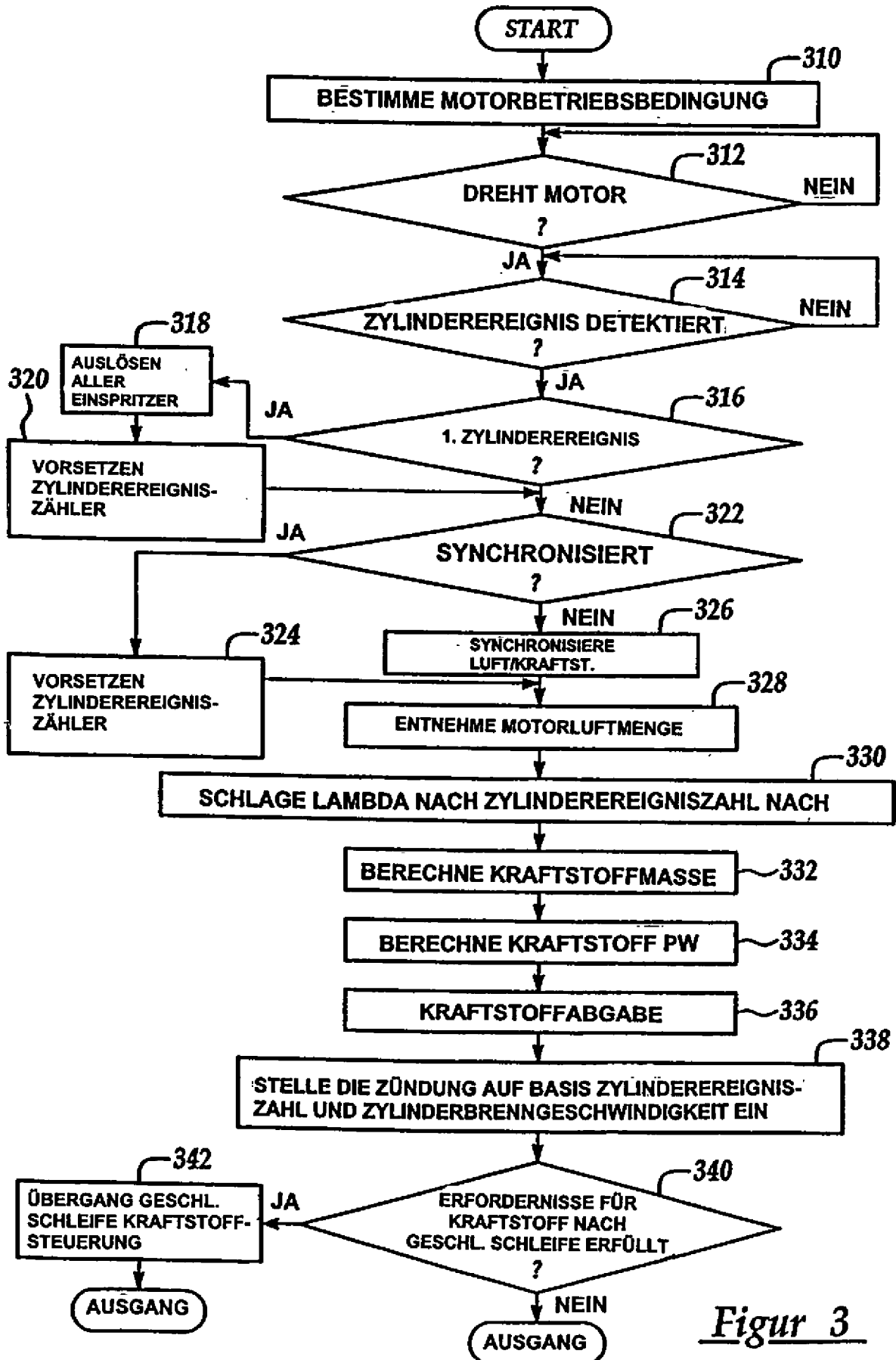
Anhängende Zeichnungen



Figur 1

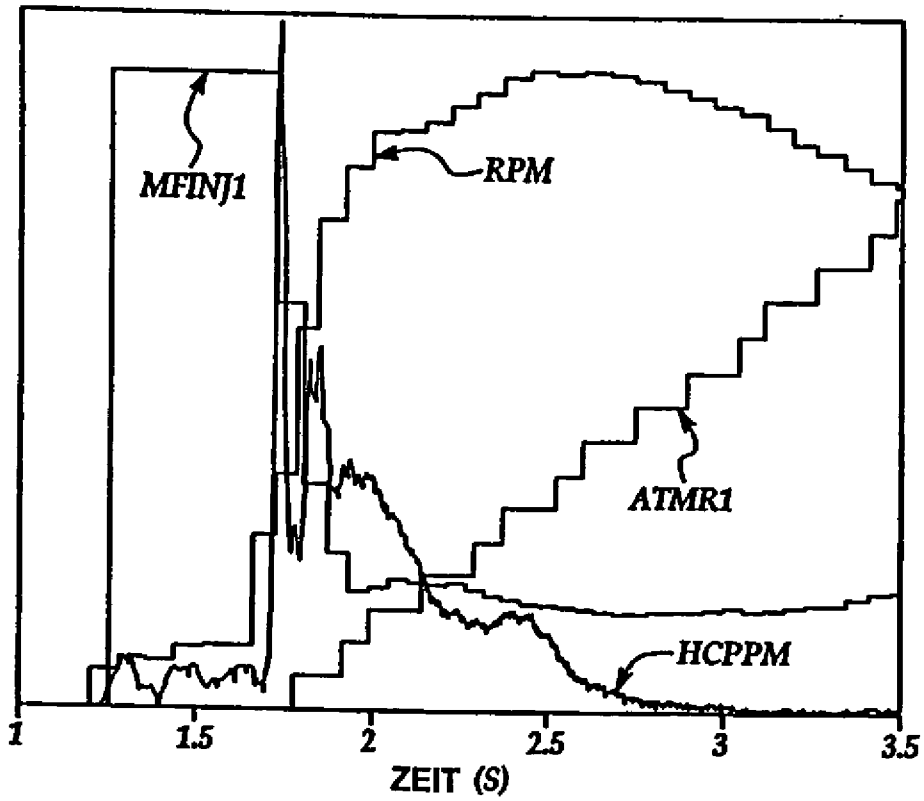


Figur 2



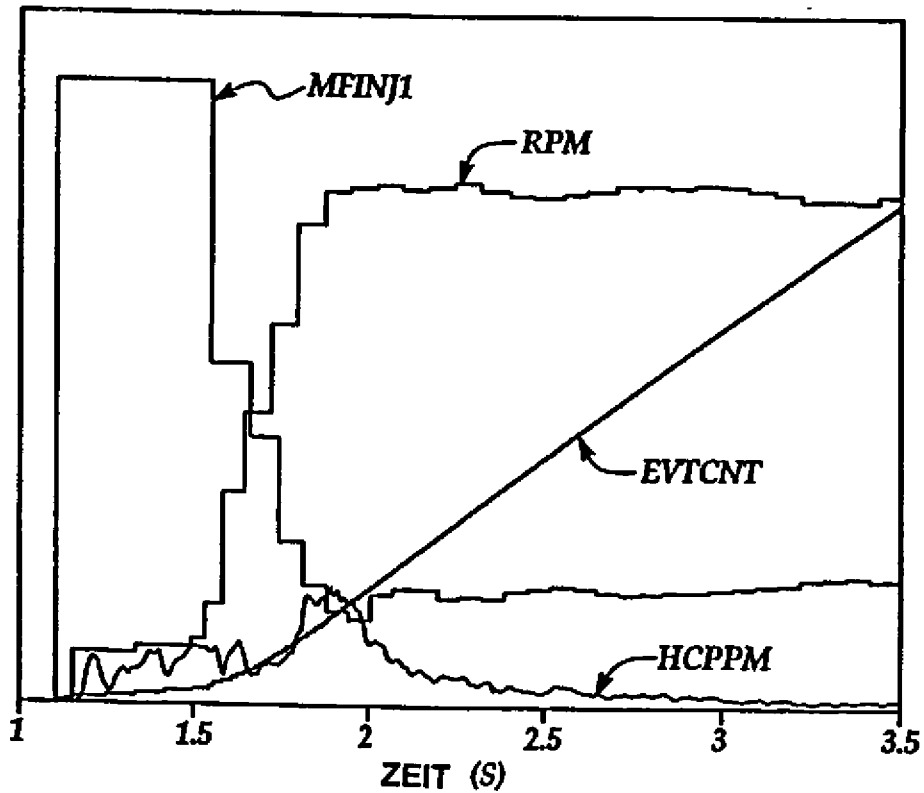
Figur 3

KRAFTSTOFFSTEUERUNG BEI KALTSTART AUF ZEITBASIS



Figur 4

KRAFTSTOFFSTEUERUNG BEI KALTSTART AUF ZYLINDEREREIGNISBASIS



Figur 5

FNEVTCLD

20040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1200	0.1	0.04	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800	0.15	0.08	0.06	0.03	0.008	0	0	0	0	0	0	0
480	0.3	0.25	0.22	0.12	0.1	0.03	0	0	0	0	0	0
320	0.48	0.44	0.34	0.26	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0
203	0.55	0.52	0.4	0.32	0.26	0.2	0.1	0	0	0	0	0
83	0.58	0.56	0.48	0.44	0.34	0.296	0.17	0.048	0	0	0	0
11	0.6	0.6	0.56	0.54	0.5	0.45	0.22	0.2	0.06	0.03	0.06	0.06
