



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 207 801.1**

(22) Anmeldetag: **04.05.2016**

(43) Offenlegungstag: **09.11.2017**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **06.10.2022**

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

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

(73) Patentinhaber:

**Volkswagen Aktiengesellschaft, 38440 Wolfsburg,  
DE**

(72) Erfinder:

**Biener, Martin, 38173 Veltheim, DE; Schwieger,  
Stephan, 38104 Braunschweig, DE; Hahmann, Ulf,  
38835 Osterwieck, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 39 957	A1
DE	100 11 632	A1
DE	10 2006 020 434	A1
DE	10 2007 050 809	A1
DE	10 2010 018 942	A1
DE	10 2015 217 703	A1
WO	2015/ 028 152	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine, mit den Schritten:

- Erfassen einer Kurbelwellenposition einer Kurbelwelle in Bezug auf ein Kurbelgehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Kurbelwelle,

- Erfassen eines Signals eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle,

- Bestimmen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz, sowie

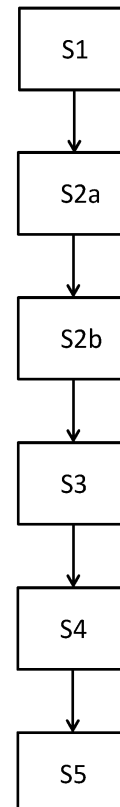
- Einlesen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.

- Erfassen einer Nockenposition einer Nockenwelle in Bezug auf ein Nockenwellengehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Nockenwelle, dadurch gekennzeichnet, dass die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- Erfassen eines Signals eines Nockenwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Nockenwelle,

- Bestimmen einer Nockenwellen-Winkellagen-Differenz, sowie

- Einlesen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine. Ferner gehören zur Erfindung ein Computerprogrammprodukt mit Programmanweisungen zur Durchführung des Verfahrens, ein Kraftfahrzeug und ein Programmiergerät sowie eine Prüfvorrichtung.

**[0002]** Eine der wichtigsten Sensorinformationen bei modernen Brennkraftmaschinen, wie Otto- oder Dieselmotoren, in Kraftfahrzeugen, wie z.B. PKWs, sind die eines Kurbelwellensensors sowie eines Nockenwellensensors.

**[0003]** Die Winkellage der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs beeinflusst als zentrale Größe die meisten Prozesse im Steuergerät der Brennkraftmaschine, und viele thermodynamische Prozesse haben einen physikalischen Bezug zu der oberen Totpunktposition eines Kolbens der Brennkraftmaschine. Eine exakte Übereinstimmung zwischen dem mechanischen Koordinatensystem z.B. der Kurbelwelle und dem Kurbelwellensensor ist dabei eine Grundvoraussetzung, um Aussagen über die Position der Kurbelwelle tätigen zu können. Gerade bei Dieselmotoren reagiert deren thermodynamisches Verhalten extrem sensitiv auf fehlerhafte Abweichungen des Kurbelwellensensors.

**[0004]** Bei modernen Brennkraftmaschinen mit einer verstellbaren Nockenwelle bzw. mit einer Füllungsregelung ist zudem die Position des Ventilnockens eine zentrale Größe, weil Drehzahl, Ventilhubverlauf, Ladedruckniveau und Abgasrückführungsrate die Parameter sind, die die Füllung steuern.

**[0005]** Jedoch ist die Winkellageermittlung der Kurbelwelle und Nockenwelle sehr ungenau. Z.B. können an Nockenwellen Abweichungen von +/- 10° zwischen der gemessenen und der tatsächlichen Nockenwellenposition auftreten, während bei Kurbelwellen Abweichungen von +/- 1,5° auftreten. Bei z.B. Otto-Motoren hat dies zur Folge, dass in Verbindung mit einer großen Ventilüberschneidung und/oder bei Durchführung z. B. des Miller-Brennverfahrens die Abweichung der tatsächlichen Füllung von der erwarteten Füllung so groß ist, dass es zu erheblichen Abweichungen bei Leistung und Emissionen kommt. Bei Dieselmotoren hingegen können bereits kleine Abweichungen z.B. am Kurbelwellensensor zu erheblichen Spitzendrucküberhöhungen, vermehrter NO<sub>x</sub>-Bildung oder zu starker Kohlenwasserstoffbildung führen.

