

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 314 861 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**28.05.2003 Patentblatt 2003/22**

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: **02023184.1**

(22) Anmeldetag: **16.10.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **23.11.2001 DE 10157514**

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke**

**Aktiengesellschaft**

**80809 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **Buhl, Georg**

**80689 München (DE)**

- **Müller, Markus**

**82194 Gröbenzell (DE)**

(54) **Verfahren und System zur Erkennung des Ventilspiels und der Lage Ventilöffnungsnocken**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und System zum Erfassen des Zustands eines Ventiltriebs, insbesondere des Ventilspiels, und der Position mindestens eines Ventilöffnungsnockens einer Nockenwelle eines Verbrennungsmotors durch Verarbeiten von Signalen, die von mindestens einem Körperschallsensor (z. B. Klopfsensor) erzeugt werden. Dazu wird vorzugsweise aus den durch den Körperschallsensor erzeugten Signalen mindestens ein charakteristischer Si-

gnalverlauf identifiziert, der zu bestimmten Zeiten während eines Zyklus des Verbrennungsmotors auftritt, und mit einem gespeicherten Referenzsignal verglichen. Als Ergebnis kann auf den Zustand eines Ventiltriebs, z. B. das Ventilspiel, und/oder die Position mindestens eines Ventilöffnungsnockens der Nockenwelle geschlossen werden.

**EP 1 314 861 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Erkennung des Ventilspiels bei Verbrennungsmotoren und zum Erfassen der tatsächlichen Lage der Ventilöffnungsnocken bei Motoren mit und ohne Nockenwellenverstellsystemen.

**[0002]** Üblicherweise wird das Ventilspiel der Ladungswechselorgane von Verbrennungsmotoren nur bei regulären Inspektionen des Verbrennungsmotors gemessen und gegebenenfalls korrigiert. Inspektionen finden üblicherweise nach vom Motorhersteller vorgegebenen Intervallen (z. B. Laufstrecke oder Betriebsdauer) statt. Eine alternative Möglichkeit zum Festlegen der Inspektionsintervalle basiert auf einer im Fahrzeug vorhandenen Auswerte- und Anzeigeeinrichtung, die beispielsweise die Laufstrecke, Betriebsdauer, Betriebsumstände der Verbrennungsmotornutzung (z. B. häufiger Kaltstart, Drehbetrieb, Laufzeitanteile mit hohen Lasten bzw. Drehzahlen) und ähnliches registriert und bewertet und dementsprechend eine Aufforderung zur Inspektion veranlaßt.

**[0003]** Bei all diesen bekannten Systemen bleibt der tatsächliche Zustand verschiedener Komponenten des Verbrennungsmotors, die üblicherweise im Rahmen einer Inspektion überprüft und eingestellt werden, unberücksichtigt. Da also für die Festlegung des Zeitpunkts der Inspektion nicht der tatsächliche Zustand der zu überprüfenden und gegebenenfalls in ihrer Einstellung zu korrigierenden Komponenten berücksichtigt wird, sondern nur Erfahrungen und Beobachtungen als Basis dienen, die auf Grundlage der Laufstrecke oder Betriebsdauer, bestenfalls unter Berücksichtigung der Betriebsumstände festgelegt wurden, findet die veranlaßte Inspektion in der Praxis selten zum richtigen Zeitpunkt statt. Zur Vermeidung von Schäden an Bauteilen wird deshalb in der Regel der Zeitpunkt für die Inspektion so gewählt, daß auch bei stark materialbelastender Nutzung des Verbrennungsmotors die Inspektion vor Erreichen kritischer Zustände veranlaßt wird, um Ausfälle und damit verbundene Stillstands- und Reparaturkosten zu vermeiden. Demgemäß erfolgt die Inspektion in der Regel zu früh, wodurch unnötige Kosten verursacht werden, insbesondere wenn die Summe sämtlicher Inspektionen im Lauf der gesamten Lebensdauer des Verbrennungsmotors berücksichtigt wird. Darüber hinaus bleibt unberücksichtigt, daß unvorhergesehene Veränderungen, die eine Inspektion erforderlich machen, registriert und angezeigt werden. So wird beispielsweise nicht erkannt, wenn sich das Ventilspiel der Ladungswechselorgane übermäßig verändert und somit durch den weiteren Betrieb des Motors die Gefahr besteht, den Verbrennungsmotor zu beschädigen.

