



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 112 017.3**

(22) Anmeldetag: **31.05.2017**

(43) Offenlegungstag: **07.12.2017**

(51) Int Cl.: **F02D 41/22 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**62/344,777**      **02.06.2016**    **US**  
**15/342,928**      **03.11.2016**    **US**

(74) Vertreter:

**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte**  
**Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538**  
**München, DE**

(71) Anmelder:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,**  
**US**

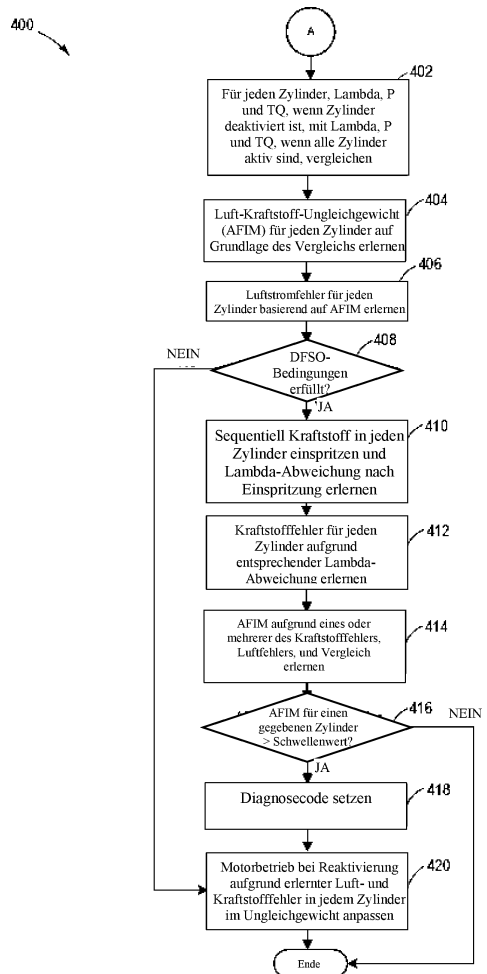
(72) Erfinder:

**Martin, Douglas Raymond, Canton, Mich., US;**  
**Dudar, Aed M., Canton, Mich., US; Jentz, Robert**  
**Roy, Westland, Mich., US; Rollinger, John Eric,**  
**Troy, Mich., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEM ZUM BESTIMMEN EINES LUFT-KRAFTSTOFF-UNGLEICHGEWICHTS**

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Systeme werden bereitgestellt, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht von Zylindern in einem Motor mit variablem Hubraum zu bestimmen. In einem Beispiel kann das Verfahren während eines Zylinderdeaktivierungsvorgangs sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders einer Zylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern und Schätzen einer Lambda-Abweichung für jeden Zylinder nach der sequentiellen Deaktivierung jedes Zylinders der Zylindergruppe und Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung umfassen.



## Beschreibung

### Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Beschreibung betrifft im Allgemeinen Verfahren und Systeme zum Bestimmen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts eines Zylinders in einem Verbrennungsmotor eines Fahrzeugs.

### Hintergrund/Kurzdarstellung

**[0002]** Die Einhaltung von Motoremissionsbestimmungen erfordert eine genaue Erfassung eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts zwischen Motorzylindern. Ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht zwischen Motorzylindern kann aufgrund verschiedener Faktoren auftreten. Zum Beispiel kann ein Zylinder-zu-Zylinder-Ungleichgewicht aufgrund von Luftleckagen aus manchen Zylindern, Abgasrückführungsfehlern, verstopften Einlassventilen, Fehlzündungen von Kraftstoffeinspritzern und fehlerhaften Abgassensoren auftreten. Zusätzlich zu einer Verschlechterung hinsichtlich Emissionen können Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichte die Kraftstoffeffizienz und die Motorleistung verringern.

**[0003]** Ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht von Zylinder zu Zylinder kann unter Verwendung eines Abgassensors überwacht werden, um ein Ausmaß des Luft-Kraftstoff-Fehlers zu schätzen, indem ein Sensorsignal einer gemessenen Luft-Kraftstoff-Abweichung zugeordnet wird. Ein beispielhafter Ansatz für die Überwachung einer Luft-Kraftstoff-Veränderung in einem Multizylindermotor wird von Behr u.a. in US 7,802,563 B2 beschrieben. In diesem Dokument wird Abgas von einer ersten Gruppe von Zylindern an einen Abgassensor geleitet, und während ausgewählter Betriebsbedingungen wird ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht in mindestens einem der Zylinder auf Grundlage einer Reaktion des Abgassensors, der bei oder über der Zündungsfrequenz von Zylindern in der ersten Gruppe arbeitet, angezeigt. Durch Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts in Reaktion auf einen Messwert vom Abgassensor bei oder über der Zündungsfrequenz der Zylinder kann eine Feedbacksteuerungs-Wechselwirkung isoliert werden, um eine konsistente Anzeige eines Luft-Kraftstoff-Fehlers zu erreichen.

**[0004]** Jedoch haben die Erfinder dieser Anmeldung mögliche Probleme bei einem solchen System zur Erfassung eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts erkannt. Zum Beispiel kann eine schlechte oder unzureichende Mischung von Abgas am Abgassensor Abweichungen in den Sensormesswerten erzeugen. Somit können Schätzungen des Luft-Kraftstoff-Fehlers unter solchen Abgasmischungsverhältnissen möglicherweise das tatsächliche Zylinderungleichgewicht nicht darstellen. Außerdem kann die Geometrie des Abgassystems zusätzliche Probleme beim Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts erzeugen. Zum Beispiel kann in einem Multizylindermotor aufgrund des geschichteten Stroms und der uneinheitlichen Mischung des Stroms von den Zylindern der Strom von einigen Zylindern durch den Strom von anderen Zylindern dem Abgassensor verborgen sein. Somit kann es einige Zylinder geben, deren Strom niemals durch den Abgassensor strömt. Andere Nachteile können verringerte Empfindlichkeit des Abgassensors während bestimmter Motorbetriebsbedingungen sein. Zum Beispiel kann der Abgassensor bei Kaltstartbedingungen nicht ausreichend aufgewärmt sein und kann Sensormesswerte mit Abweichungen registrieren, wodurch das Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders beeinträchtigt wird.

**[0005]** In alternativen Konzepten kann das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht unter Verwendung von Druckfehlern im Zylinder oder Drehmomentfehlern erlernt werden. Allerdings können solche Sensoren teuer sein. Noch ein weiteres Konzept basiert auf Abgasdrucksensoren. Jedoch können solche Sensoren unzuverlässig sein, insbesondere wenn der Druck in dem Abgaskrümmern weiter stromabwärts des Zylinderausgangs gemessen wird. Noch andere Konzepte können Motorzylinder aggressiv sehr mager oder sehr fett antreiben, um das Ungleichgewicht zu identifizieren. Jedoch können solche aggressiven Konzepte zu übermäßigen Emissionen führen.

**[0006]** In einem Beispiel können die oben beschriebenen Nachteile zumindest teilweise durch ein Verfahren für einen Motor angegangen werden, das umfasst: während eines Zylinderdeaktivierungsvorgangs, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders einer Zylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern; Schätzen einer Lambda-Abweichung für jeden Zylinder nach der sequentiellen Deaktivierung jedes Zylinders der Zylindergruppe; und Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung. Auf diese Weise kann der Luftfehler in Zylindern eines Multizylindermotors zuverlässig und opportunistisch identifiziert werden, während Abweichungen, die durch die Abgasgeometrie, Sensorempfindlichkeit und Abgasmischung erzeugt werden, berücksichtigt werden.

**[0007]** Als ein Beispiel kann ein Motor eine Vielzahl von Zylindern, die in einer ersten und einer zweiten Zylinderreihe liegen, umfassen. Bei Bedingungen, wenn die Motorlast gering ist, kann bzw. können ein oder mehrere Zylinder, wie alle Zylinder einer Zylinderreihe, selektiv deaktiviert werden (z. B. können Kraftstoff und Zündfunke deaktiviert werden), während die übrigen aktiven Zylinder mit einer höheren Durchschnittslast betrieben werden, um Motorpumpverluste zu verringern und die Kraftstoffeinsparung zu verbessern. Vor der Zylinderdeaktivierung kann ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis, wenn alle Zylinder zünden, vermerkt werden. Während des Zylinderdeaktivierungsvorgangs können die zu deaktivierenden Zylinder sequentiell deaktiviert werden und eine Lambda-Abweichung (von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis, wenn alle Zylinder zünden) für jeden Zylinder nach der sequentiellen Deaktivierung kann bestimmt werden. Da die deaktivierten Zylinder keinen Kraftstoff empfangen, kann jegliche Lambda-Abweichung einer durch den Zylinder strömenden Luft zugeschrieben werden. Auf diese Weise kann der Luftfehler für jeden Zylinder erlernt werden. Zusätzlich kann die Lambda-Abweichung mit einer erwarteten Lambda-Abweichung verglichen werden, um einen Luftfehler für jeden Zylinder zu erlernen. Eine Reihenfolge der Zylinderdeaktivierung kann so angepasst werden, dass der Luftfehler für jeden Motorzylinder während des Deaktivierungsvorgangs erlernt werden kann. Die erlernten Luftfehler können dann verwendet werden, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht zwischen Zylindern zu bestimmen. Durch Erlernen des Luftfehlers in jedem Zylinder der ersten und zweiten Zylinderreihe auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung können Probleme bezüglich Abgasgeometrie, Sensorempfindlichkeit und Abgasmischung angegangen werden.

**[0008]** Der hierin beschriebene Ansatz kann mehrere Vorteile aufweisen. Zum Beispiel bietet das Verfahren ein verbessertes Erlernen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts zwischen Zylindern eines Multizylindermotors. Durch opportunistisches Deaktivieren jedes Zylinders einer Zylindergruppe während eines Zylinderdeaktivierungsmodus des Motorbetriebs, während die übrigen Motorzylinder aktiv sind, können Luftfehler einzelner Zylinder unabhängig von der Abgaskrümmergeometrie und sogar in Anwesenheit einer uneinheitlichen Zylinderströmung erlernt werden. Weiterhin kann ein Zylinderungleichgewicht unter Verwendung eines vorhandenen Abgassensors zuverlässig bestimmt werden. Durch Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts zwischen Zylindern kann der Motorbetrieb angepasst werden, um ein solches Ungleichgewicht zu berücksichtigen und/oder auszugleichen. Somit können Abgasemissionen durch Verringern von Luft-Kraftstoff-Veränderungen von Zylinder zu Zylinder in einem Motor verringert werden und die Kraftstoffeffizienz kann verbessert werden.

**[0009]** Es versteht sich, dass die vorstehende Kurzdarstellung bereitgestellt wird, um auf vereinfachte Art und Weise eine Auswahl von Konzepten einzuführen, die in der ausführlichen Beschreibung weitergehend beschrieben werden. Sie ist nicht dazu gedacht, zentrale oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstandes der Erfindung zu identifizieren, deren Umfang einzig durch die Ansprüche, die der ausführlichen Beschreibung folgen, definiert ist. Weiterhin ist der beanspruchte Gegenstand der Erfindung nicht auf Umsetzungen beschränkt, die jegliche oben oder in irgendeinem Teil dieser Offenbarung angemerkte Nachteile lösen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0010]** Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Abgassystemanordnung eines Motors mit variablem Hubraum (VDE).

**[0011]** Fig. 2 zeigt eine Teilansicht eines Verbrennungsmotors.

**[0012]** Fig. 3 zeigt einen Ablaufplan für ein beispielhaftes Verfahren zum opportunistischen Schätzen von Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtsparametern von Zylinder zu Zylinder während eines VDE-Modus des Motorbetriebs.

**[0013]** Fig. 4 zeigt einen Ablaufplan eines beispielhaften Verfahrens zum Identifizieren eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts von Zylinder zu Zylinder.

**[0014]** Fig. 5 zeigt einen Ablaufplan eines beispielhaften Verfahrens zum Identifizieren eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts von Zylinder zu Zylinder auf Grundlage eines Zusammensetzungsindex, der unter Verwendung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, des Abgasdrucks und des Zylinderdrehmoments geschätzt wird.

**[0015]** Fig. 6 zeigt eine beispielhafte grafische Darstellung zum Identifizieren eines Zylinderungleichgewichts auf Grundlage von Luftfehler, Kraftstofffehler und Luft-Kraftstoff-Fehler.

## Ausführliche Beschreibung

**[0016]** Die folgende Beschreibung bezieht sich auf Systeme und Verfahren zum Identifizieren eines Zylinder-zu-Zylinder-Ungleichgewichts in einem Fahrzeugmotor, der mit variablem Hubraum arbeitet. Als solches kann der Motor mit variablem Hubraum (VDE), wie der in **Fig. 1–Fig. 2** dargestellte Motor, zwischen einem Betrieb, bei dem alle Zylinder zünden, und einem Betrieb, bei dem einige der Zylinder zünden, umschalten, indem Kraftstoff und Zündfunke selektiv deaktiviert werden und die Betätigung der Einlass- und Auslassventile der ausgewählten Zylinder verändert wird. **Fig. 2** zeigt eine Teilansicht eines einzelnen Zylinders in einem Multizylindermotorsystem. Eine Motorsteuerung kann dazu konfiguriert sein, eine Routine, wie etwa die Beispielroutine aus **Fig. 3–Fig. 4** für ein opportunistisches Schätzen der Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtsparameter von Zylinder zu Zylinder während eines VDE-Betriebsmodus eines Motors mit variablem Hubraum durchzuführen. **Fig. 5** zeigt eine beispielhafte Routine, die von der Steuerung verwendet werden kann, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht von Zylinder zu Zylinder auf Grundlage eines Zusammensetzungsindex zu identifizieren, der durch ein Ungleichgewicht auf Basis des gewichteten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses mit einer ersten Aussagewahrscheinlichkeit, durch ein auf dem Abgasdruck basierendes Ungleichgewicht mit einer zweiten Aussagewahrscheinlichkeit und ein auf dem Zylinderdrehmoment basierendes Ungleichgewicht mit einer dritten Aussagewahrscheinlichkeit bestimmt wird. **Fig. 6** zeigt eine beispielhafte grafische Darstellung zum Identifizieren eines Zylinderungleichgewichts auf Grundlage eines Luftfehlers, eines Kraftstofffehlers und eines Luft-Kraftstoff-Fehlers in Zylindern eines Multizylindermotors.

**[0017]** **Fig. 1** zeigt einen beispielhaften Motor mit variablem Hubraum (VDE) **10**, in dem Zylinder (z. B. Zylinder A1–A4 in Zylinderreihe **15A** und Zylinder B1–B4 in Zylinderbank **15B**) Zylinderventile aufweisen können, die während einem Motorzyklus oder mehreren Motorzyklen geschlossen gehalten werden. Die Zylinderventile können über hydraulisch betätigte Heber oder über einen Nockenprofilumschaltungsmechanismus (CPS), bei dem ein Nocken ohne Hub für deaktivierte Ventile verwendet wird, deaktiviert werden. Andere Mechanismen zur Ventildeaktivierung können ebenfalls verwendet werden. Wie hierin gezeigt, ist der Motor **10** ein V8-Motor mit zwei Zylinderreihen **15A** und **15B** (wobei jede Zylinderreihe vier Zylinder enthält) mit einem Ansaugkrümmer **44** (mit Drossel **62**) und einem Abgaskrümmer **48**, der mit einer Emissionssteuervorrichtung **70**, die einen oder mehrere Katalysator(en) und Abgassensor(en) umfasst, gekoppelt ist.

