



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 206 164.9**

(22) Anmeldetag: **16.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.11.2012**

(51) Int Cl.: **F02D 45/00 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:
13/098,683 02.05.2011 US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

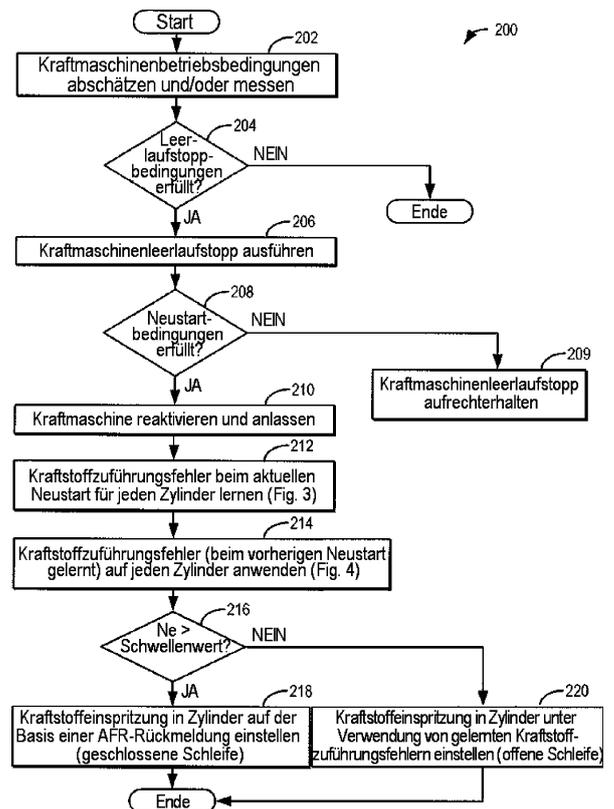
(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

(72) Erfinder:
**Hashemi, Sam, Farmington Hills, Mich., US;
Naghshtabrizi, Payam, Farmington Hills, Mich.,
US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Kraftmaschinendrehzahlsteuerung**

(57) Zusammenfassung: Es werden Verfahren und Systeme zum genauen Bestimmen von Zylinderkraftstoffzuführungsfehlern während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts geschaffen. Kraftstoffzuführungsfehler können während eines vorangehenden Kraftmaschinenneustarts auf einer für den Zylinder spezifischen und für das Verbrennungsereignis spezifischen Basis gelernt werden. Die gelernten Kraftstoffzuführungsfehler können dann während eines anschließenden Kraftmaschinenneustarts auf derselben für den Zylinder spezifischen und für das Verbrennungsereignis spezifischen Basis angewendet werden, um Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Abweichungen beim Kraftmaschinenanlassen besser vorherzusagen und zu kompensieren.



Beschreibung

Gebiet

[0001] Die vorliegende Beschreibung bezieht sich im Allgemeinen auf Verfahren und Systeme zum Steuern einer Kraftmaschinendrehzahl, insbesondere während eines Kraftmaschinenneustarts.

Hintergrund/Zusammenfassung

[0002] Fahrzeuge wurden entwickelt, um einen Kraftmaschinenstopp durchzuführen, wenn Leerlaufstoppbedingungen erfüllt sind, und dann automatisch die Kraftmaschine erneut zu starten, wenn Neustartbedingungen erfüllt sind. Solche Leerlaufstoppsysteme ermöglichen Kraftstoffeinsparungen, verringerte Abgasemissionen, ein verringertes Fahrzeugeräusch und dergleichen.

[0003] Während eines Kraftmaschinenneustarts kann ein Ziel-Luft/Kraftstoff-Verhältnisprofil verwendet werden, um das erzeugte Drehmoment zu steuern und die Kraftmaschinenstartfähigkeit zu verbessern. Verschiedene Methoden können für die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung beim Kraftmaschinenstart verwendet werden. Eine Beispielmethode ist in US 2007/0051342 A1 dargestellt (i.F. als "D1" bezeichnet). Darin werden Winkelgeschwindigkeitsinformationen von einer Kurbelwelle während eines Kraftmaschinenanlaufs verwendet, um Drehmomentabweichungen von einem gewünschten Drehmomentprofil, wie durch Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Schwankungen verursacht, zu identifizieren. Kraftstoffzuführungseinstellungen werden dann verwendet, um die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Abweichungen zu korrigieren.

[0004] Die Erfinder hier haben jedoch ein potentielles Problem bei einer solchen Methode identifiziert. Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Variationen von Zylinder zu Zylinder während des Kraftmaschinenanlassens können mit den Einstellungen gemäß D1 nicht ausreichend angegangen werden. Insbesondere werden die Abweichungen und entsprechenden Korrekturen gemäß D1 als Funktion der Kraftmaschinendrehzahl/lastbedingungen gelernt. Kraftstoffzuführungsfehler für einen speziellen Zylinder können jedoch mehr mit der Verbrennungseignisnummer ab der Zeit, zu der die Kraftmaschine neu gestartet wird, verbunden sein. Da die gemäß D1 gelernten Korrekturen nicht korrekt analysiert werden können, selbst wenn sie auf einer Basis pro Zylinder verfolgt werden, können sich die Kraftstoffzuführungsfehler über die Zeit aufheben. Folglich können Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Abweichungen von Zylinder zu Zylinder während des Kraftmaschinenanlassens insbesondere in Fahrzeugen auftreten, die dazu konfiguriert sind, in Reaktion auf Leerlaufstoppbedingungen häufig zu starten und zu stoppen. Diese Abweichungen können dann verursachen, dass die Kraftmaschinendrehzahl hochläuft oder einbricht, was zu NVH-Problemen während des Kraftmaschinenanlassens führt. An sich kann dies die Kraftmaschinenstartfähigkeit verschlechtern und das Komfortgefühl beeinträchtigen.

[0005] Einige der obigen Probleme könne zumindest teilweise durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Steuern einer Kraftmaschine beseitigt werden. In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts aus einem Kraftmaschinenstopp das Korrelieren von Kraftstoffzuführungsfehlern in Kraftmaschinenzylindern auf der Basis einer Nummer von Verbrennungseignissen ab einem ersten Verbrennungseignis und einer Zylinderidentität. Hierbei können die Kraftstoffzuführungsfehler auf der Basis von Kurbelwellendrehzahlschwankungen identifiziert werden. In dieser Weise können zylinder-spezifische Variationen besser gelernt (identifiziert, gespeichert und bewertet) und kompensiert werden, wenn sie mit der Verbrennungszündreihenfolge unter Berücksichtigung des als erster zündenden Zylinders während des Starts verbunden sind. Das Verfahren kann beispielsweise die erste Verbrennung des Kraftmaschinenneustarts identifizieren, vor der keine Zylinder gezündet haben, und dann Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Fehler gemäß der Reihenfolge der Verbrennung ab diesem ersten Verbrennungseignis verfolgen. In dieser Weise kann, selbst wenn ein anderer Zylinder als erster zündet, eine korrekte Kompensation geschaffen werden. Es ist zu beachten, dass Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Fehler auf einer Vielfalt von Faktoren alternativ zu Kurbelwellendrehzahlschwankungen basieren können. Ferner gibt es verschiedene Methoden, um Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Fehler aus Kurbelwellendrehzahlschwankungen zu identifizieren, und solche Fehler können ferner auf Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Informationen basieren.

[0006] Selbstverständlich ist die obige Zusammenfassung vorgesehen, um in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten einzuführen, die in der ausführlichen Beschreibung weiter beschrieben werden. Sie soll den beanspruchten Gegenstand nicht beschränken. Ferner ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Implementierungen begrenzt, die irgendwelche vorstehend oder in irgendeinem Teil dieser Offenbarung angegebene Nachteile lösen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0007] [Fig. 1](#) zeigt eine Kraftmaschinen-Teilansicht.

[0008] [Fig. 2](#) zeigt einen Ablaufplan hoher Ebene zum automatischen Neustarten einer Kraftmaschine aus einem Abschaltzustand.

[0009] [Fig. 3](#) zeigt einen Ablaufplan hoher Ebene zum Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern gemäß der vorliegenden Offenbarung.

[0010] [Fig. 4](#) zeigt einen Ablaufplan hoher Ebene zum Anwenden der gelernten Kraftstoffzuführungsfehler gemäß der vorliegenden Offenbarung.

[0011] [Fig. 5](#) zeigt ein Beispiel zum Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern und zum Einstellen der anschließenden Kraftstoffzuführung auf der Basis der gelernten Kraftstoffzuführungsfehler.

Ausführliche Beschreibung

[0012] Die folgende Beschreibung bezieht sich auf Systeme und Verfahren für Kraftmaschinen bzw. ein Kraftmaschinensystem wie z.B. das in [Fig. 1](#), das so konfiguriert ist, dass es automatisch in Reaktion auf ausgewählte Leerlaufstoppbedingungen deaktiviert wird und in Reaktion auf Neustartbedingungen automatisch neu gestartet wird. Insbesondere können Kraftstoffzuführungsfehler während eines Kraftmaschinenneustarts gelernt und während eines anschließenden Neustarts angewendet werden, um zu ermöglichen, dass ein gewünschtes Kraftmaschinendrehzahlprofil während des Kraftmaschinenanlassens erreicht wird. Eine Kraftmaschinensteuereinheit kann dazu konfiguriert sein, Steuerroutinen durchzuführen, wie z. B. die in [Fig. 2–Fig. 4](#) dargestellten, um Kraftstoffzuführungsfehler auf einer Basis pro Zylinder und pro Verbrennungsereignis während eines automatischen Neustartvorgangs aus einem Kraftmaschinenstillstand zu lernen und dann die gelernten Kraftstoffzuführungsfehler auf einer Basis pro Zylinder und pro Verbrennungsereignis während eines anschließenden automatischen Neustarts aus dem Kraftmaschinenstillstand anzuwenden. Die Kraftstoffzuführungsfehler können auf der Basis von Kurbelwellendrehzahlschwankungen gelernt und in einer Nachschlagetabelle gespeichert werden. Eine Beispieldatenbank von gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern und ihre Anwendung auf die anschließende Kraftstoffzuführung sind in [Fig. 5](#) gezeigt. Durch Verbessern des Lernens von Kraftstoffzuführungsfehlern können Kraftmaschinendrehzahlschwankungen verringert werden, wodurch die Qualität von Kraftmaschinenneustarts verbessert wird.

