

(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
17. Dezember 2015 (17.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/188907 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01L 13/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000876

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2015 (29.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 008 898.7 14. Juni 2014 (14.06.2014) DE

(71) Anmelder: AUDI AG [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).

(72) Erfinder: ERNST, Sebastian; Cusanusstr. 90, 85049 Ingolstadt (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, 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, 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, ST, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND CORRESPONDING INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE SOWIE ENTSPRECHENDE BRENNKRAFTMASCHINE

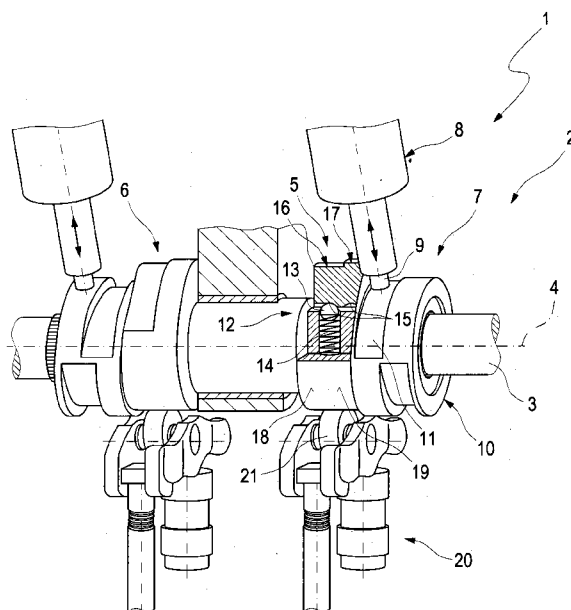


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (1), wherein the internal combustion engine (1) has a valve gear (2) having at least one base camshaft (3), on which at least one cam carrier (5, 6) having at least one valve-actuating cam (16, 17) is provided in a rotationally fixed and axially movable manner, wherein the base camshaft (3) has a set of external teeth and the cam carrier (5, 6) has a set of internal teeth that meshes with the set of external teeth, and wherein the valve-actuating cam (16, 17) actuates a gas exchange valve of the internal combustion engine (1) in accordance with the rotational angle position of the valve-actuating cam. According to the invention, a point in time at which a tooth-flank pairing change of the set of external teeth and the set of internal teeth occurs is determined by means of a structure-borne sound sensor, wherein at least one operating parameter of the valve gear (2) or of the internal combustion engine (1) is determined from the point in time. The invention further relates to an internal combustion engine (1).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), wobei die Brennkraftmaschine (1) über einen Ventiltrieb (2) mit wenigstens einer Grundnockenwelle (3) verfügt, auf der drehfest und axial verschiebbar mindestens ein wenigstens einen Ventilbetätigungsnocken (16,17) aufweisender Nockenträger (5,6) vorgesehen ist, wobei die Grundnockenwelle (3) eine Außenverzahnung und der Nockenträger (5,6) eine in die Außenverzahnung eingreifende Innenverzahnung aufweist, und wobei der Ventilbetätigungsnocken (16,17) in Abhängigkeit von seiner Drehwinkelstellung ein Gaswechselventil der Brennkraftmaschine (1) betätigt. Dabei ist vorgesehen, dass mittels eines Körperschallsensors ein Zeitpunkt ermittelt wird, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von Außenverzahnung und Innenverzahnung auftritt, wobei wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs (2) oder der Brennkraftmaschine (1) aus dem Zeitpunkt bestimmt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkraftmaschine (1).

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine sowie entsprechende Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, wobei die Brennkraftmaschine über einen Ventiltrieb mit wenigstens einer Grundnockenwelle verfügt, auf der drehfest und axial verschiebbar mindestens ein wenigstens einen Ventilbetätigungsnocken aufweisender Nockenträger vorgesehen ist, wobei die Grundnockenwelle eine Außenverzahnung und der Nockenträger eine in die Außenverzahnung eingreifende Innenverzahnung aufweist, und wobei der Ventilbetätigungsnocken in Abhängigkeit von seiner Drehwinkelstellung ein Gaswechselventil der Brennkraftmaschine betätigt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkraftmaschine.