**[0006]** Im Stand der Technik sind Verfahren zur Kalibrierung eines Kurbelwellensensors bekannt.

**[0007]** Aus der gattungsbildenden DE43 39 957 A1 ist beispielsweise ein Verfahren zur Kalibrierung einer Einrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem die Abweichung zwischen der Lage eines Referenzimpulses und einer bevorzugten Stellung (OT) einer Kurbelwelle ermittelt wird. Die Stellung der Kurbelwelle wird mittels eines Induktivgebers ermittelt, der die Zähne eines mit der Nockenwelle gekoppelten Anlasserzahnkranzes erfasst. Es wird eine von einer Nockenwelle angetriebene Pumpenantriebswelle gegenüber der Kurbelwelle mittels eines Spritzverstellers verschoben, bis die Impulse eines an der Pumpenantriebswelle angeordneten Impulsrades symmetrisch zur bevorzugten Stellung (OT) auftreten, wobei der Wert, um den die Pumpenantriebswelle verschoben wurde, der ursprünglichen Abweichung der Lage des Referenzimpulses von der bevorzugten Stellung entspricht und als Korrekturwert in einem Steuergerät abgespeichert wird.

**[0008]** Aus der DE 100 11 632 A1 ist ein Verfahren zur Kalibrierung und zur Bestimmung einer Kolbenstellung eines Verbrennungsmotors bekannt, wobei ein Geberrad und ein Drehzahlsensor einer Einrichtung zum Bestimmen der Kolbenstellung werksseitig kalibriert wird, wobei die Kalibrierung für die gesamte Lebensdauer des Motors ausgelegt ist. Dabei werden unter anderem die für diesen Motortyp spezifischen Einspritzzeitpunkte ausgehend von einer Referenzkolbenstellung, beispielsweise dem oberen Totpunkt des Kolbens, bestimmt, bei denen während der Verbrennung im Inneren des Zylinders die jeweils höchsten Temperaturen für eine vorgegebene Menge Kraftstoff auftreten. Diese für den jeweiligen Motortyp spezifischen Einspritzzeitpunkte definieren jeweils einen zeitlichen Abstand, zu dem ausgehend von der bekannten Kolbenstellung die Einspritzung des Kraftstoffs erfolgt. Da der zeitliche Abstand des Einspritzzeitpunktes bezogen auf die jeweilige Kolbenstellung, bei der die höchste Temperaturentwicklung während des Verbrennungsvorgangs für diese vorgegebene Menge Kraftstoff auftritt, bei gleichen Randbedingungen gleich ist, kann durch Vergleich des Einspritzzeitpunktes, der bezogen auf die von der Einrichtung vorgegebene Kolbenstellung bestimmt wurde, mit dem spezifischen Einspritzzeitpunkt, der bezogen auf eine bekannte Kolbenstellung definiert ist, ermittelt werden, inwieweit die von der Einrichtung bestimmte Kolbenstellung von der tatsächlichen Kolbenstellung im Verbrennungsmotor abweicht. Indem die vorgegebene Kolbenstellung entsprechend der Abweichung zwischen den beiden Einspritzzeitpunkten an die tatsächliche Kolbenstellung angeglichen wird, kann die Einrichtung zum Bestimmen der Kolbenstellung auf einfache Weise jederzeit kalibriert werden.

**[0009]** Aus der DE 10 2006 020 434 A1 ist ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor bekannt, der

eine Vielzahl von Zylindern und eine dadurch angetriebene Kurbelwelle aufweist. Eine Schalteinrichtung ist zum Schalten des Verbrennungsmotors in einen Passiv-Betriebszustand vorhanden, in dem der Verbrennungsmotor kein Drehmoment durch Verbrennung erzeugt. Eine geregelte elektrische Maschine EM, insbesondere einer Drehfeldmaschine, dient zum Antreiben der Kurbelwelle. Eine Steuereinrichtung STE ist derart eingerichtet, dass im Passiv-Betriebszustand des Verbrennungsmotors, basierend auf der Drehzahl und der Leistungsaufnahme der elektrischen Maschine EM, der Kompressionsdruck der Zylinder oder eine damit korrelierende Größe ermittelt wird.