[0013] [Fig. 1](#) stellt eine Beispielausführungsform einer Brennkammer oder eines Zylinders einer Brennkraftmaschine **10** dar. Die Kraftmaschine **10** kann Steuerparameter von einem Steuersystem mit einer Steuereinheit **12** und eine Eingabe von einem Fahrzeugfahrer **130** über eine Eingabevorrichtung **132** empfangen. In diesem Beispiel umfasst die Eingabevorrichtung **132** ein Fahrpedal und einen Pedalpositionssensor **134** zum Erzeugen eines proportionalen Pedalpositionssignals PP. Der Zylinder (hier auch "Brennkammer") **14** der Kraftmaschine **10** kann Brennkammerwände **136** umfassen, wobei ein Kolben **138** darin angeordnet ist. Der Kolben **138** kann mit einer Kurbelwelle **140** gekoppelt sein, so dass eine Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine Drehbewegung der Kurbelwelle umgesetzt wird. Die Kurbelwelle **140** kann mit mindestens einem Antriebsrad des Personenkraftwagens über ein Getriebesystem gekoppelt sein. Ferner kann ein Startermotor mit der Kurbelwelle **140** über ein Schwungrad gekoppelt sein, um einen Startvorgang der Kraftmaschine **10** zu ermöglichen.

[0014] Der Zylinder **14** kann Einlassluft über eine Reihe von Einlassluftdurchgängen **142**, **144** und **146** empfangen. Der Einlassluftdurchgang **146** kann mit anderen Zylindern der Kraftmaschine **10** zusätzlich zum Zylinder **14** in Verbindung stehen. In einigen Ausführungsformen kann einer oder können mehrere der Einlassdurchgänge eine Aufladungsvorrichtung wie z. B. einen Turbolader oder einen Lader umfassen. [Fig. 1](#) zeigt beispielsweise die Kraftmaschine **10** mit einem Turbolader mit einem Kompressor **174**, der zwischen den Einlassdurchgängen **142** und **144** angeordnet ist, und einer Auslassturbine **176**, die entlang des Auslassdurchgangs **148** angeordnet ist, konfiguriert. Der Kompressor **174** kann zumindest teilweise durch die Auslassturbine **176** über eine Welle **180** angetrieben werden, wobei die Aufladungsvorrichtung als Turbolader konfiguriert ist. In anderen Beispielen, wie z. B. wenn die Kraftmaschine **10** mit einem Lader versehen ist, kann jedoch die Auslassturbine **176** wahlweise weggelassen werden, wobei der Kompressor **174** durch eine mechanische Eingabe von einem Motor oder der Kraftmaschine angetrieben werden kann. Eine Drosselklappe **162** mit einer Drosselplatte **164** kann entlang eines Einlassdurchgangs der Kraftmaschine vorgesehen sein, um die Durchflussrate und/oder den Druck von Einlassluft, die zu den Kraftmaschinenzylindern geliefert wird, zu verändern.

Die Drosselklappe **162** kann beispielsweise stromabwärts des Kompressors **174** angeordnet sein, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, oder kann alternativ stromaufwärts des Kompressors **174** vorgesehen sein.

[0015] Der Auslassdurchgang **148** kann Abgase von anderen Zylindern der Kraftmaschine **10** zusätzlich zum Zylinder **14** empfangen. Ein Abgassensor **128** ist mit dem Auslassdurchgang **148** stromaufwärts der Abgasreinigungsvorrichtung **178** gekoppelt gezeigt. Der Sensor **128** kann aus verschiedenen geeigneten Sensoren zum Vorsehen einer Angabe des Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnisses ausgewählt sein, wie beispielsweise einem linearen Sauerstoffsensor oder UEGO (universeller oder Breitbandabgassauerstoff), einem Sauerstoffsensor mit zwei Zuständen oder EGO (wie dargestellt), einem HEGO (erhitzter EGO), einem NO_x-, HC- oder CO-Sensor. Die Abgasreinigungsvorrichtung **178** kann ein Dreiwegekatalysator (TWC), eine NO_x-Falle, verschiedene andere Abgasreinigungsvorrichtungen oder Kombinationen davon sein.

[0016] Die Auslasstemperatur kann durch einen oder mehrere Temperatursensoren (nicht dargestellt), die im Auslassdurchgang **148** angeordnet sind, abgeschätzt werden. Alternativ kann die Auslasstemperatur auf der Basis von Kraftmaschinenbetriebsbedingungen wie z. B. Drehzahl, Last, Luft/Kraftstoff-Verhältnis (AFR), Spätzündung usw. abgeleitet werden.

[0017] Jeder Zylinder der Kraftmaschine **10** kann ein oder mehrere Einlassventile und ein oder mehrere Auslassventile umfassen. Der Zylinder **14** ist beispielsweise mit mindestens einem Einlasstellerventil **150** und mindestens einem Auslasstellerventil **156** gezeigt, die in einem oberen Bereich des Zylinders **14** angeordnet sind. In einigen Ausführungsformen kann jeder Zylinder der Kraftmaschine **10**, einschließlich des Zylinders **14**, mindestens zwei Einlasstellerventile und mindestens zwei Auslasstellerventile umfassen, die in einem oberen Bereich des Zylinders angeordnet sind.

[0018] Das Einlassventil **150** kann durch die Steuereinheit **12** durch Nockenbetätigung über ein Nockenbetätigungssystem **151** gesteuert werden. Ebenso kann das Auslassventil **156** durch die Steuereinheit **12** über ein Nockenbetätigungssystem **153** gesteuert werden. Die Nockenbetätigungssysteme **151** und **153** können jeweils einen oder mehrere Nocken umfassen und können ein oder mehrere Systeme zur Nockenprofilschaltung (CPS), zur variablen Nockenzeitsteuerung (VCT), zur variablen Ventilzeitsteuerung (VVT) und/oder zum variablen Ventilhub (VVL) umfassen, die durch die Steuereinheit **12** betrieben werden können, um die Ventilbetätigung zu verändern. Die Position des Einlassventils **150** und des Auslassventils **156** kann durch Ventilpositionssensoren **155** bzw. **157** bestimmt werden. In alternativen Ausführungsformen können das Einlass- und/oder Auslassventil durch elektrische Ventilbetätigung gesteuert werden. Der Zylinder **14** kann beispielsweise alternativ ein Einlassventil, das über elektrische Ventilbetätigung gesteuert wird, und ein Auslassventil, das über Nockenbetätigung gesteuert wird, einschließlich CPS- und/oder VCT-Systemen, umfassen. In noch anderen Ausführungsformen können die Einlass- und Auslassventile durch einen gemeinsamen Ventilaktuator oder ein gemeinsames Ventilbetätigungssystem oder einen Aktuator oder ein Betätigungssystem mit variabler Ventilzeitsteuerung gesteuert werden.

[0019] Der Zylinder **14** kann ein Kompressionsverhältnis aufweisen, das das Verhältnis von Volumina, wenn sich der Kolben **138** am unteren Totpunkt befindet, zum oberen Totpunkt ist. Herkömmlich liegt das Kompressionsverhältnis im Bereich von 9:1 bis 10:1. In einigen Beispielen, in denen verschiedene Kraftstoffe verwendet werden, kann jedoch das Kompressionsverhältnis erhöht werden. Dies kann beispielsweise geschehen, wenn höheroktanige Kraftstoffe oder Kraftstoffe mit höherer latenter Verdampfungsenthalpie verwendet werden. Das Kompressionsverhältnis kann auch erhöht werden, wenn Direkteinspritzung verwendet wird, aufgrund ihrer Wirkung auf das Kraftmaschinenklopfen.

[0020] In einigen Ausführungsformen kann jeder Zylinder der Kraftmaschine **10** eine Zündkerze **192** zum Einleiten der Verbrennung umfassen. Das Zündsystem **190** kann einen Zündfunken zur Brennkammer **14** über die Zündkerze **192** in Reaktion auf ein Vorzündungssignal SA von der Steuereinheit **12** unter ausgewählten Betriebsmodi liefern. In einigen Ausführungsformen kann jedoch die Zündkerze **192** weggelassen werden, wie z. B. wenn die Kraftmaschine **10** die Verbrennung durch Selbstzündung oder durch Einspritzung von Kraftstoff einleiten kann, wie es bei einigen Dieselmotoren der Fall sein kann.

[0021] In einigen Ausführungsformen kann jeder Zylinder der Kraftmaschine **10** mit einer oder mehreren Kraftstoffeinspritzdüsen zum Zuführen von Kraftstoff zu diesem konfiguriert sein. Als nicht begrenzendes Beispiel ist der Zylinder **14** mit einer Kraftstoffeinspritzdüse **166** gezeigt. Die Kraftstoffeinspritzdüse **166** ist direkt mit dem Zylinder **14** gekoppelt gezeigt zum Einspritzen von Kraftstoff direkt in diesen im Verhältnis zur Impulsbreite eines Signals FPW, das von der Steuereinheit **12** über einen elektronischen Treiber **168** empfangen wird. In dieser Weise sieht die Kraftstoffeinspritzdüse **166** das vor, was als Direkteinspritzung (nachstehend als "DI")

bezeichnet) von Kraftstoff in den Verbrennungszyylinder **14** bekannt ist. Obwohl **Fig. 1** die Einspritzdüse **166** als Seiteneinspritzdüse zeigt, kann sie auch über dem Kolben angeordnet sein, wie z. B. nahe der Position der Zündkerze **192**. Eine solche Position kann das Mischen und die Verbrennung verbessern, wenn die Kraftmaschine mit einem Kraftstoff auf Alkoholbasis betrieben wird, aufgrund der geringeren Flüchtigkeit von einigen Kraftstoffen auf Alkoholbasis. Alternativ kann die Einspritzdüse über und nahe dem Einlassventil angeordnet sein, um das Mischen zu verbessern. Kraftstoff kann von einem Hochdruck-Kraftstoffsystem **8** mit Kraftstofftanks, Kraftstoffpumpen und einer Kraftstoffverteilerleitung zur Kraftstoffeinspritzdüse **166** zugeführt werden. Alternativ kann Kraftstoff durch eine einstufige Kraftstoffpumpe mit einem niedrigeren Druck zugeführt werden, in welchem Fall der Zeitpunkt der Direktkraftstoffeinspritzung während des Kompressionshubs begrenzter sein kann, als wenn ein Hochdruck-Kraftstoffsystem verwendet wird. Obwohl nicht gezeigt, können die Kraftstofftanks ferner einen Druckwandler aufweisen, der ein Signal zur Steuereinheit **12** liefert. Es ist zu erkennen, dass in einer alternativen Ausführungsform die Einspritzdüse **166** eine Kanaleinspritzdüse sein kann, die Kraftstoff in den Einlasskanal stromaufwärts des Zylinders **14** zuführt.

