



(11)

EP 3 786 433 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(51) Int Cl.:
F02D 41/00^(2006.01) F02D 41/14^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20191589.9**

(22) Anmeldetag: **18.08.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **28.08.2019 DE 102019212932**

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AG**
38440 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Shurkewitsch, Andre**
38547 Calberlah (DE)
• **Wetten, Robert**
10717 Berlin (DE)
• **Millich, Elmar**
10999 Berlin (DE)
• **Vogelsang, Jan**
38106 Braunschweig (DE)
• **Zimbalist, Nikolaus**
31234 Edemissen (DE)
• **Sternberg, Heiko**
38440 Wolfsburg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR ZYLINDERGLEICHSTELLUNG EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zylinder-
gleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit
mindestens zwei Zylindern, und umfasst die folgende
Schritte: Bestimmen von Abgasgegendruckwerten der
einzelnen Zylinder über mindestens zwei Arbeitsspiele,
Korrelation der Abgasgegendruckwerte zur Nockenwel-
lenposition und/oder dem Arbeitsspiel, Bestimmen der
Abgasgegendruckmaxima pro Zylinder, Vergleich der
Abgasgegendruckmaxima zwischen den einzelnen Zy-
lindern und Feststellen der Abweichungen, Anpassen
der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft
und/oder Kraftstoff. Weiterhin betrifft die Erfindung eine
Steuervorrichtung zum Ausführen des Verfahrens und
ein Kraftfahrzeug mit einer solchen Steuervorrichtung.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können die
bisher bekannten Verfahren verbessert und effizienter
gestaltet werden, insbesondere im Hinblick auf die Effi-
zienz des Verbrennungsvorgangs und damit auch der
Abgasnachbehandlung.

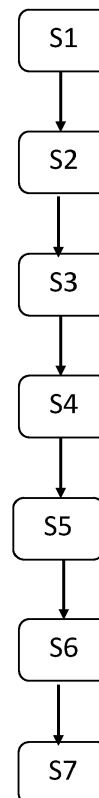


Fig. 1

EP 3 786 433 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 und ein Steuergerät mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 8.

[0002] Die heutigen Abgasgesetzgebungen erfordern eine immer genauere Kraftstoffvorsteuerung. Dafür wurden bereits präzise Berechnungsmethoden im Motorsteuergerät eingeführt und stets verbessert. Voraussetzung für eine exakte Berechnung der erforderlichen Kraftstoffmenge ist jedoch die genaue Kenntnis von Nockenwellenpositionen, Druck- und Temperaturwerten und weitere Eingangsgrößen. Trotz aller Bemühungen bleiben jedoch Bauteile wie der Zylinderkopf, die Nockenwellen oder die Druck- und Temperatursensoren toleranzbehaftet. Des Weiteren ergeben sich durch Druckwellen im Saugrohr sowie im Abgaskrümmern und auch durch unterschiedlich lange Einlass- und Auslasskanäle und durch deren Temperatureinflüsse zylinderindividuelle Unterschiede in der gefangenen Frischluftmasse. Im Fahrzeugbetrieb können diese zylinderindividuellen Unterschiede zurzeit nicht erfasst werden über die herkömmlichen Mess- und Berechnungsverfahren. Dies führt im Betrieb zu einem zylinderindividuellen Kraftstoff-/Luftverhältnis, welches nicht dem gewünschten, optimalen Wert entspricht, sondern nur im Mittelwert über alle Zylinder gemittelt. Insbesondere beim Ottomotor ist jedoch darauf zu achten, dass das Kraftstoff-/Luftverhältnis dem stöchiometrischen Verhältnis entspricht, da hier der Katalysator die höchste Konvertierungsrate hat. Wenn die Ungleichverteilung zwischen den Zylindern zu groß wird, kann der Katalysator die Emissionen nicht mehr konvertieren und es kommt zu Durchbrüchen.

[0003] Um diesem Nachteil zu begegnen ist es bekannt, zylinderindividuelle Nockenversätze in den Motorsteuerungsmodellen zu berücksichtigen. Eine weitere bekannte Abhilfemaßnahme ist die Überdimensionierung des Katalysatorspeichers. Ist die Speicherkapazität des Katalysators für Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid groß genug, können hierdurch gewisse Ungleichverteilungen zumindest teilweise abgefangen werden.