**[0018]** Während ausgewählter Bedingungen, zum Beispiel, wenn die volle Drehmomentfähigkeit des Motors nicht erforderlich ist, kann bzw. können ein oder mehrere Zylinder in einer ersten Zylindergruppe und einer zweiten Zylindergruppe zur Deaktivierung ausgewählt werden (hierin auch als ein VDE-Betriebsmodus bezeichnet). Insbesondere kann bzw. können ein oder mehrere Zylinder der ausgewählten Gruppe deaktiviert werden, indem die jeweiligen Kraftstoffeinspritzdüsen abgeschaltet werden, während der Betrieb der Einlass- und Auslassventile aufrechterhalten wird, so dass Luft weiterhin durch die Zylinder gepumpt werden kann. Während die Kraftstoffeinspritzdüsen der deaktivierten Zylinder ausgeschaltet sind, führen die übrigen aktivierten Zylinder weiterhin eine Verbrennung durch, wobei die Kraftstoffeinspritzdüsen aktiv und funktionsfähig sind. Um die Drehmomentanforderungen zu erfüllen, erzeugt der Motor die gleiche Menge an Drehmoment an denjenigen Zylindern, für die die Einspritzdüsen aktiviert bleiben. Mit anderen Worten werden die übrigen aktiven Zylinder mit höheren durchschnittlichen Zylinderlasten betrieben. Dies erfordert höhere Krümmerdrücke, was zu verringerten Pumpverlusten und erhöhter Kraftstoffeffizienz führt. Auch der geringere tatsächliche Oberflächenbereich (nur der aktivierten Zylinder), der der Verbrennung ausgesetzt ist, verringert Motorwärmeverluste, was den Wärmewirkungsgrad des Motors verbessert.

**[0019]** Auf Grundlage eines Abfalls des Drehmomentbedarfs kann/können ein oder mehrere Zylinder selektiv deaktiviert werden. Weiterhin können die Zylinder zur Deaktivierung auf Grundlage ihrer Position entlang des Motorblocks, in einer Motorreihe, sowie ihrer Deaktivierungshistorie zusammengefasst werden. Als ein Beispiel können die Zylinder von verschiedenen Zylinderreihen (z. B. Zylinderreihen **15A** und **15B**) zur Deaktivierung zusammengefasst werden. Zum Beispiel können während einer ersten VDE-Bedingung die Zylinder A1, B1, A4 und B4 deaktiviert werden, während die Zylinder A2, B2, A3 und B3 während einer zweiten VDE-Bedingung deaktiviert werden können. In einem alternativen Beispiel kann das erste VDE-Muster eine andere Identität und Anzahl von Zylindern wie das zweite VDE-Muster enthalten.

**[0020]** Der Motor **10** kann mit einer Vielzahl von Substanzen betrieben werden, die über ein Kraftstoffsystem **172** zugeführt werden können. Der Motor **10** kann zumindest teilweise von einem Steuersystem, das eine Steuerung **12** enthält, gesteuert werden. Die Steuerung **12** kann verschiedene Signale von Sensoren **4**, die mit dem Motor **10** verbunden sind, empfangen und Steuersignale an verschiedenen Aktoren **22**, die mit dem Motor und/oder dem Fahrzeug verbunden sind, senden. Zusätzlich kann die Steuerung **12** eine Anzeige eines Zylinderklopfens oder einer Vorzündung von einem oder mehreren Klopfsensor(en) empfangen, die entlang

des Motorblocks verteilt sind. Wenn sie enthalten sind, kann die Vielzahl der Klopfensoren symmetrisch oder asymmetrisch entlang des Motorblocks verteilt sein. Ferner kann der eine oder die mehreren Klopfensensor(en) Beschleunigungsmesser, Ionisierungssensoren oder Zylinderdruckaufnehmer umfassen.

**[0021]** Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines Zylinders des Motors **10**, der in einem Antriebssystem eines Kraftfahrzeugs enthalten sein kann. Der Motor **10** kann zumindest teilweise von einem Steuersystem, einschließlich der Steuerung **12**, und durch eine Eingabe von einem Fahrzeugbediener **132** über eine Eingabevorrichtung **130** gesteuert werden. In diesem Beispiel umfasst die Eingabevorrichtung **130** ein Gaspedal und einen Pedalpositionssensor **134** zum Erzeugen eines Pedalpositions-Proportionalsignals PP. Die Brennkammer (d. h. der Zylinder) **30** des Motors **10** kann Brennkammerwände **32** mit einem Kolben **36**, der darin positioniert ist, aufweisen. Der Kolben **36** kann mit einer Pleuellwelle **40** verbunden sein, so dass die Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine Drehbewegung der Pleuellwelle übersetzt wird. Die Pleuellwelle **40** kann über ein zwischengeschaltetes Getriebesystem mit mindestens einem Pleuellrad eines Fahrzeugs verbunden sein. Die Pleuellwelle **40** kann auch über ein Pleuellrad mit einem Pleuellrad verbunden sein, um einen Betrieb des Motors **10** starten zu können. Weiterhin kann ein Pleuellradmomentsensor mit der Pleuellwelle **40** zum Überwachen des Zylinderdrehmoments verbunden sein. In einem Beispiel ist der Drehmomentsensor ein Laserdrehmomentsensor oder ein Magnetdrehmomentsensor. Andere Drehmomentsensoren können verwendet werden. Das Zylinderdrehmoment kann unter Verwendung der gemessenen Positionssignale von dem Drehmomentsensor geschätzt werden. Es können auch andere Verfahren angewandt werden, um das Zylinderdrehmoment zu schätzen. Wie in Fig. 4–Fig. 5 herausgearbeitet, kann eine Motorsteuerung ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf Grundlage der Ausgabe des Drehmomentsensors folgern.

**[0022]** Die Brennkammer **30** kann Ansaugluft über einen Ansaugdurchgang **42** von einem Ansaugkrümmer **44** empfangen und kann Abgase über einen Auslassdurchgang **48** ausstoßen. Der Ansaugkrümmer **44** und der Auslassdurchgang **48** können selektiv über ein jeweiliges Einlassventil **52** und Auslassventil **54** mit der Brennkammer **30** in Verbindung stehen. In einigen Ausführungsformen kann die Brennkammer **30** zwei oder mehr Einlassventile und/oder zwei oder mehr Auslassventile umfassen. In diesem Beispiel kann das Einlassventil **52** und das Auslassventil **54** durch eine Pleuellbetätigung über einen oder mehrere Pleuelle gesteuert werden und kann eines oder mehrere von einem System für Pleuellprofilwechsel (CPS), einem System für variable Pleuellezeitsteuerung (VCT), einem System für variable Ventillzeitsteuerung (VVT) und/oder einem System für variablen Ventillhub (VVL) nutzen, die von der Steuerung **12** betätigt werden können, um die Ventillfunktion zu variieren. Die Position des Einlassventils **52** und des Auslassventils **54** kann jeweils durch Positionssensoren **55** bzw. **57** bestimmt werden. In alternativen Ausführungsformen können das Einlassventil **52** und/oder das Auslassventil **54** durch eine elektrische Ventillbetätigung gesteuert werden. Zum Beispiel kann der Zylinder **30** alternativ ein Einlassventil, das über eine elektrische Ventillbetätigung gesteuert wird, und ein Auslassventil, das über eine Pleuellbetätigung mit CPS- und/oder VCT-Systemen gesteuert wird, umfassen.

**[0023]** In einigen Ausführungsformen kann jeder Zylinder des Motors **10** mit einem oder mehreren Kraftstoffeinspritzdüsen zum Bereitstellen von Kraftstoff an diese ausgelegt sein. Als ein nicht einschränkendes Beispiel ist der Zylinder **30** so dargestellt, dass er eine Kraftstoffeinspritzdüse **66**, der Kraftstoff vom Kraftstoffsystem **172** zugeführt wird, umfasst. Die Kraftstoffeinspritzdüse **66** ist in der Darstellung direkt mit dem Zylinder **30** gekoppelt, um Kraftstoff proportional zur Pulsdauer des Signals FPW, das von der Steuerung **12** über einen elektronischen Treiber **68** empfangen wird, direkt in diesen einzuspritzen. Auf diese Weise stellt die Kraftstoffeinspritzdüse **66** bereit, was als Direkteinspritzung (im Folgenden als „DI“ bezeichnet) von Kraftstoff in den Verbrennungszylinder **30** bekannt ist.

**[0024]** Es ist anzuerkennen, dass die Einspritzdüse **66** in einer alternativen Ausführungsform eine Ansaug-einspritzdüse sein kann, die Kraftstoff in den Ansaugkanal stromaufwärts des Zylinders **30** zuführt. Es versteht sich außerdem, dass der Zylinder **30** Kraftstoff von einer Vielzahl von Einspritzdüsen erhalten kann, wie einer Vielzahl von Ansaug-einspritzdüsen, einer Vielzahl von Direkteinspritzdüsen oder einer Kombination daraus.

**[0025]** Weiterhin unter Bezugnahme auf Fig. 2 kann der Ansaugdurchgang **42** eine Drossel **62** mit einer Drosselklappe **64** umfassen. In diesem besonderen Beispiel kann die Position der Drosselklappe **64** durch die Steuerung **12** über ein Signal, das an einen Elektromotor oder Aktor, der in der Drossel **62** integriert ist, bereitgestellt wird, verändert werden, eine Konfiguration, die im Allgemeinen als elektronische Drosselsteuerung (ETC) bezeichnet wird. Auf diese Weise kann die Drossel **62** betätigt werden, um die der Brennkammer **30**, neben anderen Motorzylindern, bereitgestellte Ansaugluft zu variieren. Die Position der Drosselklappe **64** kann der Steuerung **12** durch das Drosselpositionssignal TP bereitgestellt werden. Der Ansaugdurchgang **42** kann einen Luftmassenstromsensor (MAF) **120** und einen Pleuellluftdrucksensor (MAP) **122** zum Bereitstellen der jeweiligen Signale MAF und MAP für die Steuerung **12** umfassen.

**[0026]** Ein Zündsystem **88** kann einen Zündfunken zu der Brennkammer **30** über die Zündkerze **92** als Reaktion auf das Frühzündungssignal SA von der Steuervorrichtung **12** bei ausgewählten Betriebsmodi liefern. Auch wenn Funkenzündungskomponenten gezeigt sind, kann die Brennkammer **30** oder kann bzw. können eine oder mehrere andere Brennkammern des Motors **10** in manchen Ausführungsformen in einem Kompressionszündungsmodus, mit oder ohne Zündfunken, betätigt werden.

**[0027]** Ein Drucksensor **124** kann mit dem Auslassdurchgang **48** stromabwärts des Auslassventils **54** und stromaufwärts der Emissionssteuervorrichtung **70** verbunden sein. Der Drucksensor **124** ist vorzugsweise nahe am Auslassventil **54** angeordnet, um den Abgaskrümmerrdruck (EMP) zu messen. In einer Ausführungsform kann der Drucksensor ein Druckaufnehmer sein. Wie in **Fig. 4–Fig. 5** herausgearbeitet, kann eine Motorsteuerung ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf Grundlage der Ausgabe des Drucksensors folgern.

**[0028]** Ein vorgelagerter Abgassensor **126** ist mit dem Auslassdurchgang **48** stromaufwärts der Emissionssteuervorrichtung **70** verbunden gezeigt. Der vorgelagerte Sensor **126** kann ein beliebiger geeigneter Sensor zum Bereitstellen einer Angabe über das Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnis, wie zum Beispiel ein linearer Breitbandsauerstoffsensoren oder universeller Abgassauerstoffsensoren (UEGO), ein Schmalbandsauerstoffsensoren mit zwei Zuständen oder EGO, ein erhitzter Abgassauerstoffsensoren (HEGO) sein. In einer Ausführungsform ist der vorgelagerte Abgassensor **126** ein UEGO-Sensor, der konfiguriert ist, um eine Ausgabe, wie ein Spannungssignal, bereitzustellen, das proportional zur Menge an Sauerstoff ist, die im Abgas vorhanden ist. Die Steuerung **12** nutzt die Ausgabe, um das Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnis zu bestimmen. Wie in **Fig. 4–Fig. 5** herausgearbeitet, kann eine Motorsteuerung ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf Grundlage der Ausgabe des Abgassensors folgern.

**[0029]** Die Emissionssteuervorrichtung **70** ist entlang des Auslassdurchgangs **48** stromabwärts des Abgassensors **126** angeordnet gezeigt. Die Vorrichtung **70** kann ein Dreiwegekatalysator (TWC) sein, der konfiguriert ist, um NO<sub>x</sub> zu verringern und CO und unverbrannte Kohlenwasserstoffe zu oxidieren. In manchen Ausführungsformen kann die Vorrichtung **70** eine NO<sub>x</sub>-Falle, diverse andere Emissionssteuervorrichtungen oder Kombinationen davon sein.

**[0030]** Ein zweiter, nachgelagerter Abgassensor **128** ist mit dem Auslassdurchgang **48** stromabwärts der Emissionssteuervorrichtung **70** verbunden gezeigt. Der nachgelagerte Sensor **128** kann jeder geeignete Sensor zum Bereitstellen einer Angabe eines Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnisses sein, wie beispielsweise ein UEGO, EGO, HEGO usw. In einer Ausführungsform ist der nachgelagerte Sensor **128** ein HEGO-Sensor, der konfiguriert ist, um eine relative Anfettung oder Magerung des Abgases nach dem Durchströmen des Katalysators anzuzeigen. Als solcher kann der HEGO-Sensor eine Ausgabe in Form eines Schaltpunkts, oder des Spannungssignals an dem Punkt, an dem das Abgas von mager zu fett umschaltet, bereitstellen.

**[0031]** Ferner kann in den offenbarten Ausführungsformen ein System zur Abgasrückführung (AGR) einen gewünschten Teil des Abgases über einen AGR-Kanal **140** aus dem Auslassdurchgang **48** in den Einlassdurchgang **42** leiten. Der dem Einlassdurchgang **42** bereitgestellte Umfang der AGR kann durch die Steuerung **12** über ein AGR-Ventil **142** variiert werden. Ferner kann ein AGR-Sensor **144** innerhalb des AGR-Kanals angeordnet sein und kann eine Angabe von einem oder mehr aus Druck, Temperatur und Konzentration von Abgas bereitstellen. Unter einigen Bedingungen kann das AGR-System auch verwendet werden, um die Temperatur des Luft-Kraftstoff-Gemischs innerhalb der Brennkammer zu regulieren.

**[0032]** Die Steuerung **12** ist in **Fig. 2** als ein Mikrocomputer gezeigt, mit einer Mikroprozessoreinheit **102**, Eingangs-/Ausgangs-Anschlüssen **104**, einem elektronischen Speichermedium für ausführbare Programme und Kalibrierungswerte, gezeigt als ein Nucleus-Speicherchip **106** in diesem besonderen Beispiel, einem Random-Access-Speicher **108**, einem Lebenserhaltungsspeicher **110** und einem Datenbus. Die Steuerung **12** kann zusätzlich zu den vorher erläuterten Signalen verschiedene Signale von Sensoren, die mit dem Motor **10** verbunden sind, empfangen, einschließlich einer Messung des eingespeisten Luftmassenstroms (MAF) vom Luftmassenstromsensor **120**; eines Abgaskrümmerrdrucks (EMP) vom Drucksensor **124**; einer Motorkühlmitteltemperatur (ECT) vom Temperatursensor **112**, der mit einem Kühlmittelmantel **114** verbunden ist; einem Zündungsprofilaufnahmesignal (PIP) von einem Hall-Effektsensor **118** (oder anderem Typ), der mit der Kurbelwelle **40** verbunden ist; einem Zylinderdrehmoment von dem Kurbelwellendrehmomentsensor, der mit der Kurbelwelle **40** verbunden ist; einer Drosselposition (TP) von einem Drosselpositionssensor; und einem Krümmerabsolutdrucksignal (MAP) vom Sensor **122**. Ein Motordrehzahlsignal, RPM, kann von der Steuerung **12** aus dem Signal PIP erzeugt werden. Die Steuerung **12** kann außerdem die verschiedenen Aktoren der **Fig. 2** verwenden, um den Motorbetrieb auf Grundlage der empfangenen Signale und Anweisungen, die in einem Speicher der Steuerung gespeichert sind, anzupassen.

**[0033]** Das Speichermedium Nurplese-Speicher **106** kann mit computerlesbaren Daten programmiert werden, die Anweisungen darstellen, die vom Prozessor **102** ausführbar sind, um die oben beschriebenen Verfahren wie auch andere Varianten, die vorstellbar aber nicht ausdrücklich aufgeführt sind, durchzuführen.