**[0010]** Aus der DE 10 2007 050 809 A1 ist bekannt, zum Kalibrieren der Messung eines Kurbelwinkels einer Kolben-Brennkraftmaschine in einem unbefeuerten Betrieb einen Verlauf eines Brennraumdrucks über dem Kurbelwinkel zu ermitteln und den ermittelten Verlauf für die Bestimmung eines solchen Kurbelwinkels zu verwenden, bei dem sich ein zu dem Brennraum gehörender Kolben in einem oberen Totpunkt befindet. Es wird vorgeschlagen, dass eine Korrekturfunktion ermittelt und auf den ermittelten Verlauf angewendet wird, so dass ein korrigierter Verlauf erhalten wird, dass die Korrekturfunktion so ermittelt wird, dass ein Symmetriemerkmal, welches eine Abweichung des korrigierten Verlaufs von einem symmetrischen Verlauf quantifiziert, wenigstens in etwa minimal ist, und dass der korrigierte Verlauf für die Bestimmung jenes Kurbelwinkels, bei dem sich der zu dem Brennraum gehörende Kolben in einem oberen Totpunkt befindet, verwendet wird.

**[0011]** Aus der DE 10 2015 217 703 A1 ist ein Verfahren zur Kalibrationsdatenerfassung eines Verbrennungsmaschinen-Drehwinkelsensors und ein Verfahren zu dessen kalibriertem Betrieb sowie Kalibrationsdatenerfassungseinheit bekannt. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- Betreiben des Antriebsstrangs in einem Kalibrierzustand, in dem eine Verbrennungsmaschine des Hybridfahrzeug-Antriebsstrangs unbefeuert ist und eine Antriebswelle, an der der Verbrennungsmaschinen-Drehwinkelsensor angeordnet ist, von einer elektrischen Maschine des Hybridfahrzeug-Antriebsstrangs angetrieben wird; und

- Erfassen von Ist-Segmentzeiten ( $t_1$ ,  $t_2$ ) während dem Kalibrierzustand mittels des Verbrennungsmaschinen-Drehwinkelsensors.

**[0012]** Ferner werden die erfassten Ist-Segmentzeiten als Zeitpunkte ( $t_1$ ,  $t_2$ ), Zeitdauern oder als Abweichungen von vorgegebenen Soll-Zeitpunkten oder Soll-Zeitdauern gespeichert. Zudem wird ein Verfahren zum kalibrierten Betrieb eines Verbrennungsmaschinen-Drehwinkelsensors in einem Hybridfahr-

zeug-Antriebsstrang und eine Kalibrationsdatenerfassungseinheit beschrieben.

**[0013]** Aus der WO 2015 / 028 152 A1 ist ein Kalibriermedium zum Kalibrieren eines Sensors bekannt, der zur Prüfung mindestens einer optischen Eigenschaft von Wertdokumenten ausgebildet ist. Ferner sind ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kalibriermediums und ein Verfahren zum Kalibrieren eines Sensors unter Verwendung des Kalibriermediums bekannt. Das Kalibriermedium weist einen Merkmalsstoff mit der zu prüfenden optischen Eigenschaft auf und zeichnet sich aus durch eine große Homogenität der von dem Merkmalsstoff detektierbaren optischen Eigenschaft, die sich in einer sehr geringen Standardabweichung der Messsignalintensität pro Quadratmillimeter von weniger als 5% des Mittelwerts der Messsignalintensität äußert. Der Merkmalsstoff ist bevorzugt ein Lumineszenzstoff. Am Kalibriermedium kann ein RFID-Chip angebracht sein, um beispielsweise bestimmte Daten zu speichern. Solche Daten beinhalten beispielsweise die zu erwartende Intensität des Messsignals am Sensor oder einen oder mehrere Übertragungsfaktoren, um die am Kalibriermedium gemessenen Werte auf die bei der Wertdokumentapplikation zu erwartenden Werte umzurechnen. Bevorzugt werden solche Daten auf dem RFID-Chip in verschlüsselter Form gespeichert. Alternativ oder zusätzlich kann ein Aufkleber mit aufgedruckten Informationen, beispielsweise Seriennummern, Prüfplaketten, maschinellen Erkennungsmustern, QR-Codes, der korrekten Einlegerichtung/Bedienweise des Kalibriermediums, und beliebigen anderen Informationen auf dem Kalibriermedium aufgeklebt sein.