**[0004]** Darüber hinaus wird bei Verbrennungsmotoren mit und ohne Nockenwellenverstellsystemen die tatsächliche Lage der Ventilöffnungsnocken herkömmlicherweise mittels Lagesensoren an der Nockenwelle erkannt. Dies erfordert das Vorhandensein eines oder

mehrerer Sensoren, Geberräder, Verkabelung und Auswerteschaltungen und -software in einem Steuergerät. Durch die Vielzahl der erforderlichen Bauteile zur Erfassung der tatsächlichen Position der Ventilöffnungsnocken sind derartige Nockenwellenverstellsysteme relativ komplex und teuer.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und System bereitzustellen, mit dem das Ventilspiel der Ladungswechselorgane und/oder die tatsächliche Lage der Ventilöffnungsnocken der Nockenwelle erfaßt werden kann. Dies soll insbesondere durch Zugreifen auf im Fahrzeug bereits vorhandene Bauelemente (z. B. Sensoren) realisierbar sein, um ohne Kosten für zusätzliche Bauteile zu verursachen Informationen über das Ventilspiel der Ladungswechselorgane und/oder die tatsächliche Position der Ventilöffnungsnocken der Nockenwelle zu erhalten. Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

**[0006]** Die Erfindung geht dabei von dem Grundgedanken aus, daß bei Verbrennungsmotoren mit und ohne automatischen Ventilspielausgleich und/oder bei Verbrennungsmotoren mit und ohne Nockenwellenverstellsystemen die von Körperschallsensoren erzeugten Signale genutzt werden können, um anhand charakteristischer Signalverläufe, die zu bestimmten Zeiten auftreten, Rückschlüsse auf den Zustand des Ventiltriebs der Ladungswechselorgane und/oder der tatsächlichen Position der Ventilöffnungsnocken der Nockenwelle zu ziehen.

**[0007]** Somit basiert die vorliegende Erfindung auf der Erkenntnis, daß bei Verbrennungsmotoren, die ein Motormanagementsystem mit Klopfregelung über Körperschallsensoren aufweisen, sich das von den Körperschallsensoren erzeugte Signal nutzen läßt, um anhand charakteristischer Signalverläufe, die zu bestimmten Zeiten auftreten, Rückschlüsse auf die Schallabstrahlung des Ventiltriebs der Ladungswechselorgane und damit auf das tatsächlich anliegende Ventilspiel zu ziehen und/oder den Zeitpunkt des Auftretens der charakteristischen Schallabstrahlung in Relation zur Stellung der Kurbelwelle zu erfassen und somit Rückschlüsse zu ziehen, in welcher genauen Stellung sich die Ventilerhebungsnocken befinden. Somit läßt sich neben der Bestimmung des Ventilspiels zusätzlich die tatsächliche Stellung der Nockenwelle ermitteln, um so auf die Steuerzeiten schließen bzw. auf das Arbeitsspiel synchronisieren zu können.

**[0008]** Dazu wird aus dem Verlauf der Kurbenwellenrotation mindestens ein Bereich, vorzugsweise mehrere Bereiche, ausgewählt, in dem das charakteristische Körperschallsignal am Körperschallsensor anliegt. Das Motormanagementsystem vergleicht in diesen Bereichen den Signalverlauf mit abgespeicherten Differenzsignalen und entscheidet dementsprechend, ob die Einstellungen der Ventile im zulässigen Bereich liegen bzw. ob die Lage der Ventilerhebungsnocken stimmt. Vorzugsweise werden dazu mehrere Bereiche aus dem

Verlauf der Kurbelwellenrotation so ausgewählt, daß alle Ventile der Ladungswechselorgane zusammen oder separat erfaßt und ausgewertet werden können.

**[0009]** Die Bewertbarkeit der erfaßten Körperschall-signale der Ventile der Ladungswechselorgane wird ins-  
 5 besondere dadurch unterstützt, daß die Rampen zu Be-  
 ginn und zum Ende der durch die Nocken der Nocken-  
 welle verursachten Ventilhebung zur Ventilsteuerung  
 konstruktiv und fertigungstechnisch so ausgelegt sind,  
 daß nicht nur die Bildung charakteristischer Körper-  
 schallverläufe bei zu großem und/oder zu kleinem Ven-  
 tilspiel unterstützt wird, sondern sich ein anderer cha-  
 10 rakteristischer Körperschallverlauf bei korrektem Ventil-  
 spiel ergibt. Dadurch kann die Erkennung und Bewer-  
 tung von Ventilspiel und/oder Position der Ventilöff-  
 nungsnocken reproduzierbar mit Hilfe eines Körper-  
 schallsensors, wie z. B. eines Klopfensors, erfolgen,  
 ohne daß zusätzliche Bauteile erforderlich sind.