Der Ventiltrieb ist insoweit einer Brennkraftmaschine zugeordnet, bei welcher beispielsweise das Arbeitsspiel von Gaswechselventilen einzelner Zylinder der Brennkraftmaschine, insbesondere mehrerer Zylinder oder aller Zylinder, zur Verbesserung der thermodynamischen Eigenschaften beeinflusst werden kann. Der mindestens eine Nockenträger, welcher auch als Nockenstück bezeichnet werden kann, ist drehfest und axial verschiebbar beziehungsweise verlagerbar auf der Grundnockenwelle angeordnet. Die Verlagerung des Nockenträgers in axialer Richtung erfolgt beispielsweise mithilfe einer Stelleinrichtung, die eine Schaltkulissee auf dem Nockenträger und einen ortsfest angeordneten Aktuator, üblicherweise in einem Zylinderkopf der Brennkraftmaschine, umfasst. Der Aktuator verfügt vorzugsweise über einen ausfahrbaren Mitnehmer, der sich mit einer beispielsweise schrauben- beziehungsweise spiralförmigen Nut der Schaltkulissee in Eingriff bringen lässt.

Dem Nockenträger ist der wenigstens eine Ventilbetätigungsnocken zugeordnet. Dieser weist eine Exzentrizität auf, welcher der Betätigung eines Gaswechselventils der Brennkraftmaschine bei einer bestimmten Drehwinkelstellung der Grundnockenwelle dient. Der Ventilbetätigungsnocken läuft demnach gemeinsam mit der Grundnockenwelle um, so dass das Gaswechselventil der Brennkraftmaschine zumindest einmal pro Umdrehung von dem Ventilbetätigungsnocken beziehungsweise dessen Exzentrizität betätigt wird. Der Ventilbetätigungsnocken wirkt dazu vorzugsweise mit einem Rollenschlepphebel des Gaswechselventils zusammen, indem er mit diesem in Anlagekontakt tritt.

Vorzugsweise sind mehrere Ventilbetätigungsnocken vorgesehen, welche unterschiedlichen Nockengruppen zugeordnet sein können. Die Ventilbetätigungsnocken können sich

nun in der Winkellage, der Erstreckung in radialer Richtung und/oder in Umfangsrichtung ihrer Exzentrizität unterscheiden. Durch das axiale Verschieben des Nockenträgers kann dieser in wenigstens zwei Stellpositionen, beispielsweise in eine erste und eine zweite Stellposition, gebracht werden. In der ersten Stellposition wird das Gaswechselventil von einem ersten der Ventilbetätigungsnocken und in der zweiten Stellposition von einem zweiten der Ventilbetätigungsnocken betätigt, welche derselben Nockengruppe zugeordnet sind. Durch die Verlagerung des Nockenträgers können somit insbesondere der Öffnungszeitpunkt, die Öffnungsdauer und/oder der Hub des Gaswechselventils, insbesondere in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine, ausgewählt und eingestellt werden.

Die Brennkraftmaschine verfügt weiterhin über eine Kurbelwelle, die über wenigstens einen Pleuel mit wenigstens einem Kolben der Brennkraftmaschine wirkverbunden ist. Der Kolben ist in einem Zylinder der Brennkraftmaschine längsverschieblich angeordnet. Aufgrund von in dem wenigstens einen Zylinder der Brennkraftmaschine periodisch ablaufenden Verbrennungen wird eine ebenfalls periodische Bewegung des Kolbens und mithin eine Drehbewegung der Kurbelwelle bewirkt. An der Kurbelwelle steht insoweit ein Antriebsmoment der Brennkraftmaschine zur Verfügung.

Mit der Kurbelwelle ist vorzugsweise eine Nockenwelle der Brennkraftmaschine, insbesondere die Grundnockenwelle, gekoppelt, welche zur Betätigung des wenigstens einen Gaswechselventils dient, das dem Zylinder zugeordnet ist. Bevorzugt verfügt die Brennkraftmaschine über mehrere Zylinder, welchen jeweils mehrere Gaswechselventile, nämlich zumindest ein Einlassventil und wenigstens ein Auslassventil, zugeordnet sind. Das Gaswechselventil wird von der Nockenwelle beziehungsweise dem auf der Grundnockenwelle angeordneten Ventilbetätigungsnocken betätigt, sodass sein Öffnungsgrad von der Drehwinkelstellung der Nockenwelle beziehungsweise der Grundnockenwelle abhängt. In Abhängigkeit von der Drehwinkelstellung entspricht der Öffnungsgrad des Gaswechselventils also einem geschlossenen Gaswechselventil, einem teilweise geöffneten Gaswechselventil oder einem vollständig geöffneten Gaswechselventil.