**[0014]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Wege aufzuzeigen, wie der Betrieb von derartigen Brennkraftmaschinen verbessert werden kann.

**[0015]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

**[0016]** Dazu ist es bei einem Verfahren der o.g. Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Schritte durchgeführt werden:

- Erfassen einer Kurbelwellenposition einer Kurbelwelle in Bezug auf ein Kurbelgehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Kurbelwelle,

- Erfassen eines Signals eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle,

- Bestimmen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz, und

- Einlesen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.

**[0017]** Der ermittelte Abweichungswert der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz kann in ein Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine übertragen werden und wird dann dazu verwendet, im Motorsteuergerät eine Korrektur der ermittelten Werte der Kurbelwellenposition an Hand des gemessenen Abweichungswerts durchzuführen. Dabei kann das Erfassen einer Kurbelwellenposition einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Kurbelwelle, das Erfassen eines Signals eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle und das Bestimmen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz bereits während der Produktion der Brennkraftmaschine bzw. Kraftfahrzeugs durchgeführt und z.B. mit einem Programmiergerät in ein Steuergerät der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs übertragen werden. Hierbei wird eine Drehung der Kurbelwelle durchgeführt, wobei der Kurbelwellensensor bereits verbaut ist. Bei diesem Drehvorgang werden das Signal eines externen, vordichtungsfesten Winkel- bzw. Positionsgebers sowie zeitgleich das Signal des zugehörigen Kurbelwellensensors aufgezeichnet und verglichen. Bei einer Adaption der Drehvorrichtung an den Prüfling wird dabei eine präzise Zuordnung vorgenommen, so dass das im Prüfmessstandsystem verankerte Drehkoordinatensystem mit dem Koordinatensystem des Prüflings übereinstimmt. Dies kann mittels zusätzlicher Sensoren z.B. über die Bestimmung eines oberen Totpunktes, betreffend insbesondere den Nocken- oder Kolbenhubwert, erfolgen. Alternativ kann auch eine auf der Kurbel- oder Nockenwelle angebrachte präzise Markierung als Referenz verwendet werden.

**[0018]** Der Schritt „Bestimmen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz“ kann das Ermitteln von Abweichungen zwischen einer erfassten elektrischen Winkellagenposition und einer mechanischen Winkellagenposition für das Kurbelwellensystem umfassen.

**[0019]** Der Schritt „Einlesen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs“ wird hingegen das erste Mal bei der Erstinbetriebnahme des Kraftfahrzeugs durchgeführt. Zuvor erfolgt in der Regel eine Prüfung am Abschluss der Brennkraftmaschinenproduktion, bei der die genannten Abweichungen durch Aufaddieren eines auf der bestimmten Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beruhenden Offsets verwendet werden

können, um einen präzisen Offsetwinkel und damit ein exaktes Maß für die Genauigkeit der eingestellten Steuerzeiten zu ermitteln. Damit werden die Streuungen von Leistung, Drehmoment, Emissionen und Verbrauch in der Großserie reduziert, wobei keine zusätzlichen Einzelkosten für das Kraftfahrzeug die Folge sind. Ferner können Sensoren mit einer geringeren Messgenauigkeit verwendet werden, und Brennverfahren mit großen Ventilüberschneidungen können prozesssicher umgesetzt werden. Des Weiteren werden Nacharbeiten aufgrund falsch zu groß bestimmter Differenzwinkel (die immer als Maß für die Güte der Steuerzeiten verwendet werden) vermieden, und im Betrieb des Kraftfahrzeugs können Diagnosevorgänge bzw. -zeiten für spezielle Lern- und Prüfroutinen entfallen oder schneller werden, wie z.B. das Lernen von Zahn-zu-Zahn-Abweichungen der Inkrementräder von z. B. Kurbelwellen- und Nockenwellen-Gebersystemen.

**[0020]** Es werden zusätzlich die folgenden Schritte durchgeführt:

- Erfassen einer Nockenposition einer Nockenwelle in Bezug auf ein Nockenwellengehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Nockenwelle,
- Erfassen eines Signals eines Nockenwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Nockenwelle,
- Bestimmen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz, und
- Einlesen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.