**[0010]** Somit kann durch das erfindungsgemäße Ver-  
 fahren und System eine Erkennung von unzulässigen  
 20 bzw. fehlerhaftem Ventilspiel und damit die Vermeidung  
 potentieller Bauteilschäden gewährleistet werden, ohne  
 daß eine Inspektion des Verbrennungsmotors stattfin-  
 den muß. Vielmehr ergibt sich ein Bauteilschutz durch  
 frühzeitige Erkennung von Gefahren für die Bauteile  
 aufgrund einer zuverlässigen und reproduzierbaren  
 Diagnose im Motor. Außerdem läßt sich dadurch die  
 Häufigkeit von Inspektionsarbeiten auf das notwendige  
 Minimum beschränken. Dadurch ergibt sich eine erheb-  
 liche Kosteneinsparung zur Instandhaltung von Ver-  
 25 brennungsmotoren.

**[0011]** Darüber hinaus ist die Erkennung der tatsäch-  
 lichen Position der Nocken der Nockenwelle möglich,  
 wodurch auf die tatsächlichen Steuerzeiten geschlos-  
 sen werden kann, wobei keine zusätzlichen Sensoren  
 30 erforderlich sind. Dies ist insbesondere bei Motoren mit  
 Nockenwellen- bzw. Steuerzeitenverstellungssystemen von  
 erheblicher Bedeutung, da dadurch auf zusätzliche  
 Sensoren, Geberräder, Verkabelung sowie Auswerte-  
 schaltungen und -software in einem Steuergerät ver-  
 35 zichtet werden kann. Außerdem ist es möglich, mit der  
 Erkennung der tatsächlichen Position der Nocke auf das  
 Arbeitsspiel zu synchronisieren.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen des Zustands eines Ven-  
 tiltriebs, insbesondere des Ventilspiels, eines Ver-  
 40 brennungsmotors durch Verarbeiten von Signalen,  
 die von mindestens einem Körperschallsensor er-  
 zeugt werden.
2. Verfahren zum Erfassen der Position mindestens  
 eines Ventilöffnungsnockens einer Nockenwelle ei-  
 45 nes Verbrennungsmotors durch Verarbeiten von Si-  
 gnalen, die von mindestens einem Körperschall-  
 sensor erzeugt werden.

3. Verfahren zum Erfassen des Zustands eines Ven-  
 tiltriebs, insbesondere des Ventilspiels, und der Po-  
 sition mindestens eines Ventilöffnungsnockens ei-  
 5 ner Nockenwelle eines Verbrennungsmotors durch  
 Verarbeiten von Signalen, die von mindestens ei-  
 nem Körperschallsensor erzeugt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei  
 als Körperschallsensor ein Klopfsensor verwendet  
 10 wird, der außerdem zur Klopfregelung des Verbren-  
 nungsmotors dient.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei  
 aus den durch den Körperschallsensor erzeugten  
 Signalen mindestens ein charakteristischer Signal-  
 15 verlauf, der zu bestimmten Zeiten während eines  
 Zyklus des Verbrennungsmotors auftritt, identifi-  
 ziert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der charakteri-  
 stische Signalverlauf mit einem entsprechenden  
 gespeicherten Referenzsignal verglichen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei anhand  
 des charakteristischen Signalverlaufs das tatsäch-  
 25 lich vorhandene Ventilspiel und/oder die Position  
 des/der Ventilöffnungsnocken(s) ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei  
 während eines Zyklus des Verbrennungsmotors  
 mehrere charakteristische Signalverläufe extrahiert  
 30 werden, so daß für sämtliche Ventile des Verbren-  
 nungsmotors das tatsächlich vorhandene Ventil-  
 spiel und/oder die Positionen der Ventilöffnungs-  
 nocken ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei aus der ermittel-  
 ten Position der Ventilöffnungsnocken auf die Lage  
 einer verstellbaren Nockenwelle geschlossen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei aus der  
 ermittelten Position der Ventilöffnungsnocken auf  
 35 die Lage dieser Ventilöffnungsnocken in Relation zu  
 einem Kurbelwellensignal geschlossen wird, wobei  
 festgestellt wird, ob der zu der Ventilöffnungsnocke  
 korrespondierende Zylinder sich zum Zeitpunkt der  
 40 Signalermittlung der Ventilöffnungsnocke gerade  
 im Bereich der Ladungswechseltakte oder der Ver-  
 dichtungs- bzw. Arbeitstakte befindet.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei basierend auf  
 der Feststellung die Zündung und/oder Einsprit-  
 zung des Verbrennungsmotors auf das Arbeitsspiel  
 synchronisiert wird.
12. System zum Erfassen des Zustands eines Ventil-  
 trieb's, insbesondere des Ventilspiels, eines Ver-  
 45 brennungsmotors mit einer Einrichtung zum Verar-