[0004] Es sind verschiedene Motorsteuerungsmodelle bekannt, die eine Anpassung bzw. Korrektur von Modellparametern vornehmen.

[0005] So beschreibt beispielsweise DE 101 58 262 A1 ein gattungsgemäßes Verfahren zur Bestimmung einer Vielzahl von Parametern mittels geeigneter Modelle, die in die Steuerung des Verbrennungsmotors eingebracht werden und diese überwachen und optimieren. Insbesondere wird die Befüllung des Brennraums des Verbrennungsmotors mit dem zugeführten Gasgemisch aus Frischluft und rückgeführtem Abgas mittels eines physikalisch basierten Modells nachgebildet.

[0006] Die DE 103 62 028 B4 beschreibt ebenfalls ein Verfahren zur Bestimmung einer Frischgasmenge unter

Berücksichtigung einer Abgasrückführmenge, welche eine temperaturbasierte Korrektur einschließt.

[0007] In einem anderen Modell-basierten Verfahren wird gemäß der EP 2 098 710 B1 die Sauerstoffkonzentration in einer Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung geschätzt, wobei als einer der wesentlicher Parameter die Luftmasse, die in die Zylinder eintritt, und die Schätzung des Gesamtgasstroms, der in die Zylinder eintritt, herangezogen werden.

[0008] Die bekannten Maßnahmen berücksichtigen jedoch nur einige Ursachen von Ungleichverteilungen zwischen Zylindern wie z.B. Nockenversätze. Oft ist es jedoch eine Überlagerung von vielen Effekten. Der Nachteil bei überdimensionierten Katalysatoren sind zum einen die kostspieligen Beschichtungen mit Edelmetallen und zum anderen der erforderliche Bauraum, der oft begrenzt ist. Ein großer Katalysator braucht ebenfalls einen höheren Wärmeeintrag, um seine light off Temperatur zu erreichen. Im Kaltstart hilft der Katalysator bei der Reduzierung der Emissionen nur begrenzt, weil er noch nicht seine Betriebstemperatur erreicht hat.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und ein Steuergerät zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung zu stellen, durch welches die Nachteile des Standes der Technik wenigstens teilweise überwunden werden.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Steuergerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8.

[0011] Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern.

[0012] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Steuergerät zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Steuergerät dazu ausgelegt ist, ein Verfahren nach dem ersten Aspekt auszuführen.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung.

[0014] Beim Betrieb von Ottomotoren spielt eine möglichst genaue Erfassung der aktuellen Zylinderluftfüllung eine zentrale Rolle, um die Kraftstoffmasse per Einspritzung möglichst exakt im stöchiometrischen Verhältnis abzusetzen, dass ein Lambdawert den Wert eins annimmt, und somit die Schadstoffemissionen zu minimieren. Bei Dieselmotoren ist eine genaue Bestimmung der Zylinderfüllung aufgrund der Abgasgesetzgebung ebenso von zunehmender Bedeutung. Im Motorsteuergerät wird daher die Zylinderluftfüllung in der Regel aus einem gemessenen oder modellierten Saugrohrdruck, einem gemessenen oder modellierten Abgasgegendruck und Modellen für den Restgasanteil im Zylinder berechnet. Des Weiteren gehen in die Berechnung der Zylinderluftfüllung die aktuellen Positionen füllungsbeeinflussender

Aktuatoren, beispielsweise die Positionen der Einlass- und Auslassnockenwellen, der Ladungsbewegungsklappen, der Ventilhübe und andere Positionen, sowie Ansaugluft- und Abgastemperaturen ein. Ein weiterer wichtiger Parameter in der Berechnung der aktuellen Zylinderfüllung ist der Abgasgegendruck direkt nach den Auslassventilen, da dieser einen maßgeblichen Einfluss auf die Restgasrate im Brennraum hat. Dabei wird bei sensorbasierten Verfahren typischerweise der über ein Arbeitsspielsegment gemittelte Abgasgegendruck betrachtet. Unterschiede in der Zylinderluftfüllung zwischen den einzelnen Zylindern lassen sich auf diese Weise jedoch nicht feststellen, insbesondere nicht solche, die betriebspunktabhängigen Schwankungen unterliegen.