[0022] Wie vorstehend beschrieben, zeigt **Fig. 1** nur einen Zylinder einer Mehrzylinderkraftmaschine. An sich kann jeder Zylinder ebenso seinen eigenen Satz von Einlass-/Auslass-Ventilen, Kraftstoffeinspritzdüse(n), Zündkerze usw. umfassen.

[0023] Kraftstofftanks im Kraftstoffsystem **8** können Kraftstoff mit verschiedenen Kraftstoffqualitäten, wie z. B. verschiedenen Kraftstoffzusammensetzungen, enthalten. Diese Unterschiede können einen unterschiedlichen Alkoholgehalt, eine unterschiedliche Oktanzahl, eine unterschiedliche Verdampfungswärme, unterschiedliche Kraftstoffgemische und/oder Kombinationen davon usw. umfassen.

[0024] Die Steuereinheit **12** ist in **Fig. 1** als Mikrocomputer mit einer Mikroprozessoreinheit **106**, Eingabe/Ausgabe-Ports **108**, einem elektronischen Speichermedium für ausführbare Programme und Kalibrierungswerte, das als Festwertspeicherchip **110** in diesem speziellen Beispiel gezeigt ist, einem Direktzugriffsspeicher **112**, einem Haltespeicher **114** und einem Datenbus gezeigt. Der Speichermedium-Festwertspeicher **110** kann mit computerlesbaren Daten programmiert sein, die Befehle darstellen, die vom Prozessor **106** ausführbar sind, um die nachstehend beschriebenen Verfahren und Routinen sowie andere Varianten, die erwartet werden, aber nicht speziell aufgelistet sind, durchzuführen. Die Steuereinheit **12** kann verschiedene Signale von Sensoren empfangen, die mit der Kraftmaschine **10** gekoppelt sind, zusätzlich zu den vorher erörterten Signalen, einschließlich der Messung der angesaugten Luftmassenströmung (MAF) vom Luftmassensensor **122**; der Kraftmaschinenkühlmitteltemperatur (ECT) vom Temperatursensor **116**, der mit einer Kühllülse **118** gekoppelt ist; eines Profilzündaufnahmesignals (PIP) von einem Hall-Effekt-Sensor **120** (oder anderen Typ), der mit der Kurbelwelle **140** gekoppelt ist; einer Drosselklappenposition (TP) von einem Drosselklappenpositionssensor; eines Absolutkrümmerdrucksignals (MAP) vom Sensor **124**, des Zylinder-AFR vom EGO-Sensor **128** und einer anomalen Verbrennung von einem Klopfsensor und einem Kurbelwellenbeschleunigungssensor. Ein Kraftmaschinendrehzahlensignal RPM kann durch die Steuereinheit **12** aus dem Signal PIP erzeugt werden. Das Krümmerdrucksignal MAP von einem Krümmerdrucksensor kann verwendet werden, um eine Angabe eines Unterdrucks oder Drucks im Einlasskrümmer zu liefern.

[0025] Auf der Basis einer Eingabe von einem oder mehreren der vorstehend erwähnten Sensoren kann die Steuereinheit **12** einen oder mehrere Aktuatoren wie z. B. die Kraftstoffeinspritzdüse **166**, die Drosselklappe **162**, die Zündkerze **199**, die Einlass/Auslass-Ventile und Nocken usw. einstellen.

[0026] Die Steuereinheit kann Eingangsdaten von den verschiedenen Sensoren empfangen, die Eingangsdaten verarbeiten und die Aktuatoren in Reaktion auf die verarbeiteten Eingangsdaten auf der Basis eines darin programmierten Befehls oder Codes entsprechend einer oder mehreren Routinen auslösen. Beispielsteuer-routinen werden hier im Hinblick auf **Fig. 2–Fig. 4** beschrieben.

[0027] Wenn man sich nun **Fig. 2** zuwendet, wird eine Beispielroutine **200** zum automatischen Abschalten einer Kraftmaschine in Reaktion auf Leerlaufstoppbedingungen und zum automatischen Neustarten der Kraftmaschine in Reaktion auf Neustartbedingungen beschrieben. Die Routine ermöglicht, dass die Kraftmaschine automatisch neu gestartet wird, während Kraftstoffzuführungsfehler, die bei einem vorherigen Neustartvorgang gelernt wurden, angewendet werden, während gleichzeitig die Kraftstoffzuführungsfehler auf der Basis des aktuellen Neustartvorgangs aktualisiert werden.

[0028] Bei **202** können Kraftmaschinenbetriebsbedingungen abgeschätzt und/oder gemessen werden. Diese können beispielsweise die Umgebungstemperatur und den Umgebungsdruck, die Kraftmaschinentempera-

tur, die Kraftmaschinendrehzahl, die Kurbelwellendrehzahl, die Getriebedrehzahl, den Batterieladungszustand, verfügbare Kraftstoffe, den Kraftstoffalkoholgehalt usw. umfassen.

[0029] Bei **204** kann festgestellt werden, ob Leerlaufstoppbedingungen erfüllt wurden. Leerlaufstoppbedingungen können beispielsweise umfassen, dass die Kraftmaschine arbeitet (z. B. eine Verbrennung ausführt), der Batterieladungszustand über einem Schwellenwert liegt (z. B. mehr als 30 %), die Fahrzeuggeschwindigkeit unter einem Schwellenwert liegt (z. B. nicht mehr als 30 mph), keine Anforderung für Klimatisierung gestellt wird, die Kraftmaschinentemperatur (beispielsweise wie von einer Kraftmaschinenkühlmitteltemperatur abgeleitet) über einem Schwellenwert liegt, kein Start durch den Fahrzeugfahrer angefordert wird, das vom Fahrer angeforderte Drehmoment unter einem Schwellenwert liegt, die Bremspedale herabgetreten sind, usw. Wenn Leerlaufstoppbedingungen nicht erfüllt sind, kann die Routine enden. Wenn jedoch irgendwelche oder alle der Leerlaufstoppbedingungen erfüllt sind, dann kann die Steuereinheit bei **206** einen automatischen Kraftmaschinen-Leerlaufstoppvorgang ausführen und die Kraftmaschine deaktivieren. Dies kann das Abschalten der Kraftstoffeinspritzung und/oder der Funkenzündung für die Kraftmaschine umfassen. Bei der Deaktivierung kann die Kraftmaschine beginnen, bis zum Stillstand auszulaufen.

[0030] Obwohl die Routine die Deaktivierung der Kraftmaschine in Reaktion auf Kraftmaschinen-Leerlaufstoppbedingungen darstellt, kann in einer alternativen Ausführungsform festgestellt werden, ob eine Abschaltanforderung vom Fahrzeugfahrer empfangen wurde. In einem Beispiel kann die Abschaltanforderung vom Fahrzeugfahrer in Reaktion darauf, dass eine Fahrzeugzündung in eine ausgeschaltete Position bewegt wird, bestätigt werden. Wenn ein vom Fahrer angefordertes Abschalten empfangen wird, kann die Kraftmaschine ebenso durch Abschalten des Kraftstoffs und/oder Zündfunks für die Kraftmaschinenzylinder deaktiviert werden und die Kraftmaschine kann bis zum Stillstand langsam auslaufen.

[0031] Bei **208** kann festgestellt werden, ob automatische Kraftmaschinenneustartbedingungen erfüllt wurden. Neustartbedingungen können beispielsweise umfassen, dass sich die Kraftmaschine im Leerlaufstopp befindet (z. B. keine Verbrennung ausführt), der Batterieladungszustand unter einem Schwellenwert liegt (z. B. weniger als 30 %), die Fahrzeuggeschwindigkeit über einem Schwellenwert liegt, eine Anforderung für Klimatisierung gestellt wird, die Kraftmaschinentemperatur unter einem Schwellenwert liegt, die Abgasreinigungsvorrichtungstemperatur unter einem Schwellenwert liegt (z. B. unter einer Anspringtemperatur), das vom Fahrer angeforderte Drehmoment über einem Schwellenwert liegt, die elektrische Fahrzeuglast über einem Schwellenwert liegt, die Bremspedale gelöst sind, das Fahrpedal herabgetreten ist, usw. Wenn Neustartbedingungen nicht erfüllt sind, kann die Kraftmaschine bei **209** im Leerlaufstoppzustand gehalten werden.

[0032] Demgegenüber kann, wenn irgendwelche oder alle der Neustartbedingungen erfüllt sind und keine Neustartanforderung vom Fahrzeugfahrer empfangen wird, die Kraftmaschine bei **210** automatisch neu gestartet werden. Dies kann das Reaktivieren und Anlassen der Kraftmaschine umfassen. In einem Beispiel kann die Kraftmaschine mit Startermotorunterstützung angelassen werden. Außerdem können die Kraftstoffeinspritzung und Funkenzündung für die Kraftmaschinenzylinder wieder aufgenommen werden. In Reaktion auf die automatische Reaktivierung kann die Kraftmaschinendrehzahl beginnen, allmählich zuzunehmen.

[0033] Bei **212** umfasst die Routine während des aktuellen automatischen Kraftmaschinenneustarts aus dem Kraftmaschinenstopp das Lernen und Korrelieren von Kraftstoffzuführungsfehlern für die Kraftmaschinenzylinder auf der Basis einer Nummer von Verbrennungseignissen ab einem ersten Verbrennungseignis und einer Zylinderidentität. Hier ist das erste Verbrennungseignis ein Verbrennungseignis, vor dem kein Verbrennungseignis stattgefunden hat. In einem Beispiel können die Kraftstoffzuführungsfehler auf der Basis von Kurbelwellendrehzahlschwankungen identifiziert werden. Wie in [Fig. 3](#) ausgearbeitet, kann das Korrelieren das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für einen gegebenen Zylinder auf der Basis einer Verbrennungseignisnummer, wie ab einem ersten Verbrennungseignis des Neustarts gezählt, umfassen. Ebenso kann das Korrelieren ferner das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für eine gegebene Verbrennungseignisnummer (ab dem ersten Verbrennungseignis des Neustarts) auf der Basis einer Zylinderidentität umfassen. An sich kann das Lernen auf einer zylinderweisen Basis für jeden Zylinder der Kraftmaschine ausgeführt werden. Die anschließende Kraftstoffzuführung (das heißt die Kraftstoffzuführung zu Zylindern bei einem anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustart) kann auf der Basis der bei **212** gelernten Korrelation eingestellt werden, wie hier ausgearbeitet.