**[0021]** Wie bei der Kurbelwelle werden auch hier die Schritte „Erfassen einer Nockenposition einer Nockenwelle in Bezug auf ein Nockenwellengehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Nockenwelle“, „Erfassen eines Signals eines Nockenwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Nockenwelle“ und „Bestimmen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz“ bereits während der Produktion der Brennkraftmaschine bzw. des Kraftfahrzeugs in Analogie zur Bestimmung der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz durchgeführt, während der Schritt „Einlesen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs“ bei der Erstinbetriebnahme durchgeführt wird. Eine Verarbeitung der Daten kann aber auch während der Produktion des Aggregates in der dafür konzipierten Prüftechnik vorgesehen sein.

**[0022]** So kann die Nockenwellen-Winkellagen-Differenz bzw. der Nockenwellendifferenzwinkel als Qualitätsmerkmal für die Genauigkeit der Steuerzeiteinstellung verwendet werden. Ferner können so im Betrieb des Kraftfahrzeugs Diagnosevorgänge bzw. -zeiten für spezielle Lern- und Prüfroutinen entfallen oder schneller werden, wie z.B. das Überprüfen von Nockenwellenpositionen.

**[0023]** Ferner kann vorgesehen sein, dass eine Winkelposition eines Nockenwellen-Gebirades der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Bezug auf das Nockenwellengehäuse und eine referenzierte exakte mechanische Winkellage erfasst werden. Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass Signale eines Kurbelwellen-Gebersystems der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Bezug auf das Kurbelwellengehäuse und eine referenzierte exakte mechanische Winkellage erfasst werden. Schließlich kann ein Erfassen eines Signals eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle in Bezug bzw. referenziert auf das Kurbelwellengehäuse vorgesehen sein.

**[0024]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder Nockenwellen-Winkellagen-Differenz mit einem optisch auslesbaren Code bzw. alternativ auch in Klartext codiert. So können die jeweiligen Werte für die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder Nockenwellen-Winkellagen-Differenz mit einem Barcodelesegerät eingelesen und übertragen werden. Auf diese Weise werden Fehler bei einer manuellen Übertragung vermieden.

**[0025]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Code ein Barcode oder ein DOT-Matrixcode. So stehen die Werte für die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder Nockenwellen-Winkellagen-Differenz in maschinenlesbarer Form zur Verfügung.

**[0026]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird ein Codeträger mit der codierten Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder Nockenwellen-Winkellagen-Differenz erzeugt und an dem Kraftfahrzeug bzw. der Brennkraftmaschine dauerhaft angebracht. Somit stehen nach Reparaturen die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder die Nockenwellen-Winkellagen-Differenz in maschinenlesbarer Form zur Verfügung und können problemlos mit einem Programmiergerät ins Steuergerät der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs übertragen werden, wenn z.B. das Steuergerät erneuert werden musste.

**[0027]** Ferner gehören zur Erfindung ein Computerprogrammprodukt mit Programmanweisungen zur Durchführung eines zuvor beschriebenen Verfahrens, ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine und mit einem Steuergerät, und ein Programmiergerät zum Programmieren des Steuergeräts. Des Wei-

teren gehört zur Erfindung eine Prüfvorrichtung für ein Kurbelwellengehäuse und/oder Nockenwellengehäuse, die dazu ausgebildet ist, die Ausrichtung des Kurbelwellengehäuses und/oder Nockenwellengehäuses zu bestimmen und/oder zu gewährleisten, eine Drehbewegung der Kurbelwelle und/oder Nockenwelle durchzuführen und mit einem Messsystem eine Winkellage der zu prüfenden Kurbelwelle und/oder Nockenwelle auf das Kurbelwellengehäuse und/oder Nockenwellengehäuse zu referenzieren und gleichzeitig Signale eines gehäusefesten Drehzahl-/Winkelmesssystems einer Brennkraftmaschine zu erfassen.

**[0028]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt in

**Fig. 1** in schematischer Darstellung einen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0029]** In einem Schritt S1 wird eine Brennkraftmaschine, im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Otto-motor mit einer Verstellnockenwelle, in einen Messstand mit einem Prüfmesssystem gebracht.

**[0030]** In einem Schritt S2a bzw. S2b werden Drehvorgänge der Brennkraftmaschine durchgeführt und Signale der jeweiligen vorrichtungsfesten Winkel- und Positionsgeber des Prüfmesssystems wie auch eines Kurbelwellensensors und eines Nockenwellensensors aufgezeichnet und miteinander verglichen.