**[0034]** Während des Betriebs durchläuft jeder Zylinder innerhalb des Motors **10** üblicherweise einen Viertaktzyklus: Der Zyklus umfasst den Ansaugtakt, den Verdichtungstakt, den Arbeitstakt und den Ausstoßtakt. Während des Ansaugtakts schließt das Auslassventil **54** und das Einlassventil **52** öffnet sich im Allgemeinen. Luft wird durch den Ansaugkrümmer **44** in die Brennkammer **30** geleitet und der Kolben **36** bewegt sich zum Boden des Zylinders, um so das Volumen innerhalb der Brennkammer **30** zu vergrößern. Die Position, an der der Kolben **36** nahe dem Boden des Zylinders und am Ende seines Hubs ist (z. B. wenn die Brennkammer **30** ihr größtes Volumen erreicht hat), wird vom Fachmann üblicherweise als unterer Totpunkt (BDC) bezeichnet.

**[0035]** Während des Verdichtungstakts sind das Einlassventil **52** und das Auslassventil **54** geschlossen. Der Kolben **36** bewegt sich in Richtung Zylinderkopf, um so die Luft innerhalb der Brennkammer **30** zu verdichten. Der Punkt, an der der Kolben **36** am Ende seines Hubs und am nächsten am Zylinderkopf ist (z. B. wenn die Brennkammer **30** ihr kleinstes Volumen erreicht hat), wird vom Fachmann üblicherweise als oberer Totpunkt (TDC) bezeichnet. In einem Vorgang, der hierin als Einspritzung bezeichnet wird, wird Kraftstoff in die Brennkammer eingeleitet. In einem Vorgang, der hierin als Zündung bezeichnet wird, wird der eingespritzte Kraftstoff durch bekannte Zündungseinrichtungen, wie die Zündkerze **92**, gezündet, was zur Verbrennung führt.

**[0036]** Während des Arbeitstaktes schiebt das sich ausdehnende Gas den Kolben **36** zurück zum BDC. Die Kurbelwelle **40** wandelt die Kolbenbewegung in ein Drehmoment der Drehwelle um. Während des Ausstoßtakts schließlich öffnet sich das Abgasventil **54**, um das verbrannte Luft-Kraftstoff-Gemisch zum Abgaskrümmer **48** freizusetzen, und der Kolben kehrt zum TDC zurück. Es sei angemerkt, dass das obige nur als Beispiel gezeigt ist, und dass Öffnungs- und/oder Schließzeitpunkte des Einlass- und Auslassventils variieren können, um eine positive oder negative Ventilüberschneidung, eine späte Einlassventilschließung und verschiedene andere Beispiele bereitzustellen.

**[0037]** Wie vorstehend beschrieben zeigt **Fig. 2** nur einen Zylinder eines Multizylindermotors und jeder Zylinder kann gleichermaßen seinen eigenen Satz von Einlass-/Auslassventilen, Kraftstoffeinspritzventilen, Zündkerzen etc. beinhalten.

**[0038]** Bezugnehmend auf **Fig. 3** wird ein beispielhaftes Verfahren **300** zum Identifizieren eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders in einem Motor mit variablem Hubraum gezeigt. Anweisungen zum Ausführen des Verfahrens **300** und der übrigen der hierin eingeschlossenen Verfahren können durch die Steuerung **12** auf Grundlage von in einem Speicher der Steuerung gespeicherten Anweisungen und in Verbindung mit von Sensoren des Motorsystems empfangenen Signalen ausgeführt werden, wie etwa von den zuvor in Bezug auf **Fig. 1–Fig. 2** beschriebenen Sensoren. Die Steuerung kann Motorstellglieder des Motorsystems einsetzen, um den Motorbetrieb gemäß den nachfolgend beschriebenen Verfahren einzustellen.

**[0039]** Bei **302** umfasst das Verfahren **300** Bestimmen, Schätzen und/oder Messen aktueller Motorbetriebsbedingungen. Die Betriebsbedingungen können u.a. eine Motordrehzahllast, einen Drehmomentbedarf, einen Ladedruck, einen Krümmerluftdruck, eine Motortemperatur, ein Verbrennungs-Luft-Kraftstoff-Verhältnis, einen Abgasdruck und eine Motortemperatur umfassen. Das Verfahren **300** geht weiter zu **304**, nachdem die Motorbetriebsbedingungen bestimmt wurden.

**[0040]** Bei **304** bestimmt das Verfahren **300**, ob eine oder mehrere Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtserfassungen (AFIM)-Bedingung(en) erfüllt ist bzw. sind. Die AFIM-Erfassungsbedingungen können eine Schwellenwertdauer oder eine Schwellenwertfahrdistanz des Fahrzeugs seit der letzten AFIM-Erfassung beinhalten. Als ein weiteres Beispiel kann die AFIM-Erfassung einmal bei jedem Fahrzyklus durchgeführt werden. Wenn die AFIM-Bedingungen nicht erfüllt sind, geht das Verfahren **300** weiter zu **306**, um den Motor bei aktiviertem Mechanismus des Motors mit variablem Hubraum (VDE) auf Grundlage zumindest einer Fahreranforderung zu betreiben. Insbesondere kann der Motor in einem VDE-Modus betrieben werden, bei dem ein oder mehrere Zylinder deaktiviert ist bzw. sind, wenn die Fahreranforderung geringer ist, und in einem Nicht-VDE-Modus betrieben werden, bei dem alle Zylinder aktiv sind, wenn die Fahreranforderung höher ist. Dann kann das Verfahren enden. Wenn eine oder mehrere AFIM-Bedingung(en) erfüllt ist bzw. sind, ist die Antwort JA und das Verfahren **300** geht weiter zu **308**.

**[0041]** Bei **308** bestimmt das Verfahren **300**, ob VDE-Bedingungen erfüllt sind. VDE-Bedingungen können erfüllt sein, wenn die Fahreranforderung geringer als ein Schwellenwert ist. Wenn VDE-Bedingungen erfüllt

sind, geht das Verfahren weiter zu **310**. Bei **310** kann das Verfahren **300** ein Bestimmen einer Anzahl von Zylindern, die zu deaktivieren sind, auf Grundlage des Abfalls der Fahreranforderung umfassen, wobei die Anzahl höher ist, wenn das vom Fahrer angeforderte Drehmoment abnimmt. Zusätzlich kann eine Identität der zu deaktivierenden Zylinder bestimmt werden. In einem Beispiel kann die Steuerung ein anfängliches VDE-Muster für die Zylinderdeaktivierung und die Dauer der Zylinderdeaktivierung auf Grundlage aktueller Motorbetriebsbedingungen auswählen. Wie hierin herausgearbeitet, kann das anfängliche VDE-Muster in Reaktion darauf, dass die AFIM-Erfassungsbedingungen erfüllt sind, angepasst werden, um so Luftfehler für jeden Zylinder zu erlernen und damit ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht von Zylinder zu Zylinder opportunistisch während des VDE-Modus zu erlernen. Das Verfahren **300** kann dann mit **312** fortfahren. Zurückkehrend zu **308** ist die Antwort NEIN, wenn die VDE-Bedingungen nicht erfüllt sind, und das Verfahren **300** geht weiter zu **312**, um intrusiv Zylinderluftfehler und Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht von Zylinder zu Zylinder zu erlernen.

**[0042]** Bei **312** kann das Verfahren **300** Schätzen eines Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnisses (oder Lambda-Wert), eines Abgasdrucks und individueller Zylinderdrehmomentwerte, wenn alle Zylinder aktiv sind, umfassen. Zum Beispiel kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an einem Abgassensor (z. B. Abgassensoren **126** und/oder **128** in **Fig. 2**) gemessen werden. Die Steuerung kann ein durchschnittliches Lambda (LAM\_ALL) über einen Motorzyklus (2 Umdrehungen), wenn alle Zylinder aktiv sind, bestimmen. Der Abgasdruck kann an einem Abgasdrucksensor (z. B. Drucksensor **124** in **Fig. 2**) gemessen werden und individuelles Zylinderdrehmoment kann an einem Kurbelwellendrehmomentsensor (wie der Drehmomentsensor, der mit einer Kurbelwelle **40** jedes Zylinders verbunden ist, wie in **Fig. 2** gezeigt) gemessen werden.

**[0043]** Nach dem Bestimmen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, des Abgasdrucks und des Zylinderdrehmoments, wenn alle Zylinder aktiv sind, geht das Verfahren **300** weiter zu **314**. Bei **314** kann bzw. können ein oder mehrere Zylinder entsprechend dem VDE-Muster deaktiviert sein. In einem Beispiel ist ein erster Zylinder deaktiviert. Zum Beispiel kann ein Zylinder des ausgewählten VDE-Musters deaktiviert werden, während die übrigen Motorzylinder aktiv gehalten werden. Die Deaktivierung kann ein Abschalten der Kraftstoffeinspritzdüse und des Zündfunken des ausgewählten Zylinders umfassen, während die Einlass- und Auslassventile des Zylinders weiterhin geöffnet und geschlossen werden, um so Luft durch den ausgewählten Zylinder zu pumpen. Während die Kraftstoffeinspritzdüse des deaktivierten Zylinders abgeschaltet ist, führen die übrigen aktivierten Zylinder weiterhin eine Verbrennung durch, wobei die Kraftstoffeinspritzdüsen aktiv und funktionsfähig sind. Zum Beispiel kann ein Motor zwei Zylinderreihen aufweisen, wobei jede Zylinderreihe vier Zylinder enthält (z. B. Zylinder A1–A4 in Zylinderreihe **15A** und Zylinder B1–B4 in Zylinderbank **15B** in **Fig. 1**). In einem Beispiel kann das ausgewählte VDE-Muster Zylinder umfassen, die gemäß einer Zündreihenfolge gelistet sind (z. B. Zylinder A1, B1, A4, B4, B3, A2, B2 und A3), wobei jeder Zylinder einzeln selektiv deaktiviert werden kann, während die übrigen Motorzylinder aktiv bleiben. Durch einzelnes Deaktivieren eines Zylinders kann jeglicher Luftfehler dem deaktivierten Zylinder zugeschrieben werden. Es ist anzuerkennen, dass, während die obigen Beispiele ein sequentielles Deaktivieren eines einzelnen Zylinders vorschlagen, um das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders zu erlernen, kann in alternativen Beispielen eine Vielzahl von Zylindern (z. B. zwei oder mehr) des ausgewählten VDE-Musters gleichzeitig deaktiviert werden. In einem solchen Fall kann eine kompliziertere Berechnung für die Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts jedes Zylinders und zum Unterscheiden der Luftfehler in Zusammenhang mit jedem deaktivierten Zylinder erforderlich sein.

**[0044]** Nach dem Auswählen eines oder mehrerer Zylinder(s) des ausgewählten VDE-Musters zur Deaktivierung geht das Verfahren **300** weiter zu **316**. Bei **316** kann ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis/Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment bestimmt, geschätzt und/oder gemessen werden, während der einzelne (oder einer oder mehrere) Zylinder des VDE-Musters deaktiviert ist und die übrigen Zylinder aktiv sind. Zum Beispiel kann die Steuerung jeweils einen Zylinder unter Verwendung der VDE-Mechanismen deaktivieren und das Lambda über einen Motorzyklus für jede Zylinderdeaktivierung erfassen (z. B. LAM\_1 für Zylinder 1, LAM\_2 für Zylinder 2, LAM\_8 für Zylinder 8 in einem 8-Zylindermotor). Nach dem Bestimmen von Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment, während ein oder mehrere Zylinder des ausgewählten VDE-Musters deaktiviert ist bzw. sind, geht das Verfahren **300** weiter zu **318**. Bei **318** beurteilt das Verfahren **300**, ob Werte von Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment für alle Zylinder des ausgewählten VDE-Musters bestimmt wurden. Wenn die Antwort NEIN ist, geht die Routine weiter zu **320**. Bei **320** reaktiviert die Routine den bzw. die vorher selektiv deaktivierten Zylinder und deaktiviert den nächsten Zylinder (oder Reihe von Zylindern) des ausgewählten VDE-Musters und kehrt zu **316** zurück, um Lambda-, Abgasdruck- und Zylinderdrehmomentwerte für die deaktivierten Zylinder zu bestimmen, während die übrigen Zylinder aktiv gehalten werden. Wenn zum Beispiel der vorherige zur Deaktivierung ausgesuchte Zylinder A1 war, kann der nächste zur Deaktivierung ausgewählte Zylinder B1 sein. In einem weiteren Beispiel können die nächsten zur Deaktivierung ausgewählten Zylinder B1 und B3 sein, wenn die vorherigen zur Deaktivierung ausgewählten Zylinder A1 und A3 waren. Die Lambda-,



Abgasdruck- und Zylinderdrehmomentwerte werden bestimmt, während der Zylinder B1 (oder B1 und B3) deaktiviert und die übrigen Zylinder aktiv sind.

**[0045]** In einem Beispiel können die zu deaktivierenden Zylinder gemäß dem ausgewählten Zylindermuster jeweils sequentiell deaktiviert werden. Dann können die Zylinder reaktiviert werden und die übrigen Zylinder können sequentiell deaktiviert werden, wodurch ermöglicht wird, dass alle Motorzylinder mindestens einmal während der AFIM-Erfassung des VDE-Modus deaktiviert wurden. In einem Beispiel ist der Motor ein Vierzylindermotor (mit Zylindern 1–4) und als Reaktion auf den Abfall der Fahreranforderung ist ein Zylinder während des VDE-Modus zu deaktivieren. Der Zylinder 1 kann zunächst ausgewählt worden sein, um während der Gesamtheit des VDE-Modus deaktiviert zu sein. Jedoch kann der Zylinder 1 während der AFIM-Erfassung des VDE-Modus deaktiviert werden und ein Luftfehler des Zylinders 1 kann erlernt werden. Dann kann Zylinder 1, während die VDE-Bedingungen noch vorhanden sind, reaktiviert werden und Zylinder 2 kann deaktiviert werden und ein Luftfehler des Zylinders 2 kann erlernt werden. Dann kann Zylinder 2 reaktiviert werden und Zylinder 3 kann deaktiviert werden und ein Luftfehler des Zylinders 3 kann erlernt werden. Schließlich kann Zylinder 3 reaktiviert werden und Zylinder 4 kann deaktiviert werden und ein Luftfehler des Zylinders 4 kann erlernt werden. Auf diese Weise können die Zylinder während des VDE-Modus sequentiell deaktiviert werden, bis ein Luftfehler jedes Zylinders des Motors während des VDE-Modus opportunistisch erlernt wurde.

**[0046]** Zurückkehrend zu **318**, wenn Lambda-, Abgasdruck- und Zylinderdrehmomentwerte aller Zylinder bewertet wurden, dann fährt die Routine mit **324** fort. Bei **324** nimmt der Motor den VDE-Betrieb auf Grundlage aktueller Motorbetriebsbedingungen wieder auf. Dies umfasst, dass ein oder mehrere Zylinder deaktiviert gehalten wird bzw. werden, wenn die VDE-Bedingungen immer noch vorhanden sind. Ansonsten, wenn die Zylinderreaktivierungsbedingungen erfüllt sind, werden die deaktivierten Zylinder reaktiviert. Das Verfahren **300** geht dann weiter zu **402** von Verfahren **400**, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht zwischen Zylindern zu bestimmen. Wie in **Fig. 4** herausgearbeitet, kann die Steuerung den Unterschied in Lambda für jeden Zylinder aus dem Allzylinderwert berechnen und diesen Unterschied in Bezug auf einen Schwellenwert nutzen, um zu bestimmen, ob ein Zylinderungleichgewicht vorhanden ist. Die Steuerung kann zylinderspezifisches Drehmoment und Abgasdruckschätzungen in ähnlicher Weise beurteilen. Wenn ein Ungleichgewicht erfasst wird, kann ein Diagnosecode (DTC) gesetzt werden.

**[0047]** Es ist anzuerkennen, dass, während das Verfahren der **Fig. 3** ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht zwischen Zylindern während eines VDE-Modus durch sequentielles Deaktivieren von Motorzylindern und Erlernen einer entsprechenden Lambda-Abweichung (von einem Wert, wenn alle Zylinder zünden) geschätzt wird, in weiteren Beispielen das Erlernen auch während Motorleerlaufbedingungen und mittleren Lastbedingungen mit einem eingerückten Getriebe und einem Drehmomentwandler, der festgestellt zwischen den Motor und das Getriebe gekoppelt ist, durchgeführt werden kann. Dies kann die Wahrscheinlichkeit, dass eine Zylinderströmung am nachgelagerten Abgassensor erfasst wird, weiter erhöhen, da sich das Strömungsmuster bei stärkeren Strömungen (bei mittleren Lastbedingungen) im Vergleich zu geringeren Strömungen (bei Leerlaufbedingungen) wahrscheinlich verändert.