[0034] Bei **214** umfasst die Routine das Einstellen der Kraftstoffzuführung der Kraftmaschinenzylinder auf der Basis von bei einem vorherigen Neustart gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern. Wie in [Fig. 4](#) ausgearbeitet, umfasst dies für jedes Verbrennungseignis während des Anlassens das Bestimmen der Verbrennungseignisnummer und der Identität des Zylinders, der bei dieser Verbrennungseignisnummer zündet, und auf der

Basis dieser spezifischen Kombination das Abrufen eines Kraftstoffzuführungsfehlers (beim vorherigen Kraftmaschinenneustart gelernt), der der spezifischen Kombination entspricht, und das Anwenden dieses Kraftstoffzuführungsfehlers. Folglich können die während des aktuellen automatischen Kraftmaschinenneustarts (bei **212**) gelernten Kraftstoffzuführungsfehler bei einem anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustart angewendet werden, während Kraftstoffzuführungsfehler, die während eines vorherigen automatischen Kraftmaschinenneustarts gelernt wurden, beim aktuellen automatischen Kraftmaschinenneustart (bei **214**) angewendet werden können. In einem Beispiel kann das Einstellen der Kraftstoffzuführung das Einstellen der Kraftstoffimpulsbreite einer Kraftstoffeinspritzung in jeden Zylinder auf der Basis der gelernten Kraftstoffzuführungsfehler umfassen.

[0035] Es ist zu erkennen, dass das Korrelieren und Lernen (wie bei **212**) nur während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts durchgeführt werden können, wobei die Kraftmaschine in Reaktion darauf, dass Neustartbedingungen erfüllt sind, und ohne Empfangen einer Neustartanforderung vom Fahrer neu gestartet wird. Mit anderen Worten, während eines vom Fahrer angeforderten Neustarts von einem Kraftmaschinenabschaltzustand, wie z. B. eines Kraftmaschinenkaltstarts nach einem vom Fahrer angeforderten Abschalten, können Kraftstoffzuführungsfehler nicht auf einer für den Zylinder spezifischen und für das Verbrennungseignis spezifischen Basis gelernt werden. Ebenso kann das Anwenden von vorher gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern (wie bei **214**) auch nur während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts und nicht während eines vom Fahrer angeforderten Kraftmaschinenneustarts (wie z. B. eines Kraftmaschinenkaltstart) durchgeführt werden.

[0036] In der dargestellten Ausführungsform können das Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern und/oder die Einstellung der Kraftstoffzuführung auf der Basis der gelernten Korrelation während des Kraftmaschinenanlassens fortgesetzt werden, bis die Kraftmaschinendrehzahl eine Schwellendrehzahl erreicht. Bei **216** kann folglich bestätigt werden, ob die Kraftmaschinendrehzahl auf oder über der Schwellendrehzahl liegt. In einem Beispiel kann die Schwellendrehzahl eine Kraftmaschinenleerlaufdrehzahl sein. Wenn die Kraftmaschinenleerlaufdrehzahl nicht erreicht wurde, umfasst die Routine bei **220** das Fortsetzen der Einstellung der Kraftstoffeinspritzung in die Kraftmaschinenzylinder in einer Weise in offener Schleife auf der Basis von bei einem vorherigen Kraftmaschinenneustart gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern. Ebenso kann das Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern über den aktuellen Neustart, über eine Anzahl von Kraftmaschinenzyklen während des Anlassens fortgesetzt werden, bis die Kraftmaschinendrehzahl die Schwellendrehzahl erreicht. Bevor die Kraftmaschine die Leerlaufdrehzahl erreicht, kann an sich eine Temperatur an einem oder mehreren Abgassensoren unter einer Betriebstemperatur liegen und die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung, die von ihnen empfangen wird, kann nicht zuverlässig sein. Demgegenüber kann der Kurbelwellendrehzahlsensor bei den niedrigeren Kraftmaschinendrehzahlen eine höhere Auflösung aufweisen und kann genauer mit Kraftmaschinendrehzahlen korrelieren. Durch eine Mitkopplungskompensation von Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Störungen unter Verwendung von zuverlässigeren gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern, wenn die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung weniger zuverlässig ist, können folglich Kraftmaschinenanlass-Drehmomentstörungen verringert werden.

[0037] Nachdem die Kraftmaschine die Schwellendrehzahl erreicht, umfasst die Routine bei **218** das Einstellen der anschließenden Kraftstoffzuführung der Kraftmaschinenzylinder in einer Weise in geschlossener Schleife auf der Basis der Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung. Die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung kann von einem Abgassensor wie z. B. einem Abgassauerstoffsensoren empfangen werden. Bis die Kraftmaschine eine Leerlaufdrehzahl erreicht hat, kann der Abgassensor an sich eine Betriebstemperatur erreicht haben und kann eine genaue Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung schaffen. Durch die Rückmeldungskompensation von Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Störungen unter Verwendung einer Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung nur dann, wenn die Rückmeldung zuverlässig ist, können folglich Kraftmaschinenanlass-Drehmomentstörungen verringert werden.

[0038] In dieser Weise können Kraftstoffzuführungsfehler über eine Anzahl von Kraftmaschinenzyklen während eines Kraftmaschinenanlaufens gelernt und zusammengetragen werden. Durch Binden von Kraftstoffzuführungsfehlern nicht nur an einen speziellen Zylinder, sondern auch an ein spezielles Verbrennungseignis, können Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Variationen von Zylinder zu Zylinder sowie Variationen von Verbrennungseignis zu Verbrennungseignis besser analysiert werden. Durch bessere Abschätzung von Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Störungen können Drehmoment- und Kraftmaschinendrehzahlschwankungen während eines anschließenden Kraftmaschinenanlaufs besser vorhergesagt und kompensiert werden. Durch Verringern der Kraftmaschinendrehzahl- und Kraftmaschinendrehmomentschwankungen können NVH-Probleme verringert werden. In dieser Weise kann die Kraftmaschinenstartfähigkeit verbessert werden.

[0039] Wenn man sich nun [Fig. 3](#) zuwendet, wird eine Beispielroutine **300** zum Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts beschrieben. Die Routine von [Fig. 3](#) kann als Teil der Routine von [Fig. 2](#) durchgeführt werden, wie z. B. bei **212**. Es ist zu erkennen, dass die Routine von [Fig. 3](#) für jedes Verbrennungsereignis des automatischen Kraftmaschinenneustarts über eine Anzahl von Kraftmaschinenzyklen durchgeführt werden kann, während die Kraftmaschine angelassen wird.

[0040] Bei **302** kann eine Verbrennungsereignisnummer bestimmt werden, wie ab einem ersten Verbrennungsereignis ab dem Kraftmaschinenneustart gezählt, vor welchem Ereignis keine Verbrennung im Zylinder stattgefunden haben kann. Beispielsweise kann festgestellt werden, ob ein gegebenes Verbrennungsereignis ein erstes, zweites, drittes, viertes usw. Verbrennungsereignis ist. Bei **304** kann die Identität des Zylinders, der bei dem gegebenen Verbrennungsereignis zündet, bestimmt werden. Die Identität kann eine Zylindernummer, eine Zylinderposition und/oder eine Zylinderzündreihenfolgeposition umfassen. An sich kann die Zylinderidentität die physikalische Position des Zylinders im Kraftmaschinenblock widerspiegeln und kann mit seiner Zündreihenfolge übereinstimmen oder nicht. In einem Beispiel kann die Kraftmaschine eine Vierzylinder-Reihenkräftmaschine mit Zylindern sein, die nacheinander (1-2-3-4) in Reihe beginnend mit einem äußeren Zylinder der Reihe nummeriert sind, wobei jedoch die Zylinder in der Sequenz 1-3-4-2 zünden. Hier kann festgestellt werden, ob der beim gegebenen Verbrennungsereignis zündende Zylinder der Zylinder 1, 2, 3 oder 4 ist.

[0041] Bei **306** kann eine Kurbelwellenschwankung für den gegebenen Zylinder bei dem gegebenen Verbrennungsereignis bestimmt werden. Die Kurbelwellenschwankung kann durch einen Kurbelwellendrehzahlsensor abgeschätzt werden, der dazu konfiguriert ist, eine Kurbelwellendrehzahl abzuschätzen. Auf der Basis der Kurbelwellenschwankungen kann bei **308** ein Kraftstoffzuführungsfehler für die spezifische Kombination der bestimmten Verbrennungsereignisnummer und der entsprechenden Zylindernummer gelernt werden. Der gelernte Kraftstoffzuführungsfehler kann verwendet werden, um eine Nachschlagetabelle zu aktualisieren. Die Steuereinheit kann beispielsweise einen Speicher umfassen und die Steuereinheit kann den Kraftstoffzuführungsfehler für jeden Zylinder in einer Nachschlagetabelle im Speicher der Steuereinheit (z. B. im KAM) speichern, wobei auf die Tabelle durch die Zylinderidentität und Verbrennungsereignisnummer ab dem Kraftmaschinenstillstand Bezug genommen wird. Eine Beispiel-Nachschlagetabelle, die gelernte Kraftstoffzuführungsfehler speichert, ist mit Bezug auf [Fig. 5](#) gezeigt.

[0042] Das Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern auf der Basis von Kurbelwellenschwankungen kann beispielsweise das Abschätzen eines Drehmoments, das durch jeden individuellen Zylinder erzeugt wird, aus dem Kraftmaschinendrehzahlprofil oder der beobachteten Kurbelwellendrehzahl nach jedem Kurbelereignis umfassen. Da das Drehmoment eine Funktion des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses ist, wird ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis auch für jeden individuellen Zylinder auf der Basis der Kurbelwellendrehzahl- oder Kraftmaschinendrehzahlprofile abgeschätzt. Nach einer Anzahl von Kurbelereignissen (z. B. eines oder mehrere) wird eine Differenz zwischen dem abgeschätzten Luft/Kraftstoff-Verhältnis und dem gewünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnis bestimmt. Eine Korrektur auf der Basis der Differenz wird gelernt und im Speicher der Steuereinheit (z. B. im KAM) für die Verwendung beim Anpassen eines zukünftigen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses gespeichert. Auf der Basis der Korrektur kann beispielsweise eine Kraftstoffimpulsbreite einer Zylinderkraftstoffeinspritzung verändert werden.