[0015] Erfindungsgemäß ist vor diesem Hintergrund nun vorgesehen, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem eine Zylindergleichstellung der Verbrennungskraftmaschine derart vorgenommen werden kann, dass die folgenden Schritte ausgeführt werden: Bestimmen von Abgasgegendruckwerten der einzelnen Zylinder über mindestens zwei Arbeitsspiele, Korrelation der Abgasgegendruckwerte zur Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel, Bestimmen der Abgasgegendruckmaxima pro Arbeitsspiel, Vergleich der Abgasgegendruckmaxima zwischen den einzelnen Zylindern und Feststellen der Abweichungen, Anpassen der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff.

[0016] Unter dem Begriff der Zylindergleichstellung ist im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere umfasst, dass jeder Zylinder der Verbrennungskraftmaschine mit einem stöchiometrischen Kraftstoff-/Luftverhältnis betrieben wird. Ungleichheiten in den Füllmengen, insbesondere in der Füllmenge der Frischluft, werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erkannt und ausgeglichen.

[0017] Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Ottomotor oder ein Dieselmotor sein.

[0018] Der Abgasgegendruck kann in der Abgasführung vorzugsweise benachbart zu dem Auslassventil von einem Abgasgegendrucksensor gemessen sein oder beispielsweise auf Grundlage mehrerer Messwerte, die während des Arbeitsspiels gemessen sind, berechnet sein.

[0019] Das Arbeitsspiel (auch als Arbeitszyklus bezeichnet) kann die Schritte Ansaugen, Verdichten, Arbeiten, Ausstoßen umfassen. Ein Arbeitsspiel der Verbrennungskraftmaschine erstreckt sich bei einem Viertaktmotor beispielsweise über zwei Kurbelwellenumdrehungen.

[0020] Die Korrelation der Abgasgegendruckwerte zur Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel kann durch die Mitteilung der Zeitspanne, der Arbeitsspiele und/oder der Nockenwellen- oder Kurbelwellenposition von den entsprechenden Erfassungsvorrichtungen an ein das Verfahren durchführendes Steuergerät erfolgen. Im Ergebnis ergibt sich insbesondere eine Kurve des Abgasgegendrucks gegen den Kurbelwinkel.

[0021] Das Bestimmen der Abgasgegendruckmaxima pro Zylinder kann durch einen Vergleich der Abgasgegendruckwerte innerhalb eines bestimmten Zeitbereiches ein Maximum bestimmt werden. Insbesondere kann nach dem Öffnen des Auslassventils ein erstes Maximum der Werte bestimmt werden, indem die Werte nacheinander miteinander verglichen werden. Die Position des Auswertebereiches hängt von der Auslassnockenwellenposition und der Drehzahl ab. Es wird insbesondere jeweils das Maximum des Abgasgegendrucks direkt nach dem Öffnen des Auslassventils bestimmt.

[0022] Im Anschluss erfolgt erfindungsgemäß eine Zuordnung der so bestimmten Abgasgegendruckmaxima zu dem individuellen Zylinder. Auch dies kann anhand der an das Steuergerät gesendeten Parameter für den jeweiligen Zylinder wie zum Beispiel des Kurbelwellenwinkels, des Zeitpunkts des Öffnens des Auslassventils, der Zündreihenfolge oder das Massenströme durchgeführt werden.

[0023] Zwischen dem Abgasgegendruck und der Menge der Füllungskomponente, insbesondere der Zylinderluftfüllung und der gefangenen Frischluft, besteht erfindungsgemäß ein vorgegebener Zusammenhang. Dieser kann über einen vorgegebenen Abgasgegendruckbereich im Wesentlichen konstant oder zumindest eindeutig definiert sein. Zur Festlegung des Zusammenhangs kann beispielsweise ein über Messdaten hergestelltes Kennfeld in dem Berechnungsalgorithmus hinterlegt sein.

[0024] Abschließend erfolgt erfindungsgemäß ein Anpassen der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff für jeden Zylinder. Dies kann beispielsweise über entsprechende Stellsignale des Motorsteuergeräts an die entsprechenden Aktoren wie Einlassventile und/oder Einspritzdüsen geschehen.