**[0031]** Als Referenzpunkte können im Fall der Kurbelwelle z.B. ein oberer Totpunkt eines Kolbens oder eine motorgehäusefeste Referenzmarkierung sowie eine kurbelwellenfeste Referenzmarkierung und im Fall der Nockenwelle eine auf der Nockenwelle angebrachte Markierung sowie eine nockenwellengehäusefeste Referenzmarkierung Verwendung finden.

**[0032]** Beispielsweise erfolgt die Ermittlung der Abweichung zwischen einem elektronischen Nockenwellen-Koordinatensystem und einem mechanischen Nockenwellen-Koordinatensystem vor einer Montage der Brennkraftmaschine, wenn das Nockenwellenmodul bzw. der die Nockenwelle beinhaltende Zylinderkopf noch einzeln vorliegen. In einem solchen Fall erfolgt die Prüfung in einem separaten Arbeitsschritt, ggf. auch direkt beim Unterlieferanten dieser Baugruppe. Daran schließt sich das Aufbringen auch des z.B. maschinenlesbaren Codes mit den ermittelten Abweichungswerten an.

**[0033]** Ebenso ist die Ermittlung der Abweichung eines elektronischen Kurbelwellen-Koordinatensystems von einem mechanischen Kurbelwellen-Koordinatensystem an einer Rumpfmotorbaugruppe (z.B. ohne montieren Zylinderkopf) möglich. Auch hier ist im Nachgang das Anbringen eines z.B. maschinenlesbaren Codes mit den Abweichungswerten vorzusehen.

[0034] Somit werden im Schritt S2a eine Kurbelwellenposition einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von einer Winkellage der Kurbelwelle und ein Signal eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle erfasst.

[0035] Im Schritt S2b wird eine Nockenposition einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Nockenwelle in Bezug bzw. referenziert auf ein Nockenwellengehäuse und ein Signal eines Nockenwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Nockenwelle erfasst.

[0036] In einem Schritt S3 wird dann aus der erfassten Kurbelwellenposition der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine und mit dem in Schritt S2a und S2b korrigierten Signal des Kurbelwellensensors und aus der über den Nockenwellensensor erfassten Nockenwellenposition der Nockenwelle der jeweilige Kurbelwellen- und NockenwellenDifferenzwinkel bestimmt, d.h. die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die Nockenwellen-Winkellagen-Differenz.

[0037] In einem Schritt S4 werden die ermittelte Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die ermittelte Nockenwellen-Winkellagen-Differenz mit Hilfe eines Programmiergeräts an ein Steuergerät der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs übertragen.

[0038] Ferner werden im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die Nockenwellen-Winkellagen-Differenz mit einem optisch auslesbaren Code, wie z.B. einem Injektor-Mengenabweichungscode (IMA-Code) oder einem Barcode oder einem DOT-Matrixcode, codiert, und es wird ein Codeträger mit der codierten Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und/oder Nockenwellen-Winkellagen-Differenz erzeugt sowie an dem Kraftfahrzeug dauerhaft angebracht.

[0039] Spätestens nach Abschluss des Schrittes S4 verlässt das Kraftfahrzeug den Messstand. Bei der Inbetriebnahme des Kraftfahrzeugs, was auch eine Inbetriebnahme zu Kontroll- und Testzwecken noch im Werk sein kann, werden in einem Schritt S5 die bestimmte Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die bestimmte Nockenwellen-Winkellagen-Differenz aus einem Speicher des Steuergeräts ausgelesen und dann beim Betrieb des Kraftfahrzeugs berücksichtigt, so dass die ermittelte Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die ermittelte Nockenwellen-Winkellagen-Differenz jeweils Fehler bei der Winkelagermittlung der Kurbelwelle und der Nockenwelle mit dem Kurbelwellensensor und dem Nockenwellensensor kompensieren.