0	0.63	0.62	0.6	0.56	0.54	0.5	0.35	0.296	0.132	0.093	0.1	0.07
	-30	-20	0	20	40	70	100	150	165	180	195	210

Figur 6

FNEVILOST

20400	0	0	0	0	0	0
4800	0	0	0	0	0	0
3600	0	0	0	0	0	0
1600	0.06	0.03	0	0	0	0
1200	0.06	0.03	0	0	0	0
800	0.1	0.05	0	0	0	0
480	0.1	0.05	0.09	0.02	0.07	0
200	0.12	0.1	0.2	0.03	0.07	0.03
83	0.14	0.1	0.125	0.04	0.13	0.1
59	0.2	0.12	0.04	0.07	0.28	0.2
35	0.2	0.15	0.08	0.07	0.25	0.187
11	0.2	0.18	0	0.08	0.242	0.179
10	0.2	0.18	0	0.08	0.21	0.164
9	0.2	0.18	0	0.09	0.195	0.148
8	0.2	0.18	0	0.09	0.18	0.14
7	0.21	0.2	0	0.09	0.15	0.12
6	0.21	0.2	0	0.1	0.15	0.11
5	0.22	0.21	0.218	0.1	0.1	0.1
4	0.21	0.2	0.203	0.1	0.1	0.1
3	0.22	0.21	0.1875	0.1	0.1	0.1
2	0.23	0.22	0.195	0.1	0.1	0.1
1	0.25	0.23	0.203	0.1	0.1	0.1
0	0.24	0.24	0.21	0.1	0.1	0.1
	-20	20	70	150	180	210

Figur 7