



(10) **DE 10 2014 019 459 A1** 2016.06.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 019 459.0**

(22) Anmeldetag: **23.12.2014**

(43) Offenlegungstag: **23.06.2016**

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

(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

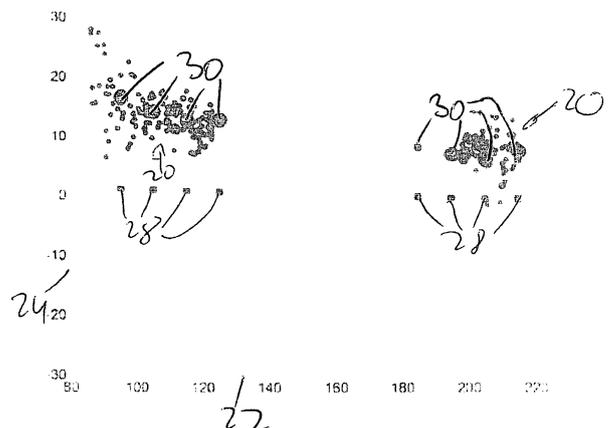
(72) Erfinder:
**Pfeuffer, Manuel, 71364 Winnenden, DE; Schmitt,
Jean-Christophe, Dipl.-Ing., 70191 Stuttgart, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Ermitteln einer Nockenwellenstellung einer Verbrennungskraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln wenigstens eines zumindest eine Stellung wenigstens einer Nockenwelle einer Verbrennungskraftmaschine charakterisierenden Stellungswerts, welcher in Abhängigkeit von wenigstens einem Fehlerwert ermittelt wird, welcher eine Abweichung eines vorgebbaren Soll-Werts des Verbrennungsluftverhältnisses der Verbrennungskraftmaschine von einem mittels wenigstens eines Sensors erfassten Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses charakterisiert, mit den Schritten:

- Erfassen einer Mehrzahl von Fehlerwerten (20);
- Einteilen der Fehlerwerte (20) in vorgebbare Steuerzeitkategorien;
- Berechnen eines jeweiligen Mittelwerts (26) aus den jeweiligen Fehlerwerten (20) der jeweiligen Steuerzeitkategorie; und
- Ermitteln des Stellungswerts in Abhängigkeit von den Mittelwerten (26).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln wenigstens einer Nockenwellenstellung gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] Üblicherweise kann zur Bestimmung einer Frischluftmasse in einem Zylinder einer beispielsweise als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine zwischen luftmassenmessergeführten und druckgeführten Systemen unterschieden werden. Bei den druckgeführten Systemen wird die Frischluftmasse im Zylinder mithilfe eines Drucksensors über ein Saugrohrmodell in einem Motorsteuergerät berechnet. Der Drucksensor ist beispielsweise in einem Saugrohr der Verbrennungskraftmaschine angeordnet und dient dazu, einen im Saugrohr herrschenden Druck zu erfassen. Mittels dieses Drucks kann dann die Frischluftmasse über das Saugrohrmodell berechnet werden. Dabei hängt die Frischluftmasse im Zylinder neben den Drücken und Temperaturen im Saugrohr und in einem Krümmer auch von sogenannten Ventilsteuerzeiten ab.

[0003] Als Ventilsteuerzeiten werden Zeitpunkte bezeichnet, zu denen Gaswechselventile, insbesondere wenigstens ein Einlassventil und ein Auslassventil, des Zylinders geöffnet und geschlossen werden. Mittels des Einlassventils wird das Einströmen von Frischluft in den Zylinder gesteuert, wobei mittels des Auslassventils das Ausströmen von Abgas aus dem Zylinder gesteuert wird. Zur genauen Bestimmung der aktuellen Füllung ist somit eine exakte Kenntnis des sogenannten Einlass-schließt-Zeitpunktes notwendig. Unter dem Einlass-schließt-Zeitpunktes, welcher auch als Einlass-schließt bezeichnet wird, ist der Zeitpunkt zu verstehen, zu welchem das Einlassventil schließt. Im Motorbetrieb ist die genaue Bestimmung der Ventilsteuerzeiten allerdings mit Toleranzen behaftet. Bei diesen Toleranzen handelt es sich beispielsweise um mechanische Toleranzen, Sensortoleranzen sowie Langzeiteinflüsse wie beispielsweise eine Kettenlängung. Unter einer solchen Kettenlängung ist beispielsweise eine Längenvergrößerung einer Steuerkette zu verstehen, über welche wenigstens eine Nockenwelle der Verbrennungskraftmaschine von einer Kurbelwelle dieser angetrieben wird.

[0004] Die Nockenwelle dient dazu, die Gaswechselventile zu betätigen, das heißt beispielsweise aus einer jeweiligen Schließstellung in eine jeweilige Offenstellung zu bewegen. Dies bedeutet, dass die Ventilsteuerzeiten insbesondere von der Nockenwelle, insbesondere ihrer Stellung bezogen auf die Kurbelwelle, abhängen. Unter der Stellung der Nockenwelle ist eine Drehstellung der Nockenwelle zu verstehen, die die Nockenwelle in Bezug zur Kurbelwelle einnimmt. Die Stellung der Nockenwelle wird auch als Nockenwellenstellung bezeichnet. Die genannten Toleranzen führen bei der Berechnung der Frischluft- und Restgasmenge im Zylinder üblicherweise zu einem Fehler. Dieser Fehler spiegelt sich im eingestellten Drehmoment der Verbrennungskraftmaschine wider. Vor allem bei Systemen mit Ventilhubumschaltung ist die genaue Einstellung des Drehmoments der Verbrennungskraftmaschine, welches auch als Motormoment bezeichnet wird, für eine komfortable und ruckfreie Umschaltung essentiell.

