

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

15. Mai 2014 (15.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/072060 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/22 (2006.01) F02D 13/02 (2006.01)

G01M 15/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/003361

(22) Internationales Anmeldedatum:

7. November 2013 (07.11.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2012 021 985.7

7. November 2012 (07.11.2012)

DE

(71) Anmelder: AVL DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE];
Peter-Sander-Straße 32, 55252 Mainz-Kastel (DE).

(72) Erfinder: NESTORIUC, Max; Siegrunestraße 9, 80639
München (DE).

(74) Anwalt: WALLINGER, Michael; Wallinger Ricker
Schlotter Tostmann, Patent- und Rechtsanwälte,
Zweibrückenstrasse 5-7, 80331 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MONITORING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

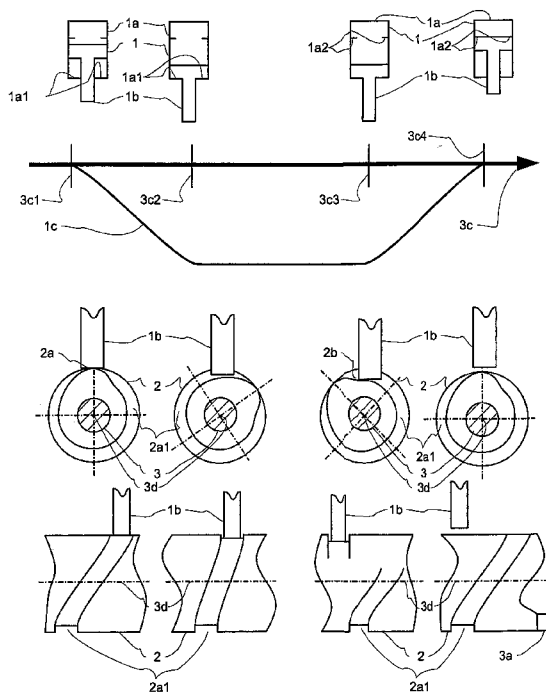


Fig. 1

(57) Abstract: A method according to the invention for monitoring an internal combustion engine has the following method steps: picking up an acoustic spectrum of an adjusting process by means of a sound sensor, in particular a knock sensor, and analyzing said acoustic spectrum; and providing a system state value of an adjusting device on an interface device. The internal combustion engine has the following: - a combustion chamber, - a control element for closing and opening an opening of said combustion chamber, - a control device, in particular a camshaft, for controlling said control element, comprising a first and a second control portion, - an adjusting device for adjusting said control device between a first and a second control position, and - a sound sensor device.

(57) Zusammenfassung: Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine mit den Verfahrensschritten, Aufnehmen eines Schallspektrums eines Stellvorgangs mittels eines Schallsensors, insbesondere eines Klopfensors und Analysieren dieses Schallspektrums, sowie Bereitstellen eines Systemzustandswerts einer Stellvorrichtung an einer Schnittstelleneinrichtung. Die Verbrennungskraftmaschine weist: - eine Brennkammer, - ein Steuerorgan zum Verschließen und Öffnen einer Öffnung dieser Brennkammer, - eine Steuereinrichtung, insbesondere eine Nockenwelle, zum Ansteuern dieses Steuerorgans, mit einem ersten und einem zweiten Steuerabschnitt, - eine Stellvorrichtung zum Verstellen dieser Steuereinrichtung zwischen einer ersten und einer zweiten Steuerstellung und - eine Schallsensoreinrichtung auf.



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine

Beschreibung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Verstellvorrichtung in einer Verbrennungskraftmaschine, welche dazu eingerichtet ist die Ansteuerung von Steuerorganen dieser Verbrennungskraftmaschine zu beeinflussen. Eine solche Verstellvorrichtung ist insbesondere dazu eingerichtet, die Ansteuerung der Einlass- und/oder Auslassventile zu beeinflussen und ist somit so-
10 wohl für die Leistung als auch für die Effizienz einer Verbrennungskraftmaschine von Bedeutung.

In modernen Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist eine Vielzahl von Aktuatoren und Sensoren vorhanden. Für die planmäßige Funktion dieser Kraftfahrzeuge ist es in der Regel notwendig, dass diese Einrichtungen funktionstüchtig sind, daher bedarf es
15 eines Verfahrens zur Überwachung dieser um Fehlfunktionen frühzeitig zu erkennen. Weiter sind solche Kraftfahrzeuge häufig besonders komplex, so dass Reparaturen und Fehlersuche besonders aufwändig sind. Ein frühzeitiges und genaues Erkennen von Defekten oder sich abzeichnender Fehlfunktionen ist daher ein allgemeines Ziel bei der Entwicklung moderner Kraftfahrzeuge. In modernen Verbrennungsmotoren sind häufig
20 Vorrichtungen zur Veränderung der Ansteuerung der Steuerorgane, insbesondere der Einlass- und Auslassventile vorgesehen, welche einer ebensolchen Überwachung bedürfen.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, mittels eines Klopfensors den Körperschall einer Verbrennungskraftmaschine aufzunehmen und auf den Betriebszustand dieser
25 Verbrennungskraftmaschine zu schließen. Gemäß der DE 10 2004 013 767 A1 erfolgt eine Änderung des Körperschalls einer Verbrennungskraftmaschine koinzident mit einer

Verstellung des Ventilhubes und mit einer entsprechenden Anpassung des Zündwinkels. Aus diesem Zusammenhang kann gemäß der Lehre der DE 10 2004 013 767 A1 auf die Funktionstüchtigkeit der Ventilhubverstellung geschlossen werden; hat sich der Körperschall in einer bestimmten Art und Weise verändert, so ist davon auszugehen, dass der Ventilhub planmäßig verstellt wurde.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Überwachen einer Verstellvorrichtung anzugeben, mit welchem Fehlfunktionen dieser Verstellvorrichtung erkennbar sind.

Diese Aufgabe wird mittels eines Verfahrens gemäß der Lehre des Anspruchs 1 gelöst, sowie mit einer Vorrichtung, einem Computerprogramm und einer Datenspeichereinrichtung zum Ausführen dieses Verfahrens gemäß Ansprüche 12, 13 und 14. Bevorzugte Weiterbildungen dieses Verfahrens und dieser Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens einer Brennkammer. Diese Verbrennungskraftmaschine weist wenigstens ein Steuerorgan auf, welches insbesondere zum Verschließen einer Öffnung in der Brennkammer, zwischen einer ersten und einer zweiten Position bewegbar ist. Unter einem solchen Steuerorgan ist insbesondere ein Einlass- oder Auslassventil zu verstehen. Weiter weist die Verbrennungskraftmaschine wenigstens eine Steuereinrichtung zum Ansteuern dieses Steuerorgans mit einem ersten und zumindest einem weiteren, vorzugsweise einem zweiten Steuerabschnitt, weiter vorzugsweise mehreren weiteren Steuerabschnitten, bevorzugt zwei, drei vier oder mehr weiteren Steuerabschnitten auf. Diese Steuereinrichtung ist insbesondere als eine Nockenwelle mit mehreren Steuerabschnitten ausgebildet. Dieser erste und zumindest dieser zweite Steuerabschnitt, vorzugsweise diese mehreren weiteren Steuerabschnitte, sind als, vorzugsweise unterschiedliche, Nocken bzw. Nocken mit unterschiedlichen Nockenkonturen dieser Steuereinrichtung ausgebildet. Diese Steuerabschnitte weisen vorzugsweise unterschiedliche Formen zur Ansteuerung desselben Steuerorgans auf.