Aus dem Stand der Technik ist die Druckschrift DE 10 2010 022 709 A1 bekannt. Diese beschreibt einen Ventiltrieb einer Brennkraftmaschine, mit mindestens einer Nockenwelle und wenigstens einem auf der Nockenwelle drehfest und axial verlagerbar angeordneten Nockenträger, wobei der Nockenträger und/oder die Nockenwelle in einem Radiallager gelagert sind/ist und ein zur Begrenzung einer axialen Verlagerung des Nockenträ-

gers dienender Endanschlag vorgesehen ist. Dabei soll der Endanschlag als Dämpfungselement ausgebildet sein oder ein Dämpfungselement aufweisen.

Weiterhin ist aus Henn, H.; Sinambari, G. R.; Fallen, M.: „Ingenieurakustik: Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele“; Vieweg+Teubner Verlag; 4. Auflage 2008 eine Definition einer Stoß- und Schlaganregung bekannt. Hierbei handelt es sich um eine kurzzeitige Einwirkung von Kräften an einem örtlich sehr begrenzten Strukturbereich und einer Einwirkdauer von Bruchteilen einer Sekunde. Schließlich beschreibt die Druckschrift DE 10 2004 048 599 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Steuerzeiten variabel gesteuerter Gaswechselventile, wobei die Gaswechselventile durch mindestens ein Steuerventil angesteuert werden und wobei mindestens ein Körperschallsensor zur Erfassung von Körperschall vorgesehen ist, wobei aus den Signalen des Körperschallsensors eine Betätigung des Steuerventils erkannt wird und in Abhängigkeit mindestens einer erkannten Betätigung des Steuerventils Steuerzeiten der Gaswechselventile ermittelt werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine vorzuschlagen, welches gegenüber bekannten Verfahren Vorteile aufweist, insbesondere eine genauere Ansteuerung der Brennkraftmaschine ermöglicht, welche beispielsweise zur Verringerung der Abgasemissionen der Brennkraftmaschine sowie zur Verbesserung ihrer Momentengenauigkeit dient.

Dies wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht. Dabei ist vorgesehen, dass mittels eines Körperschallsensors ein Zeitpunkt ermittelt wird, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von Außenverzahnung und Innenverzahnung auftritt, wobei wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs und/oder der Brennkraftmaschine aus dem Zeitpunkt bestimmt wird. Der Körperschallsensor ist vorzugsweise derart angeordnet, dass er den von der Brennkraftmaschine erzeugten Körperschall, insbesondere den von dem Ventiltrieb erzeugten Körperschall, erfassen kann. Der Zahnflankenpaarungswechsel der Außenverzahnung und der Innenverzahnung kann mithilfe des Körperschallsensors erfasst werden.

Das Betätigen des Gaswechselventils bewirkt auf den Ventilbetätigungsnocken eine Kraft, die im Wesentlichen in radialer Richtung und in Umfangsrichtung bezogen auf die Drehachse der Grundnockenwelle wirkt. Die Kraft wird insbesondere durch ein Betätigungselement hervorgerufen, welches vorzugsweise permanent an dem Ventilbetätigungsnocken anliegt und eine Wirkverbindung von diesem zu dem Gaswechselventil

herstellt. Das Betätigungselement kann auch als Abnehmer bezeichnet werden und entspricht beispielsweise dem Rollenschlepphebel. Das Betätigungselement gleitet während des Betriebs der Brennkraftmaschine vorzugsweise auf einer Laufbahn des Betätigungsnockens. Der Ventilbetätigungsnocken weist einen Grundkörper auf, an welchem ein Grundkörperbereich der Laufbahn vorliegt. An den Grundkörperbereich schließt sich ein Nockenvorsprungsbereich der Laufbahn an. Insbesondere besteht die Laufbahn lediglich aus dem Grundkörperbereich und dem Nockenvorsprungsbereich, wobei die beiden Bereiche an zwei Übergangsstellen ineinander übergehen.

Der Nockenvorsprungsbereich setzt sich aus einer Anlauframpe und einer Ablauframpe zusammen. Er liegt in demjenigen Bereich des Ventilbetätigungsnockens vor, in welchem sich der Radius des Ventilbetätigungsnockens zunächst zur Ausbildung der Exzentrizität bis hin zu einer Nockenspitze vergrößert und sich anschließend wieder verkleinert, bis der Radius des Grundkörpers erreicht ist. Ersterer Bereich bildet die Anlauframpe, letzterer die Ablauframpe. Die Nockenspitze weist die größten Abmessungen in radialer Richtung des Ventilbetätigungsnockens auf.