[0025] Die Ausnutzung des Zusammenhangs zwischen der Menge der Füllungskomponente, insbesondere der gefangenen Frischluft, und dem Abgasgegendruck macht das beschriebene Verfahren robust gegen systematische und stochastische Fehler in einer Messwerterfassung eines Abgasgegendrucksensors. Der feste vorgegebene Zusammenhang zwischen der Menge der Füllungskomponente, insbesondere der gefangenen Frischluft, und dem Abgasgegendruck reduziert zudem bei der Berechnung der Luftmasse in einem Motorsteuergerät Rechenaufwand und Speicherbedarf.

[0026] Mit anderen Worten ist ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung, die Zylinderungleichverteilung, insbesondere hinsichtlich der gefangenen Frischluft, über den Abgasgegendrucksensor zu detektieren und zu quantisieren. Es konnte gefunden werden, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen maximalen Abgasgegendruck während des Auspuffstoßes, das heißt kurz nach dem Öffnen des Auslassventils, und der gefangenen Luftmasse gibt. Der Vergleich des maximalen Abgasgegendruckes nach Auslassventil-Öffnen zwischen den Zylindern lässt somit auf die Unterschiede der gefangenen Luftmassen schließen. Dabei ist es irrelevant

worauf die Ungleichverteilung beruht. Um die Ungleichverteilung auch absolut beziffern zu können, wird dieser Zusammenhang messtechnisch an einem Motor am Motorprüfstand erfasst und abgelegt. In der Folge kann auf Basis der hierdurch berechneten Ergebnisse in Bezug auf die Ungleichverteilung der Zylinderfüllung eine zylinderindividuelle Anpassung der Füllung erfolgen.

[0027] Die hier vorgestellte Erfindung ermöglicht somit eine quantitative Aussage darüber, wie sich die Frischluftfüllung zwischen den Zylindern unterscheidet. Die Ursachen können vielfältig sein, wie zum Beispiel eine Verkokung des Einlassventils, oder es kann sich um eine Überlagerung verschiedener Ursachen handeln. Bekannte Maßnahmen beziehen sich oft auf einzelne Hardwarekomponenten. Unterschiede zwischen den Zylindern durch Druckwellen und Temperatureinflüsse können jedoch dadurch nicht erfasst werden. Der Einfluss auf die gefangene Frischluftfüllung kann sich zudem betriebspunktabhängig ändern. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es jedoch möglich, ursachenunabhängig die Unterschiede zu erfassen und zu quantifizieren. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, die Füllmengen zylinderindividuell anzupassen, um eine möglichst optimale Verbrennung, Effizienz und Abgasnachbehandlung zu erreichen. In der Folge sind niedrige Abgasemissionen durch die erfindungsgemäße Zylindergleichstellung erzielbar. Es kann zudem eine höhere Laufruhe durch eine bessere Momentengleichheit zwischen den Zylindern erreicht werden.

[0028] In manchen Ausgestaltungen des Verfahrens kann das Verfahren folgende Schritte umfassen:

- a) Messen des Abgasgegendrucks,
- b) Korrelation der Messwerte mit der Zeit und/oder der Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel,
- c) Bestimmen der Maxima der Korrelationskurve aus Schritt b),
- d) Zuordnung der Maxima zu mindestens einem, bevorzugt zu jedem, individuellem Zylinder,
- e) Korrelation der Maxima zur individuellen Zylinderfüllung,
- f) Vergleich der Maxima und/oder Zylinderfüllung zwischen den Zylindern, und
- g) Anpassen der zylinderindividuellen Füllung mit Frischluft und/oder Kraftstoff.

[0029] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auf Basis der festgestellten Unterschiede der Zylinder eine zylinderindividuelle Zündwinkelkorrektur vorgenommen werden.

[0030] Durch eine zylinderindividuelle Zündwinkelkorrektur, die auf der Basis der festgestellten zylinderindividuellen Unterschiede vorgenommen werden kann, kann außerdem eine Verbrauchseinsparung erzielt werden.