**[0048]** Durch Vergleichen der zylinderspezifischen Lambda-Abweichung von einem Wert, wenn alle Zylinder zünden, erlernt durch sequentielles Deaktivieren von Zylindern während VDE-Bedingungen, in Bezug auf Leerlaufbedingungen und mittlere Lastbedingungen, können Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichte, die durch zylinderspezifische Luftfehler entstehen, zuverlässiger erlernt werden. Zusätzlich wird eine Stabilität der Ungleichgewichtserfassung verbessert. Zum Beispiel werden falsche Erfassungen und versäumte Erfassungen des Ungleichgewichts verringert.

**[0049]** **Fig. 4** veranschaulicht ein beispielhaftes Verfahren **400** zum Erlernen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts zwischen Zylindern in einem Multizylindermotor. Das Verfahren **400** wird hierin unter Bezugnahme auf Komponenten und Systeme, die in **Fig. 1–Fig. 2** dargestellt sind, beschrieben, insbesondere bezüglich Motor **10**, Zylinderreihen **15A** und **15B** und Steuerung **12**. Das Verfahren **400** kann durch die Steuerung, die auf computerlesbaren Medien gespeicherte Anweisungen ausführt, durchgeführt werden. Es ist klar, dass das Verfahren **400** bei anderen Motorsystemen mit einer anderen Konfiguration angewandt werden kann, ohne vom Schutzzumfang dieser Offenbarung abzuweichen.

**[0050]** Der hierin beschriebene Ansatz erfasst Änderungen in der Ausgabe von jedem eines Abgassensors, eines Drucksensors und eines Drehmomentsensors bezogen auf Verbrennungsvorgänge in Zylindern, die während Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht-Erlernen sequentiell deaktiviert werden. Der Abgassensor gibt ein Signal aus, das proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas ist. Der Drucksensor gibt ein Signal aus, das pro-

portional zum Abgasdruck ist, während der Drehmomentsensor ein Signal ausgibt, das dem Drehmoment entspricht, das während der Verbrennung auf die Zylinder ausgeübt wird.

**[0051]** Durch Deaktivieren eines einzelnen Zylinders des ausgewählten VDE-Musters, während die übrigen Motorzylinder Luft und Kraftstoff verbrennen können, können die Ausgaben des Abgassensors, des Drucksensors und des Drehmomentsensors verwendet werden, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders für den deaktivierten Zylinder anzuzeigen. Somit kann der vorliegende Ansatz ein Signal-Rausch-Verhältnis erhöhen, um ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders zu bestimmen. In einem Beispiel wird eine UEGO- oder eine HEGO-Sensorausgangsspannung (umgewandelt in Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder Lambda (z. B. Differenz zwischen Luft-Kraftstoff und Luft-Kraftstoff-Stöchiometrie)) auf Zylinderzündungen abgetastet, nachdem Auslassventile der Zylinder, die Kraftstoff empfangen, geöffnet sind, während der einzelne Zylinder des ausgewählten VDE-Musters deaktiviert ist. Das abgetastete Sauerstoffsensorsignal wird dann ausgewertet, um einen Lambda-Wert oder ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu bestimmen. In einem weiteren Beispiel wird die Drucksensorausgabe abgetastet, um Abgasdruck zu bestimmen, und die Drehmomentsensorausgabe wird abgetastet, um Zylinderdrehmoment für Zylinderzündungen zu bestimmen, nachdem Auslassventile der Zylinder, die Kraftstoff empfangen, geöffnet sind, während der einzelne Zylinder des ausgewählten VDE-Musters deaktiviert ist.

**[0052]** Das Verfahren **400** beginnt bei **402**, wo Luft-Kraftstoff-Verhältnis/Lambda-, Abgasdruck-(P) und Zylinderdrehmoment-(TQ)Werte für jeden deaktivierten Zylinder (n) des ausgewählten VDE-Musters mit durchschnittlichen Werten von Lambda (LAMavg), Abgasdruck (Pavg) und Zylinderdrehmoment (TQavg) verglichen werden, wenn alle Zylinder aktiv sind. Insbesondere kann der Vergleich ein Berechnen einer Lambda-Differenz (LAM\_diff<sub>n</sub>), einer Druckdifferenz (P\_diff<sub>n</sub>) und einer Zylinderdrehmomentdifferenz (TQ\_diff<sub>n</sub>) für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters, wie in den nachfolgenden Gleichungen gezeigt, umfassen.

$$\text{LAM\_diff}_n = \text{LAMavg} - \text{LAM}_n, \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\text{P\_diff}_n = \text{Pavg} - \text{P}_n \quad (\text{Gl. 2})$$

$$\text{TQ\_diff}_n = \text{TQavg} - \text{TQ}_n, \quad (\text{Gl. 3})$$

**[0053]** Nach dem Vergleichen der Lambda-, Abgasdruck- und Zylinderdrehmomentwerte für jeden deaktivierten Zylinder mit den Durchschnittswerten von Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment, wenn alle Zylinder aktiv sind, geht das Verfahren **400** weiter zu **404**.

**[0054]** Bei **404** werden die Unterschiede in Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment verwendet, um einen Drehmomentfehler für jeden Zylinder zu erlernen. Zum Beispiel kann ein erster Luftfehler (der zu einem entsprechenden ersten Drehmomentfehler führt) für einen gegebenen Zylinder auf Grundlage der Lambda-Abweichung nach der Deaktivierung dieses Zylinders in Bezug auf das Lambda, wenn alle Zylinder zünden, bestimmt werden. Als weiteres Beispiel kann ein zweiter Drehmomentfehler für diesen Zylinder auf Grundlage der Abgasdruckabweichung nach der Deaktivierung dieses Zylinders in Bezug auf den Abgasdruck, wenn alle Zylinder zünden, bestimmt werden. Als noch weiteres Beispiel kann ein dritter Drehmomentfehler für diesen Zylinder auf Grundlage der Kurbelwellendrehzahl nach der Deaktivierung dieses Zylinders in Bezug auf die Kurbelwellendrehzahl, wenn alle Zylinder zünden, bestimmt werden. Der erste, zweite und dritte Fehler können dann miteinander verglichen werden, um einen durchschnittlichen Fehler für diesen Zylinder zu bestimmen. Die gleichen Schritte können dann wiederholt werden, um den Fehler für jeden Motorzylinder zu erlernen.

**[0055]** In einem weiteren Beispiel können die Unterschiede in Lambda, Abgasdruck und Zylinderdrehmoment mit Schwellenwerten verglichen werden, um die Anwesenheit eines Zylinderluft/Drehmomentfehlers und ein entsprechendes Luft-Kraftstoff/Drehmomentungleichgewicht zwischen Zylindern zu identifizieren. Insbesondere wird die Lambda-Differenz für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters mit einer Schwellenwert-Lambda-Differenz verglichen, wobei die Schwellenwert-Lambda-Differenz auf einem Ungleichgewicht basiert, das entweder übermäßige Emissionen (z. B. höher als ein Schwellenwert für Emissionen) oder unakzeptable Vibration (z. B. höher als ein Schwellenwert für Vibrationen) erzeugt. Wenn zum Beispiel die Lambda-Differenz größer als die Schwellenwert-Lambda-Differenz ist, kann ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den vorliegend deaktivierten Zylinder angezeigt werden. Ansonsten, wenn die Lambda-Differenz geringer als die Schwellenwert-Lambda-Differenz ist, wird kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders für jeden ausgewählten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters erfasst. In ähnlicher Weise wird die Abgasdruckdifferenz für den deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters mit einer Schwellenwert-Druckdifferenz verglichen, wobei der Schwellenwertdruck auf einem Druckungleichgewicht basiert, das entweder

übermäßige Emissionen oder unakzeptable Vibration erzeugt. Wenn die Abgasdruckdifferenz größer als die Schwellenwert-Druckdifferenz ist, kann ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den deaktivierten Zylinder angezeigt werden. Ansonsten, wenn die Abgasdruckdifferenz geringer als die Schwellenwert-Druckdifferenz ist, wird kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den deaktivierten Zylinder erfasst. In noch einem weiteren Beispiel wird die Zylinderdrehmomentdifferenz für den deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters mit einer Schwellenwert-Drehmomentdifferenz verglichen, wobei die Schwellenwert-Drehmomentdifferenz auf einem Drehmomentungleichgewicht basiert, das entweder übermäßige Emissionen oder unakzeptable Vibration erzeugt. Wenn die Zylinderdrehmomentdifferenz größer als die Schwellenwert-Drehmomentdifferenz ist, kann ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den vorliegend deaktivierten Zylinder angezeigt werden. Ansonsten, wenn die Zylinderdrehmomentdifferenz geringer als die Schwellenwert-Drehmomentdifferenz ist, wird kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den deaktivierten Zylinder erfasst.

**[0056]** Die Auswahl eines Parameters (d. h. eine oder mehrere von Lambda-, Abgasdruck- und Zylinderdrehmomentdifferenzen), der für das Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders verwendet wird, kann auf Grundlage einer Zuverlässigkeit einer Schätzung des Differenzparameters, wie aufgrund der Betriebsbedingungen bestimmt, ausgewählt werden. Wenn zum Beispiel das Abgas unzureichend gemischt und/oder der Abgassensor unzureichend aufgewärmt ist, kann die Lambda-Differenz verwendet werden, um das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des deaktivierten Zylinders mit erhöhter Zuverlässigkeit zu erlernen. In einem weiteren Beispiel kann die Abgastemperatur während einer Kaltstartbedingung geringer als eine Schwellenwerttemperatur sein und der Abgassensor ist nicht ausreichend aufgewärmt. Dann kann die unter solchen Bedingungen geschätzte Lambda-Differenz unzuverlässig oder ungenau sein. Deshalb kann ein anderer Parameter als die Lambda-Differenz, wie die Abgasdruckdifferenz oder die Zylinderdrehmomentdifferenz, während Kaltstartbedingungen stärker gewichtet werden, um das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für den deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters zu erlernen. Auf diese Weise kann das Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des deaktivierten Zylinders verbessert werden.

**[0057]** Nach dem Bestimmen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts auf Grundlage von Differenzparametern für jeden deaktivierten Zylinder der ausgewählten VDE geht das Verfahren **400** weiter zu **404**. Bei **404** wird ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht (oder eine Drehmomentabweichung) für jeden Motorzylinder auf Grundlage der Unterschiede erlernt. Zum Beispiel kann das Ungleichgewicht für jeden Zylinder auf Grundlage des ersten, zweiten und dritten Fehlers bestimmt werden, die auf Grundlage der Lambda-Abweichung, der Abgasdruckabweichung bzw. einer Kurbelwellenbeschleunigung erlernt wurden.

**[0058]** Bei **406** wird ein Luftstromfehler für jeden Zylinder des Motors auf Grundlage der entsprechenden Lambda-Abweichung erlernt. Insbesondere da die Lambda-Abweichung erlernt wird, wenn ein einzelner Zylinder selektiv deaktiviert wird, wird der Fehler einem Luftfehler zugeschrieben, da zu diesem Zeitpunkt keine Kraftstoffversorgung auftritt. Auf diese Weise kann eine Luftfehlerkomponente des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für einen Zylinder von einer Kraftstofffehlerkomponente des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts unterschieden werden.

**[0059]** Bei **408** beurteilt die Routine, ob Bedingungen für eine verlangsamte Kraftstoffabspernung (DFSO) vorhanden sind. DFSO-Bedingungen können eines oder mehrere der folgenden umfassen: ein Gaspedal, das nicht gedrückt ist, eine konstante oder abnehmende Fahrzeuggeschwindigkeit, und ein Bremspedal, das heruntergedrückt wird.

**[0060]** Zurückkehrend zu **408** geht die Routine weiter zu **410**, wenn DFSO-Bedingungen erfüllt sind, um einen Kraftstofffehler für Kraftstoffeinspritzdüsen jedes Motorzylinders zu erlernen. Ansonsten, wenn die DFSO-Bedingungen nicht erfüllt sind, geht die Routine weiter zu **420**.

**[0061]** Als nächstes, bei **410**, wird eine vorbestimmte Menge an Kraftstoff sequentiell in jeden Zylinder eingespritzt und das Luft-Kraftstoff-Gemisch wird verbrannt, um den Kraftstoffeinspritzungsfehler für jeden Zylinder zu erlernen. In einem Beispiel umfasst das Einspritzen einer Menge an Kraftstoff ein Einspritzen einer festgelegten Menge an Kraftstoff in einen ausgewählten Zylinder, während die übrigen Zylinder deaktiviert gehalten werden (z. B. wird kein Kraftstoff eingespritzt), während der Motor weiterhin dreht. Nach dem Einspritzen von Kraftstoff in den ausgewählten Zylinder kann der Zylinder einmal oder mehrere Male gezündet werden, um eine Perturbation des Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnisses oder Lambda-Werts zu erzeugen, nachdem Verbrennungsprodukte nach jedem Verbrennungsvorgang in dem zündenden Zylinder ausgestoßen wurden. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder der Lambda-Wert kann dann mit der Menge an Kraftstoff, die in den Zylinder eingespritzt wurde, in Beziehung gesetzt werden, und die Menge an Kraftstoff, die in den Zylinder eingespritzt wurde, kann durch Anpassen einer Kraftstoffpulsdauer, angewandt an einer Kraftstoffeinspritzdüse des Zylinders

ders, der Kraftstoff empfängt, bereitgestellt werden. Nachdem die Lambda-Werte bestimmt wurden, wird beurteilt, ob eine Lambda-Veränderung vorliegt oder nicht. Insbesondere kann eine Abweichung von Lambda nach Einspritzung von einem maximal mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis während der DFSSO geschätzt werden und mit einem erwarteten Lambda (aufgrund der eingespritzten Menge an Kraftstoff) verglichen werden. Der tatsächliche Lambda-Wert eines Zylinders kann sich von dem erwarteten Lambda-Wert aufgrund eines Kraftstoffeinspritzungsfehlers des Zylinders unterscheiden, was dann erlernt wird.

**[0062]** Als nächstes, bei **412**, kann die Routine einen Kraftstoffversorgungsfehler in Zusammenhang mit der Kraftstoffeinspritzdüse jedes Zylinders auf Grundlage der Lambda-Veränderung, die während der DFSSO geschätzt wurde, erlernen. Das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders kann dadurch entstehen, dass ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines oder mehrerer Zylinder von einem gewünschten oder erwarteten Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Motors abweicht. Eine Differenz zwischen dem tatsächlichen Zylinder-Lambda und dem erwarteten Lambda kann für einen oder einen Durchschnitt von Lambda-Werten bestimmt werden und ein Einspritzungskraftstoffversorgungsfehler kann auf Grundlage der durchschnittlichen Lambda-Werte erlernt werden. Das Erlernen des Kraftstoffversorgungsfehlers umfasst Bestimmen, ob das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Zylinders magerer (z. B. überschüssiger Sauerstoff) oder fetter (z. B. überschüssiger Kraftstoff) als erwartet ist und Speichern des erlernten Fehlers für künftigen Betrieb des Zylinders nach Beendigung der DFSSO. Wenn zum Beispiel ein Lambda-Wert eines ausgewählten Zylinders 2,1 ist und der erwartete Lambda-Wert ist 1,9, dann kann eine fette Luft-Kraftstoff-Verhältnisveränderung mit einer Größe von 0,2 vorhanden sein. Die Größe kann erlernt werden und bei künftiger Verbrennung in dem Zylinder nach der DFSSO angewandt werden, so dass eine Kraftstoffeinspritzung die Lambda-Veränderung von 0,2 in dem Zylinder, der die Veränderung aufweist, ausgleichen kann (z. B. eine Kraftstoffmenge mehr als die bestimmte Menge einspritzen, wobei der zusätzliche Kraftstoff proportional zu der Größe von 0,2 ist). Nach dem Erlernen des Kraftstofffehlers für jeden Zylinder geht die Routine weiter zu **414**.