Sobald das Betätigungselement also auf die Anlauframpe gerät, wird das Gaswechselventil geöffnet, bis es die Nockenspitze erreicht hat. Liegt das Betätigungselement an der Nockenspitze vor, ist folglich das Gaswechselventil maximal geöffnet, wobei der dabei vorliegende maximale Öffnungsgrad von der Ausgestaltung des Ventilbetätigungsnockens abhängig ist. Anschließend gelangt das Betätigungselement auf die Ablauframpe. Während es auf dieser gleitet, wird das Gaswechselventil geschlossen. Vorzugsweise ist das Gaswechselventil vollständig geschlossen, wenn das Betätigungselement den Grundkörperbereich erreicht.

Es ist unmittelbar einsichtig, dass das Betätigungselement auf den Nockenträger ein Drehmoment in eine erste Umfangsrichtung ausübt, während es an der Anlauframpe anliegt, während es bei einem Anliegen an der Ablauframpe ein Drehmoment in eine der ersten Richtung entgegengesetzte Umfangsrichtung bewirkt. Das bedeutet jedoch, dass wenigstens ein Zahn der Außenverzahnung zunächst von dem ersten Drehmoment in Richtung eines ersten Zahns der Innenverzahnung gedrängt wird und von dem zweiten Drehmoment von diesem fort, mithin also in Richtung eines dem ersten Zahn der Innenverzahnung bezüglich des Zahns der Außenverzahnung gegenüberliegenden zweiten Zahns der Innenverzahnung. Zunächst liegt also eine erste Zahnflankenpaarung zwischen dem Zahn der Außenverzahnung und dem ersten Zahn der Innenverzahnung und

anschließend eine zweite Zahnflankenpaarung zwischen dem Zahn der Außenverzahnung und dem zweiten Zahn der Innenverzahnung vor.

Sobald das Betätigungselement die Nockenspitze erreicht hat, wechselt gemäß den vorstehenden Ausführungen die Richtung des von dem Betätigungselement auf den Nockenträger ausgeübten Drehmoments. Entsprechend erfolgt der Zahnflankenpaarungswechsel von der ersten Zahnflankenpaarung auf die zweite Zahnflankenpaarung. Das Anschlagen des Zahns der Außenverzahnung an den zweiten Zahn der Innenverzahnung, also das Herstellen der zweiten Zahnflankenpaarung bewirkt Körperschall, welcher mithilfe des Körperschallsensors einfach feststellbar ist.

Wird der mit dem Zahnflankenpaarungswechsel korrespondierende Körperschall erfasst, so wird der Zeitpunkt festgehalten, zu welchem der Körperschall auftrat. Der Zeitpunkt entspricht also demjenigen Zeitpunkt oder zumindest nahezu demjenigen Zeitpunkt, in welchem das Betätigungselement auf der Nockenspitze vorliegt und insoweit das Gaswechselventil maximal geöffnet ist. Dieser Zeitpunkt ist von besonderer Bedeutung, weil bedingt durch den maximalen Öffnungsgrad des Gaswechselventils ein großer Gasmassenstrom beziehungsweise Gasvolumenstrom durch das Gaswechselventil strömen kann, entweder in den Zylinder hinein oder aus ihm heraus.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass aus dem Zeitpunkt eine Istdrehwinkelstellung des Ventilbetätigungsnockens bestimmt wird. Der Ventiltrieb der Brennkraftmaschine weist konstruktionsbedingt und fertigungsbedingt Toleranzen hinsichtlich der Winkellage beziehungsweise Drehwinkelstellung der Grundnockenwelle und entsprechend des Ventilbetätigungsnockens auf. Die Istdrehwinkelstellung kann beispielsweise durch einen Winkellagegeber, beispielsweise einen elektrischen Winkellagegeber, ermittelt werden. Auch dieser Winkellagegeber ist jedoch konstruktionsbedingt und fertigungsbedingt einer Toleranz unterworfen. Mithilfe des Körperschallsensors und der Ermittlung des Zeitpunkts, in welchem der Zahnflankenpaarungswechsel auftritt, kann die Istdrehwinkelstellung mit einer höheren Genauigkeit ermittelt werden, als dies mithilfe des Winkellagegebers möglich ist. Beispielsweise ist es möglich, anhand des Zeitpunkts beziehungsweise der aus ihm bestimmten Istdrehwinkelstellung eine Kalibrierung des Winkellagegebers vorzunehmen.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass aus dem Zeitpunkt und/oder der Istdrehwinkelstellung ein Istschließzeitpunkt eines Gaswechselventils der Brennkraftmaschine bestimmt wird. Weil mithilfe des Körperschallsensors der Zeitpunkt und entspre-