Weiter weist die Verbrennungskraftmaschine eine Verstellvorrichtung mit einer Aktuatoreinrichtung zum Verstellen dieser Steuereinrichtung zwischen unterschiedlichen Steuerstellungen, vorzugsweise zwei, drei, vier oder mehr, Steuerstellungen, auf. Insbesondere

dere wird dieses Steuerorgan in dieser ersten Steuerstellung mit diesem ersten Steuerabschnitt angesteuert und in wenigstens einer weiteren Steuerstellung, vorzugsweise einer zweiten Steuerstellung, wird dieses Steuerorgan mit diesem weiteren, Steuerabschnitt angesteuert. Vorzugsweise korrespondierte die Anzahl der Steuerstellungen der Steuereinrichtung mit der Anzahl der vorhandenen Steuerstellungen. Insbesondere ist der Steuerabschnitt als aktivierter Steuerabschnitt zu verstehen, welcher momentan zur Ansteuerung des wenigstens einen Steuerorgans herangezogen wird.

Die Verbrennungskraftmaschine, insbesondere die Verstellvorrichtung, wird erfindungsgemäß dadurch überwacht, dass die Schallsensoreinrichtung in einem ersten Arbeitsschritt ein Schallspektrum aufnimmt. In einem zweiten Arbeitsschritt wird dieses Schallspektrum analysiert. In einem weiteren Arbeitsschritt wird ein Systemzustandswert ermittelt, insbesondere ist einem bestimmten Schallspektrum, ein bestimmter Zustand der Verstellvorrichtung zuordenbar. In einem weiteren Arbeitsschritt wird der ermittelte Systemzustandswert an einer Datenschnittstelleinrichtung zur Verfügung gestellt.

Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens gewonnenen Daten, wenigstens der ermittelte Systemzustandswert, können insbesondere dazu herangezogen werden, die Ansteuerung der Verstellvorrichtung an diese Daten anzupassen oder aufgrund dieser zu verändern. Vorzugsweise können Ansteuerzeitpunkte, also diejenigen Zeitpunkte an welchen die Verstellvorrichtung angesteuert wird um eine Verstellung zwischen unterschiedlichen Steuerstellungen herbeizuführen, verändert werden. Weiter vorzugsweise ist es auch ermöglicht, die Dauer eines Verstellvorgangs zu verändern, also diejenige Zeit, welche verstreicht bis die Steuereinrichtung von der aktivierten Steuerstellung in eine andere Steuerstellung, welche nach dem Verstellvorgang aktiviert ist, überführt ist oder umgekehrt. Eine solche Veränderung der Dauer des Verstellvorgangs kann in Zusammenhang mit einer elektromechanischen Verstellvorrichtung insbesondere dadurch erreicht werden, dass die zugeführte elektrische Energie an eine Aktuatoreinrichtung dieser Vorrichtung verändert wird, vorzugsweise erhöht wird, um einen Verkürzung der Zeitdauer zu erreichen. Insbesondere wird ein Strom oder eine Spannung zur Ansteuerung dieser Aktuatoreinrichtung erhöht. Dieselbe Veränderung kann in Zusammenhang mit einer hydromechanischen Verstellvorrichtung insbesondere dadurch erreicht werden, dass ein Volumenstrom zum Ansteuern einer hydraulischen Aktuatoreinrichtung dieser Verstellvorrichtung verändert wird, vorzugsweise wird ein hydraulischer Druck erhöht oder ein Fluidstrom vergrößert.

Durch eine Anpassung der Ansteuerung der Verstellvorrichtung in der beschriebenen Art, kann vorteilhaft die Robustheit der Verbrennungskraftmaschine, vorzugsweise der Verstellvorrichtung, gesteigert werden, d.h. insbesondere die Zuverlässigkeit gesteigert und die Fehleranfälligkeit gesenkt werden. Weiter vorzugsweise kann durch das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere erreicht werden, dass die maximale Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine, bei der noch Verstellvorgänge durchgeführt werden können, höher ist als ohne diese Anpassung. Eine größere Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine führt insbesondere zu einer Erhöhung der Geschwindigkeit mit welcher die Verstellvorrichtung gehandhabt wird, um Verstellvorgänge noch sicher auszuführen.

Die beschriebene Anpassung der Ansteuerung der Verstellvorrichtung führt insbesondere zu einer Verbesserung der Präzision und Verringerung unvermeidbarer Toleranzen mit welchen die Verstellvorgänge ablaufen, so dass dadurch die maximale Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine bei welcher, noch Verstellvorgänge durchgeführt werden können, angehoben werden kann.

Weiter vorteilhaft kann insbesondere die Lebensdauer der Verstellvorrichtung durch die beschriebene Art der Anpassung verbessert werden, da insbesondere Toleranz- und Alterungseffekte der Verstellvorrichtung, insbesondere von deren Aktuatoren, ausgleich- und/oder verminderbar sind.

Im Sinne der Erfindung ist unter einer Verbrennungskraftmaschine eine Arbeitsmaschine mit innerer Verbrennung zu verstehen. Vorzugsweise eine Verbrennungskraftmaschine welche nach dem Diesel- oder Ottoprinzip arbeitet. Besonders bevorzugt eine Verbrennungskraftmaschine in Hubkolbenbauweise, welche nach dem Viertaktprinzip arbeitet. Weiter vorzugsweise ist diese Verbrennungskraftmaschine zum Einsatz in einem Kraftfahrzeug eingerichtet und weist bevorzugt eine Zylinderzahl zwischen 1 und 16, besonders bevorzugt zwischen 2 und 8 auf, wobei vorzugsweise jeder einzelne dieser Zylinder ein Brennraumvolumen zwischen 0,25 l und 2 l aufweist.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem Steuerorgan eine Einrichtung, welche an der Steuerung des Verbrennungsvorgangs dieser Verbrennungskraftmaschine beteiligt ist zu verstehen. Vorzugsweise ist eines dieser Steuerorgane an der Steuerung des Ladungswechsels dieser Verbrennungskraftmaschine, weiter vorzugsweise am Zu- beziehungsweise Abströmen von Verbrennungsgasen beteiligt. Weiter vorzugsweise wird das Steuerorgan zwischen einer ersten und einer zweiten Position hin und her bewegt um diesen

Ladungswechsel zu steuern, insbesondere zwischen einer Stellung in welcher dieses Steuerorgan eine Öffnung in der Brennkammer verschließt und einer Stellung in welcher es diese Öffnung freigibt. Vorzugsweise ist ein Steuerorgan als eine Einrichtung mit einem schaftartigen und einem tellerartigen Abschnitt zu verstehen. Weiter vorzugsweise ist ein Steuerorgan als ein Einlass- beziehungsweise Auslassventil einer Verbrennungskraftmaschine zu verstehen und verschließt oder öffnet eine Öffnung zu einer Brennkammer dieser Verbrennungskraftmaschine und ermöglicht oder verhindert damit das Zu- oder Abströmen von Verbrennungsgasen zu dieser Brennkammer.

Im Sinne der Erfindung ist unter einer Brennkammer ein Volumen, vorzugsweise ein veränderbares Volumen, zu verstehen, innerhalb welchem der Arbeitsvorgang, insbesondere die Umwandlung von chemisch gebundener Energie in thermische und/oder mechanische Energie vollzogen wird. Vorzugsweise ist unter einer solchen Brennkammer ein Brennraum einer Verbrennungskraftmaschine in Hubkolbenbauweise zu verstehen.