**[0063]** Bei **414** kann die Routine ein Erlernen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für jeden Zylinder auf Grundlage von einem oder mehreren des erlernten Luftfehlers, des erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehlers und einem Vergleich von Luftfehler mit Kraftstoffeinspritzungsfehler umfassen. Der Luftfehler kann auftreten, wenn ein Zylinder entweder weniger Luft oder mehr Luft als erwartet empfängt, wie etwa aufgrund der spezifischen Geometrie der Zylinder. Die Größe des Luftfehlers kann von einer Position des Zylinders in Bezug auf das Luftansaugsystem abhängen. Zum Beispiel können Motorzylinder, die nahe dem Luftansaugsystem liegen, mehr Luft empfangen als Zylinder, die weiter weg liegen. Der Kraftstofffehler des Zylinders kann dadurch auftreten, dass eine Kraftstoffeinspritzdüse mehr oder weniger Kraftstoff als beabsichtigt in einen Zylinder einspritzt. Abhängig von der Größe des Luftfehlers und des Kraftstofffehlers in einem gegebenen Zylinder kann eine Kombination aus Luft- und Kraftstofffehler zu einem gesamten Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des gegebenen Zylinders gegenüber anderen Zylindern führen. Das Zylinderungleichgewicht kann ein mageres Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht sein, wenn der Luftfehler größer als der Kraftstofffehler ist. Alternativ kann der Kraftstofffehler für den gegebenen Zylinder größer sein als der Luftfehler und zu einem fetten Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht führen. In anderen Fällen können sich die Luft- und Kraftstofffehler in dem gegebenen Zylinder gegeneinander aufheben, wodurch kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht entsteht.

**[0064]** Als nächstes, bei **416**, beurteilt die Routine, ob das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für einen gegebenen Zylinder größer als eine Schwellenwert-Ungleichgewichtsschätzung ist (z. B. höher als 0,2). Wenn die Antwort JA ist, geht die Routine weiter zu **418**. Ansonsten, wenn das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht geringer als die Schwellenwert-Ungleichgewichtsschätzung ist, endet die Routine.

**[0065]** Bei **418** setzt die Routine einen Diagnosecode, indem die Identität der Zylinder im Ungleichgewicht und der entsprechende Grad des Ungleichgewichts vermerkt werden. In einem Beispiel kann der Diagnosecode nur dann entfernt werden, nachdem der Zylinder von einem Techniker gewartet wurde. Ferner kann der Betrieb des Zylinders im Ungleichgewicht begrenzt sein, während der Code gesetzt ist. Zum Beispiel kann die Motorlast begrenzt sein. Bei einem weiteren Beispiel kann der Motor beim Setzen des Diagnosecodes in einen Fehlerabschwächungsmodus eintreten, wobei der Fehlerabschwächungsmodus ein FMEM-Modus ist, der eine Fehldiagnose betroffener Systeme und Schäden an Motorkomponenten verringert. Im Fehlerabschwächungsmodus kann eine Motorlast (einschließlich Luftmenge und Gesamtkraftstoffmasse) begrenzt sein. Die Begrenzung kann auf dem Grad des identifizierten Ungleichgewichts basieren, wobei die Motorlast auf ein niedrigeres Niveau begrenzt wird, wenn der Grad des Ungleichgewichts von Zylinder zu Zylinder höher ist und/oder wenn eine große Anzahl von Zylindern im Ungleichgewicht ist. Nach dem Setzen des Diagnosecodes geht die Routine weiter zu **420**.

**[0066]** Bei **420** passt die Routine den Zylinderbetrieb aller Zylinder, die ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht aufweisen, wie es bei **414** bestimmt wurde, an. Das Anpassen kann ein Anpassen von Mengen an Kraftstoff, der in die Motorzylinder eingespritzt wird, über Verändern der Kraftstoffeinspritzmenge umfassen. Die Kraftstoffeinspritzungsanpassungen können proportional zum Luft-Kraftstofffehler, wie bei **412** beschrieben, sein. Das Anpassen kann ferner Einspritzen einer größeren Menge an Kraftstoff oder einer geringeren Menge an Kraftstoff auf Grundlage der Art des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders umfassen. Zum Beispiel kann ein gegebener Zylinder bei **414** eine fette Luft-Kraftstoff-Abweichung zeigen. Die Kraftstoffanpassungen können Einspritzen von weniger Kraftstoff in den gegebenen Zylinder umfassen. Alternativ, wenn der gegebene Zylinder eine magere Luft-Kraftstoff-Abweichung zeigt, können die Kraftstoffanpassungen Einspritzen von mehr Kraftstoff in den gegebenen Zylinder umfassen. Durch Anpassen der Menge an Kraftstoff, die in die Zylinder im Ungleichgewicht eingespritzt wird, auf Grundlage der Luft-Kraftstoff-Abweichung können Motorwirkungsgrad und -betrieb verbessert werden, während Emissionen verringert werden. Das Verfahren **400** kann enden, nachdem die Anpassungen entsprechend dem erlernten Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für jeden Zylinder angewandt wurden.

**[0067]** Fig. 5 zeigt ein alternatives Verfahren **500** zum Identifizieren des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders. In dem beispielhaften Verfahren **500** wird das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf Grundlage von drei unterschiedlichen Ungleichgewichtsschätzungen bestimmt, wobei jede Schätzung mit einer Aussagewahrscheinlichkeit auf Grundlage von Motorbetriebsbedingungen gewichtet wird. Darin werden das Motordrehmoment, Abgassauerstoffsensordaten und Abgasdrucksignale verarbeitet und nach jedem Verbrennungsvorgang gespeichert. Ein unterschiedlicher Registerspeicher wird verwendet, um das durchschnittliche Drehmoment, Lambda und Druck für jeden einzelnen Zylinder zu speichern, indem Zylinderverbrennungs-Funkenvorgang-Timinginformationen genutzt werden. Auf diese Weise kann das Verfahren **500** das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht in einem breiten Bereich von Betriebsbedingungen zuverlässig bestimmen, ohne den Motorbetrieb zu unterbrechen. Das Verfahren **500** wird hierin unter Bezugnahme auf Komponenten und Systeme, die in Fig. 1–Fig. 2 dargestellt sind, beschrieben, insbesondere bezüglich Motor **10**, Zylinderreihen **15A** und **15B** und Steuerung **12**. Das Verfahren **500** kann durch die Steuerung, die auf computerlesbaren Medien gespeicherte Anweisungen ausführt, durchgeführt werden. Es ist klar, dass das Verfahren **500** bei anderen Motorsystemen mit einer anderen Konfiguration angewandt werden kann, ohne vom Schutzzumfang dieser Offenbarung abzuweichen.

**[0068]** Das Verfahren **500** geht auf Grundlage einer ersten Betriebsbedingung weiter zu **502**. Die erste Betriebsbedingung kann eines oder mehrere von einer mittleren Motorlast, einer Leerlaufbedingung, einheitlichen Abgasmischungsbedingungen und ausreichender Erwärmung des Abgassensors umfassen. Die Routine kann ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis (AFR) entsprechend einem deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters (im Verfahren **300** gemessen oder geschätzt) auswählen. Das ausgewählte Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird auf ein Prozent eines gemittelten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses (LAMavg), geschätzt wenn alle Motorzylinder aktiv sind, normalisiert.

**[0069]** Als nächstes, bei **504**, wird eine erste Aussagewahrscheinlichkeit ( $c_1$ ) für die Luft-Kraftstoff-Verhältnisschätzung für den deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters auf Grundlage der ersten Betriebsbedingung bestimmt. Die erste Aussagewahrscheinlichkeit kann die Zuverlässigkeit oder Genauigkeit der Luft-Kraftstoff-Verhältnisschätzung auf Grundlage aktueller Motorbedingungen widerspiegeln. Die Aussagewahrscheinlichkeit kann auf einen höchsten Wert von eins gesetzt werden (was das größte Vertrauen anzeigt) und kann auf einen niedrigsten Wert von null gesetzt werden, wenn die Zylinderungleichgewichtsschätzung nicht verfügbar oder nicht zuverlässig ist. Eine höhere Aussagewahrscheinlichkeit zeigt an, dass die Ungleichgewichtsschätzung zuverlässiger ist, während eine niedrigere Aussagewahrscheinlichkeit anzeigt, dass die Ungleichgewichtsschätzung weniger zuverlässig ist. Zum Beispiel kann die erste Aussagewahrscheinlichkeit erhöht sein, wenn die Mischung des Abgases am Abgassensor ausreichend oder über einem Schwellenwert-Mischniveau liegt. In einem anderen Beispiel kann die erste Aussagewahrscheinlichkeit während Kaltstartbedingungen verringert sein, wenn der Abgassensor nicht ausreichend aufgewärmt ist, wodurch die Schätzung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses unzuverlässig sein kann. Die erste Aussagewahrscheinlichkeit kann für jeden Zylinder des ausgewählten VDE-Musters unterschiedlich sein. Als ein Beispiel können die Abgassensormesswerte durch die Lage eines Zylinders in Bezug auf die Position des Abgassensors derart beeinträchtigt sein, dass Strömung von einigen Zylindern an dem Abgassensor erfasst werden kann, während Strömung von anderen Zylindern möglicherweise nicht erfasst wird. Somit können Zylindern, deren Strömung an dem Abgassensor erfasst wird, höhere Aussagewahrscheinlichkeiten zugeordnet werden im Vergleich zu Zylindern, deren Strömung nicht erfasst wird.

**[0070]** Wenn das Fahrzeug in der zweiten Betriebsbedingung ist, geht das Verfahren **500** weiter zu **506**. Die zweite Bedingung kann eine Mittellast-Beharrungszustand-Bedingung oder eine Leerlauf-Beharrungszustand-Bedingung sein. Ferner kann die zweite Betriebsbedingung eine Veränderung der Auslassventilzeitsteuerung sein, die eine Schwellenwert-Zeitsteuerung übersteigt. Außerdem kann die zweite Betriebsbedingung sein, dass ein durchschnittlicher Abstand zwischen einem Drucksensor und dem Auslassventil der verbrennenden Zylinder geringer als ein Schwellenwertabstand ist. Somit kann die zweite Betriebsbedingung eine beliebige oder eine beliebige Kombination der oben genannten Betriebsbedingungen umfassen. Der Abgasdruck ( $P_n$ ) für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters (vorher in Verfahren **300** geschätzt) wird auf ein Prozent des gemittelten Abgasdrucks ( $P_{avg}$ ), wenn alle Zylinder aktiv sind, normalisiert.

**[0071]** Bei **508** wird eine zweite Aussagewahrscheinlichkeit für eine Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtsschätzung für jeden deaktivierten Zylinder jedes ausgewählten VDE-Musters auf Grundlage der zweiten Betriebsbedingung bestimmt. Die zweite Aussagewahrscheinlichkeit kann bei geringerer Veränderung der Ventilzeitsteuerung erhöht und bei größerer Veränderung der Ventilzeitsteuerung verringert sein. Die zweite Aussagewahrscheinlichkeit kann außerdem auf einen Wert unter einem Schwellenwert festgelegt werden, wenn die durchschnittliche Entfernung zwischen dem Drucksensor und dem Auslassventil der verbrennenden Zylinder größer als eine Schwellenwertentfernung ist. Außerdem kann die zweite Aussagewahrscheinlichkeit auf einen Wert über einem Schwellenwert festgelegt werden, wenn die Entfernung geringer als die Schwellenwertentfernung ist.

**[0072]** Wenn das Fahrzeug in der dritten Betriebsbedingung ist, geht das Verfahren **500** weiter zu **510**. Die dritte Bedingung kann ein Kaltstartbedingung sein. Zum Beispiel kann die Kaltstartbedingung bestimmt werden, wenn die Abgastemperatur geringer als eine Schwellenwerttemperatur ist und das Abgas am Abgassensor nicht ausreichend gemischt ist. Außerdem kann die dritte Bedingung ein magerer Motorbetrieb sein. Somit kann die dritte Betriebsbedingung eine beliebige oder eine beliebige Kombination der oben genannten Betriebsbedingungen umfassen. Wenn die dritte Betriebsbedingung erfüllt ist, wird ein Zylinderdrehmoment ( $TQ_n$ ), im Verfahren **300** gemessen oder geschätzt, für jeden deaktivierten Zylinder jedes ausgewählten VDE-Musters auf ein Prozent eines durchschnittlichen Zylinderdrehmoments ( $TQ_{avg}$ ) normalisiert.

**[0073]** Bei **512** wird eine dritte Aussagewahrscheinlichkeit ( $c_3$ ) für eine Zylinderdrehmoment-Ungleichgewichtsschätzung für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters auf Grundlage der dritten Betriebsbedingung bestimmt. Die dritte Aussagewahrscheinlichkeit kann bei einer besseren Mischung des Abgases am Abgassensor verringert und bei unzureichender Mischung des Abgases am Abgassensor erhöht sein. Die dritte Aussagewahrscheinlichkeit kann bei einem magereren Luft-Kraftstoff-Verhältnis erhöht und bei einem fetteren Luft-Kraftstoff-Verhältnis verringert sein. Nach dem Schätzen der normalisierten Ungleichgewichtsschätzungen und aller Aussagewahrscheinlichkeiten für jeden deaktivierten Zylinder jedes ausgewählten VDE-Musters kann das Verfahren **500** mit **514** fortfahren.

**[0074]** Bei **514** wird ein umfassender normalisierter Parameter (CNP) für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters auf Grundlage der Aussagewahrscheinlichkeiten und der normalisierten Ungleichgewichtsschätzungen geschätzt. Zum Beispiel kann der umfassende normalisierte Parameter für einen deaktivierten Zylinder ( $n$ ) des ausgewählten VDE-Musters wie nachfolgend gezeigt berechnet werden:

$$CNP = c_1 \frac{LAM_n}{LAM_{avg}} + c_2 \frac{P_n}{P_{avg}} + c_3 \frac{TQ_n}{TQ_{avg}} \quad (Gl. 4)$$

**[0075]** Bei **516** bestimmt das Verfahren **500**, ob der umfassende normalisierte Parameter für jeden deaktivierten Zylinder des ausgewählten VDE-Musters größer als ein Schwellenwertparameter ist. Der Schwellenwertparameter kann ein Wert eines Schwellenwerts oder ein gemittelter umfassender normalisierter Parameter sein, bestimmt, wenn alle Zylinder aktiv sind. Wenn die Antwort NEIN ist (d. h. der CNP ist geringer als der Schwellenwertparameter), geht das Verfahren **500** weiter zu **518**, wo kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht in einem deaktivierten Zylinder erfasst wird und die Routine endet.

**[0076]** Zurückkehrend zu **516**, wenn die Antwort JA ist (d. h. der CNP ist größer als der Schwellenwertparameter), geht das Verfahren **500** weiter zu **520**. Bei **520** wird jeder deaktivierte Zylinder des ausgewählten VDE-Musters mit einem Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht identifiziert. Der Zylinder im Ungleichgewicht kann auf Grundlage einer Abweichung des umfassenden normalisierten Parameters des deaktivierten Zylinders von dem Schwellenwertparameter identifiziert werden. Die Größe der Abweichung kann der Größe des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts entsprechen. Wenn zum Beispiel das VDE-Muster mit vier Zylindern (z. B. Zylinder

A1–A4 und B1–B4 in **Fig. 1**) für ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtslernen ausgewählt wird. In einem Beispiel kann bei Kaltstartbedingungen der Zylinder A1 des ausgewählten VDE-Musters deaktiviert und der Luft-Kraftstoff-Fehler bestimmt werden. Wenn die erste Aussagewahrscheinlichkeit 0,2 ist, ist die zweite Aussagewahrscheinlichkeit 0,4 und die dritte Aussagewahrscheinlichkeit 0,4. Zusätzlich, wenn das normalisierte Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnis 1,33 (0,8/0,6) ist, ist der normalisierte Abgasdruck 0,86 (1,2/1,4) und das normalisierte Zylinderdrehmoment ist 0,92 (2,4/2,6). Der CNP ist mit 0,98 berechnet, aber der Schwellenwertparameter ist 0,8, dann wird ein Luft-Kraftstoff-Fehler von 0,18 für den Zylinder A1 bestimmt.