beiten von Signalen, die von mindestens einem Körperschallsensor erzeugt werden.

13. System zum Erfassen der Position mindestens eines Ventilöffnungsnockens einer Nockenwelle eines Verbrennungsmotors mit einer Einrichtung zum Verarbeiten von Signalen, die von mindestens einem Körperschallsensor erzeugt werden. 5
14. System zum Erfassen des Zustands eines Ventiltriebs, insbesondere des Ventilspiels, und der Position mindestens eines Ventilöffnungsnockens einer Nockenwelle eines Verbrennungsmotors mit einer Einrichtung zum Verarbeiten von Signalen, die von mindestens einem Körperschallsensor erzeugt werden. 10
15. System nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei der Körperschallsensor ein Klopfsensor ist, der außerdem mit einer Einrichtung zur Klopfregelung des Verbrennungsmotors in Verbindung steht. 15
16. System nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei die Einrichtung zum Verarbeiten der Signale ein Motormanagementsystem ist. 20
17. System nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei die Einrichtung zum Verarbeiten der Signale aus den durch den Körperschallsensor erzeugten Signalen derart ausgebildet ist, daß sie mindestens einen charakteristischen Signalverlauf identifiziert, der zu bestimmten Zeiten während eines Zyklus des Verbrennungsmotors auftritt. 25
18. System nach Anspruch 17, wobei ein Speicher vorgesehen ist und die Einrichtung zum Verarbeiten der Signale derart ausgebildet ist, daß der charakteristische Signalverlauf mit einem im Speicher gespeicherten Referenzsignal verglichen wird. 30
19. System nach Anspruch 17 oder 18, wobei die Einrichtung zum Verarbeiten der Signale derart ausgebildet ist, daß sie anhand des charakteristischen Signalverlaufs das tatsächlich vorhandene Ventilspiel und/oder die Position des/der Ventilöffnungsnocken(s) ermittelt. 35
20. System nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die Einrichtung zum Verarbeiten der Signale derart ausgebildet ist, daß sie während eines Zyklus des Verbrennungsmotors mehrere charakteristische Signalverläufe extrahiert, so daß für sämtliche Ventile des Verbrennungsmotors das tatsächlich vorhandene Ventilspiel und/oder die Positionen der Ventilöffnungsnocken ermittelt wird. 40
21. System nach Anspruch 20, wobei die Verarbeitungseinrichtung derart ausgebildet ist, daß sie aus 45

der ermittelten Position der Ventilöffnungsnocken auf die Lage einer verstellbaren Nockenwelle schließt.

22. System nach Anspruch 20 oder 21, wobei die Verarbeitungseinrichtung derart ausgebildet ist, daß sie aus der ermittelten Position der Ventilöffnungsnocken auf die Lage dieser Ventilöffnungsnocken in Relation zu einem Kurbelwellensignal schließt, wobei sie feststellt, ob der zu der Ventilöffnungsnocke korrespondierende Zylinder sich zum Zeitpunkt der Signalermittlung der Ventilöffnungsnocke gerade im Bereich der Ladungswechseltakte oder der Verdichtungs- bzw. Arbeitstakte befindet. 50
23. System nach Anspruch 22, wobei die Verarbeitungseinrichtung derart ausgebildet ist, daß sie basierend auf der Feststellung die Zündung und/oder Einspritzung des Verbrennungsmotors auf das Arbeitsspiel synchronisiert. 55