[0005] Darüber hinaus dient die berechnete Frischluftmasse als Basis für die eingespritzte Kraftstoffmenge. Durch Fehler im Luftpfad kann es somit zu einer falschen Kraftstoffzumessung kommen, wodurch das Brennraumlambda nicht korrekt eingestellt wird. Dies kann zu erhöhten Rohemissionen führen. Unter dem Brennraumlambda, welches auch als Lambda bezeichnet wird, ist das Verbrennungsluftverhältnis der Verbrennungskraftmaschine zu verstehen. Wie allgemein bekannt ist, ist das Verbrennungsluftverhältnis λ eine dimensionslose Kennzahl aus der Verbrennungslehre, die das Massenverhältnis aus Luft beziehungsweise Frischluft und Brennstoff in einem Verbrennungsprozess angibt. Mit anderen Worten charakterisiert das Verbrennungsluftverhältnis λ das Verhältnis aus der Frischluftmasse zur Kraftstoffmasse.

[0006] Aufgrund der genannten Toleranzen, welche insbesondere fertigungsbedingt sind, kommt es zu Streuungen von Verbrennungskraftmaschine zu Verbrennungskraftmaschine. Mit anderen Worten weisen die zu unterschiedlichen Zeitpunkten hergestellten Verbrennungskraftmaschinen unterschiedliche Toleranzen auf. Aufgrund dieser Streuungen muss ein Abstand zur idealen Bedatung gehalten werden, um einen sicheren Motorbetrieb gewährleisten zu können. Dies kann unter Umständen zu Nachteilen im Kraftstoffverbrauch führen.

[0007] Im aktuellen Stand der Technik ist eine direkte Messung der Steuerzeiten, insbesondere des Einlass-schließt sowie eines Auslass-öffnet im Motorbetrieb nicht möglich. Unter dem Auslass-öffnet ist der Zeitpunkt zu verstehen, zu welchem das Auslassventil öffnet. Aus der Literatur und dem Serienansatz sind zwei Technologien zur Adaption der Luftmasse beziehungsweise der Steuerzeiten bekannt.

[0008] Basis für die Adaption der Steuerzeiten ist die Auswertung von Flanken eines Nockenwellengeberrades. Das Nockenwellengeberrad ist ein Erfassungshilfsmittel, mithilfe dessen die Stellung der Nockenwelle

erfasst wird. Dazu wird die mittels eines Sensors gemessene Position der jeweiligen Flanke mit einer idealen Referenzposition verglichen. Die Abweichung der gemessenen Position zur Referenzposition wird als eine Verdrehung der Nockenwelle interpretiert. Dabei ist das Nockenwellengeberrad mit der Nockenwelle drehfest verbunden. Die Steuerzeiten können dann um die Abweichung, das heißt eine Winkeldifferenz korrigiert werden. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass nur ein Abgleich zwischen dem Sensor, welcher auch als Nockenwellensensor bezeichnet wird, und den Flanken des Nockenwellengeberrads erfolgt. Dabei sind sowohl die Position des Sensors als auch die Position der Flanken des Nockenwellengeberrads mit Fertigungstoleranzen behaftet. Darüber hinaus kann eine Verdrehung des Geberrads zum Nockenwellenprofil und somit zum tatsächlichen Ventilsteuerevent auf diese Weise nicht erkannt werden. Unter dem Ventilsteuerevent sind der Zeitpunkt, zu welchem das Einlassventil öffnet, und der Zeitpunkt, zu welchem das Auslassventil schließt, zu verstehen.

[0009] Eine weitere Möglichkeit, die berechnete Frischluftmasse zu korrigieren, stellt der Einsatz eines Luftmassenmessers, insbesondere in Form eines Heißfilmluftmassenmessers (HFM), dar. Über diesen kann die angesaugte Frischluftmasse direkt gemessen werden. Anschließend kann die aus dem Saugrohr durchbrechende Frischluftmasse mithilfe des Luftmassenmessers, insbesondere eines von dem Luftmassenmesser bereitgestellten und die erfasste Luftmasse charakterisierenden Signals, korrigiert werden. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, dass auch die Bestimmung der Frischluftmasse über den Luftmassenmesser mit Toleranzen behaftet ist. Darüber hinaus wird für dieses System ein zusätzliches Bauteil, nämlich der Luftmassenmesser selbst, benötigt.

[0010] Daher ist es wünschenswert, die Frischluftmasse beziehungsweise die Stellung der Nockenwelle zu ermitteln und insbesondere zu korrigieren, ohne hierzu zusätzliche Sensoren einsetzen zu müssen. Ein solches Verfahren ist beispielsweise bereits der DE 10 2013 011 772 A1 als bekannt zu entnehmen. Diese offenbart ein Verfahren zum Ermitteln wenigstens eines zumindest eine Stellung wenigstens einer Nockenwelle einer Verbrennungskraftmaschine charakterisierenden Stellungswerts, welcher in Abhängigkeit von wenigstens einem Fehlerwert ermittelt wird. Der Fehlerwert charakterisiert eine Abweichung eines vorgebbaren Soll-Werts des Verbrennungsluftverhältnisses der Verbrennungskraftmaschine von einem mittels wenigstens eines Sensors erfassten Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses. Als der Sensor wird beispielsweise eine ohnehin verwendete und in einem Abgastrakt der Verbrennungskraftmaschine eingesetzte Lambdasonde verwendet, mittels welcher der Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses λ ermittelt wird. Der ermittelte beziehungsweise erfasste Ist-Wert wird mit dem Soll-Wert, wobei es sich beispielsweise um einen Referenzwert handelt, verglichen. Weicht beispielsweise der Ist-Wert von dem Soll-Wert beziehungsweise Referenzwert ab, so kann dadurch auf eine Abweichung der Stellung der Nockenwelle von einer gewünschten Soll-Stellung rückgeschlossen werden. In der Folge weicht die Frischluftmasse von einem gewünschten Soll-Wert ab. Ferner ist es möglich, beispielsweise mittels eines Nockenwellenverstellers, die Abweichung der Stellung der Nockenwelle zu korrigieren. Hierzu wird beispielsweise die Nockenwelle mittels des Nockenwellenverstellers relativ zur Kurbelwelle verdreht.