Im Sinne der Erfindung ist unter einer Steuereinrichtung eine Einrichtung zu verstehen, welche am Steuervorgang dieser Verbrennungskraftmaschine, insbesondere an der Betätigung der Steuerorgane, beteiligt ist. Weiter vorzugsweise ist unter einer Steuereinrichtung eine Einrichtung zu verstehen, welche drehbar gelagert ist und mit einem im Wesentlichen fest vorgegebenen Drehzahlverhältnis, in Bezug auf eine Abtriebswelle der Verbrennungskraftmaschine, umläuft. Dabei ist vorzugsweise unter dem im Wesentlichen fest vorgegebene Drehzahlverhältnis zu verstehen, dass dieses Drehzahlverhältnis abgesehen von Verstellvorgängen an dieser Steuereinrichtung unveränderbar ist. Weiter vorzugsweise ist eine solche Steuereinrichtung als eine Nockenwelle, vorzugsweise zum Ansteuern von Einlass- beziehungsweise Auslassventilen zu verstehen. Vorzugsweise weist eine Steuereinrichtung einen im Wesentlichen rotationssymmetrischen Abschnitt auf und einen, vorzugsweise zwei, von einer kreisrunden Form abweichenden Steuerabschnitt.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem Steuerabschnitt ein geometrischer Abschnitt dieser Steuereinrichtung zu verstehen. Vorzugsweise weist diese Steuereinrichtung einen ersten und einen zweiten Steuerabschnitt auf. Weiter vorzugsweise sind dieser Steuerabschnitte gegenüber diesem rotationssymmetrischen Abschnitt der Steuereinrichtung verschiebbar. Vorzugsweise in Richtung einer Rotationsachse dieser Steuereinrichtung. Weiter vorzugsweise ist wenigstens einer dieser Steuerabschnitt einstückig mit diesem

rotationssymmetrischen Abschnitt dieser Steuereinrichtung ausgebildet, bevorzugt zwei oder weiter vorzugsweise eine Gruppe von Steuerabschnitten. Vorzugsweise ist unter einer Gruppe von Steuerabschnitten eine Anzahl von Steuerabschnitten zu verstehen, welchen funktionell den gleichen Steuerorganen zugeordnet sind. Vorzugsweise ist unter einer solchen Zuordnung zu verstehen, dass alle Steuerabschnitte für die Einlassventile oder die Auslassventile zu einer Gruppe zusammengefasst sind. Weiter vorzugsweise ist unter einem solchen Steuerabschnitt ein Abschnitt dieser Steuereinrichtung zu verstehen, welcher die Ventilerhebungskurve im Wesentlichen bestimmt, besonders bevorzugt ist darunter ein Nockenabschnitt auf einer Nockenwelle oder weiter vorzugsweise ein auf einer Welle, in deren Längsrichtung, verschiebbarer Nockenabschnitt zu verstehen.

Im Sinne der Erfindung ist unter einer Verstellvorrichtung eine Vorrichtung zum Verstellen zwischen mehreren Steuerstellungen, vorzugsweise zwischen zwei oder mehr Steuerstellungen, zu verstehen. Vorzugsweise weist diese Verstellvorrichtung eine Aktuatoreinrichtung, vorzugsweise einen elektromechanischen Aktuator, weiter vorzugsweise einen hydromechanischen Aktuator, auf.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem solchen Aktuator eine Einrichtung zu verstehen, welche eine Eingangsgröße, insbesondere eine elektrische oder hydraulische Eingangsgröße, in eine mechanische Ausgangsgröße, vorzugsweise eine Kraftwirkung, umwandelt. Vorzugsweise weist diese Verstellvorrichtung einen Betätigungsabschnitt und einen Eingriffsabschnitt auf. Vorzugsweise ist dieser Betätigungsabschnitt als Stift, Kamm, Bolzen, Rolle, Kugel oder dergleichen ausgestaltet, wobei dieser Betätigungsabschnitt dazu eingerichtet ist, von dieser Kraftwirkung beaufschlagt zu werden und wobei diese Kraftwirkung vorzugsweise zu einer Bewegung dieses Betätigungsabschnitts führt. Vorzugsweise weist dieser Aktuator einen oder mehrere Bewegungsbegrenzungsabschnitte, vorzugsweise sogenannte Anschläge, auf, wobei diese vorzugsweise dazu eingerichtet sind, die Bewegung dieses Betätigungsabschnitts zu begrenzen. Vorzugsweise ist dieser Eingriffsabschnitt als eine Ausnehmung ausgestaltet; bevorzugt ist dieser Eingriffsabschnitt auch dazu eingerichtet, dass dieser Betätigungsabschnitt in diesen Eingriffsabschnitt wenigstens teilweise eingreifen kann. Weiter vorzugsweise ist dieser Eingriffsabschnitt als eine Ausnehmung, Nut, Rille oder dergleichen ausgestaltet. Vorzugsweise wird eine Bewegung wenigstens eines dieser Steuerabschnitt, bevorzugt von zwei oder einer Gruppe von Steuerabschnitten, in Richtung der Rotationsachse der Steuereinrichtung hervorgerufen, wenn dieser Betätigungsabschnitt in diesen Eingriffsabschnitt ein-

greift und wenn diese Steuereinrichtung um diese Rotationsachse rotiert. Vorzugsweise wird die Steuereinrichtung bei einem solchen Vorgang von einer ersten Steuerstellung in eine zweite Steuerstellung überführt oder umgekehrt.

5 Im Sinne der Erfindung ist unter einer Steuerstellung eine Stellung dieser Steuereinrichtung zu verstehen, in welcher einer dieser Steuerabschnitte eines dieser Steuerorgane ansteuert. Vorzugsweise ist unter einer ersten Steuerstellung die Stellung dieser Steuer-
einrichtung zu verstehen, in welcher der erste Steuerabschnitt wenigstens ein Steueror-
gan, bevorzugt eine Gruppe von Steuerorganen, ansteuert. Bevorzugt bewegen sich die
10 Einlass- oder Auslassventile in dieser ersten Steuerstellung gemäß einer ersten Ven-
tilerhebungskurve, welche durch diesen ersten Steuerabschnitt vorgegeben wird. Vor-
zugsweise ist unter einer zweiten Steuerstellung die Stellung dieser Steuereinrichtung zu
verstehen, in welcher der zweite Steuerabschnitt wenigstens ein Steuerorgan, vorzugs-
weise eine Gruppe von Steuerorganen, ansteuert. Bevorzugt bewegen sich die Einlass-
oder Auslassventile in dieser zweiten Steuerstellung gemäß einer zweiten Ventilerhe-
15 bungskurve, welche durch diesen zweiten Steuerabschnitt vorgegeben wird.

Im Sinne der Erfindung ist unter einer Schallsensoreinrichtung eine Einrichtung zum Auf-
nehmen von akustischen Signalen zu verstehen, weiter weist eine solche Einrichtung
wenigstens einen Schallsensor auf. Vorzugsweise ist unter einem Schallsensor ein
Klopfsensor zu verstehen, wie dieser zur Überwachung des Brennverfahrens, insbeson-
20 dere zum Überwachen des Zünd- und Brennvorgangs in Verbrennungskraftmaschinen
üblicherweise eingesetzt wird. Weiter vorzugsweise beruht dieses Aufnehmen der akus-
tischen Signale auf der Umwandlung von Druckdifferenzen in elektrische Messgrößen,
weiter vorzugsweise aus der Umwandlung von Beschleunigungen in elektrische Mess-
größen.

25 Im Sinne der Erfindung ist unter einem Schallspektrum eine bestimmte Sequenz akusti-
scher Signale zu verstehen, welche von der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere
als Körperschall, insbesondere während eines Verstellvorgangs zwischen diesen Steu-
erstellungen, emittiert werden. Dabei kann ein solches Schallspektrum insbesondere
durch einen Frequenz- oder Zeitbereich oder durch beides beschränkt sein. Vorzugswei-
30 se ist ein solches Schallspektrum als unbearbeitete Grunddaten oder als bearbeitete
Daten des Verstellvorgangs zu verstehen. Weiter vorzugsweise stellt dieses Schallspekt-

rum die Aufzeichnung des von der Verbrennungskraftmaschine abgegebenen Körperschalls für einen bestimmten Zeitbereich dar.