[0043] An sich wird die Kraftmaschinendynamik durch eine gewöhnliche Differentialgleichung der Form:

$$J \frac{d\omega}{dt} + B\omega(t) = \tau(t) \quad (1)$$

gesteuert, wobei J, B, und $\omega(t)$ die Kraftmaschinenträgheit, -dämpfung bzw. Drehzahl sind. Das durch die Verbrennung erzeugte Drehmoment ist durch $\tau(t)$ gezeigt. Unter der Annahme, dass die Kraftmaschinendrehzahl vor einer Verbrennung in Bezug auf einen Zylinder $\omega(t_k)$ ist und nach der Verbrennung desselben Zylinders $\omega(t_{k+1})$ ist, dann gilt

$$\omega(t_{k+1}) = \frac{\tau_k + J\omega(t_k)}{J} e^{-\frac{B}{J}(t_{k+1}-t_k)}$$

(2)

wobei $\tau(k)$ das durch die k-te Verbrennung erzeugte Drehmoment ist. Hier wird angenommen, dass $\tau(k) = \tau^j$, wenn das k-te Drehmoment durch den j-ten Zylinder erzeugt wird. Dies bedeutet, dass wir annehmen, dass

alle durch die Zylinder während des Anlassens erzeugten Drehmomente fast gleich sind. Die von Zylinder zu Zylinder erzeugten Drehmomente können jedoch aufgrund von Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Verteilungsfehlern von Zylinder zu Zylinder in Bezug auf die Variabilität von Einspritzdüsen oder Zylindern unterschiedlich sein.

[0044] Ohne Verlust der Allgemeinheit können die folgenden Gleichungen auf den Zylinder 1 fokussiert sein und die Ergebnisse können verwendet werden, um das durch andere Zylinder erzeugte Drehmoment abzuschätzen. Folglich kann die Gleichung (2) umgeordnet werden, um Folgendes zu erhalten:

$$\omega(t_{k+1}) - \omega(t_k) e^{-\frac{B}{J}(t_{k+1}-t_k)} = \tau^1 \frac{1}{J} e^{-\frac{B}{J}(t_{k+1}-t_k)}$$

(3)

[0045] Die folgenden Faktoren werden dann eingeführt

$$y_k = \omega(t_{k+1}) - \omega(t_k) e^{-\frac{B}{J}(t_{k+1}-t_k)} \quad \text{und} \quad x_k = \frac{1}{J} e^{-\frac{B}{J}(t_{k+1}-t_k)},$$

(4)

und die Gleichung schätzt nun τ (Drehmoment im Zylinder 1) aus den Beobachtungen y_k und x_k ab, wobei $k = 0, 1, 2, \dots, n$. Das Verfahren kleinster Quadrate kann verwendet werden, um das im Zylinder 1 erzeugte Drehmoment und folglich das Luft/Kraftstoff-Verhältnis im Zylinder 1 abzuschätzen. Die Lösung wird folgendermaßen berechnet:

$$\tau^1 = \left(\sum_{k=0}^n x_k y_k \right) \left(\sum_{k=0}^n x_k^2 \right)^{-1}$$

(5)

[0046] Da das abgeschätzte Drehmoment eine bekannte Funktion des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses ist, kann es gemäß:

$$A/F^1 = \frac{\eta_f Q_{HV} m_{cyl}}{4\pi\tau^1}$$

(6)

gefunden werden, wobei η_f der Kraftstoffumwandlungswirkungsgrad ist, Q_{HV} der Kraftstoffbrennwert ist, A/F^1 das abgeschätzte Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Zylinders 1 ist und m_{cyl} die in die Zylinder pro Zylinder bei 720 Kurbelwinkelgrad eingeführte Luftmasse ist.

[0047] Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der anderen Zylinder kann ebenso gemäß denselben Schritten abgeschätzt werden. Wenn das abgeschätzte Luft/Kraftstoff-Verhältnis eines Zylinders vom gewünschten Luft/Kraftstoff-Verhältnis nach einem oder mehreren Kurbelereignissen abweicht, kann die gewünschte Korrektur (oder der Kraftstoffzuführungsfehler) im Speicher (z. B. im KAM) für zukünftige Kurbelereignisse gespeichert werden.

[0048] Wenn man sich nun [Fig. 4](#) zuwendet, wird eine Beispielroutine **400** zum Anwenden der Kraftstoffzuführungsfehler, die während eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts gelernt wurden, bei einem zweiten, anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustart beschrieben. Die Routine von [Fig. 4](#) kann als Teil der Routine von [Fig. 2](#) durchgeführt werden, wie z. B. bei **214**. Es ist zu erkennen, dass die Routine von

Fig. 4 während jedes Verbrennungsereignisses des anschließenden Kraftmaschinenneustarts über eine Anzahl von Kraftmaschinenzyklen durchgeführt werden kann, während die Kraftmaschine angelassen wird.

[0049] Bei **402** kann die Verbrennungsereignisnummer bestimmt werden, wie ab einem ersten Verbrennungsereignis des Kraftmaschinenneustarts gezählt.

[0050] Beispielsweise kann festgestellt werden, ob das gegebene Verbrennungsereignis ein erstes, zweites, drittes, viertes usw. Verbrennungsereignis ist. Bei **404** kann die Identität des Zylinders, der bei dem gegebenen Verbrennungsereignis zündet, bestimmt werden. An sich kann die Kraftmaschine mehrere Zylinder umfassen, die entlang des Kraftmaschinenblocks angeordnet sind. Hier kann festgestellt werden, welcher spezifische Zylinder bei diesem Verbrennungsereignis gezündet hat. Mit Bezug auf das vorherige Beispiel einer Vierzylinder-Reihenkraftmaschine kann festgestellt werden, ob der Zylinder, der bei dem gegebenen Verbrennungsereignis zündet, der Zylinder 1, 2, 3 oder 4 ist. An sich kann auf der Basis der Position des Kolbens zum Zeitpunkt eines vorherigen Kraftmaschinenabschaltens der für ein erstes Verbrennungsereignis während des automatischen Kraftmaschinenneustarts ausgewählte Zylinder variieren. Die Kraftmaschinensteuereinheit kann einen Zylinder für die erste Verbrennung auf der Basis von Kraftstoffzuführungs- und Luftladungserwägungen auswählen. Ein Zylinder kann beispielsweise auf der Basis der Position des Kolbens (z. B. ein Zylinder, der bei einem Einlasshub gestoppt hatte), des Kurbelwinkels des Zylinders usw. ausgewählt werden.

[0051] Bei **406** kann ein Kraftstoffzuführungsfehler entsprechend der spezifischen Kombination der Verbrennungsereignisnummer und der Zylinder Nummer aus der Nachschlagetabelle abgerufen werden. Das heißt, der ausgewählte Kraftstoffzuführungsfehler entspricht der speziellen Verbrennungsereignisnummer (bei **402** identifiziert) in einem speziellen Zylinder (bei **404** identifiziert), aber keinem anderen Zylinder der Kraftmaschine. Ebenso entspricht der angewendete Kraftstoffzuführungsfehler dem speziellen Zylinder, wenn er bei der gegebenen Verbrennungsereignisnummer, aber keiner anderen Verbrennungsereignisnummer während des Neustarts zündet. Bei **408** kann der abgerufene Kraftstoffzuführungsfehler angewendet werden, um die Kraftstoffzuführung des speziellen Zylinders bei dem speziellen Verbrennungsereignis einzustellen.

[0052] Als Beispiel kann die Steuereinheit einen ersten Kraftstoffzuführungsfehler für einen ersten Zylinder lernen, wenn sich der erste Zylinder bei einer ersten Nummer von Verbrennungsereignissen ab dem ersten Verbrennungsereignis befindet, und einen zweiten Kraftstoffzuführungsfehler für den ersten Zylinder lernen, wenn sich der erste Zylinder bei einer zweiten Nummer von Verbrennungsereignissen ab dem ersten Verbrennungsereignis befindet. Während eines zweiten, anschließenden, automatischen Kraftmaschinenneustarts kann die Steuereinheit dann den ersten Kraftstoffzuführungsfehler nur anwenden, wenn sich der erste Zylinder bei der ersten Nummer von Verbrennungsereignissen ab einem ersten Verbrennungsereignis des zweiten Neustarts befindet, und den zweiten Kraftstoffzuführungsfehler nur anwenden, wenn sich der erste Zylinder bei der zweiten Nummer von Verbrennungsereignissen ab dem ersten Verbrennungsereignis des zweiten Neustarts befindet. Das heißt, der erste Kraftstoffzuführungsfehler kann nicht angewendet werden, wenn sich der erste Zylinder bei einer zweiten Verbrennungsereignisnummer befindet. Ebenso kann der zweite Kraftstoffzuführungsfehler nicht angewendet werden, wenn sich der zweite Zylinder bei der ersten Verbrennungsereignisnummer befindet.

[0053] Als weiteres Beispiel kann die Steuereinheit einen ersten Kraftstoffzuführungsfehler für einen ersten Zylinder, der bei einer ersten Verbrennungsereignisnummer zündet, lernen und einen zweiten Kraftstoffzuführungsfehler für einen zweiten Zylinder, der bei der ersten Verbrennungsereignisnummer zündet, lernen. Hier wird die erste Verbrennungsereignisnummer ab dem ersten Verbrennungsereignis eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts gezählt. Während eines zweiten, anschließenden, automatischen Kraftmaschinenneustarts kann die Steuereinheit dann den ersten Kraftstoffzuführungsfehler anwenden, wenn der erste Zylinder bei der ersten Verbrennungsereignisnummer zündet (wie ab einem ersten Verbrennungsereignis des zweiten Neustarts gezählt), und den zweiten Kraftstoffzuführungsfehler anwenden, wenn der erste Zylinder bei der zweiten Verbrennungsereignisnummer zündet (wie ab dem ersten Verbrennungsereignis des zweiten Neustarts gezählt). Hier kann der erste Kraftstoffzuführungsfehler nicht angewendet werden, wenn ein zweiter Zylinder bei der ersten Verbrennungsereignisnummer zündet. Ebenso kann der zweite Kraftstoffzuführungsfehler nicht angewendet werden, wenn ein zweiter Zylinder bei der zweiten Verbrennungsereignisnummer zündet.

[0054] Die Kraftstoffzuführungsfehler können während des Kraftmaschinenanlassens des ersten, vorangehenden Kraftmaschinenneustarts, bevor die Kraftmaschinendrehzahl eine Leerlaufdrehzahl erreicht, gelernt und zusammengetragen werden. Dann können die Kraftstoffzuführungsfehler während des Kraftmaschinenanlassens des zweiten, anschließenden Kraftmaschinenneustarts, auch bevor die Kraftmaschinendrehzahl die

Leerlaufdrehzahl erreicht, angewendet werden. Sobald die Kraftmaschine die Leerlaufdrehzahl erreicht, und nachdem sich die Abgassensoren ausreichend aufgewärmt haben, kann die Kraftstoffzuführung zu den Zylindern auf der Basis der Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung von den Abgassensoren eingestellt werden.