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass die Stellung der Nockenwelle auf besonders einfache und präzise Weise ermittelt werden kann.

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

[0013] Um ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass die Stellung der Nockenwelle auf besonders einfache und präzise Weise ermittelt werden kann, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Mehrzahl von Fehlerwerten erfasst. Die Fehlerwerte werden in vorgebbare Steuerzeitkategorien eingeteilt. Ferner wird aus den jeweiligen Fehlerwerten der jeweiligen Steuerzeitkategorie ein jeweiliger Mittelwert berechnet, woraufhin der Stellungswert in Abhängigkeit von den Mittelwerten ermittelt wird. Dadurch ist es möglich, trotz etwaiger Toleranzen der Verbrennungskraftmaschine die Stellung der Nockenwelle und insbesondere eine Abweichung der Stellung der Nockenwelle von einer gewünschten Soll-Stellung zu ermitteln, so dass in der Folge Toleranzen der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Ventiltriebs der Verbrennungskraftmaschine, ausgeglichen werden können. Ferner ist es möglich, die Frischluftmasse in wenigstens einem Brennraum, insbesondere einem Zylinder, der beispielsweise als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine mithilfe des Ist-Werts zu bestimmen.

[0014] Als der Sensor wird beispielsweise eine ohnehin vorhandene und in einem Abgastrakt der Verbrennungskraftmaschine angeordnete Lambdasonde verwendet, welche ein den Ist-Wert charakterisierendes Signal, ein sogenanntes Lambdasondensignal bereitstellt. Mithilfe dieses Lambdasondensignals kann schließlich die Frischluftmasse im Zylinder besonders genau bestimmt werden, ohne dass hierzu ein zusätzlicher Sensor wie beispielsweise ein in einem Ansaugtrakt der Verbrennungskraftmaschine angeordneter Luftmassenmesser zum Einsatz kommen muss. Ferner ist es mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, das Drehmoment der Verbrennungskraftmaschine genau einzuregulieren und zu bestimmen, so dass beispielsweise bei einer Ventiltriebsumschaltung eine Momentengleichheit gewährleistet werden kann.

[0015] Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt die Idee zugrunde, einen sogenannten Lambdafehler, das heißt die Abweichung des Ist-Werts vom Soll-Wert zu nutzen, und in Abhängigkeit von diesem Lambdafehler eine Abweichung von Ist-Ventilsteuerzeiten zu Soll-Ventilsteuerzeiten zu bestimmen. In der Folge ist es möglich, beispielsweise mittels eines Nockenwellenverstellers die Nockenwelle relativ zu einer Abtriebswelle, insbesondere einer Kurbelwelle, der Verbrennungskraftmaschine zu verdrehen, um so die Abweichung der Ventilsteuerzeiten zu korrigieren. Infolge dieser Korrektur stimmen vorzugsweise die Ist-Ventilsteuerzeiten mit den Soll-Ventilsteuerzeiten überein.

[0016] Die Abtriebswelle der Kurbelwelle dient zum Antreiben der Nockenwelle, wobei die Nockenwelle mit der Abtriebswelle beispielsweise über einen Antrieb, insbesondere über einen Umschlingungstrieb oder einen Zahnradtrieb, gekoppelt ist.

[0017] Hintergrund der Erfindung ist, dass die genaue Bestimmung der aktuellen Luftmasse, insbesondere Frischluftmasse, im Zylinder Komfortvorteile bei der Lasteinstellung über die Ventilsteuerzeiten bietet, da das Drehmoment der Verbrennungskraftmaschine besonders genau eingestellt werden kann. Durch die genaue Bestimmung der Stellung der Nockenwelle und somit der Ventilsteuerzeiten kann die Verbrennungskraftmaschine näher an einer verbrauchsgünstigen Restgasgrenze bedatet werden, da Fertigungsstreuungen erkannt und ausgeglichen werden können. Mit anderen Worten ist es möglich, die Ventilsteuerzeiten zu korrigieren und dadurch beispielsweise fertigungsbedingte Toleranzen der Verbrennungskraftmaschine zu kompensieren. Insbesondere ist es möglich, den Einlass-Schließt-Zeitpunkt, das heißt den Zeitpunkt, zu welchem wenigstens ein Einlassventil der Verbrennungskraftmaschine schließt, zu korrigieren, um dadurch eine dem Zylinder zuzuführende Frischluftmasse und somit das von der Verbrennungskraftmaschine bereitzustellende Drehmoment besonders genau einstellen zu können. Ferner kann eine besonders genaue Zumessung von Kraftstoff, insbesondere einer Kraftstoffmasse, in den Zylinder realisiert werden, wodurch ein Lambdaregler zum Regeln des Verbrennungsluftverhältnisses im Vergleich zum Stand der Technik weniger beansprucht wird. Dies hat Vorteile bezüglich der Minimierung von Emissionen und bei der Robustheit von Diagnosen.

[0018] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0019] Die Zeichnung zeigt in:

[0020] Fig. 1 ein Schaubild zur Veranschaulichung eines theoretischen Verlaufs eines Lambdafehlers für 1 Grad Kurbelwinkel;

[0021] Fig. 2 ein Schaubild zur Veranschaulichung von erfassten Fehlerwerten;

[0022] Fig. 3 ein Schaubild zur Veranschaulichung einer Einteilung der Fehlerwerte in vorgebbare Steuerzeitkategorien;

[0023] Fig. 4 ein Schaubild zur Veranschaulichung eines Vergleichs zwischen dem Verlauf des Lambdafehlers und Fehlermuster; und

[0024] Fig. 5 ein Schaubild zum Veranschaulichen eines Verfahrens, mittels welchem ein Nockenwellenstellungsfehler ermittelt wird.