Im Sinne der Erfindung ist unter dem Analysieren dieses Schallspektrums zu verstehen, dass dieses Schallspektrum so aufbereitet wird, dass diesem die benötigten Informationen, zur Beurteilung des Zustandes der Verbrennungskraftmaschine, bevorzugt der Verstellvorrichtung, entnommen werden können. Vorzugsweise ist auf Basis dieser Analyse die Beurteilung, insbesondere der dynamischen Eigenschaften der Verstellvorrichtung, wobei diese insbesondere ein schwingungsfähiges System darstellt, ermöglicht. Vorzugsweise ist unter dieser Analyse zu verstehen, dass aus diesem Schallspektrum bestimmte Frequenzbereiche ausgefiltert werden. Es ist bekannt, dass die Verstellvorrichtung Schall nur in bestimmten Frequenzbereichen abgibt. Diese Frequenzbereiche können insbesondere durch Kalibriervorgänge vor oder während des laufenden Betriebes der Verstellvorrichtung gefunden werden. Weiter vorzugsweise werden diese Erkenntnisse zur Analyse dieses Schallspektrums herangezogen, insbesondere werden bei der Analyse des Schallspektrums diese Frequenzbereiche aus diesem extrahiert. Dabei kann unter dem Extrahieren im Sinne der Erfindung auch verstanden werden, dass in weiteren Verfahrensschritten, beziehungsweise bei der weiteren Analyse, nurmehr diese Frequenzbereiche aus dem Schallspektrum weiter in Betracht gezogen werden.

Im Sinne der Erfindung ist unter dem Ermitteln eines Systemzustandswertes zu verstehen, dass ein den Zustand der überwachten Vorrichtung kennzeichnender Wert gebildet wird, wobei dieser Wert aus mehreren Einzelwerten bestehen kann.

Im Sinne der Erfindung ist unter dem Bereitstellen dieses Systemzustandswertes zu verstehen, dass dieser zur weiteren Auswertung durch die Analyseeinrichtung oder jede andere Einrichtung zur Verfügung gestellt wird.

Im Sinne der Erfindung ist unter Verstellereignis ein Ereignis zu verstehen, bei welchem ein Schwellwert des aufgenommenen Schallspektrums über- oder unterschritten wird.

Im Sinne der Erfindung ist unter einem Schwellwert ein singulärer Wert oder ein Referenzspektrum, insbesondere einer Intensität einer Frequenz und/oder einer fouriertransformierten Frequenz zu verstehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die Analyse dieses Schallspektrums eine Fourier-Transformation (FT) auf. Mittels einer FT kann vorzugsweise eine besonders einfach handhabbare Form dieses Schallspektrums gewonnen werden. Vorzugsweise stellt eine FT eine Transformation dieses Schallspektrums vom Zeitbereich in den Frequenzbereich dar. Weiter vorzugsweise wird dieses Schallspektrum mittels einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) analysiert, dabei stellt eine solche FFT eine insbesondere zum Einsatz in Digitalrechnern geeignete Art der Analyse von Signalen dar. Durch die Analyse des aufgenommenen Schallspektrums mittels einer FT werden besonders einfach weiterzuverarbeitende Daten zur Verfügung gestellt, in vorteilhafterweise ist so eine Beurteilung des Zustandes der Verstellvorrichtung auf Basis dieser Daten ermöglicht und damit ein verbessertes Verfahren zur Überwachung dieser Verstellvorrichtung zur Verfügung gestellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dieses Schallspektrum mit einem Referenzschallspektrum verglichen. Erfindungsgemäß ist unter dem Vergleichen dieses Schallspektrums mit diesem Referenzschallspektrum auch das Vergleichen von aus diesen Spektren abgeleiteten Größen zu verstehen, insbesondere durch eine Fourier-Transformation abgeleiteten Größen. Im Sinne der Erfindung ist unter einem Referenzschallspektrum ein Schallspektrum zu verstehen, welches einen bestimmten Zustand dieser Verstellvorrichtung beschreibt. Vorzugsweise ist unter diesem Referenzschallspektrum derjenige Körperschall zu verstehen, welchen eine Verstellvorrichtung bei planmäßigem Betrieb abgibt. Weiter vorzugsweise wird dieses Schallspektrum mit mehreren Referenzschallspektren verglichen, wobei diese Referenzschallspektren unterschiedlichen Systemzustände dieser Verstellvorrichtung zuordenbar sind, insbesondere bestimmten Fehlfunktionen. Weicht dieses aufgenommene Schallspektrum nur geringfügig oder überhaupt nicht von dem Referenzschallspektrum, welches einer bestimmten Fehlfunktion zugeordnet ist, ab, so kann aus diesem Vergleich insbesondere abgeleitet werden, dass diese Verstellvorrichtung nicht mehr planmäßig funktioniert. Weiter vorzugsweise wird ein erstes Referenzschallspektrum erstellt vor der planmäßigen Inbetriebnahme dieser Verstellvorrichtung, ein solches erstes Referenzschallspektrum kann errechnet oder an einer dieser Verstellvorrichtungen ermittelt sein. Weiter vorzugsweise wird ein zweites Referenzschallspektrum während des planmäßigen Betriebes dieser Verstellvorrichtung aufgenommen. Dieses zweite Referenzschallspektrum kann wiederkehrend nach einer bestimmten Anzahl von Verstellungen durch diese Verstellvorrich-

tung oder nach bestimmten diskreten Zeitabständen aufgenommen werden. Mittels eines einzelnen oder mittels mehreren Referenzschallspektren kann der Zustand der Verstellvorrichtung besonders präzise beurteilt werden. Darunter ist im Sinn der Erfindung vorzugsweise zu verstehen, dass auf eine bestimmte Fehlfunktion dieser Verstellvorrichtung geschlossen werden kann, beziehungsweise, dass auf eine bestimmte zeitliche Veränderung im Funktionsablauf der Verstellvorrichtung geschlossen werden kann. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird somit eine verbesserte Beurteilung der Verstellvorrichtung, im Sinn einer verbesserten Fehlererkennung bereitgestellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird nur ein bestimmter, vorzugsweise zeitlicher Abschnitt dieses Schallspektrums mit diesem Referenzschallspektrum beziehungsweise einem bestimmten zeitlichen Abschnitt dieses Referenzschallspektrums verglichen. Vorzugsweise wird in einem Schallspektrum ein, in zeitlicher Hinsicht, gesamter Verstellvorgang dieser Verstellvorrichtung aufgenommen. Zum Vergleich mit diesem Referenzschallspektrum wird dann aber nur ein bestimmter Abschnitt dieses Schallspektrums herangezogen. Während eines dieser komplexen Verstellvorgänge können insbesondere unterschiedliche singuläre Verstellereignisse auftreten. Solche Verstellereignisse können insbesondere durch das Auftreffen von zur Verstellung vorgesehenen Bauteilen auf anderen Bauteilen hervorgerufen werden. Vorzugsweise ist unter einem solchen singulären Verstellereignis das Auftreffen eines ersten Teils einer Aktuatoreinrichtung auf einem ersten Teil einer Verschiebeeinrichtung, das Auftreffen einer Betätigungseinrichtung auf einem zweiten Teil der Aktuatoreinrichtung, das Auftreffen des ersten Teils der Aktuatoreinrichtung auf einem zweiten Teil einer Verschiebeeinrichtung, das Auftreffen dieser Verschiebeeinrichtung an einem Nockenwellenabschnitt, das Auftreffen der Betätigungseinrichtung auf einem dritten Teil der Aktuatoreinrichtung zu verstehen. Vorzugsweise wird jedes dieser singulären Verstellereignisse mit einem eigenen Referenzschallspektrum oder wie zuvor beschrieben, mit mehreren dieser Referenzschallspektren verglichen. Durch die Analyse und Aufteilung eines gesamten Verstellvorgangs in Einzelverstellereignisse kann durch das erfindungsgemäße Verfahren eine besonders genaue Beurteilung des Zustandes der Verstellvorrichtung erreicht werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird bei einer Abweichung dieses Schallspektrums von dem zum Vergleich herangezogenen Referenzschallspektrum ein Fehlerwert generiert. Im Sinne der Erfindung ist unter einer Abweichung dieses Schall-