chend die Istdrehwinkelstellung mit hoher Genauigkeit ermittelt werden können, kann auch der Istschließzeitpunkt auf einfache Art und Weise ermittelt werden. Zu diesem Zweck wird beispielsweise die Drehzahl der Grundnockenwelle herangezogen, um den voraussichtlichen Istschließzeitpunkt des Gaswechselventils zu berechnen. Der Istschließzeitpunkt ergibt sich also aus einer Funktion, welche vorzugsweise zum einen die Drehzahl und zum anderen den Zeitpunkt und/oder die Istdrehwinkelstellung als Eingangsgröße aufweist. Die Istdrehwinkelstellung und der Istschließzeitpunkt sind insoweit Betriebsparameter des Ventiltriebs.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Außenverzahnung und die Innenverzahnung eine Toleranz in Umfangsrichtung bezüglich einer Drehachse der Grundnockenwelle aufweisen, die größer als Null ist. Während zwar der Nockenträger im Wesentlichen drehfest auf der Grundnockenwelle angeordnet sein soll, weisen dennoch die Innenverzahnung und die Außenverzahnung Toleranzen auf, welche ein zuverlässiges Verlagern beziehungsweise Verschieben des Nockenträgers auf der Grundnockenwelle sicherstellen. Je größer die Toleranz ist, umso deutlicher ist der Körperschall, welcher bei dem Zahnflankenpaarungswechsel auftritt, festzustellen.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Grundnockenwelle über eine Stelleinrichtung mit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine wirkverbunden ist und bei einer Differenz zwischen der Istdrehwinkelstellung und einer Solldrehwinkelstellung oder einer Differenz zwischen dem Istschließzeitpunkt und einem Sollschließzeitpunkt ein Drehwinkelversatz zwischen der Grundnockenwelle und der Kurbelwelle mittels der Stelleinrichtung zum Verringern der Differenz eingestellt wird. Die Solldrehwinkelstellung wird beispielsweise mithilfe des Winkellagegebers ermittelt. Sie wird nachfolgend mit der Istdrehwinkellage verglichen und dabei die Differenz zwischen ihnen bestimmt. Alternativ oder zusätzlich kann es vorgesehen sein, dass für das Gaswechselventil der Sollschließzeitpunkt festgelegt wird. Bei mehreren Gaswechselventilen ist dies für jedes der Gaswechselventile vorgesehen, sodass jedem der Gaswechselventile ein Sollschließzeitpunkt zugeordnet ist. Das Festlegen des Sollschließzeitpunkts wird beispielsweise in Bezug auf die Drehwinkelstellung der Kurbelwelle vorgenommen. Der Sollschließzeitpunkt wird bevorzugt dynamisch festgelegt, kann also für jeden Arbeitszyklus der Brennkraftmaschine neu gewählt werden.

Idealerweise stimmt der Istschließzeitpunkt mit dem Sollschließzeitpunkt überein. Aufgrund von Toleranzen in der Wirkverbindung zwischen der Kurbelwelle und dem Gaswechselventil, insbesondere also in der Wirkverbindung zwischen der Kurbelwelle und

der Grundnockenwelle, kann es jedoch zu einer Abweichung zwischen den beiden Zeitpunkten kommen. Ist dies der Fall, liegt also eine Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Istschließzeitpunkt vor, so wird die Stelleinrichtung dazu verwendet, den Winkelversatz zwischen der Kurbelwelle und der Grundnockenwelle zu verstellen. Dies erfolgt derart, dass die Differenz, insbesondere während eines unmittelbar nachfolgenden Arbeitsspiels beziehungsweise Arbeitszyklus, verringert wird. Deutet die Differenz darauf hin, dass der Istschließzeitpunkt vor dem Sollschließzeitpunkt liegt, so wird der Winkelversatz derart verändert, dass das Gaswechselventil später schließt, insbesondere auch bei gleichbleibendem Sollschließzeitpunkt. Liegt dagegen der Istschließzeitpunkt nach dem Sollschließzeitpunkt, so wird der Winkelversatz derart verändert, dass das Gaswechselventil früher schließt, insbesondere auch bei gleichbleibendem Sollschließzeitpunkt.