[0025] Fig. 1 bis Fig. 5 dienen zum Veranschaulichen eines Verfahrens zum Ermitteln wenigstens eines zumindest eine Stellung wenigstens einer Nockenwelle einer Verbrennungskraftmaschine charakterisierenden Stellungswerts, welcher in Abhängigkeit von wenigstens einem Fehlerwert ermittelt wird. Der Fehlerwert charakterisiert dabei eine Abweichung eines vorgebbaren Soll-Werts des Verbrennungsluftverhältnisses der Verbrennungskraftmaschine von einem mittels wenigstens eines Sensors, insbesondere einer Lambdasonde, erfassten Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses. Die Verbrennungskraftmaschine ist dabei als Hubkolben-Verbrennungskraftmaschine ausgebildet und umfasst wenigstens einen Brennraum in Form eines Zylinders, welchem eine Frischluftmasse beziehungsweise eine sogenannte Füllung zugeführt wird.

[0026] Wie im Folgenden noch erläutert wird, wird bei dem Verfahren eine Mehrzahl von Fehlerwerten erfasst. Diese Fehlerwerte werden in vorgebbare Steuerzeitenkategorien eingeteilt. Schließlich wird ein jeweiliger Mittelwert aus den jeweiligen Fehlerwerten der jeweiligen Steuerzeitkategorie berechnet, woraufhin der Stellungswert in Abhängigkeit von den Mittelwerten ermittelt wird.

[0027] Die Idee des Verfahrens beruht darauf, dass ein sogenannter Lambdafehler beziehungsweise eine Regelabweichung eines Lambdareglers der Verbrennungskraftmaschine die Summe aller Toleranzen im Luft- und Kraftstoffsystem der Verbrennungskraftmaschine widerspiegelt. Unter dem Lambdafehler ist die genannte Abweichung des Ist-Werts des Verbrennungsluftverhältnisses vom Soll-Wert zu verstehen. Der genannte Lambdaregler ist beispielsweise Bestandteil eines Steuergeräts der Verbrennungskraftmaschine und dient dazu, das Verbrennungsluftverhältnis, insbesondere den Ist-Wert, auf den Soll-Wert zu regeln. Die Abweichung des Ist-Werts vom Soll-Wert ist somit die Regelabweichung des Lambdareglers.

[0028] Die dem Zylinder zuzuführende beziehungsweise zugeführte Luftmasse beziehungsweise Frischluftmasse kann beispielsweise anhand eines Luftpfadmodells ermittelt werden. Diesem Luftpfadmodell werden eine Dichte in einem Saugrohr sowie eine Dichte in einem Krümmer der Verbrennungskraftmaschine zugeführt. Die Dichte im Saugrohr charakterisiert beispielsweise eine Dichte eines das Saugrohr durchströmenden Gases, wobei es sich beispielsweise um die Frischluft handelt. Die Dichte im Krümmer charakterisiert beispielsweise die Dichte eines den Krümmer durchströmenden Gases, insbesondere Abgases, der Verbrennungskraftmaschine. Ferner wird dem Luftpfadmodell eine geometrische Steuerung am Kurbeltrieb der Verbrennungskraftmaschine, Änderungen im Luftpfad wie beispielsweise Verschmutzungen des Luftpfades, Steuerzeiten einer Einlassnockenwelle und Steuerzeiten einer Auslassnockenwelle der Verbrennungskraftmaschine zugeführt. Die bestimmte Luftmasse wird einem Kraftstoffpfadmodell zugeführt. Ferner wird dem Kraftstoffpfadmodell eine ermittelte Kraftstoffmasse im Zylinder zugeführt, so dass mittels des Kraftstoffpfadmodells anhand der ermittelten Luftmasse im Zylinder und anhand der ermittelten Kraftstoffmasse im Zylinder das mit λ bezeichnete Verbrennungsluftverhältnis im Abgas der Verbrennungskraftmaschine ermittelt, insbesondere berechnet, wird.

[0029] Eine Analyse des Lambdafehlers kann in erster Linie keine Schlussfolgerung über die Aufteilung der Fehler aus dem Kraftstoffpfad und aus dem Luftpfad ergeben. Allerdings zeigt der Füllungsfehler – und somit der Lambdafehler – von einem falsch abgeschätzten Einlass-schließt, welcher auch als Einlassventil-Schließzeit (EVS) bezeichnet wird, einen charakteristischen Verlauf. Ziel des Verfahrens ist es, diesen charakteristischen Verlauf im Lambdafehler zu identifizieren und anhand dessen den Einlass-schließt-Fehler zu bestimmen.

[0030] Der gesamte Lambdafehler wird in einen Lambdafehler 1 und einen Lambdafehler 2 unterteilt. Dabei hängt der Lambdafehler 2 vom Einlass-schließt-Zeitpunkt ab, welcher auch als Einlass-schließt beziehungsweise EVS bezeichnet wird. Im Lambdafehler 1 werden alle restlichen Einflussquellen (x_1, x_2, \dots, x_n) widerspiegelt, wobei es sich beispielsweise um die Drehzahl, die Last, die Umgebungstemperatur, die Kühlmitteltemperatur usw. handelt. Dies kann anhand der folgenden Formel ausgedrückt werden:

$$F = F_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + F_2(\text{EVS})$$

mit:

F = Lambdafehler gesamt
 F1 = Lambdafehler 1
 F2 = Lambdafehler 2

[0031] Der motortypische Lambda-Fehlerverlauf in Abhängigkeit von EVS wird theoretisch ermittelt. Das so erzeugte Muster kann dazu dienen, zwischen F1 und F2 zu unterscheiden. Fig. 1 zeigt ein Schaubild, auf dessen Abszisse **10** der EVS in der Einheit Grad Kurbelwinkel ($^{\circ}\text{KW}$) aufgetragen ist. Auf der Ordinate **12** ist der theoretische Lambdafehler 2 für ein 1 Grad Kurbelwinkel EVS-Fehler aufgetragen. Ein in das Schaubild

gemäß **Fig. 1** eingetragener Verlauf **14** charakterisiert den genannten Lambda-Fehlerverlauf beziehungsweise den Füllungsfehler für einen EVS-Fehler von 1 Grad Kurbelwinkel.