spektrums von diesem Referenzschallspektrum zu verstehen, dass wenigstens ein Wert aus diesem Schallspektrum von dem zum Vergleich herangezogenen Wert aus diesem Referenzschallspektrum über einen Schwellenwert hinaus abweicht. Dabei ist ein solcher Schwellenwert vorzugsweise als ein absoluter Grenzwert festgelegt, weiter vorzugsweise als ein relativer Grenzwert. Vorzugsweise ist sowohl ein oberer als auch ein unterer Grenzwert vorgebbar. Im Sinne der Erfindung ist unter einem dieser Grenzwerte die zum Vergleich herangezogen werden die Frequenz, die Intensität, der Zeitpunkt oder dergleichen dieses Schallspektrums oder eines Abschnitts aus diesem Schallspektrum zu verstehen. Vorzugsweise hängt dieser Fehlerwert von der Abweichung der Frequenz, des Zeitpunktes beziehungsweise der Intensität ab. Vorzugsweise ist für jedes der Einzelverstellereignisse ein einzelner Schwellenwert, beziehungsweise ein einzelnes Paar (unterer/oberer) Schwellenwert vorgebbar. Durch die dargestellte Art wie dieser Fehlerwert generiert wird, ist eine besonders genaue Beurteilung des Zustandes der Verstellvorrichtung und damit ein verbessertes Verfahren zu deren Überprüfung ermöglicht.

15 In einer weiter bevorzugten Ausführungsform sind mehrere Schwellenwerte für das gleiche Verstellereignis vorgebbar. Vorzugsweise wird beim Überschreiten unterschiedlicher Schwellenwerte ein unterschiedlicher Fehlerwert generiert, somit ist es ermöglicht, den Grad der Fehlfunktion dieser Verstellvorrichtung mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens festzustellen. Weiter vorzugsweise ist für jedes dieser Einzelereignisse ein eigener Satz an unterschiedlichen Schwellenwerten vorgebbar. Vorzugsweise sind für ein Einzelereignis wenigstens Schwellenwerte für eine geringe, mittlere und schwere Abweichung vorgebbar. Weiter vorzugsweise führt das Überschreiten dieser unterschiedlichen Schwellenwerte zu unterschiedlichen Fehlerwerten. Vorzugsweise für das Überschreiten der Schwellenwerte, welche nur eine geringe Fehlfunktion indizieren zu einer Verkürzung eines Serviceintervalls für die Verbrennungskraftmaschine. Weiter vorzugsweise führt das Überschreiten der Schwellenwerte, welche eine mittlere Fehlfunktion indizieren zu einem Warnhinweis, welcher vorzugsweise auf einer Instrumententafel eines Cockpits anzeigbar ist und weiter vorzugsweise wird ein Notprogramm zum Steuern dieser Verbrennungskraftmaschine aufgerufen. Weiter vorzugsweise führt das Überschreiten der Schwellenwerte, welche eine schwere Fehlfunktion indizieren zu einem Warnhinweis, welcher vorzugsweise auf einer Instrumententafel eines Cockpits anzeigbar ist und zum Aufrufen eines weitergehenden Notprogramms zur Steuerung dieser Verbrennungskraftmaschine. Dadurch, dass für jedes Einzelereignis nicht nur feststellbar ist, dass eine

Funktionsabweichung dieser Verstellvorrichtung von der planmäßigen Funktion vorliegt, sondern auch dass unterschiedliche Fehlerwerte für den Grad der Abweichung darstellbar sind, ist eine besonders genaue Beurteilung des Zustandes der Verstellvorrichtung ermöglicht, sowie einer schwerwiegenden Fehlfunktion vorbeugende Steuerungseingriffe ermöglicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Vergleich dieses Schallspektrums mit diesem Referenzschallspektrum oder diesen Referenzwerten zum Beurteilen des Systemzustandes herangezogen. Vorzugsweise wird aus dem Vergleichsergebnis dieser Einzelereignisse auf den Gesamtzustand der Verstellvorrichtung zurückgeschlossen.

Vorzugsweise wird auf den Systemzustand aufgrund des aufgetretenen beziehungsweise festgestellten Fehlermusters geschlossen. Vorzugsweise wird für den festgestellten Systemzustand ein Systemzustandswert gebildet, weiter vorzugsweise wird dieser Systemzustandswert in einer Speichereinrichtung abgespeichert. Weiter vorzugsweise kann mittels zeitlich versetzt gespeicherter Systemzustandswerte auf eine zeitliche Fehlfunktionsentwicklung der Verstellvorrichtung zurückgeschlossen werden. Vorzugsweise kann so beurteilt werden ob Einlaufvorgänge, wie diese bei vielen technischen Systemen auftreten und welche für die planmäßige Funktion dieser Systeme oftmals von hoher Bedeutung sind, ordnungsgemäß abgelaufen sind. Dadurch dass mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens auch eine zeitliche Beurteilung der Funktion dieser Verstellvorrichtung ermöglicht ist, ist eine besonders genaue Beurteilung von Fehlfunktionen dieser ermöglicht.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform wird dieser Systemzustandswert einem Motorsteuergerät zur Verfügung gestellt. Weiter Vorzugsweise kann aufgrund dieses Systemzustandswerts ein oder mehrere Notprogramme in diesem Motorsteuergerät, insbesondere zur Steuerung dieser Verbrennungskraftmaschine aufgerufen werden. Weiter vorzugsweise werden bei einem solchen Notprogramm die maximale Drehzahl dieser Verbrennungskraftmaschine und oder das maximal abrufbare Drehmoment begrenzt. Weiter vorzugsweise führen unterschiedliche Systemzustandswerte zu unterschiedlichen Graden der Begrenzung dieser Werte, wobei vorzugsweise schwerwiegendere Fehlfunktionen kennzeichnende Systemzustandswerte zu einer stärkeren Begrenzung dieser maximalen Werte führen als Systemzustandswerte, welche geringfügigere Fehlfunktionen kennzeichnen. Dadurch dass mittels der festgestellten Fehlfunktionen auch Einfluss

auf die Steuerung der Verbrennungskraftmaschine genommen werden kann, können schwerwiegenden Fehlfunktionen dieser vorgebeugt werden.

In einer weiter bevorzugten Ausführungsform wird anhand dieses Systemzustandswertes ein optischer, akustischer und/oder haptischer Warnhinweis im Fahrzeuginnenraum aktiviert. Vorzugsweise wird ein für den Fahrzeugführer wahrnehmbarer Warnhinweis aktiviert. Dadurch, dass der Fahrzeugführer unmittelbar auf die Fehlfunktion oder Funktionsbeeinträchtigung der Verstellvorrichtung hingewiesen wird kann dieser unmittelbar auf diesen Hinweis reagieren und damit schwerwiegende Beschädigungen verhindern oder vermindern.

- 5
10
15
- Eine Vorrichtung zum Ausführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens weist:
einen Schallsensor, insbesondere einen Klopfsensor,
eine Speichereinrichtung, insbesondere eine Datenspeichereinrichtung,
eine Analyseeinrichtung, insbesondere mit einer CPU, und
eine Datenschnittstelleneinrichtung, insbesondere eine Bus-Schnittstelle
auf.

Mittels des Schallsensors ist es ermöglicht, dass der von der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere der Verstellvorrichtung, abgegebene Körperschall aufgenommen wird. Vorzugsweise wird dazu ein Klopfsensor verwendet, vorzugsweise handelt es sich dabei um einen bereits vorhandenen Klopfsensor der Verbrennungskraftmaschine.

- 20
25
- Mittels der Speichereinrichtung ist es ermöglicht Daten, insbesondere Schallspektren, Vergleichsergebnisse aus dem Vergleich der aufgenommenen Schallspektren mit den Referenzschallspektren und/oder Systemzustandswerte zu speichern. Durch das Speichern, dieser Daten ist es insbesondere ermöglicht, die zeitliche Entwicklung der Verstellvorrichtung in Bezug auf das Auftreten einer nicht planmäßigen Funktionsweise dieser durchzuführen.