Dabei kann der Winkelversatz in die entsprechende Richtung um eine feste Winkeldifferenz verändert werden. Bevorzugt ist es jedoch vorgesehen, den Winkelversatz um eine Winkeldifferenz zu verändern, die von der Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Istschließzeitpunkt abhängig ist. Insbesondere wird die Winkeldifferenz als Funktion der Differenz zwischen den beiden Zeitpunkten ermittelt. Mit einer derartigen Vorgehensweise lassen sich Toleranzen in der Wirkverbindung zwischen der Kurbelwelle und dem Gaswechselventil beziehungsweise zwischen der Kurbelwelle und der Grundnockenwelle einfach und zuverlässig ausgleichen. Dies ermöglicht wiederum eine präzisere Bestimmung der in dem Gaswechselventil zugeordneten Zylinder vorliegenden Luftmenge und entsprechend eine genauere Vorsteuerung der in den Zylinder einzubringenden Kraftstoffmenge. Daraus resultieren zum einen eine deutliche Reduzierung der Emissionen der Brennkraftmaschine und zum anderen ein präziseres Einhalten des vorgegebenen Drehmoments.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Istdrehwinkelstellung und/oder der Istschließzeitpunkt bei dem Bestimmen einer einem Zylinder der Brennkraftmaschine zugeführten Gasmenge berücksichtigt wird. Als Gas wird vorzugsweise Luft, insbesondere Frischluft, verwendet. Um die Emissionen der Brennkraftmaschine möglichst gering zu halten beziehungsweise das vorgegebene Drehmoment präzise einhalten zu können, muss die in den Zylinder eingebrachte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der in dem Zylinder vorliegenden Frischluftmenge gewählt werden, insbesondere um einen bestimmten Lambdawert zu erzielen. Wie bereits vorstehend dargelegt, ist der Zeitpunkt, zu welchem das Gaswechselventil maximal geöffnet ist, von großer Bedeutung, weil der Gasmassenstrom, welcher durch das Gas-

wechselventil strömt, maximal sein kann. Entsprechend ist es vorteilhaft, wenn bei einer Berechnung der Gasmenge, welche in dem Zylinder vorliegt, die Istdrehwinkelstellung und/oder der Itschließzeitpunkt als Eingangsgrößen verwendet werden. Das Bestimmen der Gasmenge kann beispielsweise mithilfe einer mathematischen Funktion, einer Tabelle und/oder einem Kennfeld erfolgen.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass eine durch das Gaswechselventils während eines Arbeitsspiels einzubringende Vorgabegasmenge sowie eine korrespondierende Kraftstoffmenge bestimmt werden und aus der Vorgabegasmenge der Sollschließzeitpunkt ermittelt wird. Durch das Gaswechselventil soll während des Arbeitsspiels die Vorgabegasmenge eingebracht werden. Die Vorgabegasmenge hängt insbesondere von dem Arbeitspunkt der Brennkraftmaschine ab, welche sich beispielsweise aus dem angeforderten Drehmoment sowie der angeforderten Drehzahl der Brennkraftmaschine zusammensetzt. In Abhängigkeit von der Vorgabegasmenge wird anschließend die entsprechende Vorgabekraftstoffmenge bestimmt, insbesondere in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Kraftstoff-Luft-Verhältnis.

Die Vorgabegasmenge umfasst alle durch das Gaswechselventil während des jeweiligen Arbeitsspiels in den Zylinder eingebrachten Gase. Die Vorgabegasmenge kann insoweit eine bestimmte Menge Frischluft umfassen beziehungsweise als Vorgabefrischluftmenge vorliegen. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, andere Gase durch das Gaswechselventil in den Zylinder einzubringen, beispielsweise Abgas im Rahmen einer Abgasrückführung. Entsprechend kann die Vorgabegasmenge auch eine bestimmte Menge Abgas umfassen. Die tatsächlich durch das Gaswechselventil in den Zylinder eingebrachte Istgasmenge hängt von dem Itschließzeitpunkt des Gaswechselventils ab. Entsprechend muss zum Einstellen der gewünschten Gasmenge der Sollschließzeitpunkt anhand der Vorgabegasmenge bestimmt werden. Insoweit liegt der Sollschließzeitpunkt als Funktion der Vorgabegasmenge vor.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass aus der Vorgabegasmenge anhand der Differenz zwischen Sollschließzeitpunkt und Itschließzeitpunkt eine korrigierte Istgasmenge ermittelt wird und aus der Istgasmenge die während des jeweiligen Arbeitsspiels einzubringende Sollkraftstoffmenge bestimmt wird. Ist die Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Itschließzeitpunkt des Gaswechselventils gleich Null, so entspricht die Gasmenge der Vorgabegasmenge. Entsprechend ist in diesem Fall keine Korrektur der einzubringenden Kraftstoffmenge notwendig, sodass auch die Sollkraftstoffmenge, welche während des jeweiligen Arbeitsspiels in den Zylinder