[0055] Ein Beispiel zum selektiven Anwenden von gelernten Kraftstoffzuführungsfehlern gemäß den Routinen von **Fig. 2–Fig. 4** wird nun mit Bezug auf **Fig. 5** gezeigt. Insbesondere zeigt **Fig. 5** eine Tabelle **500** von Kraftstoffzuführungsfehlern, die während eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts gelernt wurden. Die Tabelle **500** ist als Nachschlagetabelle dargestellt, auf die durch die Zylinderidentität und die Verbrennungsereignisnummer ab dem Kraftmaschinenstillstand Bezug genommen wird. Die Tabelle kann im Speicher der Steuereinheit gespeichert werden und während jedes Kraftmaschinenneustarts aktualisiert werden. **Fig. 5** zeigt ferner ein erstes Beispiel **510** und ein zweites Beispiel **520** der Anwendung der gelernten Kraftstoffzuführungsfehler während eines anschließenden Kraftmaschinenneustarts.

[0056] Während eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts aus dem Kraftmaschinenstopp kann eine Kraftmaschinensteuereinheit einen Kraftstoffzuführungsfehler auf einer Basis pro Zylinderposition und auf einer Basis pro Verbrennungsereignisnummer lernen. Hier umfasst der automatische Kraftmaschinenneustart aus dem Kraftmaschinenstopp das Neustarten der Kraftmaschine ohne Empfangen einer Neustartanforderung von einem Fahrzeugfahrer. Die gelernten Kraftstoffzuführungsfehler können dann in der Nachschlagetabelle **500** gespeichert werden. Wie hier verwendet, bezieht sich die Zylinderposition auf die Position des Zylinders im Kraftmaschinenblock und korreliert mit seiner Nummer. Im dargestellten Beispiel kann die Kraftmaschine eine Vierzylinder-Reihenkraftmaschine mit Zylindern sein, die mit Cyl_1 bis Cyl_4 der Reihe nach beginnend mit einem äußeren Zylinder der Reihe nummeriert sind. Es ist zu erkennen, dass in dem dargestellten Beispiel die Zylindernummern nicht der Zündreihenfolge der Zylinder entsprechen, wobei die Zündreihenfolge Cyl_1, gefolgt von Cyl_3, gefolgt von Cyl_4, gefolgt von Cyl_2 ist und dann zu Cyl_1 zurückkehrt. In alternativen Kraftmaschinenkonfigurationen wie z. B. bei einer Dreizylinder-Reihenkraftmaschine kann jedoch die Zylinderposition mit der Zündreihenfolgeposition korrelieren.

[0057] Kraftstoffzuführungsfehler können für eine Anzahl von Kraftmaschinenzyklen gelernt werden, bevor eine Kraftmaschinendrehzahl eine Schwellendrehzahl (z. B. eine Kraftmaschinenleerlaufdrehzahl) erreicht. Im dargestellten Beispiel zeigt die Tabelle **500** Kraftstoffzuführungsfehler, die über zwei Kraftmaschinenzyklen (das heißt acht Verbrennungsereignisse der Vierzylinder-Kraftmaschine) gesammelt wurden. Hier sind die zwei Kraftmaschinenzyklen die ersten zwei Kraftmaschinenzyklen ab dem Kraftmaschinenstillstand. Die acht Verbrennungsereignisse sind folglich mit Ereignis #1–8 nummeriert, wobei das Ereignis #1 ein erstes Verbrennungsereignis seit dem Kraftmaschinenstillstand angibt, das Ereignis #2 ein zweites Verbrennungsereignis seit dem Kraftmaschinenstillstand angibt, und so weiter. Die Kraftstoffzuführungsfehler sind tabellarisch dargestellt und auf diese wird gemäß der Zylinderposition (Cyl_1 bis Cyl_4) und der Verbrennungsereignisnummer (Ereignis #1 bis Ereignis #8) Bezug genommen. Folglich kann der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 1-1$ gelernt werden, wenn Cyl_1 der Zylinder ist, der beim ersten Verbrennungsereignis zündet, der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 1-2$ kann gelernt werden, wenn Cyl_1 der Zylinder ist, der beim zweiten Verbrennungsereignis zündet, und so weiter. Ebenso kann der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 2-1$ gelernt werden, wenn Cyl_2 der Zylinder ist, der beim ersten Verbrennungsereignis zündet, der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 3-1$ kann gelernt werden, wenn Cyl_3 der Zylinder ist, der beim ersten Verbrennungsereignis zündet, und so weiter.

[0058] Während eines zweiten automatischen Kraftmaschinenneustarts aus dem Kraftmaschinenstopp kann die Steuereinheit die Zylinderkraftstoffzuführung auf der Basis einer Zylinderposition und einer aktuellen Verbrennungsereignisnummer einstellen. In diesem Fall wird die Verbrennungsereignisnummer ab einem ersten Verbrennungsereignis des zweiten Kraftmaschinenneustarts gezählt. Insbesondere kann die Steuereinheit einen Kraftstoffzuführungsfehler aus der Kraftstoffzuführungsfehlertabelle **500**, wie beim ersten automatischen Kraftmaschinenneustart gelernt, auf der Basis der Zylinderposition und der aktuellen Verbrennungsereignisnummer anwenden. Das heißt, ein Kraftstoffzuführungsfehler, der der spezifischen Kombination der Zylinderposition und der Verbrennungsereignisnummer entspricht, kann angewendet werden.

[0059] In einem ersten Beispiel **510** kann der zweite automatische Kraftmaschinenneustart eingeleitet werden, wobei der Zylinder 4 beim ersten Verbrennungsereignis zündet. Beim ersten Verbrennungsereignis kann folglich der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 4-1$ angewendet werden. Beim zweiten Verbrennungsereignis, wenn der Zylinder 2 zündet, kann der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 2-2$ angewendet werden, und so weiter. Da die Zündreihenfolge der Zylinder bekannt ist, kann, sobald der als erster zündende Zylinder identifiziert ist, hier Cyl_4, die Steuereinheit dem Satz **512** zum Einstellen der Kraftstoffzuführungsfehler folgen.

[0060] In einem zweiten Beispiel **520** kann der zweite automatische Kraftmaschinenneustart eingeleitet werden, wobei der Zylinder 1 beim ersten Verbrennungsereignis zündet. Beim ersten Verbrennungsereignis kann folglich der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 1-1$ angewendet werden. Beim zweiten Verbrennungsereignis, wenn der Zylinder 3 zündet, kann der Kraftstoffzuführungsfehler $\Delta 3-2$ angewendet werden. Da die Zündreihenfolge der Zylinder bekannt ist, kann die Steuereinheit, sobald der als erster zündende Zylinder identifiziert ist, hier Cyl_1, dem Satz **514** zum Einstellen der Kraftstoffzuführungsfehler folgen.

[0061] In dieser Weise können Kraftstoffzuführungsfehler für spezifische Zylinder, die bei spezifischen Verbrennungsereignissen zünden, wie über einen vorangehenden automatischen Kraftmaschinenneustart aus dem Kraftmaschinenstillstand gelernt, angewendet werden, um Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Abweichungen über einen anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustart aus dem Kraftmaschinenstillstand besser vorherzusagen und zu korrigieren, wenn die festgelegten Zylinder bei den festgelegten Verbrennungsereignissen zünden. An sich ermöglicht dies, dass Variationen von Zylinder zu Zylinder und Variationen von Verbrennungsereignis zu Verbrennungsereignis besser kompensiert werden. Durch Lernen und Mitkopplungsanwendung von Kraftstoffzuführungsfehlern während einer ausgewählten Periode des Kraftmaschinenanlassens können Kurbelwellenschwankungen vorteilhaft verwendet werden, um Drehmomentstörungen zu korrigieren, wenn Abgassensoren weniger empfindlich sind, aber Kurbelwellendrehzahlsensoren empfindlicher sind. Durch die Rückkopplungseinstellung der Zylinderkraftstoffzuführung auf der Basis einer Abgassensorausgabe nach der ausgewählten Periode des Kraftmaschinenanlassens kann die Rückkopplung vorteilhaft verwendet werden, um Drehmomentstörungen zu korrigieren, wenn die Abgassensoren empfindlicher sind. Durch Verbessern der Korrektur von Kraftstoffzuführungsanomalien während des Kraftmaschinenanlassens kann ein gewünschtes Kraftmaschinendrehzahlprofil erreicht werden, NVH-Probleme können verringert werden und die Kraftmaschinenstartfähigkeit kann verbessert werden.

[0062] Es ist zu beachten, dass die hier enthaltenen Beispiel-Steuer- und -Abschätzroutinen bei verschiedenen Kraftmaschinen- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hier beschriebenen spezifischen Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien, wie z. B. durch ein Ereignis gesteuert, durch eine Unterbrechung gesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen, darstellen. An sich können verschiedene dargestellte Handlungen, Operationen oder Funktionen in der dargestellten Sequenz, parallel durchgeführt werden oder in einigen Fällen weggelassen werden. Ebenso ist die Reihenfolge der Verarbeitung nicht notwendigerweise erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hier beschriebenen Beispielausführungsformen zu erreichen, sondern ist für eine leichte Erläuterung und Beschreibung vorgesehen. Eine oder mehrere der dargestellten Handlungen oder Funktionen können in Abhängigkeit von der verwendeten speziellen Strategie wiederholt durchgeführt werden. Ferner können die beschriebenen Handlungen graphisch einen in das computerlesbare Speichermedium im Kraftmaschinensteuersystem zu programmierenden Code darstellen.

[0063] Es ist zu erkennen, dass die hier offenbarten Konfigurationen und Routinen dem Wesen nach beispielhaft sind und dass diese spezifischen Ausführungsformen nicht in einer begrenzenden Hinsicht betrachtet werden sollen, da zahlreiche Variationen möglich sind. Beispielsweise kann die obige Technologie auf V-6-, I-4-, I-6-, V-12-, 4-Boxer- und andere Kraftmaschinentypen angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung umfasst alle neuen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und andere hier offenbarte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften.