[0032] Ein Großteil der Fehler, welche Auswirkungen auf die Messung des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses haben, ist betriebspunktabhängig und deshalb dem Lambdafehler 1 zuzuordnen. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, läuft die Erfassung des Lambdafehlers 2 während des gesamten Motorbetriebs und damit sehr breitgefächert über den gesamten Variationsbereich der Parameter für den Lambdafehler 1 (x_1, x_2, \dots).

[0033] Dazu wird der aktuelle Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine ständig überwacht, um festzustellen, wann die Verbrennungskraftmaschine sich in einem quasi stationären Betriebszustand befindet. Dadurch wird eine statistische Auswertung des Lambdafehlers möglich.

[0034] **Fig. 2** zeigt ein Schaubild, auf dessen Abszisse **16** der EVS in Grad Kurbelwinkel aufgetragen ist. Auf der Ordinate **18** ist der Lambdafehler in der Einheit Prozent aufgetragen. In das Schaubild gemäß **Fig. 2** sind eine Mehrzahl von Messpunkten **20** eingetragen, wobei diese Messpunkte die jeweils zuvor erwähnten Fehlerwerte sind. Mit anderen Worten zeigt das Schaubild gemäß **Fig. 2** die gemessenen Lambdafehler über dem Einlass-schließt. Somit werden bei einem Schritt des Verfahrens die Betriebspunkte beziehungsweise die Fehlerwerte gesammelt.

[0035] Daraufhin werden die gemessenen Lambdafehler beziehungsweise Fehlerwerte Steuerzeitenkategorien zugeordnet, was in **Fig. 3** veranschaulicht ist. **Fig. 3** zeigt ein Schaubild, auf dessen Abszisse **22** der EVS in Grad Kurbelwinkel aufgetragen ist. Auf der Ordinate **24** ist der Lambdafehler in Prozent aufgetragen, so dass das Schaubild gemäß **Fig. 3** im Grunde dem Schaubild gemäß **Fig. 2** entspricht. Die Zuordnung in den Bereichen ermöglicht es, die Datenmenge sehr stark zu reduzieren. Statt alle Messpunkte (Fehler, EVS) zu speichern, werden nur jeweilige Mittelwerte **26** aus den jeweiligen Fehlerwerten der jeweiligen Steuerzeitenkategorie und die Anzahl an Messpunkten in der jeweiligen Steuerzeitenkategorie weiterverwendet. Durch diese Mittelung wird in jeder Steuerzeitenkategorie die durch den Lambdafehler 1 verursachte Streuung eliminiert. Damit ist eine getrennte Bewertung der beiden Lambdafehler (Lambdafehler 1 und Lambdafehler 2) möglich.

[0036] Der Fehlerverlauf kann mit einem charakteristischen EVS-Fehlermuster für 1 Grad Kurbelwinkel-Versatz verglichen werden, was in **Fig. 4** veranschaulicht ist. **Fig. 4** zeigt das Schaubild gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3**, wobei in das Schaubild gemäß **Fig. 4** Fehlermuster **28** für einen 1 Grad Kurbelwinkel-Versatz eingetragen sind. Wie oben beschrieben, wird für die Bestimmung des Lambdafehlers eine Vielzahl an Fahrsituationen und Motorbetriebspunkten herangezogen. Durch die Einteilung in Steuerzeitenkategorien ist sichergestellt, dass F1 unabhängig vom EVS-Zeitpunkt beschrieben und dadurch als Konstante angenommen werden kann.

[0037] Für die Bestimmung des EVS-abhängigen Fehlers F2 wird das theoretische Fehlermuster herangezogen. Ein Faktor auf dieses Fehlermuster stellt den Versatz im Einlassventil-Schließt-Zeitpunkt dar. Damit ergibt sich für die Modellierung des gesamten Lambdafehlers F folgender Zusammenhang:

$$\text{Lambdamodell(Winkelfehler; Offset, EVS)} = \text{Winkelfehler} \times \text{Fehlermuster (EVS)} + \text{Offset}$$

[0038] Die Problematik liegt darin, die Größe (Lambdafehler – Lambdamodell) zu minimieren. Der identifizierte Winkelfehler, der zu diesem Minimum führt, kann im Anschluss genutzt werden, um die Steuerzeiten zu korrigieren.

[0039] Die Minimierung der Abweichung zwischen gemessener und modellierter Fehler wird mittels einer Gradient-Analyse im Motorsteuergerät durchgeführt. Dabei wird eine Funktion, welche die Summe der quadratischen Abweichungen über die K-Kategorie bildet, verwendet:

$$f(\text{Winkelfehler; Offset}) = \sum_K (\text{Lambdafehler}_{\text{Messung}} - \text{Lambdafehler}_{\text{Modell}})^2$$

[0040] Es werden die Gradienten in beide Richtungen berechnet:

$$f(\text{Winkelfehler} + \Delta_{\text{Winkelfehler}}; \text{Offset}) = \text{Gradient}_{\text{Winkelfehler}}$$

$$f(\text{Winkelfehler; Offset} + \Delta_{\text{Offset}}) = \text{Gradient}_{\text{Offset}}$$

[0041] Die jeweiligen Gradienten geben die Verstellrichtung der beiden Parameter an, um eine Minderung der Abweichungen zwischen Modell und Messung zu erreichen.