der einzubringen ist, der Vorgabekraftstoffmenge entspricht. Die tatsächlich in den Zylinder eingebrachte Istkraftstoffmenge entspricht idealerweise – im Rahmen von Toleranzen der entsprechenden Kraftstoffeinbringvorrichtung – der Sollkraftstoffmenge, sodass eine Verbrennung des Kraftstoffs mit dem gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnis ablaufen kann.

Ist die Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Itschließzeitpunkt jedoch ungleich Null, so weicht die tatsächlich durch das Gaswechselventil eingebrachte Istgasmenge von der Vorgabegasmenge ab, sodass die Verbrennung nicht mit dem gewünschten Kraftstoff-Luft-Verhältnis ablaufen könnte. Aus diesem Grund soll die Differenz dazu herangezogen werden, die Menge des zu viel oder zu wenig eingebrachten Gases zu bestimmen und mithin die Istgasmenge zu korrigieren. Die Istgasmenge ergibt sich folglich als Funktion der Vorgabegasmenge und der Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Itschließzeitpunkt. Ergibt die Differenz, dass der Itschließzeitpunkt vor dem Sollschließzeitpunkt liegt, so ist die Istgasmenge kleiner als die Vorgabegasmenge, während im umgekehrten Fall die Istgasmenge größer ist als die Vorgabegasmenge.

Aus der auf diese Art und Weise korrigierten Istgasmenge wird die Sollkraftstoffmenge bestimmt, die nach dem Schließen des Gaswechselventils während des jeweiligen Arbeitsspiels in den Zylinder eingebracht werden soll. Weil nun die tatsächlich durch das Gaswechselventil in den Zylinder eingebrachte Istgasmenge mit hoher Genauigkeit bekannt ist, und die Sollkraftstoffmenge auf Grundlage dieser genauen Istgasmenge bestimmt wird, ist ein effizienterer Betrieb der Brennkraftmaschine möglich, der insbesondere zu einer Reduzierung der Schadstoffemissionen führt.

Beispielsweise wird als Gaswechselventil ein Einlassventil verwendet. Das Einlassventil dient dazu, Gas, insbesondere Frischluft, in den entsprechenden Zylinder der Brennkraftmaschine beziehungsweise Brennraum einzuleiten beziehungsweise einzulassen. Je größer der durch das Einlassventil in den Zylinder einströmende Gasmassenstrom beziehungsweise die entsprechende Strömungsgeschwindigkeit ist, umso größer ist der Einfluss der Differenz zwischen Sollschließzeitpunkt und Itschließzeitpunkt auf die tatsächlich in dem Zylinder vorliegende Gasmenge beziehungsweise Frischluftmenge. Aus diesem Grund wird die vorstehend beschriebene Vorgehensweise bevorzugt auf das Einlassventil beziehungsweise die Einlassventile angewandt.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass als Körperschallsensor ein Klopfsensor der Brennkraftmaschine verwendet wird. Der Klopfsensor ist ohnehin vorhanden, um eine Klopfregelung der Brennkraftmaschine vorzunehmen, bei welcher eine Erkennung von ungewünschten Detonationen in dem Zylinder beziehungsweise den Zylindern vorgenommen wird, um diese nachfolgend zu vermeiden, beispielsweise durch eine Anpassung des Zündzeitpunkts.