[0031] In manchen Ausführungsbeispielen kann das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin das Empfangen eines Sensorsignals mit einer hohen zeitlichen Abtastra-

te von einem hochauflösenden Abgasgegendrucksensor umfassen, wobei das Sensorsignal den Abgasgegendruck repräsentiert. Die Abtastrate kann im Bereich von 0,5 kHz bis 3000 kHz, insbesondere im Bereich von 1 kHz bis 1000 kHz, liegen. Die Sensorwerte werden in einem Array gespeichert. Jeder Array-Eintrag ist einem bestimmten Kurbelwellenwinkel zugeordnet. Maxima der Werte für jeden Zylinder können damit sehr präzise ermittelt werden und die Unterschiede der Maxima können präzise Aussagen über die Unterschiede der Zylinder bezüglich der Füllungskomponenten liefern. Die Nockenwellenposition wird dafür genutzt, um von den 720° Kurbelwinkelfenster einen Bereich, bspw. 30° bis 50°, auszuwählen, der für die Maximumbestimmung ausgewählt wird. Es lassen sich auch kleine Unterschiede ermitteln, die in der Folge Basis für eine genaue Zylindergleichstellung und eine präzise Anpassung der Füllmengen insbesondere der Frischluft und des Kraftstoffs erlauben.

[0032] In manchen Ausführungsbeispielen kann das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin umfassen, dass bei dem Anpassen der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff ein Zylinderlambda gleich 1 und ein Abgaslambda gleich 1 vorgegeben werden.

[0033] Im Unterschied zu dem konventionellen Einspritzverhalten, bei welchem alle Zylinder die gleiche Einspritzmenge an Kraftstoff bei einem vorgegebenen Abgaslambda gleich 1 erhalten, kann mit dem erfindungsgemäßen Gleichstellungsverfahren eine zylinderindividuelle Kraftstoffmenge ermittelt und eingespritzt werden.

[0034] Auf diese Weisen kann beispielsweise eine motorgemittelte Anhebung des induzierten Mitteldrucks insbesondere für niedrige Drehzahlen erzielt werden. Ebenfalls führt die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu einer motorgemittelten Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs. Zudem kann gezeigt werden, dass die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu einer motorgemittelten Anhebung der Abgastemperatur führt, so dass die Abgasbehandlung effizienter gestaltet werden kann.

[0035] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Steuergerät zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern. Das Steuergerät ist dazu ausgelegt, die Abgasgegendruckwerte der einzelnen Zylinder über mindestens zwei Arbeitsspiele zu empfangen, eine Korrelation der Abgasgegendruckwerte zur Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel auszuführen, die Abgasgegendruckmaxima pro Zylinder zu bestimmen, die Abgasgegendruckmaxima zwischen den einzelnen Zylindern zu vergleichen und die Abweichungen untereinander festzustellen, und der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff anzupassen.

[0036] Die Aufgabe des elektronischen Motorsteuergeräts besteht darin, alle Akteure des Motor-Managementsystems so anzusteuern, dass sich ein bestmöglicher Motorbetrieb bezüglich Kraftstoffverbrauch, Abga-

semissionen, Leistung und Fahrkomfort ergibt. Um dies zu erreichen, müssen viele Betriebsparameter mit Sensoren erfasst und mit Algorithmen - das sind nach einem festgelegten Schema ablaufende Rechengvorgänge - verarbeitet werden. Als Ergebnis ergeben sich Signalverläufe, mit denen die Aktoren angesteuert werden.

[0037] Das elektronische Motorsteuergerät erfasst über Sensoren und Sollwertgeber die für die Steuerung und Regelung des Motors erforderlichen Betriebsdaten. Sollwertgeber (z. B. Schalter) erfassen vom Fahrer vorgenommene Einstellungen, wie z. B. die Stellung des Zündschlüssels im Zündschloss, die Schalterstellung der Klimasteuerung oder die Stellung des Bedienhebels für die Fahrgeschwindigkeitsregelung. Sensoren erfassen physikalische und chemische Größen und geben damit Anschluss über den aktuellen Betriebszustand des Motors.

[0038] Beispiele für solche Sensoren sind:

- Drehzahlsensor für das Erkennen der Kurbelwellenstellung und die Berechnung der Motordrehzahl,
- Phasensensor zum Erkennen der Phasenlage (Arbeitsspiel des Motors) und der Nockenwellenposition bei Motoren mit Nockenwellen-Phasenstellern zur Verstellung der Nockenwellenposition,
- Motortemperatur- und Ansauglufttemperatursensor zum Berechnen von temperaturabhängigen Korrekturgrößen,
- Klopfsensor zum Erkennen von Motorklopfen,
- Luftmassenmesser und Saugrohrdrucksensor für die Füllungserfassung,
- Abgasdrucksensor zum Messen des Abgasgegendrucks, z.B. vor Turbine,
- Abgastemperatursensor,
- Luftmassenmesser,
- λ -Sonde für die λ -Regelung.