[0042] Durch einen iterativen Algorithmus ist es möglich, die optimalen Parameter und somit die Nockenwellen-Fehler zu ermitteln, was in **Fig. 5** veranschaulicht ist. In **Fig. 5** ist mit **30** der identifizierte Fehlerverlauf bezeichnet, wobei **Fig. 5** das Schaubild gemäß **Fig. 2** bis **Fig. 4** zeigt. Vorliegend wurde als Nockenwellen-Fehler 5,43 Grad Kurbelwinkel ermittelt. Ferner wurde ein Offset von 8,53 Prozent identifiziert.

[0043] Mittels des Verfahrens können die Ventilsteuerzeiten, insbesondere die Einlasssteuerzeiten, besonders genau bestimmt werden, wobei eine Adaption anhand von Fehlermustererkennung erfolgt. Das Verfahren identifiziert die optimalen Parameter eines Modells und basiert auf einem Motoraufbau gemäß dem Stand der Technik, so dass zur Ermittlung des Nockenwellen-Fehlers keine zusätzlichen Sensoren erforderlich sind. Dabei gleicht das Verfahren Fertigungstoleranzen und Streuungen in der Fertigung aus und verbessert die Momentenbestimmung, so dass der Kraftstoffverbrauch der Verbrennungskraftmaschine besonders gering gehalten werden kann. Dabei nutzt das Verfahren den Lambdafehler zur Bestimmung der korrekten Ventilsteuerzeiten, insbesondere der korrekten Einlasssteuerzeiten.

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

- DE 102013011772 A1 [0010]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln wenigstens eines zumindest eine Stellung wenigstens einer Nockenwelle einer Verbrennungskraftmaschine charakterisierenden Stellungswerts, welcher in Abhängigkeit von wenigstens einem Fehlerwert ermittelt wird, welcher eine Abweichung eines vorgebbaren Soll-Werts des Verbrennungsluftverhältnisses der Verbrennungskraftmaschine von einem mittels wenigstens eines Sensors erfassten Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses charakterisiert, gekennzeichnet durch die Schritte:

- Erfassen einer Mehrzahl von Fehlerwerten (**20**);
- Einteilen der Fehlerwerte (**20**) in vorgebbare Steuerzeitenkategorien;
- Berechnen eines jeweiligen Mittelwerts (**26**) aus den jeweiligen Fehlerwerten (**20**) der jeweiligen Steuerzeitkategorie; und
- Ermitteln des Stellungswerts in Abhängigkeit von den Mittelwerten (**26**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fehlerwerte (**20**) in unterschiedlichen Betriebszuständen der Verbrennungskraftmaschine erfasst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehstellung der Nockenwelle in Abhängigkeit von dem Stellungswert derart geändert wird, dass der Stellungswert kleiner wird.