[0064] Die folgenden Ansprüche weisen speziell auf bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen hin, die als neu und nicht offensichtlich betrachtet werden. Diese Ansprüche können sich auf "ein" Element oder "ein erstes" Element oder das Äquivalent davon beziehen. Solche Ansprüche sollten als die Integration von einem oder mehreren solchen Elementen umfassend verstanden werden, wobei sie zwei oder mehr solche Elemente weder erfordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Änderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Vorlage von neuen Ansprüchen in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche werden, ob sie im Schutzbereich gegenüber den ursprünglichen Ansprüchen breiter, schmaler, gleich oder anders sind, auch als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten betrachtet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2007/0051342 A1 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Kraftmaschine, das Folgendes umfasst:
während eines automatischen Kraftmaschinenneustarts aus einem Kraftmaschinenstillstand, Korrelieren von Kraftstoffzuführungsfehlern mit Kraftmaschinenzylindern auf der Basis einer Nummer von Verbrennungseignissen ab einem ersten Verbrennungseignis und einer Zylinderidentität, wobei die Kraftstoffzuführungsfehler auf der Basis von Kurbelwellendrehzahlschwankungen identifiziert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Korrelieren das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für einen gegebenen Zylinder auf der Basis einer Verbrennungseignisnummer ab dem ersten Verbrennungseignis des Kraftmaschinenneustarts umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Korrelieren ferner das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für eine gegebene Verbrennungseignisnummer ab dem ersten Verbrennungseignis des Kraftmaschinenneustarts auf der Basis einer Zylindernummer umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 3, das ferner das Einstellen der anschließenden Kraftstoffzuführung auf der Basis der Korrelation umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für einen gegebenen Zylinder das Lernen eines ersten Kraftstoffzuführungsfehlers für einen ersten Zylinder, wenn sich der erste Zylinder bei einer ersten Nummer von Verbrennungseignissen ab dem ersten Verbrennungseignis befindet, und das Lernen eines zweiten Kraftstoffzuführungsfehlers für den ersten Zylinder, wenn sich der erste Zylinder bei einer zweiten Nummer von Verbrennungseignissen ab dem ersten Verbrennungseignis befindet, umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Korrelieren während eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts stattfindet und wobei das Einstellen während eines zweiten, anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustarts das Anwenden des ersten Kraftstoffzuführungsfehlers, wenn sich der erste Zylinder bei der ersten Nummer von Verbrennungseignissen ab einem ersten Verbrennungseignis des zweiten Kraftmaschinenneustarts befindet, und das Anwenden des zweiten Kraftstoffzuführungsfehlers, wenn sich der erste Zylinder bei der zweiten Nummer von Verbrennungseignissen ab dem ersten Verbrennungseignis des zweiten Kraftmaschinenneustarts befindet, umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Unterscheiden von Kraftstoffzuführungsfehlern für eine gegebene Verbrennungseignisnummer das Lernen eines ersten Kraftstoffzuführungsfehlers für einen ersten Zylinder, der bei einer ersten Verbrennungseignisnummer zündet, und das Lernen eines zweiten Kraftstoffzuführungsfehlers für einen zweiten Zylinder, der bei der ersten Verbrennungseignisnummer zündet, umfasst, wobei die erste Verbrennungseignisnummer ab dem ersten Verbrennungseignis gezählt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Korrelieren während eines ersten automatischen Kraftmaschinenneustarts stattfindet und wobei das Einstellen während eines zweiten, anschließenden automatischen Kraftmaschinenneustarts das Anwenden des ersten Kraftstoffzuführungsfehlers, wenn der erste Zylinder bei der ersten Verbrennungseignisnummer ab einem ersten Verbrennungseignis des zweiten Neustarts zündet, und das Anwenden des zweiten Kraftstoffzuführungsfehlers, wenn der zweite Zylinder bei der ersten Verbrennungseignisnummer zündet, umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Korrelieren das Lernen von Kraftstoffzuführungsfehlern, bis eine Kraftmaschinendrehzahl eine Schwellendrehzahl erreicht, umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Einstellen das Einstellen einer anschließenden Kraftstoffzuführung auf der Basis der Korrelation, bis die Kraftmaschinendrehzahl die Schwellendrehzahl erreicht, und nachdem die Kraftmaschine die Schwellendrehzahl erreicht, das Einstellen der anschließenden Kraftstoffzuführung auf der Basis einer Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Rückmeldung umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