[0039] Bei den Signalen der Sensoren kann es sich um digitale, pulsformige oder analoge Spannungen handeln. Eingangsschaltungen im Steuergerät oder zukünftig auch vermehrt im Sensor bereiten alle diese Signale auf. Sie nehmen eine Anpassung des Spannungspegels vor und passen damit die Signale für die Weiterverarbeitung in einem Mikrocontroller des Steuergeräts an.

[0040] Zur Signalverarbeitung im Steuergerät gehören zum Beispiel die Berechnung der Einspritzung, die Füllungssteuerung, die Zünd- und Schließwinkelberechnung, die Füllungs-berechnung, die Leerlaufdrehzahlregelung, die lambda-Regelung, die Klopfregelung, die Steuerung des Kraftstoffverdunstungs-Rückhaltesystems, die Ladedruckregelung, die Wegfahrsperrung, die Fahrgeschwindigkeitsregelung, oder die Drehzahlbegrenzung.

[0041] Die Steuervorrichtung kann einen Prozessor, beispielsweise einen Mikroprozessor, aufweisen, der dazu ausgebildet ist, das beschriebene Verfahren zur Zylinder-gleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine auszuführen. Das Steuergerät kann weiterhin einen Da-

tenspeicher aufweisen, in dem vorzugsweise ein Programm hinterlegt ist, das Anweisungen für den Prozessor enthält, um diesen entsprechend dem beschriebenen Verfahren zu steuern. In dem Datenspeicher können zudem der vorgegebene Zusammenhang und/oder vorgegebene Parameter zum Durchführen des beschriebenen Verfahrens, beispielsweise das Zylindervolumen, hinterlegt sein.

[0042] Das Steuergerät kann in eine Motorsteuerung des Kraftfahrzeugs integriert sein. Alternativ kann die Steuervorrichtung als eine separate Einheit ausgebildet sein.

[0043] In manchen Ausführungsbeispielen kann die Steuervorrichtung einen Abgasgegendrucksensor umfassen oder mit einem Abgasgegendrucksensor, beispielsweise über einen der Signaleingänge, verbindbar sein. Der Abgasgegendrucksensor kann dabei dazu ausgebildet sein, ein Sensorsignal mit einer hohen zeitlichen Abtastrate, das den Abgasgegenruck repräsentiert, auszugeben.

[0044] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Kraftfahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine und einer Steuervorrichtung zur Zylinder-gleichstellung der Verbrennungskraftmaschine, wie sie voranstehend beschrieben wurde. Die Verbrennungskraftmaschine weist mindestens zwei Zylinder, jeweils ein Einlassventil, über das der Zylinder mit einer Luftzuführung verbunden ist, und jeweils ein Auslassventil, über das die Zylinder mit einer Abgasführung verbunden sind, auf. Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Ottomotor sein. Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Dieselmotor sein, der vorzugsweise mit einer erweiterten Variabilität im Ventiltrieb betreibbar ist und/oder eine interne Abgasrückführung nutzt.

[0045] Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, das Verfahren auszugestalten und weiterzubilden. Hierfür darf zunächst auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche verwiesen werden. Im Folgenden darf eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung anhand der Zeichnungen und den dazugehörigen Beschreibungen näher erläutert werden. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 in einer stark schematisierten Darstellung ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Zylinder-gleichstellung in einer beispielhaften Ausgestaltung der Erfindung.

[0046] In Figur 1 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Zylinder-gleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine in einer beispielhaften Ausgestaltung gezeigt.

[0047] Bei S1 wird von einem hochauflösenden Abgasgegendrucksensor ein Sensorsignal empfangen, das den Abgasgegendruck repräsentiert. Der Abgasgegendrucksensor ist dazu ausgebildet, den Abgasgegendruck mit einer hohen zeitlichen Abtastrate zu messen. Das Sensorsignal stellt somit für eine Vielzahl an Zeitpunkten eines, aber bevorzugt mehrerer, Arbeitszyklen der Verbrennungskraftmaschine Werte für den Abgasgegendruck zur Verfügung.