4. Verbrennungskraftmaschine für einen Kraftwagen, welche zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

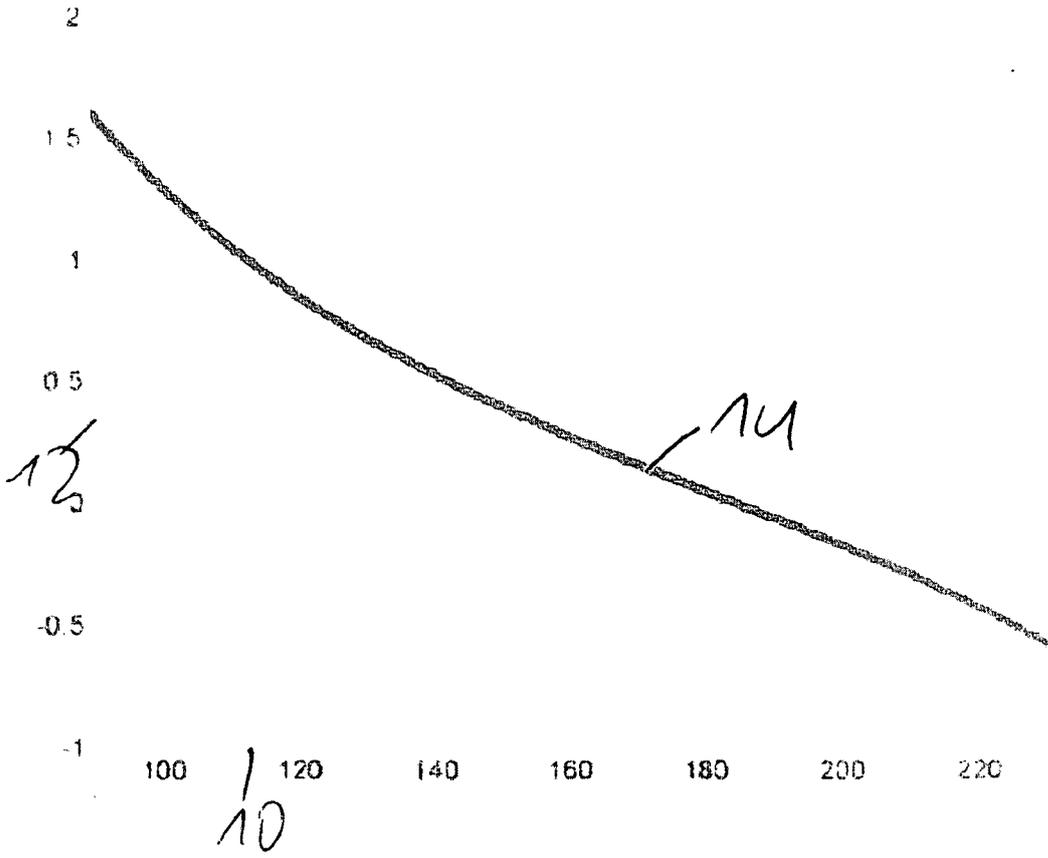


Fig. 1