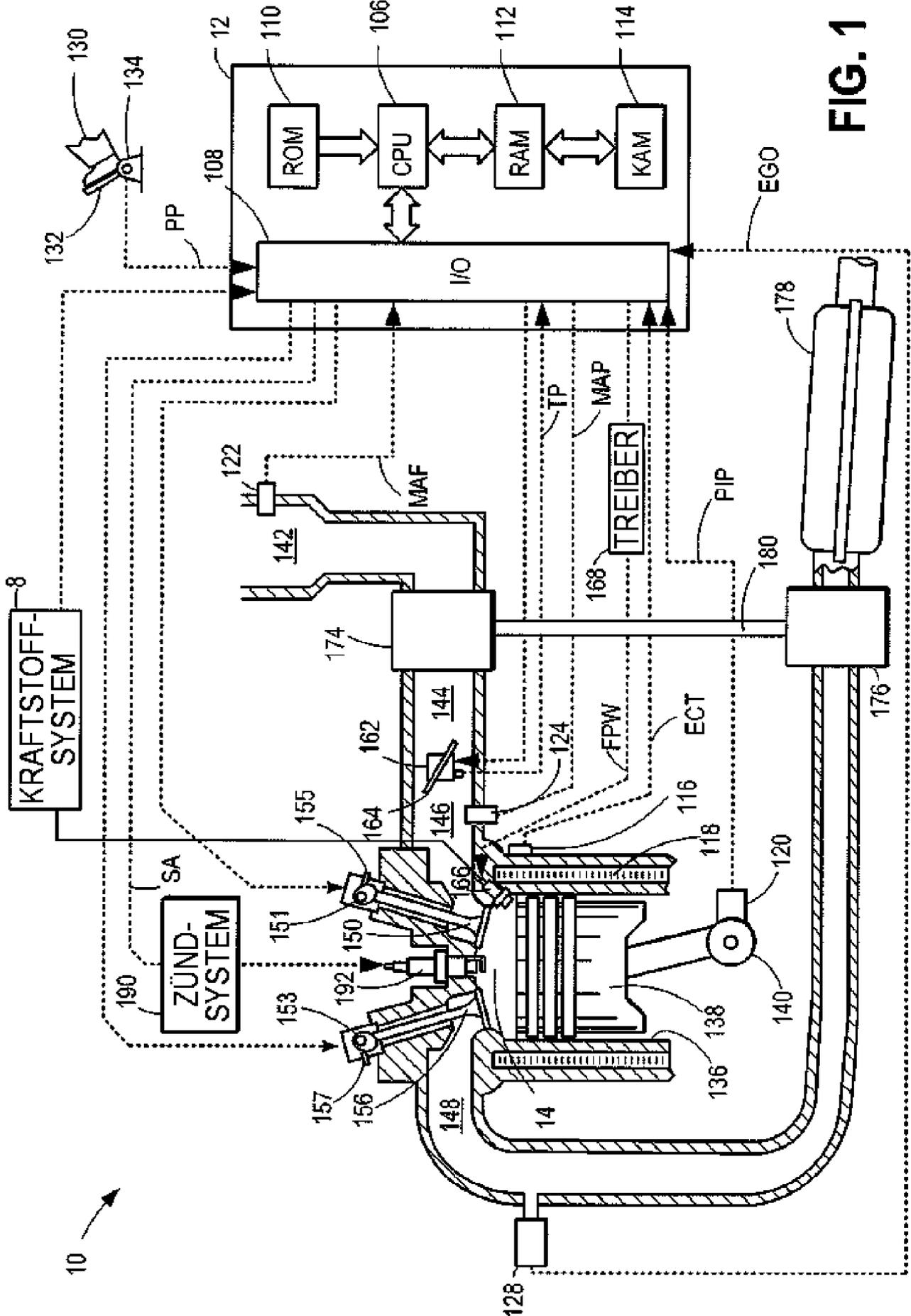


FIG. 1

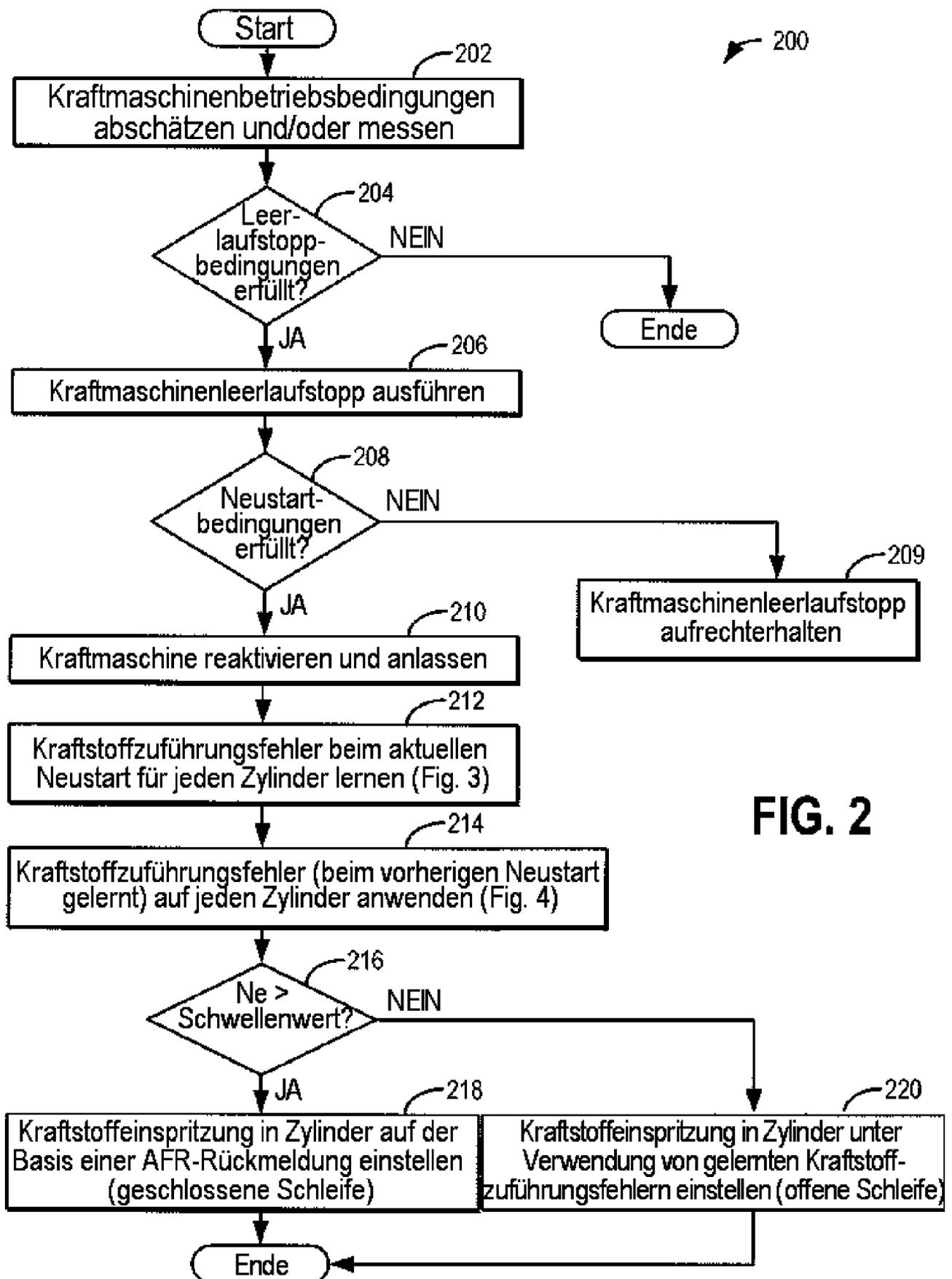
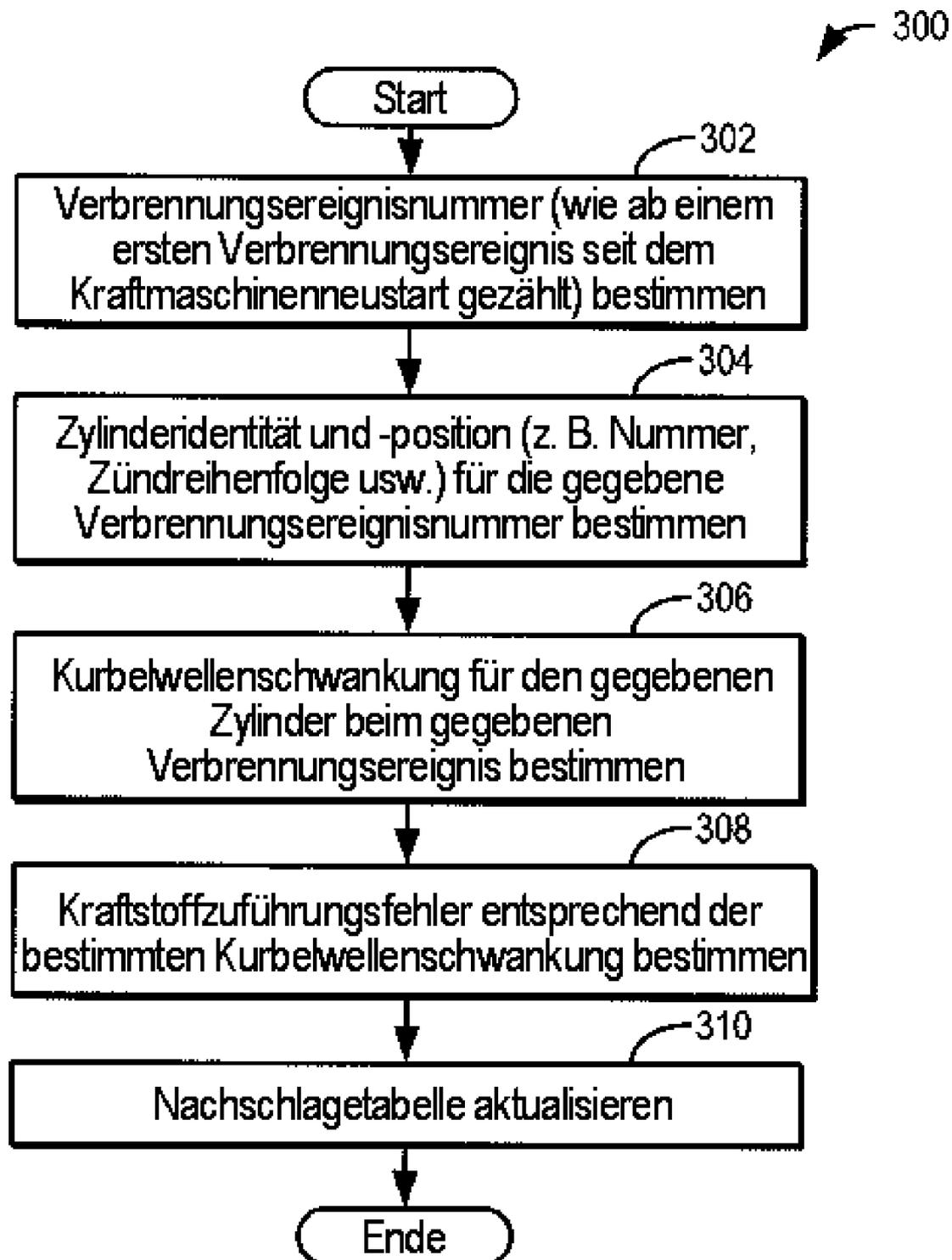
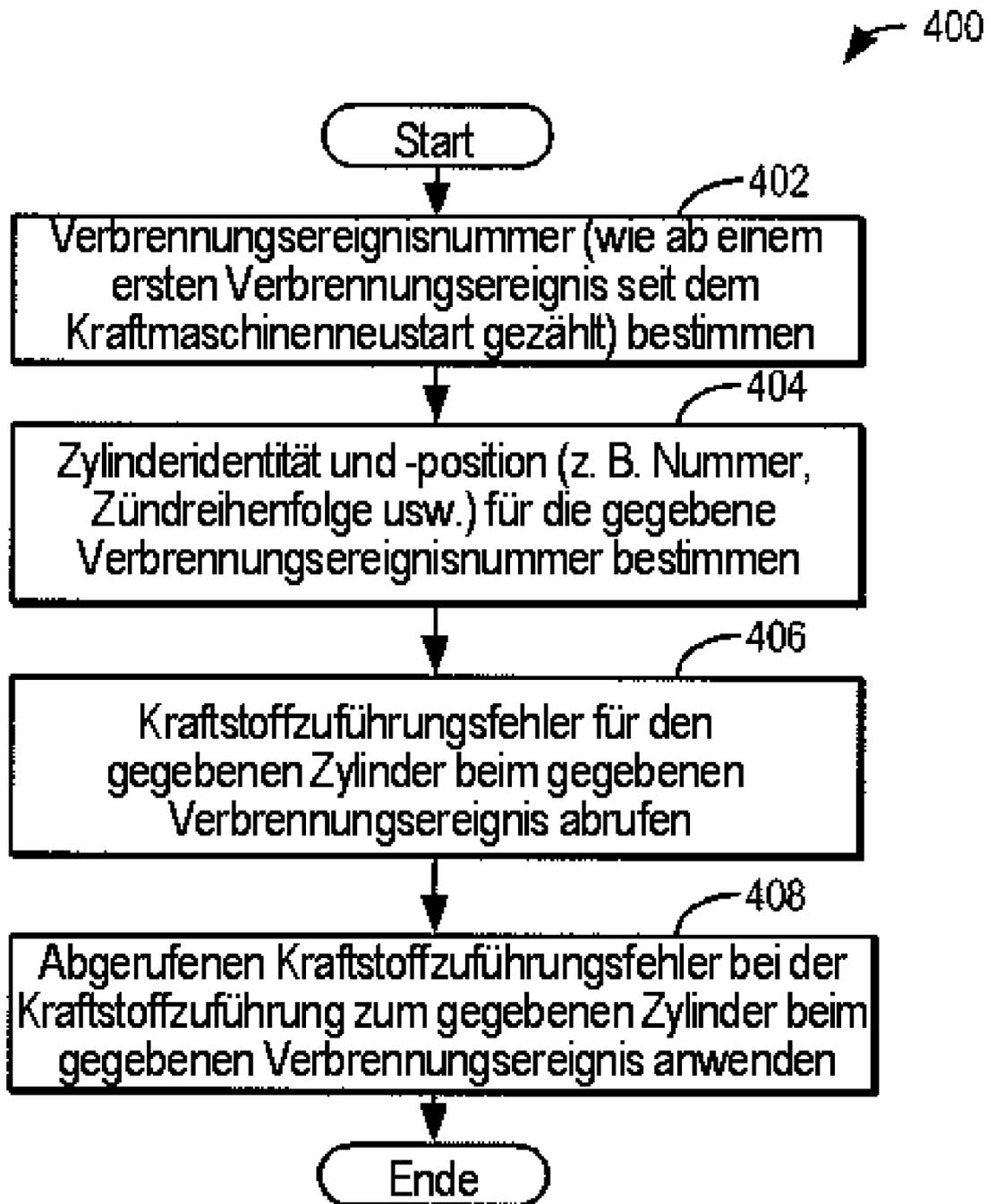


FIG. 2

**FIG. 3**

**FIG. 4**

500

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Cyl_1	$\Delta 1-1$	$\Delta 1-2$	$\Delta 1-3$	$\Delta 1-4$	$\Delta 1-5$	$\Delta 1-6$	$\Delta 1-7$	$\Delta 1-8$
Cyl_3	$\Delta 3-1$	$\Delta 3-2$	$\Delta 3-3$	$\Delta 3-4$	$\Delta 3-5$	$\Delta 3-6$	$\Delta 3-7$	$\Delta 3-8$
Cyl_4	$\Delta 4-1$	$\Delta 4-2$	$\Delta 4-3$	$\Delta 4-4$	$\Delta 4-5$	$\Delta 4-6$	$\Delta 4-7$	$\Delta 4-8$
Cyl_2	$\Delta 2-1$	$\Delta 2-2$	$\Delta 2-3$	$\Delta 2-4$	$\Delta 2-5$	$\Delta 2-6$	$\Delta 2-7$	$\Delta 2-8$

Satz 512
Satz 514
Satz 512
Satz 514

510

520

Ereignis #	Zyl.-Id.	Kraftstoff-zuführungs-fehler
1	Cyl_4	$\Delta 4-1$
2	Cyl_2	$\Delta 2-2$
3	Cyl_1	$\Delta 1-3$
4	Cyl_3	$\Delta 3-4$
5	Cyl_4	$\Delta 4-5$
6	Cyl_2	$\Delta 2-6$
7	Cyl_1	$\Delta 1-7$
8	Cyl_3	$\Delta 3-8$

Ereignis #	Zyl.-Id.	Kraftstoff-zuführungs-fehler
1	Cyl_1	$\Delta 1-1$
2	Cyl_3	$\Delta 3-2$
3	Cyl_4	$\Delta 4-3$
4	Cyl_2	$\Delta 2-4$
5	Cyl_1	$\Delta 1-5$
6	Cyl_3	$\Delta 3-6$
7	Cyl_4	$\Delta 4-7$
8	Cyl_2	$\Delta 2-8$

FIG. 5