[0048] Bei S2 wird eine Korrelation der Messwerte des Abgasgegendrucksensors mit der Zeit und/oder der Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel vorgenommen. Die so durchgeführte Signalaufbereitung ergibt eine Kurve des Abgasgegendrucks beispielsweise gegen die Werte des Kurbelwellenwinkels.

[0049] Bei S3 wird eine Bestimmung der Extremstellen durchgeführt und es werden die jeweiligen Maxima der Kurven aus S2 bestimmt. Bevorzugt werden hierfür die Maxima jeweils direkt nach Öffnen des Auslassventils bestimmt.

[0050] Bei S4 wird eine Zuordnung der Maxima zu den individuellen Zylindern vorgenommen. Dies kann beispielsweise anhand der Kurbelwellenwinkel oder in Korrelation mit den Nockenwellenpositionen erfolgen. Es kann sich eine Plausibilisierung der so gefundenen Zuordnung mit weiteren Betriebsparametern anschließen.

[0051] Bei S5 wird eine Korrelation der Maxima des Abgasgegendrucks eines jeweiligen Zylinders zur jeweils individuellen Zylinderfüllung durchgeführt. Dies kann modellbasiert geschehen. Es kann auch über ein hinterlegtes, zuvor beispielsweise an einem Prüfstand gemessenes Kennfeld erfolgen.

[0052] Optional kann eine Normierung der so aufbereiteten Werte zum Beispiel mit einer Restgasmenge und/oder der Drehzahl als Normierungsgröße vorgenommen werden.

[0053] Bei S6 wird optional ein Vergleich der normierten oder nicht normierten Werte aus dem Schritt S5 vorgenommen, der die zylinderindividuellen Unterschiede entweder der Maxima der Abgasgegendruckwerte, aber vor allem bevorzugt der jeweiligen Zylinderfüllmengen ergibt.

[0054] Die ermittelten zylinderindividuellen Füllmengen können bei S7 als Grundlage zum Anpassen der zukünftigen zylinderindividuellen Füllmengen an Frischluft und/oder Kraftstoff eingesetzt werden. Bevorzugt kann nunmehr mit einer Vorgabe zur Mindestzwangsamplitude des Zylinderlambdawertes und des Abgaslambdawertes optimierte Füllmengen in den jeweiligen Zylinder eingebracht werden.

Bezugszeichenliste

[0055]

- S1: Messen des Abgasgegendrucks
- S2: Korrelation der Messwerte mit der Zeit und/oder der Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel
- S3: Bestimmen der Maxima der Korrelationskurve aus S2
- S4: Zuordnung der Maxima zu mindestens einem, bevorzugt zu jedem, individuellem Zylinder
- S5: Korrelation der Maxima zur individuellen Zylinderfüllung
- S6: Vergleich der Maxima und/oder Zylinderfüllung zwischen den Zylindern

S7: Anpassen der zylinderindividuellen Füllung mit Frischluft und/oder Kraftstoff

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, umfassend folgende Schritte: Bestimmen von Abgasgegendruckwerten der einzelnen Zylinder über mindestens zwei Arbeitsspiele, Korrelation der Abgasgegendruckwerte zur Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel, Bestimmen der Abgasgegendruckmaxima pro Zylinder, Vergleich der Abgasgegendruckmaxima zwischen den einzelnen Zylindern und Feststellen der Abweichungen, Anpassen der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abgasgegendruck in der Abgasführung vorzugsweise benachbart zu dem Auslassventil von einem Abgasgegendrucksensor gemessen wird.

3. Verfahren gemäß einem der beiden vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a) Messen des Abgasgegendrucks,
- b) Korrelation der Messwerte mit der Zeit und/oder der Nockenwellenposition und/oder dem Arbeitsspiel,
- c) Bestimmen der Maxima der Korrelationskurve aus Schritt b),
- d) Zuordnung der Maxima zu mindestens einem, bevorzugt zu jedem, individuellem Zylinder,
- e) Korrelation der Maxima zur individuellen Zylinderfüllung,
- f) Vergleich der Maxima und/oder Zylinderfüllung zwischen den Zylindern, und
- g) Anpassen der zylinderindividuellen Füllung mit Frischluft und/oder Kraftstoff.