**[0077]** Das Verfahren **500** geht dann weiter zu **522**, um einen Diagnosecode, der Informationen über die Zylinder im Ungleichgewicht enthält, zu aktualisieren. Zum Beispiel kann der Diagnosecode für alle Zylinder im Ungleichgewicht auf Grundlage der bei **516** bestimmten Abweichung des CNP von dem Schwellenwertparameter modifiziert werden. In einem weiteren Beispiel kann der Diagnosecode auf Grundlage der Differenz zwischen der aktuellen CNP-Abweichung und einer früheren CNP-Abweichung in dem Diagnosecode aus einem früheren Zeitraum, in dem der Motor betrieben wurde, aktualisiert werden. Ferner kann die Ungleichgewichtshistorie aller Zylinder aktualisiert werden. Nach dem Aktualisieren des Diagnosecodes kann das Verfahren **500** enden.

**[0078]** In einem Beispiel werden das Motordrehmoment, Abgassauerstoffsensordaten und Abgasdrucksignale verarbeitet und nach jedem Verbrennungsvorgang gespeichert. Ein kombinierter Durchschnitt aller Zylinder wird dann für jeden Signaltyp berechnet. Für jeden Signaltyp werden die einzelnen Zylinderwerte auf ein Prozent des kombinierten Durchschnitts normalisiert, um bis zu drei vollständige Sätze von normalisierten Ergebnissen für jeden Zylinder zu erhalten. Für jeden Zylinder werden die normalisierten Ergebnisse mit einer Aussagewahrscheinlichkeit (1,0 nominal) gewichtet und dann zusammenaddiert, um ein umfassendes normalisiertes Ergebnis zu erzielen. Das Verfahren mit dem höchsten Wert erhält die höchste Aussagewahrscheinlichkeit (z. B. 1,0). Das umfassende normalisierte Ergebnis für jeden Zylinder wird mit den anderen Zylindern verglichen. Wenn die Spanne zwischen den Zylinderdrehmomenten einen Schwellenwert übersteigt, wird ein Ungleichgewicht erfasst und bestimmt. Der/die Zylinder, der bzw. die am weitesten von dem kombinierten Mittel der umfassenden normalisierten Ergebnisse der Zylinder entfernt ist bzw. sind (oder einen Schwellenwert übersteigt/übersteigen), werden identifiziert, indem ein entsprechender Diagnosecode gesetzt wird.

**[0079]** Zurückkehrend zu **Fig. 6** ist eine beispielhafte grafische Darstellung eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts in einzelnen Zylindern eines Vierzylindermotors gezeigt (z. B. ein Reihenmotor mit Zylindern 1–4). Die Sequenz der **Fig. 6** kann durch Ausführen von Anweisungen in dem System der **Fig. 1–Fig. 2** gemäß den Verfahren der **Fig. 3–Fig. 4** bereitgestellt werden. Die einzelnen Zylinder des Motors sind auf der X-Achse eingezeichnet, während Luftfehler, Kraftstofffehler und Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf der Y-Achse eingezeichnet sind. Die Luftfehler-, Kraftstoffeinspritzungsfehler- und Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtswerte werden für jeden Zylinder bestimmt, wenn die DFSO-Bedingungen erfüllt sind, wie bei **Fig. 4** erläutert wurde. Luftfehlerwerte für Zylinder 1–4 sind bei Kurve **602** dargestellt, der Null-Luftfehler wird durch die Linie **604** dargestellt. Der Kraftstofffehler für jeden Zylinder ist bei Kurve **606** eingezeichnet und das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht für jeden Zylinder ist bei Kurve **610** eingezeichnet. Die Linien **608** und **612** stellen jeweils Null-Kraftstofffehler bzw. Null-Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht dar. Während das dargestellte Beispiel die Nullfehler bei **604**, **608** und **612** zeigt, können sie in alternativen Beispielen einen kombinierten Mittelwert dieses Parameters auf Grundlage der Schätzung dieses Parameters für alle Zylinder darstellen, und die durchgehenden Kreise zeigen Abweichungen von dem kombinierten Mittel.

**[0080]** Bezugnehmend auf Kurve **602** sind Luftfehlerwerte für jeden Zylinder dargestellt. Wie gezeigt, weist der Zylinder 1 einen relativ höheren Luftfehlerwert auf, während die Zylinder 2 und 3 relativ geringere Luftfehlerwerte aufweisen. Insbesondere weicht der Zylinder 1 am meisten von dem Mittel ab. Die Zylinder 1 und 3 empfangen mehr Luft als erwartet, aber der Zylinder 1 empfängt mehr Luft verglichen mit Zylinder 3. Zylinder 2 empfängt weniger Luft als erwartet, während der Zylinder 4 keinen Luftfehler anzeigt (**604**), da der Zylinder die erwartete Menge an Luft empfängt. Zum Beispiel können die Zylinder 1–3 Luftfehlerwerte von 0,5, 0,2 bzw. 0,1 anzeigen, während der Zylinder 4 keinen Luftfehler anzeigt. Der Luftfehler von 0,5 im Zylinder 1 zeigt, dass der Zylinder eine größere Menge an Luft als erwartet empfängt. Der Zylinder 2 zeigt einen Luftfehler von 0,2, was anzeigt, dass der Zylinder eine geringere Menge an Luft als erwartet empfängt. Der Zylinder 3 zeigt einen Luftfehler von 0,1, was anzeigt, dass der Zylinder eine größere Menge an Luft als erwartet empfängt, aber die Menge an Luft, die vom Zylinder 3 empfangen wird, ist weniger im Vergleich zu der Menge, die vom Zylinder 1 empfangen wird.

**[0081]** Als nächstes zeigt die Kurve **606** die Kraftstofffehlerwerte für die Zylinder 1–4. Wie dargestellt, zeigen die Zylinder 1–3 Kraftstofffehler, während der Zylinder 4 keinen Kraftstofffehler anzeigt (**608**). Die Zylinder 1 und 3 empfangen eine geringere Menge an Kraftstoff als erwartet, während Zylinder 2 eine größere Menge an

Kraftstoff als erwartet empfängt. Da der Zylinder 4 keinen Kraftstofffehler anzeigt, empfängt der Zylinder die erwartete Menge an Kraftstoff. Zum Beispiel können die Zylinder 1–3 Kraftstofffehlerwerte von 0,2, 0,15 bzw. 0,1 anzeigen, während der Zylinder 4 keinen Kraftstofffehler anzeigt.

**[0082]** Als nächstes zeigt die Kurve **610** die Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtswerte für die Zylinder 1–4. Wie gezeigt, weist der Zylinder 1 ein relativ höheres Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht auf, während der Zylinder 2 ein relativ geringeres Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht aufweist. Die Zylinder 3–4 zeigen kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht. Der Zylinder 1 zeigt eine magere Luft-Kraftstoff-Abweichung, während der Zylinder 2 eine fette Luft-Kraftstoff-Veränderung zeigt. Da der Zylinder 1 eine größere Menge an Luft als erwartet, aber weniger Kraftstoff empfängt, kann eine große magere Luft-Kraftstoff-Abweichung erfasst werden. Der Zylinder 2 empfängt eine geringere Menge an Luft als erwartet, aber eine größere Menge an Kraftstoff, somit kann eine fette Luft-Kraftstoff-Abweichung beobachtet werden. Die Luft- und Kraftstofffehler im Zylinder 3 heben sich auf, wodurch kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht in dem Zylinder entsteht (**612**). Da der Zylinder 4 keine Luft- und Kraftstofffehler aufweist, wird kein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht erfasst (**612**).

**[0083]** Der Luftfehler, der Kraftstofffehler und das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht jedes Zylinders im Ungleichgewicht wird in dem Diagnosecode vermerkt und gespeichert. Eine Steuerung kann den Zylinderbetrieb aller Zylinder, die ein Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht aufweisen, wie oben bestimmt wurde, anpassen. Das Anpassen kann ein Anpassen von Mengen an Kraftstoff, der in die Motorzylinder mit Ungleichgewicht eingespritzt wird, über Verändern der Kraftstoffeinspritzzeitpunkte umfassen, wie etwa durch Vorverlegen oder Verzögern der Kraftstoffeinspritzzeitpunkte. Die Kraftstoffeinspritzzeitpunktanpassungen können proportional zum bestimmten Luft-Kraftstofffehler sein. Das Anpassen kann ferner Einspritzen einer größeren Menge an Kraftstoff oder einer geringeren Menge an Kraftstoff auf Grundlage der Art des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders umfassen. Der Zylinder 1 zeigt zum Beispiel eine magere Luft-Kraftstoff-Abweichung, während der Zylinder 2 eine fette Luft-Kraftstoff-Abweichung zeigt. Die Kraftstoffanpassungen können Einspritzen von mehr Kraftstoff in den Zylinder 1, aber weniger Kraftstoff in den Zylinder 2 umfassen, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis beider Zylinder auf einen stöchiometrischen Wert zu bringen. Durch Anpassen der Menge an Kraftstoff, die in die Zylinder im Ungleichgewicht eingespritzt wird, auf Grundlage der Luft- und Kraftstofffehler und der Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichtsschätzung können Motorwirkungsgrad und -betrieb verbessert werden, während Emissionen verringert werden.

**[0084]** Auf diese Weise kann das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht der Zylinder zuverlässig und stabil bestimmt werden, ohne den Umweg über das Luft-Kraftstoff-Verhältnis und ohne sich auf teure Sensoren zu verlassen. Weiterhin kann das Ungleichgewicht für Zylinder unabhängig von ihrer Geometrie bestimmt werden. Durch Verbessern der Stabilität der Ungleichgewichtserfassung und durch Verringern falscher und versäumerter Erfassungen werden die Gewährleistungskosten verringert.

**[0085]** In einem Beispiel umfasst ein Verfahren für einen Motor: während eines Zylinderdeaktivierungsvorgangs, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders einer Zylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern; Schätzen einer Lambda-Abweichung für jeden Zylinder nach der sequentiellen Deaktivierung jedes Zylinders der Zylindergruppe; und Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung. Das vorstehende Beispiel kann zusätzlich oder optional ferner umfassen: Unterscheiden des Luftfehlers für jeden Zylinder von einem Kraftstofffehler für Kraftstoffeinspritzdüsen jedes Zylinders der Zylindergruppe. Jedes oder alle der vorstehenden Beispiele umfasst zusätzlich oder optional ferner: während eines Verlangsamungs-Kraftstoffabsperrungs(DFSO)-Vorgangs, sequentielles Zünden jedes Zylinders der Zylindergruppe mit einer Kraftstoffpulsdauer, ausgewählt, um eine erwartete Lambda-Abweichung bereitzustellen, und Erlernen des Kraftstoffeinspritzungsfehlers für jeden Zylinder des Zylinders auf Grundlage einer tatsächlichen Lambda-Abweichung in Bezug auf die erwartete Luft-Kraftstoff-Abweichung. Jedes oder alle der vorstehenden Beispiele umfasst zusätzlich oder optional ferner: Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für jeden Zylinder auf Grundlage des erlernten Luftfehlers für den Zylinder. In jedem oder allen der vorhergehenden Beispiele umfasst das Schätzen der Lambdaabweichung zusätzlich oder optional ein Schätzen einer Abweichung von einem durchschnittlichen Lambda, wenn alle Zylinder zünden, vor dem Zylinderdeaktivierungsvorgang. In jedem oder allen der vorstehenden Beispiele, zusätzlich oder optional, ist der Zylinderdeaktivierungsvorgang eine Reaktion auf ein Abfallen der Fahreranforderung, und eine Anzahl und Identität von Zylindern in der Zylindergruppe, ausgewählt für die sequentielle Deaktivierung, basiert auf dem Abfall der Fahreranforderung. In jedem oder allen der vorstehenden Beispiele basiert eine Reihenfolge der sequentiellen Deaktivierung, zusätzlich oder optional, auf jeweils einer Zündreihenfolge jedes Zylinders der Zylindergruppe und einer Dauer, die seit einer letzten Luftfehlerdiagnose für jeden Zylinder der Zylindergruppe verstrichen ist. In jedem oder allen der vorstehenden Beispiele umfasst das Anzeigen, zusätzlich oder optional, ein Anzeigen eines Luft-



Kraftstoff-Ungleichgewichts für einen gegebenen Zylinder in Reaktion darauf, dass der erlernte Luftfehler für den gegebenen Zylinder größer als ein Schwellenwertfehler ist.

**[0086]** Weiterhin ist in jedem oder allen der vorstehenden Ansprüche, zusätzlich oder optional, der erlernte Fehler ein erster Fehler, wobei das Verfahren ferner umfasst: während Motorleerlaufbedingungen, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe und Erlernen eines zweiten Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung; während einer Motorlast größer als eine Schwellenwertlast und bei festgestelltem Drehmomentwandler, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe und Erlernen eines dritten Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung; und Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für jeden Zylinder auf Grundlage des ersten, zweiten und dritten Luftfehlers.

**[0087]** Jedes oder alle der vorstehenden Beispiele umfasst zusätzlich oder optional ferner: in Reaktion auf das Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts in einem ersten Zylinder der Zylindergruppe, nach Reaktivieren der Zylindergruppe, Anpassen der Kraftstoffversorgung auf Grundlage des erlernten Luftfehlers für den ersten Zylinder, und ferner Anpassen der Kraftstoffversorgung der übrigen Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage des erlernten Luftfehlers, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei oder in der Nähe von Stöchiometrie aufrechtzuerhalten. Jedes oder alle der vorstehenden Beispiele umfasst zusätzlich oder optional ferner: Erlernen eines Drehmomentfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage von einem oder mehreren von Kurbelwellenbeschleunigungen und Abgasdruckpulsationen während der sequentiellen Deaktivierung und Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Drehmomentfehler. In jedem oder allen der vorstehenden Beispiele ist die Zylindergruppe, zusätzlich oder optional, eine erste Zylindergruppe und die Lambda-Abweichung wird auf Grundlage einer Ausgabe eines ersten gemeinsamen Abgassensors geschätzt, der selektiv Abgas von jedem Zylinder der ersten Zylindergruppe empfängt, wobei der Motor eine zweite, andere Zylindergruppe und einen zweiten gemeinsamen Abgassensor, der selektiv Abgas von jedem Zylinder der zweiten Zylindergruppe empfängt, beinhaltet, wobei das Verfahren ferner umfasst: Unterscheiden eines Fehlers des ersten gemeinsamen Abgassensors von einem Fehler des zweiten gemeinsamen Abgassensors auf Grundlage eines Ungleichgewichts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der ersten Zylindergruppe in Bezug auf ein Ungleichgewicht des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der zweiten Zylindergruppe.

**[0088]** In einem weiteren Beispiel kann ein Verfahren für einen Motor umfassen: Schätzen eines ersten Lambda, wenn alle Zylinder zünden; selektives Deaktivieren eines ersten Zylinders und Schätzen eines zweiten Lambda; dann Reaktivieren des ersten Zylinders, während ein zweiter Zylinder selektiv deaktiviert wird, und Schätzen eines dritten Lambda; Erlernen eines ersten Luftfehlers für den ersten Zylinder auf Grundlage des zweiten Lambda in Bezug auf das erste Lambda; Erlernen eines zweiten Luftfehlers für den zweiten Zylinder auf Grundlage des dritten Lambda in Bezug auf das erste Lambda; und beim Reaktivieren des ersten und zweiten Zylinders, Anpassen der Kraftstoffversorgung des ersten und zweiten Zylinders auf Grundlage jedes des ersten und zweiten Luftfehlers, und den Motor bei oder in der Nähe von Stöchiometrie zu betreiben. Das vorstehende Beispiel kann zusätzlich oder optional ferner umfassen: Schätzen eines maximalen mageren Lambda, wenn alle Zylinder deaktiviert sind; selektive Kraftstoffversorgung des ersten Zylinders und Erlernen eines Kraftstofffehlers für den ersten Zylinder auf Grundlage einer tatsächlichen Änderung von Lambda in Bezug auf eine erwartete Änderung von Lambda; dann Deaktivieren des ersten Zylinders, während der zweite Zylinder selektiv mit Kraftstoff versorgt wird, und Erlernen eines Kraftstofffehlers für den zweiten Zylinder auf Grundlage der tatsächlichen Änderung von Lambda in Bezug auf die erwartete Änderung von Lambda; und beim Reaktivieren des ersten und zweiten Zylinders, Anpassen der Kraftstoffversorgung des ersten Zylinders auf Grundlage des ersten Kraftstofffehlers und der Kraftstoffversorgung des zweiten Zylinders auf Grundlage des zweiten Kraftstofffehlers, um den Motor bei oder in der Nähe von Stöchiometrie zu betreiben. In jedem oder allen der vorstehenden Beispiele, zusätzlich oder optional, ist das selektive Deaktivieren eine Reaktion auf einen Abfall der Drehmomentanforderung vom Fahrer, und alle Zylinder werden in Reaktion auf Verlangsamungs-Kraftstoffabsperungs-Bedingungen deaktiviert. Jedes oder alle der vorstehenden Beispiele umfasst zusätzlich oder optional ferner: Unterscheiden von Luft-Kraftstoff-Sensorfehlern für einen gemeinsamen Luft-Kraftstoff-Sensor, der mit jedem des ersten und zweiten Zylinders verbunden ist.