Mittels einer Analyseeinrichtung ist es ermöglicht, das aufgenommene Schallspektrum zu analysieren und mit diesem Referenzschallspektren oder Referenzwerten zu vergleichen. Weiter ist es mittels dieser Einrichtung ermöglicht aus diesem Vergleichsergebnissen einen Systemzustandswert für die überwachte Vorrichtung abzuleiten.

Mittels der Datenschnittstelleneinrichtung ist es ermöglicht Daten, insbesondere die Vergleichsergebnisse aus der Analyseeinrichtung an weitere Steuergeräteeinrichtungen, insbesondere zu Steuerung dieser Verbrennungskraftmaschine zu übertragen. Vorzugsweise werden über diese Datenschnittstelleneinrichtung die Systemzustandswerte übertragen, welche von der Analyseeinrichtung bereitgestellt werden.

Auf einer Datenspeichereinrichtung ist das erfindungsgemäß Verfahren insbesondere in Form von computerlesbaren Anweisungen abspeicherbar. Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Verfahren in Form von optisch, magnetisch oder elektrisch auslesbaren Informationen speicherbar. Vorzugsweise ist diese Datenspeichereinrichtung als eine Diskette, CD, DVD, Speicherkarte, Festplattenspeicher oder Solidstatedrive oder dergleichen zu verstehen.

Bevorzugte Ausgestaltungen und Merkmal der Erfindung sind Gegenstand der Figuren, dabei sind die Darstellungen in den Figuren teilweise schematisiert. Nachfolgend zeigt,

Fig.1: unterschiedliche Ausfahrpositionen einer Aktuatoreinrichtung, wobei diese Bestandteil der Verstellvorrichtung ist, aufgetragen über einem Drehwinkel einer Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine, wobei dieser Kurbelwellendrehwinkel proportional zum Drehwinkel der Steuereinrichtung (Nockenwelle) ist.

Fig.2: eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig.3: einen Ablaufplan für ein erfindungsgemäßes Verfahren.

Figur 1 zeigt unterschiedliche Ausfahrpositionen einer Aktuatoreinrichtung 1, aufgetragen über dem Kurbelwellenwinkel 3c der Verbrennungskraftmaschine. Dabei beschreibt die Kurve 1c die Ausfahrbewegung der Aktuatoreinrichtung 1. Parallel zu der Ausfahrbewegung werden die Ventilstellungen (darüber), und die Stellung der Betätigungseinrichtung 1b in Querschnittansicht und Draufsicht auf das Verschiebeelement 2 (darunter) dargestellt. Hat die Kurbelwelle (nicht dargestellt) die Drehwinkelposition 3c1 erreicht, wird die Aktuatoreinrichtung 1 bestromt und die Betätigungseinrichtung 1b bewegt sich aus der Gehäuseeinrichtung 1a heraus auf das Verschiebeelement 2 zu. Das Verschiebeelement 2 weist einen Nutbereich 2a1 auf und rotiert um die Rotationsachse 3d der Nockenwelle 3. Erreicht die Kurbelwelle die Drehwinkelposition 3c2, so hat die Betätigungseinrichtung

1b, bei planmäßiger Funktion der Verstellvorrichtung, ihre Endlage in der ausgefahrenen Stellung erreicht und ist in den Nutbereich 2a1 des Verschiebelements 2 eingetreten. Die wendelartige Gestaltung dieses Nutbereichs 2a1 und das Eingreifen der Betätigungseinrichtung in diesen führt bei gleichzeitiger Rotation des Verschiebelements 2 um die Rotationsachse 3d zu einer Verschiebung des Verschiebelements 2 in Richtung dieser Rotationsachse. Das Verschiebeelement 2 ist drehfest aber längsverschieblich auf der Nockenwelle 3 gelagert. Durch die Verschiebung des Verschiebelements 2 auf der Nockenwelle in Längsrichtung wird ein Nockenträger (nicht dargestellt), dieser trägt die unterschiedlichen Steuerabschnitte zur Ansteuerung der Steuerorgane, auf der Nockenwelle 3, in deren Längsrichtung, verschoben, somit wird entweder der erste oder der zweite Steuerabschnitt zur Ansteuerung der Steuerorgane aktiviert. Die zwei unterschiedlichen Steuerabschnitte des Nockenträgers führen zu unterschiedlichen Steuerzeiten der Verbrennungskraftmaschine. Durch das Verschieben des Verschiebelements 2 auf der Nockenwelle 3 wird also der jeweils andere der beiden Steuerabschnitte mit der Ventil-Betätigungseinrichtung (nicht dargestellt) in Verbindung gebracht (aktiviert), dabei ist unter einer Ventil-Betätigungseinrichtung ein Kipphebel, eine Stoßstang, ein Stößel oder dergleichen zu verstehen. Durch diese Verstellung von einem zu einem anderen Nockenabschnitt öffnen und schließen sich die Steuerorgane (Ventile) mit unterschiedlichen Ventilerhebungskurven. Während des Verstellvorgangs sind bestimmte Einzelereignisse akustisch wahrnehmbar. Bei der dargestellten Vorrichtung sind solche Einzelereignisse das Auftreffen der Betätigungseinrichtung 1b in einem ersten Nutabschnitt 2a des Verschiebelements 2, das Auftreffen der Betätigungseinrichtung 1b auf einem ersten Anschlag 1a1 der Gehäuseeinrichtung 1a, das Auftreffen der Betätigungseinrichtung 1b auf einem zweiten Nutabschnitt 2b des Verschiebelements 2, das Auftreffen des Verschiebelements 2 an einem Nockenwellenabschnitt 3a, das Auftreffen der Betätigungseinrichtung 1b auf einem zweiten Anschlag der Gehäuseeinrichtung 1a2. Dabei verursacht jedes der zuvor beschriebenen Ereignissen ein charakteristisches Schallspektrum, also einen Ton mit bestimmter Intensität, Frequenz und Dauer; weiter ist auch die Zeitdauer zwischen diesen Einzelereignissen bedeutsam und wird in das erfindungsgemäße Verfahren mit einbezogen. Durch den Klopfsensor (nicht dargestellt) werden diese Einzelereignisse akustisch erfasst, mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus dem aufgenommenen Schallspektrum abgeleitet, ob die Verstellvorrichtung planmäßig arbeitet, ob sich ein Fehler bereits eingestellt hat oder ob eine Fehlfunktion zu befürchten steht.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können sich insbesondere folgende weitere Vorteile ergeben:

- Steigerung der Robustheit des Systems, dadurch dass Unregelmäßigkeiten der Verstellvorrichtung erkannt werden und die Steuerung dieser darauf angepasst wird;
- 5 - Erhöhung der maximal möglichen Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine bei welcher noch Verstellvorgänge vorgenommen werden können, dadurch dass Toleranzen/Totzeiten in der Handhabung der Verstellvorrichtung durch die Anpassung der Steuerung verringerbar sind;
- Vergrößerung der Lebensdauer der Aktuatoren, dadurch dass Toleranz- und Alterungseffekte dieser mithilfe der Erfindung adaptiert werden können.

Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, dabei weist diese Vorrichtung einen Klopfsensor 4 auf. Dieser Klopfsensor 4 ist im Bereich des Ventiltriebes 5 der Verbrennungskraftmaschine angeordnet, so dass dieser einerseits die Verbrennungsgeräusche und damit das sogenannten Klopfen wahrnehmen kann und andererseits Einzelereignisse/Verstellereignisse der Verstellvorrichtung, diese äußern sich in einem Schallspektrum 4a, welches die Verstellvorrichtung während des Verstellvorgangs abgibt. Der Ventiltrieb weist unter anderem eine Ventileinrichtung 5a und eine Steuereinrichtung 5b auf. Der Klopfsensor 4 leitet das aufgenommene Schallspektrum an eine Steuergeräteeinrichtung 6 mit Analyseeinrichtung 6a mit CPU (Central Processing Unit) weiter, in dieser wird das aufgenommene Schallspektrum analysiert und mit dem in der Datenspeichereinrichtung 6b gespeicherten Referenzschallspektrum verglichen. Das Referenzschallspektrum enthält Werte, welche kennzeichnend sind, für den planmäßigen Betrieb der Verstellvorrichtung. Bei diesem Vergleich ist feststellbar, ob das aufgenommene Schallspektrum über vorgebbare Grenzwerte hinaus vom Referenzschallspektrum abweicht. Sowohl das aufgenommene Schallspektrum, wie auch das Vergleichsergebnis werden mit einem Zeitstempel versehen und in der Datenspeichereinrichtung 6b abgespeichert. Weicht das aufgenommene Schallspektrum über die vorgebbaren Schwellenwerte hinaus vom Referenzschallspektrum ab, so wird ein Systemzustandswert generiert, welcher einen Fehlerwert enthält, und an der Daten-Bus-Schnittstelle 7 für eine Motorsteuergeräteeinrichtung (nicht dargestellt) bereitgestellt. Aufgrund dieses Fehlerwertes kann mittels der Motorsteuergeräteeinrichtung die maximale Motordrehzahl sowie das maximale Motordrehmoment be-

grenzt werden und so die Verbrennungskraftmaschine vor Beschädigungen geschützt werden.

Figur 3 zeigt einen einfachen Ablaufplan für das erfindungsgemäße Verfahren zum Überwachen der Verstellvorrichtung. In einem ersten Verfahrensschritt 8 wird vom Klopfsensor ein Schallspektrum aufgenommen. In einem zweiten Verfahrensschritt 9 wird dieses Schallspektrum analysiert mittels einer FFT. In einem dritten Verfahrensschritt 10 wird dieses analysierte Schallspektrum mit einem Referenzschallspektrum 10a beziehungsweise Referenzwerten verglichen, bei diesem Vergleich wird insbesondere untersucht, ob das analysierte Schallspektrum über die vorgebbaren Schwellenwerte 10b hinaus von dem Referenzschallspektrum beziehungsweise den Referenzwerten abweicht. Werden solche Abweichungen festgestellt, so wird in einem vierten Verfahrensschritt 11 ein oder mehrere Fehlerwerte generiert. Diese Fehlerwerte werden zur Steuerung der Verbrennungskraftmaschine und zur Ausgabe von Informationen an den Fahrzeugführer herangezogen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine, welche wenigstens eine Brennkammer
5 ein Steuerorgan, wobei dieses zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position bewegbar ist,
eine Steuereinrichtung, insbesondere eine Nockenwelle, zum Ansteuern dieses Steuerorgans, mit einem ersten und zumindest einem zweiten Steuerabschnitt,
eine Verstellvorrichtung zum Verstellen dieser Steuereinrichtung zwischen einer ers-
10 ten und zumindest einer zweiten Steuerstellung, und
eine Schallsensoreinrichtung,
aufweist

dadurch gekennzeichnet, dass

15 dieses Verfahren die folgenden Arbeitsschritte aufweist:
Aufnehmen eines Schallspektrums eines Verstellvorgangs mittels der Schallsensoreinrichtung,
Analysieren dieses Schallspektrums,
20 Ermitteln eines Systemzustandswertes der Verstellvorrichtung mittels einer Analyseeinrichtung,
Bereitstellen dieses Systemzustandswerts, insbesondere an einer Datenschnittstelleinrichtung.

- 25 2. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der Verfahrensschritt Analysieren des Schallspektrums die Anwendung einer Fourier-Transformation (FT) aufweist,
vorzugsweise einer diskreten Fourier-Transformation (DFT), bevorzugt einer schnellen Fourier-Transformation (FFT).
30

3. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren den folgenden Arbeitsschritt aufweist:

Vergleichen des Schallspektrums oder eines Ausschnitts aus diesem mit einem Referenzschallspektrum/-wert zum Ermitteln dieses Systemzustandswertes.

4. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren den folgenden Arbeitsschritt aufweist: Vergleichen wenigstens eines weiteren oder mehrerer weiterer Abschnitte aus diesem Schallspektrum mit einem weiteren oder mehreren weiteren Referenzschallspektren/-werten.

5. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Systemzustandswert ermittelt wird, wenn bei einem Vergleich, wenigstens ein Parameter dieses Schallspektrums über einen Schwellenwerte hinaus von diesem Referenzschallspektrum/-wert abweicht.

6. Verfahren zur Überwachung gemäß einer der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass anhand des Systemzustandswertes mehrere Verstellereignisse feststellbar sind.

7. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere dieser Schwellenwerte vorgebbar sind, wobei insbesondere für ein Verstellereignis dieser Verstellvorrichtung mehrerer Schwellenwerte vorgebbar sind.

8. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere dieser Schwellenwerte vorgebar sind, wobei für unterschiedliche Verstellereignisse unterschiedliche Schwellenwerte vorgebar sind.
9. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Systemzustandswert in einer Speichereinrichtung gespeichert wird, vorzugsweise zusammen mit einer Zeitinformation wann dieser Systemzustandswert erstellt wurde.
10. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Systemzustandswert für ein Motorsteuergerät bereitgestellt wird, und dass dieses Motorsteuergerät in Abhängigkeit von diesem Systemzustandswert ein Steuerungsprogramm für diese Verbrennungskraftmaschine aufruft, insbesondere ein Notprogramm.
11. Verfahren zur Überwachung einer Verbrennungskraftmaschine gemäß einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage dieses Systemzustandswerts ein optischer, akustischer und/oder haptischer Hinweis im Fahrzeuginnenraum aktiviert wird.
12. Vorrichtung zum Überwachen einer Verbrennungskraftmaschine aufweisend eine Brennkammer ein Steuerorgan, wobei dieses zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position bewegbar ist, eine Steuereinrichtung, insbesondere eine Nockenwelle, zum Ansteuern dieses Steuerorgans, mit einem ersten und zumindest einem zweiten Steuerabschnitt, eine Verstellvorrichtung zum Verstellen dieser Steuereinrichtung zwischen einer ersten und zumindest einer zweiten Steuerstellung, und eine Schallsensoreinrichtung zum Aufnehmen eines Schallspektrums,

wobei die Vorrichtung,
eine Analyseeinrichtung, insbesondere mit einer CPU zum Analysieren dieses
Schallspektrums aufweist.

- 5 13. Computerprogramm, das Anweisungen enthält, die, wenn sie von einem Computer,
insbesondere von einer Steuergeräteeinrichtung 6, ausgeführt werden, diesen dazu
veranlassen, ein Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 11 durchzuführen.
- 10 14. Datenspeichereinrichtung, auf welcher ein Computerprogramm gemäß Patentan-
spruch 13 in Form von computerausführbaren Anweisungen gespeichert ist.