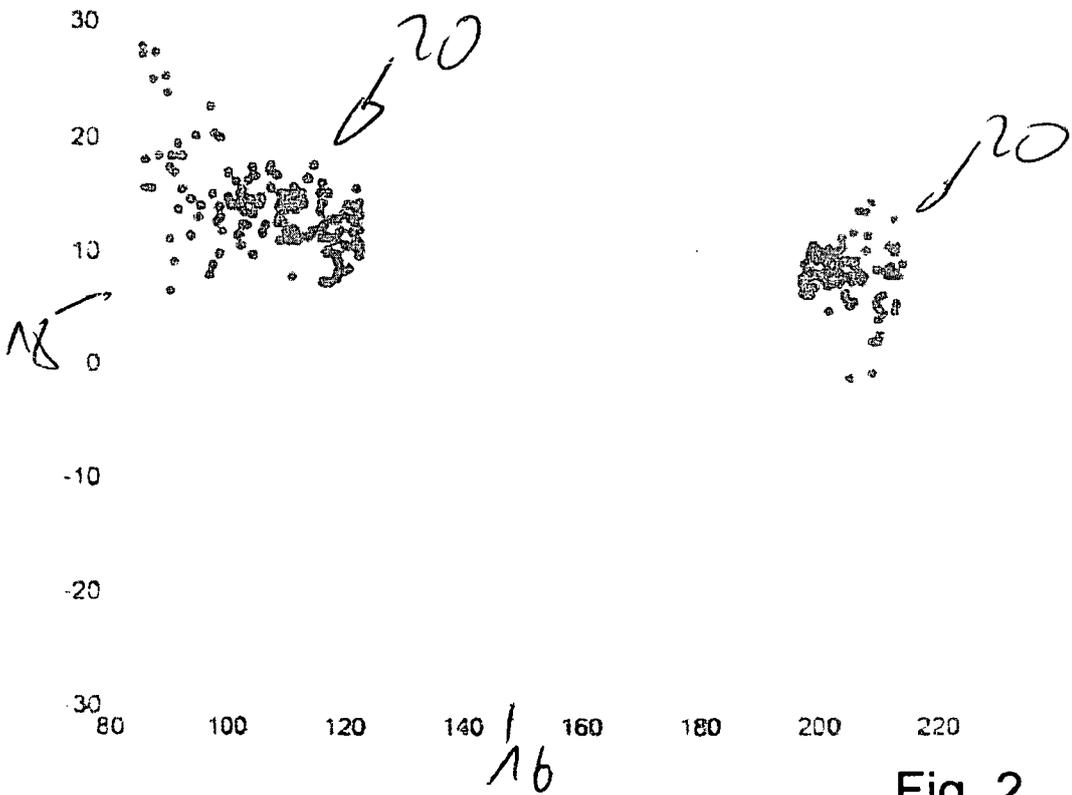


Fig. 2

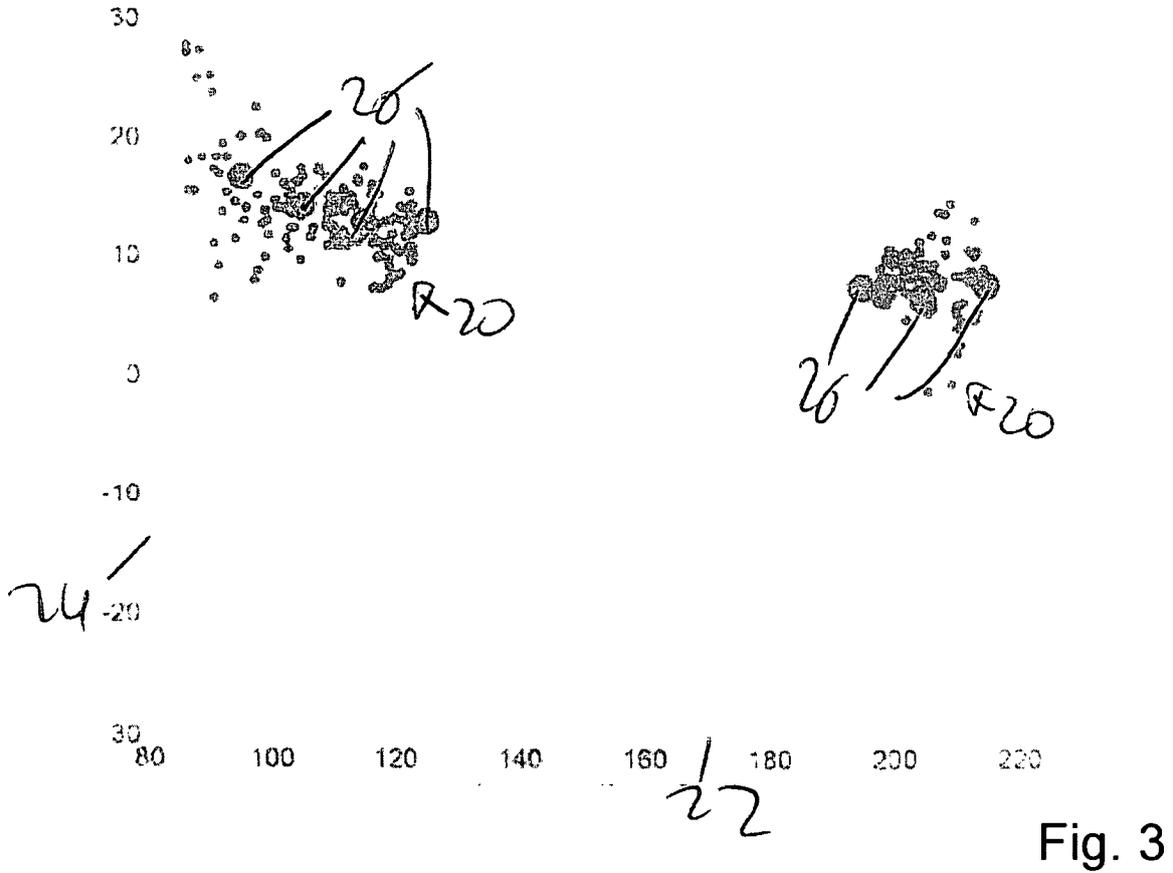


Fig. 3

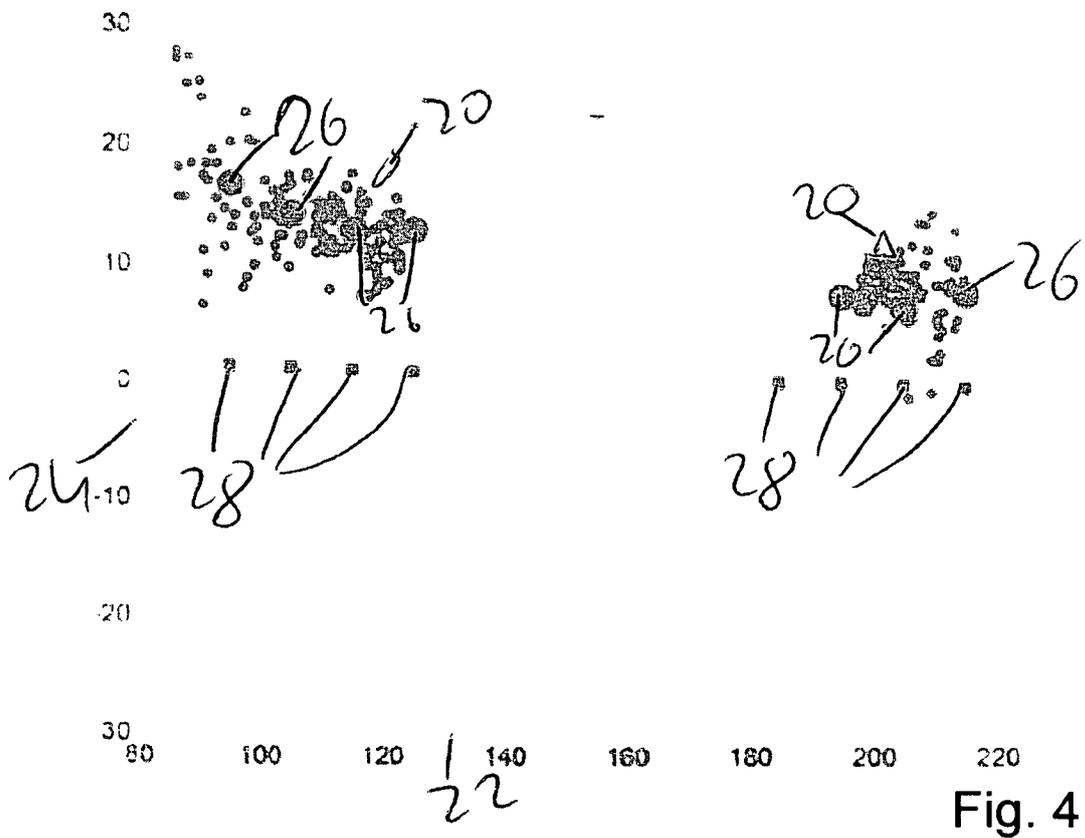


Fig. 4

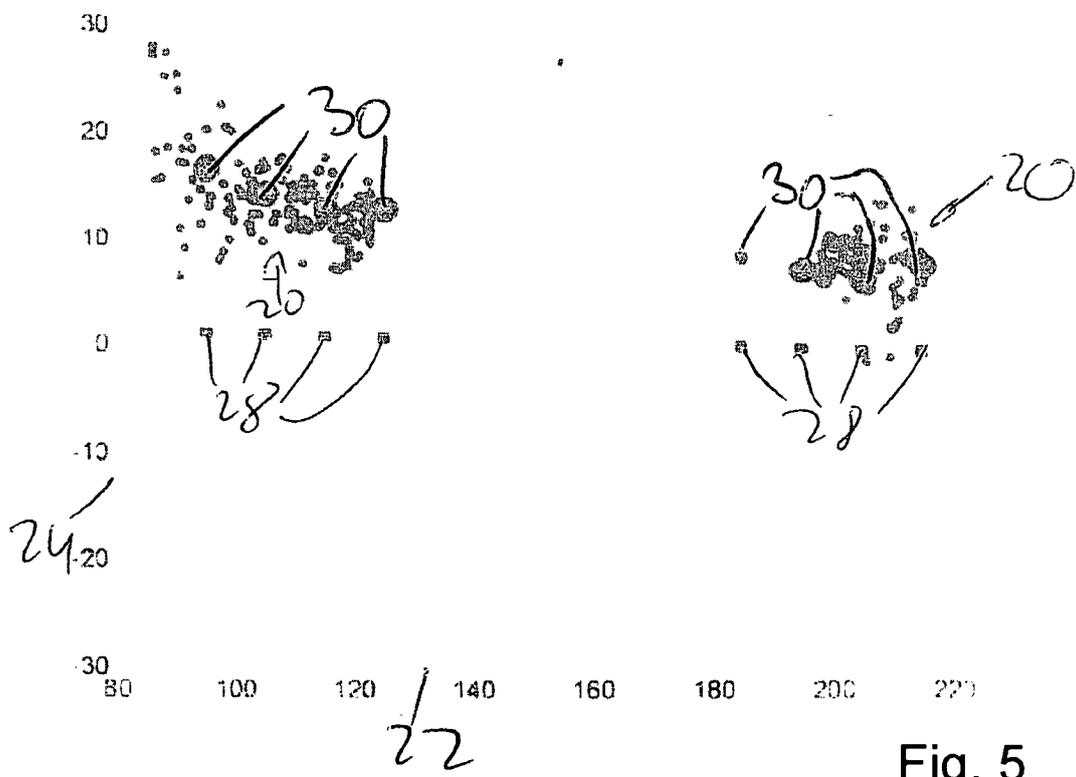


Fig. 5