**[0089]** Ein weiteres beispielhaftes Fahrzeugsystem umfasst: eine Motorzylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern; selektiv deaktivierbare Kraftstoffeinspritzdüsen, die mit jedem Zylinder der Zylindergruppe verbunden sind; einen Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor, der Abgas von jedem Zylinder der Zylindergruppe empfängt; eine Steuerung mit computerlesbaren Anweisungen, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert sind zum: sequenziellen Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe in Reaktion auf Zylinderdeaktivierungsbedingungen und Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage einer ersten

Lambda-Abweichung, geschätzt am Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor nach der sequentiellen Deaktivierung; sequentielle Kraftstoffversorgung jedes Zylinders der Zylindergruppe in Reaktion auf Verlangsamungs-Kraftstoffabsperrens-Bedingungen und Erlernen eines Kraftstoffeinspritzungsfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage einer zweiten Lambda-Abweichung, geschätzt am Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor nach der sequentiellen Kraftstoffversorgung; und Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehler. In jedem oder allen der vorstehenden Ansprüche umfasst die Steuerung ferner, zusätzlich oder optional, Anweisungen zum: Anpassen der Kraftstoffversorgung jedes Zylinders der Zylindergruppe während nachfolgendem Motorbetrieb, wenn alle Zylinder zünden, auf Grundlage von jedem des erlernten Luftfehlers, des erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehlers und des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders. In jedem oder allen der vorstehenden Ansprüche umfasst die Steuerung ferner, zusätzlich oder optional, Anweisungen zum: in Reaktion darauf, dass das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders für einen Zylinder größer als ein Schwellenwert ist, Setzen eines Diagnosecodes und Eintreten in einen Fehlerabschwächungsmodus, wobei der Fehlerabschwächungsmodus ein FMEM-Modus ist, der Fehldiagnose betroffener Systeme und Schäden an Motorcomponenten verhindert. In jedem oder allen der vorstehenden Ansprüche ist die Motorlast (einschließlich Luftmenge und Gesamtkraftstoffmasse), zusätzlich oder optional, im Fehlerabschwächungsmodus begrenzt. In jedem oder allen der vorstehenden Ansprüche umfasst die Steuerung ferner, zusätzlich oder optional, Anweisungen zum: Erlernen einer Verschiebung des Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensors auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehler.

**[0090]** Es sei angemerkt, dass die hierin enthaltenen beispielhaften Steuer- und Schätzroutinen mit verschiedenen Motoren und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin offenbarten Steuerverfahren und -routinen können als ausführbare Anweisungen in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert sein und können von dem Steuersystem, einschließlich der Steuerung in Kombination mit verschiedenen Sensoren, Stellgliedern und anderer Motorbauteile, ausgeführt werden. Die hierin beschriebenen bestimmten Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien darstellen, wie beispielsweise ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen. Als solches können verschiedene veranschaulichte Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen in der veranschaulichten Reihenfolge, oder parallel durchgeführt oder in manchen Fällen weggelassen werden. Ebenso ist die Verarbeitungsreihenfolge nicht unbedingt erforderlich, um die hier beschriebenen Merkmale und Vorteile der Ausführungsbeispiele zu erzielen, sondern wird zur leichteren Darstellung und Beschreibung bereitgestellt. Eine(r) oder mehrere aus den veranschaulichten Handlungen, Vorgängen und/oder Funktionen können wiederholt durchgeführt werden, je nach konkret eingesetzter Strategie. Ferner stellen die beschriebenen Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen grafisch einen Code dar, der in einem nichtflüchtigen Speicher des computerlesbaren Speichermediums im Motorsteuersystem programmiert werden soll, in welchem die beschriebenen Handlungen durch Ausführen der Anweisungen in einem System, einschließlich der verschiedenen Motorhardwarekomponenten in Kombination mit der elektronischen Steuerung, ausgeführt werden.

**[0091]** Es ist anzuerkennen, dass die hierin offenbarten Konfigurationen und Routinen beispielhafter Natur sind und dass diese bestimmten Ausführungsformen nicht einschränkend zu verstehen sind, da viele Variationen möglich sind. Zum Beispiel kann die obige Technologie bei einem V6-, einem I4-, einem I6-, einem V12-, einem Boxer-4-Motor und anderen Motortypen angewandt werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung umfasst alle neuen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und anderer hierin offenbarter Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften.

**[0092]** Die nachfolgenden Ansprüche zeigen insbesondere bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen auf, die als neu und nicht offensichtlich betrachtet werden. Diese Ansprüche können sich auf "ein" Element oder "ein erstes" Element oder das Äquivalent dazu beziehen. Diese Ansprüche sollten so verstanden werden, dass sie die Aufnahme eines solchen Elements oder mehrerer solcher Elemente beinhalten, wobei zwei oder mehr solcher Elemente weder erforderlich noch ausgeschlossen sind. Andere Kombinationen oder Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Ergänzung der vorliegenden Ansprüche oder durch Darlegung neuer Ansprüche in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche, ob breiter, enger, gleich oder unterschiedlich in ihrem Umfang in Bezug auf die ursprünglichen Ansprüche, werden ebenfalls so betrachtet, dass sie in dem Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten sind.

**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 7802563 B2 [0003]

**Patentansprüche**

1. Verfahren für einen Motor, umfassend:  
während eines Zylinderdeaktivierungsvorgangs,  
sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders einer Zylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern; Schätzen einer Lambda-Abweichung für jeden Zylinder nach der sequentiellen Deaktivierung jedes Zylinders der Zylindergruppe; und  
Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Unterscheiden des Luftfehlers für jeden Zylinder von einem Kraftstoffeinspritzungsfehler für Kraftstoffeinspritzdüsen jedes Zylinders der Zylindergruppe.
3. Verfahren nach Anspruch 2, ferner umfassend, während eines Verlangsamungs-Kraftstoffabsperrungs (DFSO)-Vorgangs, sequentielles Zünden jedes Zylinders der Zylindergruppe mit einer Kraftstoffpulsdauer, ausgewählt, um eine erwartete Lambda-Abweichung bereitzustellen, und Erlernen des Kraftstoffeinspritzungsfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage einer tatsächlichen Lambda-Abweichung in Bezug auf die erwartete Luft-Kraftstoff-Abweichung.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Schätzen der Lambdaabweichung ein Schätzen einer Abweichung von einem durchschnittlichen Lambda, wenn alle Zylinder zünden, vor dem Zylinderdeaktivierungsvorgang umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Zylinderdeaktivierungsvorgang eine Reaktion auf einen Abfall der Fahreranforderung ist, und wobei eine Anzahl und Identität von Zylindern in der Zylindergruppe, ausgewählt für die sequentielle Deaktivierung, auf dem Abfall der Fahreranforderung basiert, wobei das Verfahren ferner Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für jeden Zylinder auf Grundlage des erlernten Luftfehlers für diesen Zylinder umfasst.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei eine Reihenfolge der sequentiellen Deaktivierung auf jeweils einer Zündreihenfolge jedes Zylinders der Zylindergruppe und einer Dauer, die seit einer letzten Luftfehlerdiagnose für jeden Zylinder der Zylindergruppe verstrichen ist, basiert.
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Anzeigen ein Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für einen gegebenen Zylinder in Reaktion darauf, dass der erlernte Luftfehler für den gegebenen Zylinder größer als ein Schwellenwertfehler ist, umfasst.
8. Verfahren nach Anspruch 5, ferner umfassend, in Reaktion auf das Anzeigen eines Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts in einem ersten Zylinder der Zylindergruppe, nach Reaktivieren der Zylindergruppe, Anpassen der Kraftstoffversorgung des ersten Zylinders auf Grundlage des erlernten Luftfehlers für den ersten Zylinder, und ferner Anpassen der Kraftstoffversorgung der übrigen Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage des erlernten Luftfehlers, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei oder in der Nähe von Stöchiometrie aufrechtzuerhalten.
9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der erlernte Fehler ein erster Fehler ist, wobei das Verfahren ferner umfasst:  
während Motorleerlaufbedingungen, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe und Erlernen eines zweiten Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung;  
während einer Motorlast höher als eine Schwellenwertlast und bei festgestelltem Drehmomentwandler, sequentielles Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe und Erlernen eines dritten Luftfehlers für jeden Zylinder auf Grundlage der geschätzten Lambda-Abweichung; und  
Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts für jeden Zylinder auf Grundlage des ersten, zweiten und dritten Luftfehlers.
10. Verfahren nach Anspruch 5, ferner umfassend Erlernen eines Drehmomentfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage von einem oder mehreren von Kurbelwellenbeschleunigungen und Abgasdruckpulsationen während der sequentiellen Deaktivierung und Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Drehmomentfehler.
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zylindergruppe eine erste Zylindergruppe ist und die Lambda-Abweichung auf Grundlage einer Ausgabe eines ersten gemeinsamen Abgassensors geschätzt wird, der se-

lektiv Abgas von jedem Zylinder der ersten Zylindergruppe empfängt, wobei der Motor eine zweite, andere Zylindergruppe und einen zweiten gemeinsamen Abgassensor, der selektiv Abgas von jedem Zylinder der zweiten Zylindergruppe empfängt, beinhaltet, wobei das Verfahren ferner Unterscheiden eines Fehlers des ersten gemeinsamen Abgassensors von einem Fehler des zweiten gemeinsamen Abgassensors auf Grundlage eines Ungleichgewichts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der ersten Zylindergruppe in Bezug auf ein Ungleichgewicht des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der zweiten Zylindergruppe, und Unterscheiden des Luftfehlers vom Abgassensorfehler umfasst.

12. Motorsystem, umfassend:

eine Motorzylindergruppe mit zwei oder mehr Zylindern;  
sequentiell deaktivierbare Kraftstoffeinspritzdüsen, die mit jedem Zylinder der Zylindergruppe verbunden sind;  
einen Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor, der Abgas von jedem Zylinder der Zylindergruppe empfängt;  
eine Steuerung mit computerlesbaren Anweisungen, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert sind  
zum:

sequenziellen Deaktivieren jedes Zylinders der Zylindergruppe in Reaktion auf Zylinderdeaktivierungsbedingungen und Erlernen eines Luftfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage einer ersten Lambda-Abweichung, geschätzt am Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor nach der sequentiellen Deaktivierung;  
sequentielle Kraftstoffversorgung jedes Zylinders der Zylindergruppe in Reaktion auf Verlangsamungs-Kraftstoffabsperungs-Bedingungen und Erlernen eines Kraftstoffeinspritzungsfehlers für jeden Zylinder der Zylindergruppe auf Grundlage einer zweiten Lambda-Abweichung, geschätzt am Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensor nach der sequentiellen Kraftstoffversorgung; und  
Anzeigen des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehler.

13. System nach Anspruch 12, wobei die Steuerung ferner Anweisungen umfasst zum: Anpassen der Kraftstoffversorgung jedes Zylinders der Zylindergruppe während nachfolgendem Motorbetrieb, wenn alle Zylinder zünden, auf Grundlage von jedem des erlernten Luftfehlers, des erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehlers und des Luft-Kraftstoff-Ungleichgewichts des Zylinders.

14. System nach Anspruch 12, wobei die Steuerung ferner Anweisungen umfasst zum: in Reaktion darauf, dass das Luft-Kraftstoff-Ungleichgewicht des Zylinders für einen Zylinder größer als ein Schwellenwert ist, Setzen eines Diagnosecodes und Eintreten in einen Fehlerabschwächungsmodus.

15. System nach Anspruch 12, wobei die Steuerung ferner Anweisungen umfasst zum: Erlernen einer Verschiebung des Abgasluft-Kraftstoff-Verhältnissensors auf Grundlage des erlernten Luftfehlers in Bezug auf den erlernten Kraftstoffeinspritzungsfehler.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