[0040] Dadurch können die Streuungen von Leistung, Drehmoment, Emissionen und Verbrauch in der Großserie reduziert werden, wobei keine zusätzlichen Einzelkosten für das Kraftfahrzeug die Folge sind. Ferner können Sensoren mit einer geringeren Messgenauigkeit verwendet werden, und Brennverfahren mit großen Ventilüberschneidungen können prozesssicher umgesetzt werden. Des Weiteren werden Nacharbeiten aufgrund fehlerhaft zu groß ermittelter Differenzwinkel vermieden, und im Betrieb des Kraftfahrzeugs können Diagnosevorgänge bzw. -zeiten für spezielle Lern- und Prüfroutinen entfallen oder schneller ablaufen, wie z.B. das Lernen von Zahn-zu-Zahn-Abweichungen bei Kurbelwellen und das Überprüfen von Nockenwellenpositionen bei Nockenwellen.

#### Bezugszeichenliste

S1	Schritt
S2a	Schritt
S2b	Schritt
S3	Schritt
S4	Schritt
S5	Schritt

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine, mit den Schritten:
  - Erfassen einer Kurbelwellenposition einer Kurbelwelle in Bezug auf ein Kurbelgehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Kurbelwelle,
  - Erfassen eines Signals eines Kurbelwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Kurbelwelle,
  - Bestimmen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz, sowie
  - Einlesen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.
  - Erfassen einer Nockenposition einer Nockenwelle in Bezug auf ein Nockenwellengehäuse der Brennkraftmaschine des Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit von einer Winkellage der Nockenwelle, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgenden Schritte durchgeführt werden:
    - Erfassen eines Signals eines Nockenwellensensors in Abhängigkeit von der Winkellage der Nockenwelle,
    - Bestimmen einer Nockenwellen-Winkellagen-Differenz, sowie
    - Einlesen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz beim Prüfen der Brennkraftmaschine und/oder beim Betrieb des Kraftfahrzeugs.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und die Nockenwellen-Winkellagen-Differenz mit einem optisch auslesbaren Code codiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Code ein Barcode oder ein DOT-Matrixcode ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Codeträger mit der codierten Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und der Nockenwellen-Winkellagen-Differenz erzeugt und an dem Kraftfahrzeug bzw. der Brennkraftmaschine dauerhaft angebracht werden.

5. Computerprogrammprodukt mit Programmweisungen zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

6. Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine und mit einem Steuergerät zum Auslesen einer gespeicherten Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der ausgelesenen Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz beim Betreiben des Kraftfahrzeugs, und mit einem Steuergerät zum Auslesen einer gespeicherten Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und Berücksichtigen der ausgelesenen Nockenwellen-Winkellagen-Differenz beim Betreiben des Kraftfahrzeugs.

7. Kraftfahrzeug nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuergerät dazu ausgebildet ist, einen optisch auslesbaren Code zu dechiffrieren.

8. Programmiergerät ausgebildet zumindest zum Einlesen einer Kurbelwellen-Winkellagen-Differenz sowie einer Nockenwellen-Winkellagen-Differenz und zum Übertragen derselben auf ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 6 oder 7.

9. Prüfvorrichtung für ein Kurbelwellengehäuse und ein Nockenwellengehäuse, die dazu ausgebildet ist, die Ausrichtung des Kurbelwellengehäuses und des Nockenwellengehäuses zu bestimmen und/oder zu gewährleisten, eine Drehbewegung der Kurbelwelle und der Nockenwelle durchzuführen und mit einem Messsystem eine Winkellage der zu prüfenden Kurbelwelle und Nockenwelle auf das Kurbelwellengehäuse und auf das Nockenwellengehäuse zu referenzieren und gleichzeitig Signale eines gehäusefesten Drehzahl-/Winkelmesssystems einer Brennkraftmaschine zu erfassen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

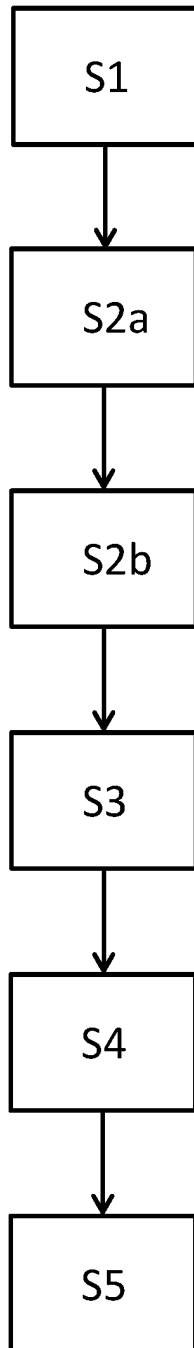


Fig. 1