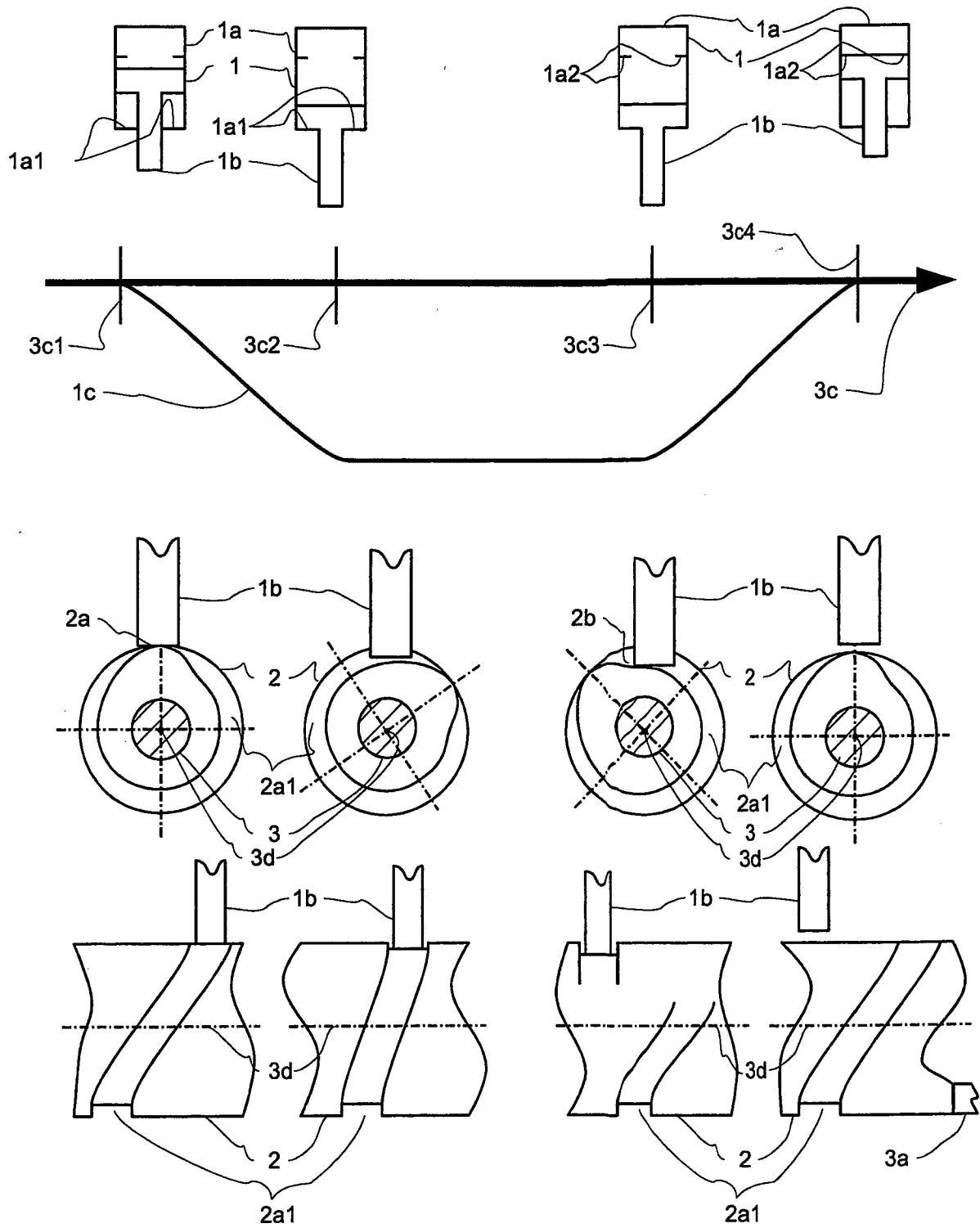


Fig.1

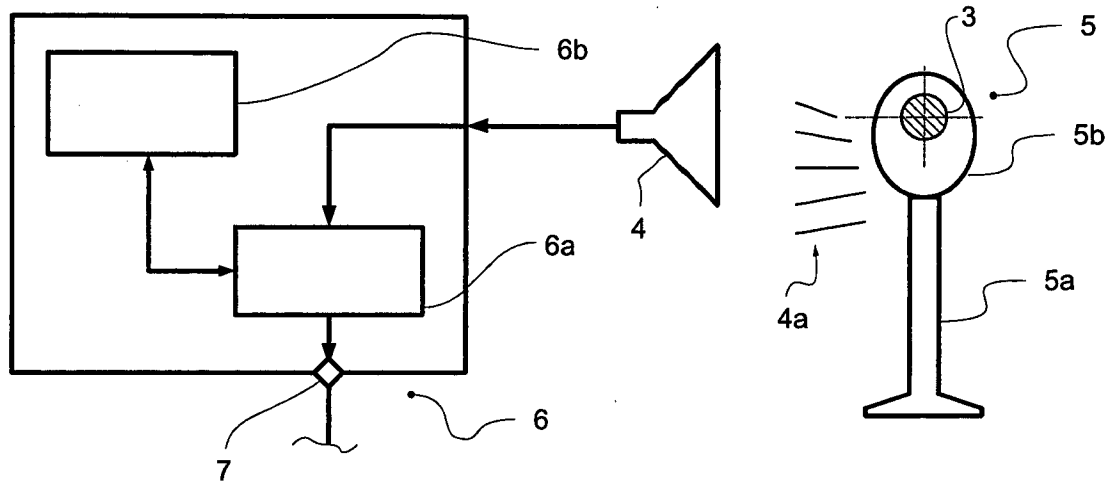


Fig. 2

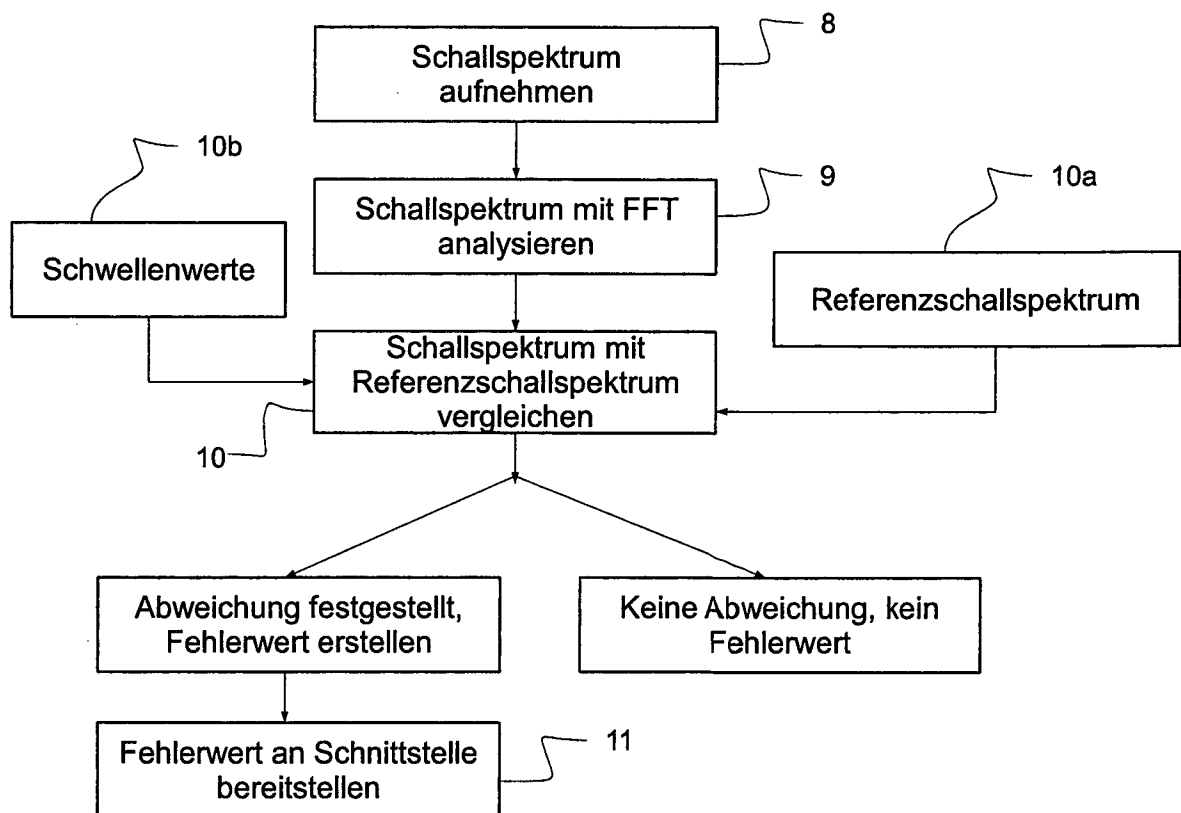


Fig. 3