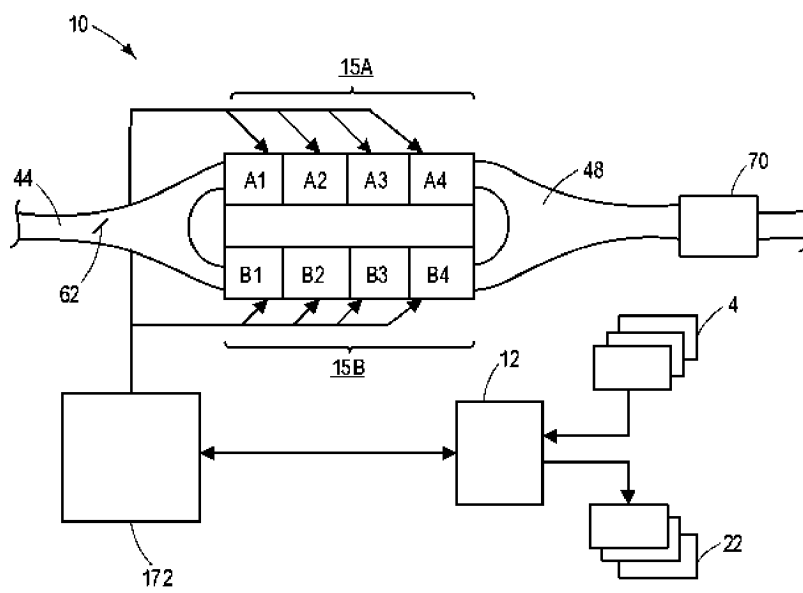


FIG. 1

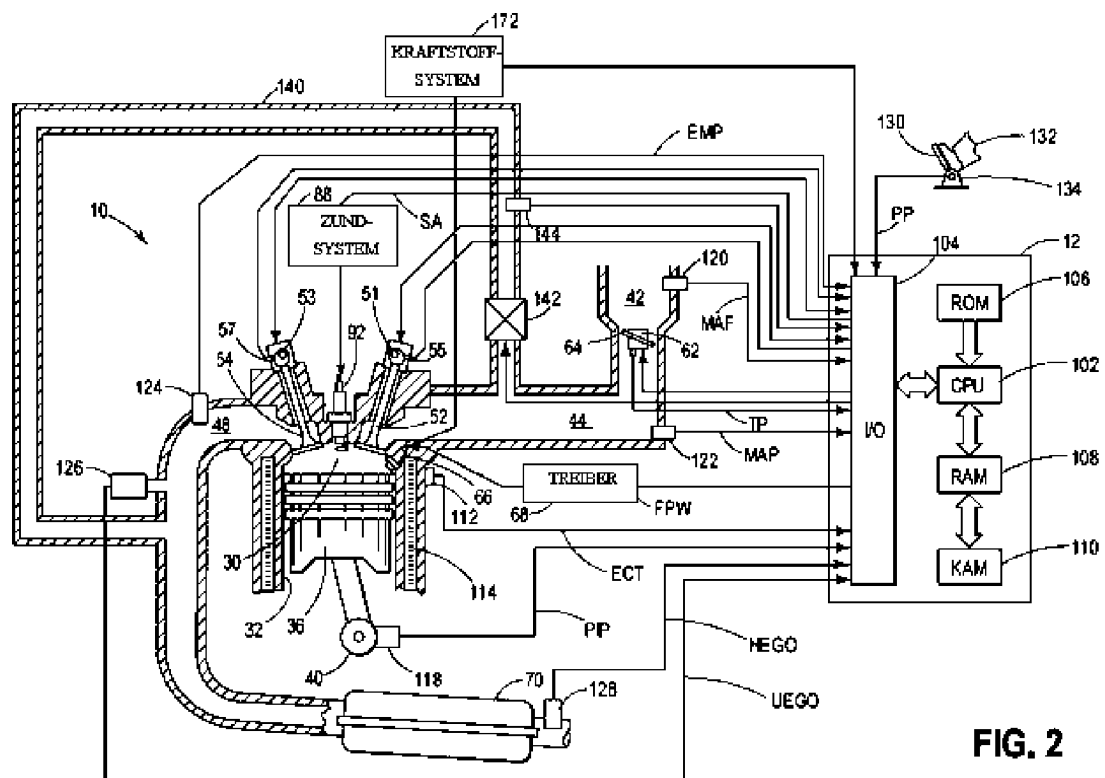


FIG. 2

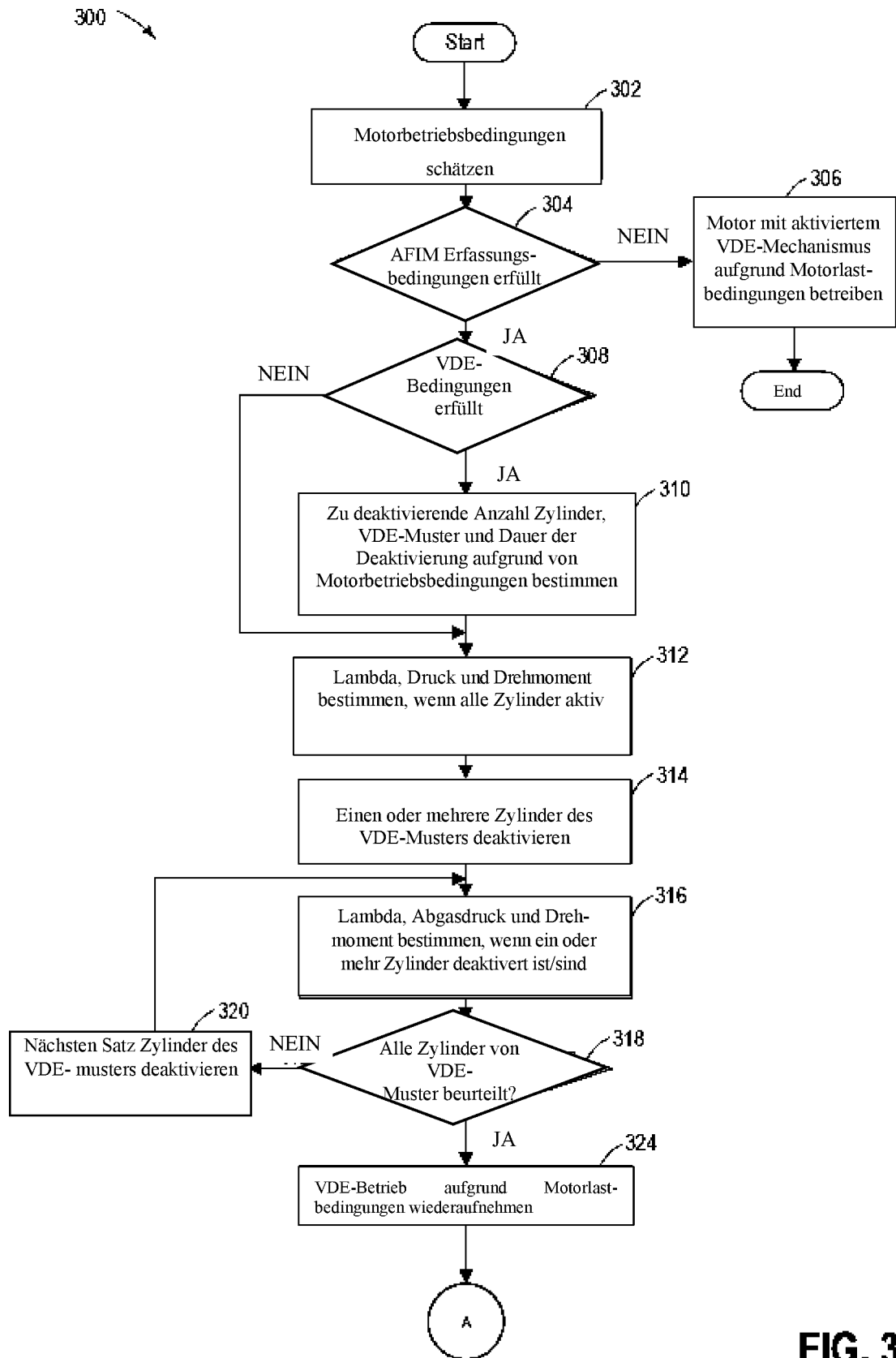


FIG. 3



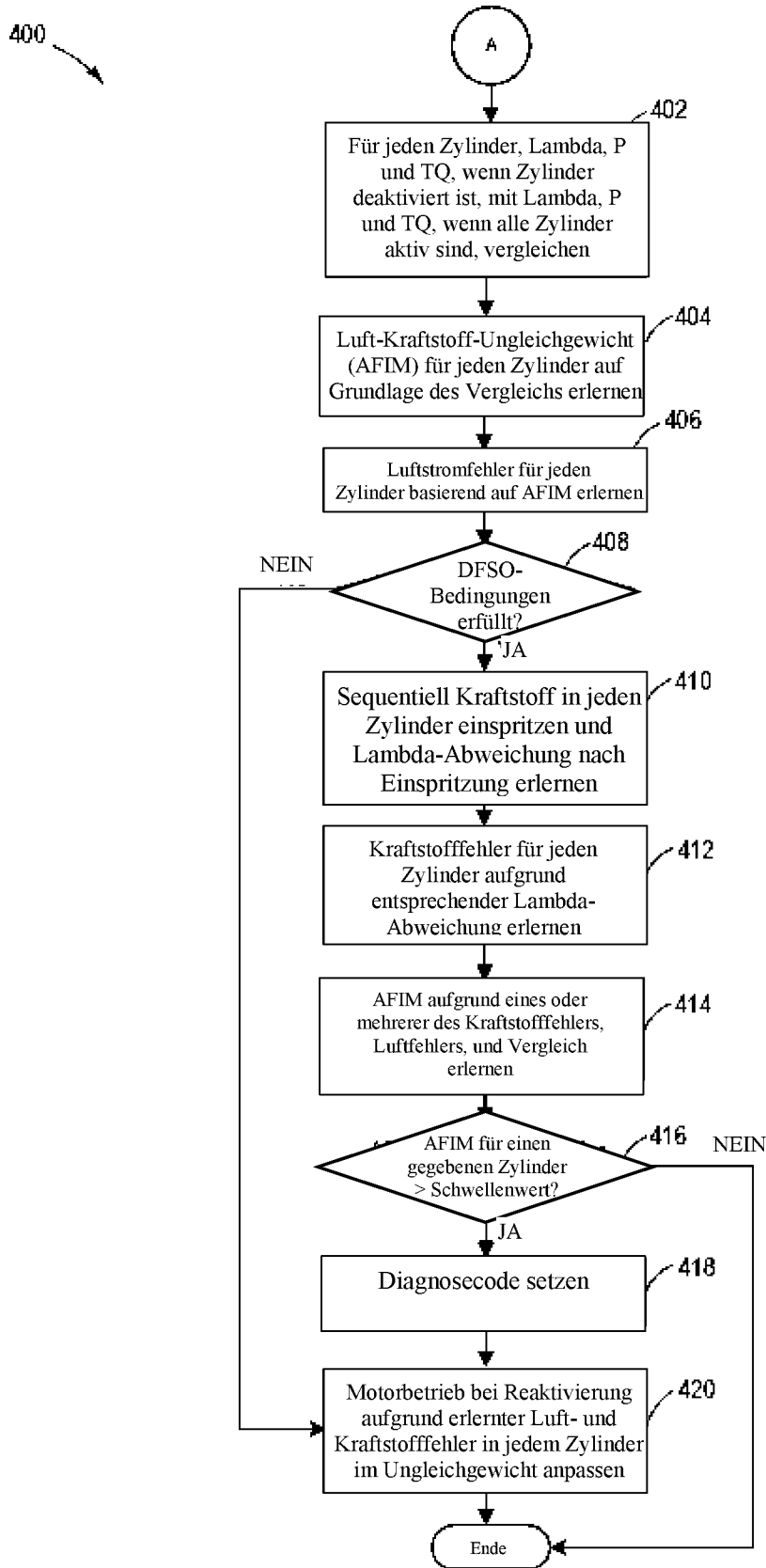


FIG. 4

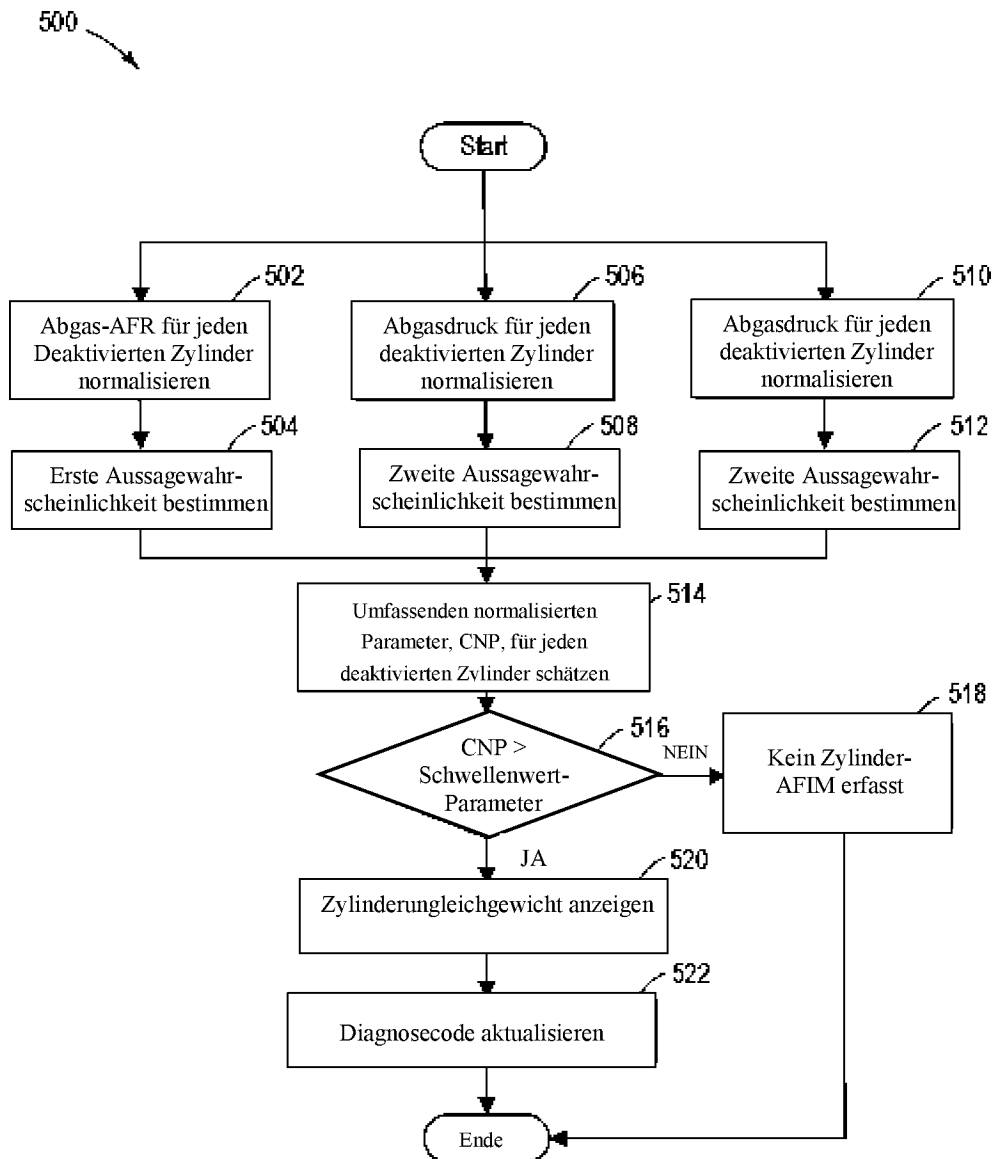
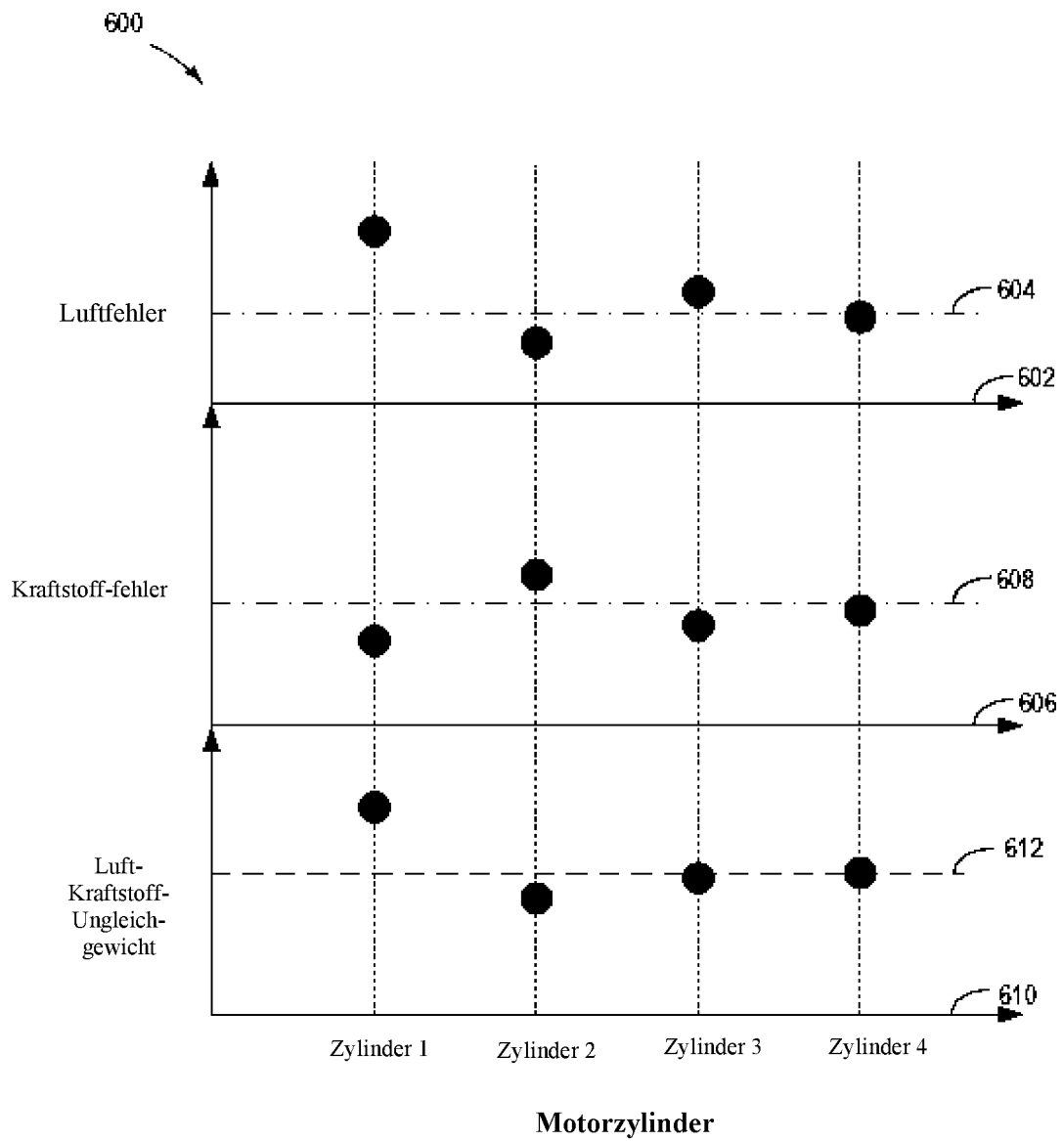


FIG. 5



**FIG. 6**