4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf Basis der festgestellten Unterschiede der Zylinder eine zylinderindividuelle Zündwinkelkorrektur vorgenommen wird.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Bestimmen von Abgasgegendruckwerten der einzelnen Zylinder mittels eines hochauflösenden Abgasgegendrucksensors erfolgt.

6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtaststrategie

des Abgasgegendrucksensors im Bereich von 0,5 kHz bis 3000 kHz, insbesondere im Bereich von 1 kHz bis 1000 kHz, liegt.

7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Anpassen der zylinderindividuellen Füllmengen von Frischluft und/oder Kraftstoff ein Zylinderlambda gleich 1 und ein Abgaslambda gleich 1 vorgegeben werden. 5
10

8. Steuergerät zur Zylindergleichstellung einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Steuergerät dazu ausgelegt ist, ein Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche auszuführen. 15

9. Steuergerät nach Anspruch 8, wobei das Steuergerät mindestens einen Abgasgegendrucksensor umfasst oder mit mindestens einem Abgasgegendrucksensor verbindbar ist, wobei der Abgasgegendrucksensor dazu ausgebildet ist, ein Sensorsignal mit einer hohen zeitlichen Abtastrate auszugeben, das den Abgasgegendruck für den jeweiligen Zylinder repräsentiert. 20
25

10. Kraftfahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine, die mindestens zwei Zylinder, jeweils mindestens ein Einlassventil, über das die Zylinder mit einer Luftzuführung verbunden sind, und jeweils mindestens ein Auslassventil, über das jeder Zylinder mit einer Abgasführung verbunden ist, umfasst, und mit einem Steuergerät zur Zylindergleichstellung der Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 8 oder 9. 30
35

40

45

50

55

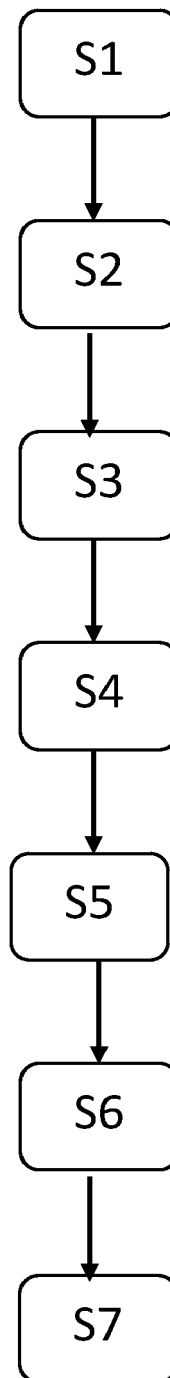


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 19 1589

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2019/085782 A1 (BRAHMA AVRA [US] ET AL) 21. März 2019 (2019-03-21)	1-3,5-10	INV. F02D41/00 F02D41/14
Y	* Absätze [0003], [0008] - [0010], [0018], [0037] - [0038]; Anspruch 1; Abbildung 10 *	4	

X	US 2018/119622 A1 (NAIR ADARSH GOPINATHAN [US] ET AL) 3. Mai 2018 (2018-05-03)	1,2,5, 7-10	
Y	* Absätze [0006], [0031], [0037], [0038] *	3-6	

Y	DE 10 2014 211162 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17)	3,5,6	
	* Absätze [0026] - [0027] *		

Y	US 2009/018756 A1 (STORHOK ERIC MATTHEW [US] ET AL) 15. Januar 2009 (2009-01-15)	4	
	* Absatz [0039] *		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Dezember 2020	Prüfer Le Bihan, Thomas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 19 1589

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-12-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2019085782 A1	21-03-2019	KEINE	
	US 2018119622 A1	03-05-2018	KEINE	
15	DE 102014211162 A1	17-12-2015	CN 106460711 A	22-02-2017
			DE 102014211162 A1	17-12-2015
			WO 2015189014 A1	17-12-2015
20	US 2009018756 A1	15-01-2009	US 2009018756 A1	15-01-2009
			US 2012215425 A1	23-08-2012
			US 2013032105 A1	07-02-2013
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10158262 A1 [0005]
- DE 10362028 B4 [0006]
- EP 2098710 B1 [0007]