Schließlich kann vorgesehen sein, dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsverhältnis betrieben wird, das von dem verwendeten Expansionsverhältnis verschieden ist. Während des Arbeitsspiels wird das in dem Zylinder vorhandene Gas beziehungsweise Kraftstoff-Gas-Gemisch mit dem bestimmten Verdichtungsverhältnis verdichtet und anschließend die Verbrennung des Kraftstoffs eingeleitet. Aufgrund der Verbrennung wird der in dem Zylinder befindliche Kolben verlagert, sodass das Gas beziehungsweise das Kraftstoff-Gas-Gemisch expandiert wird. Dies erfolgt mit dem bestimmten Expansionsverhältnis. Es kann nun vorgesehen sein, dass das Expansionsverhältnis gleich dem Verdichtungsverhältnis ist.

Ein höherer Wirkungsgrad lässt sich jedoch erzielen, wenn das Verdichtungsverhältnis von dem Expansionsverhältnis verschieden ist. Beispielsweise ist das Verdichtungsverhältnis kleiner als das Expansionsverhältnis. Insbesondere wird die Brennkraftmaschine entsprechend des Miller-Kreisprozesses oder einer Variation davon betrieben. Bei einer derartigen Vorgehensweise ist der durch das Gaswechselventil hindurchströmende Massenstrom unmittelbar vor dem Istschließzeitpunkt von Null deutlich verschieden beziehungsweise noch sehr groß. Die Differenz zwischen dem Sollschließzeitpunkt und dem Istschließzeitpunkt wirkt sich demnach signifikant auf die Zylinderfüllung mit dem Gas, insbesondere der Luft, aus. Aus diesem Grund ist bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine mit von dem Verdichtungsverhältnis verschiedenem Expansionsverhältnis die vorstehend beschriebene Vorgehensweise besonders vorteilhaft.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkraftmaschine, insbesondere zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens, wobei die Brennkraftmaschine über einen Ventiltrieb mit wenigstens einer Grundnockenwelle verfügt, auf der drehfest und axial verschiebbar mindestens ein wenigstens einen Ventilbetätigungsnocken aufweisender Nockenträger vorgesehen ist, wobei die Grundnockenwelle eine Außenverzahnung und der Nockenträger eine in die Außenverzahnung eingreifende Innenverzahnung aufweist, und wobei der Ventilbetätigungsnocken in Abhängigkeit von seiner Drehwinkelstellung ein Gaswechselventil der Brennkraftmaschine betätigt.

Dabei ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine dazu ausgebildet ist, mittels eines Körperschallsensors einen Zeitpunkt zu ermitteln, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von Außenverzahnung und Innenverzahnung auftritt, wobei wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs und/oder der Brennkraftmaschine aus dem Zeitpunkt bestimmt wird. Auf die Vorteile einer derartigen Vorgehensweise beziehungsweise einer derartigen Ausgestaltung der Brennkraftmaschine wurde bereits hingewiesen. Sowohl die Brennkraftmaschine als auch das Verfahren können gemäß den vorstehenden Ausführungen weitergebildet sein, sodass insoweit auf diese verwiesen wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert, ohne dass eine Beschränkung der Erfindung erfolgt. Dabei zeigt:

- Figur 1 einen Bereich eines Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine, wobei Nockenträger gezeigt ist, auf dem zumindest ein Ventilbetätigungsnocken angeordnet ist, und
- Figur 2 einen Bereich einer Brennkraftmaschine, nämlich zwei Stellanrichtungen zum Verstellen eines Winkelversatzes zwischen einer Kurbelwelle und einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine.

Die Figur 1 zeigt einen Bereich einer Brennkraftmaschine 1, nämlich einen Bereich eines Ventiltriebs 2 der Brennkraftmaschine 1. Der Ventiltrieb 2 weist eine Grundnockenwelle 3 auf, welche um eine Drehachse 4 drehbar gelagert ist, beispielsweise in einem Zylinderkopf der Brennkraftmaschine 1. Auf der Grundnockenwelle 3 sind zwei Nockenträger 5 und 6 angeordnet, welche vorzugsweise identisch aufgebaut sind. Entsprechend wird im Folgenden lediglich auf den Nockenträger 5 eingegangen. Selbstverständlich kann alternativ lediglich einer der Nockenträger 5 und 6 vorgesehen sein.

Der Nockenträger 5 ist mittels einer Stellanrichtung 7 zwischen wenigstens zwei Axialpositionen in axialer Richtung bezüglich der Grundnockenwelle 3 verlagerbar. Das Verlagern wird dabei mithilfe eines Aktuators 8 bewirkt, welcher einen Mitnehmer 9 aufweist. Der Mitnehmer 9 ist mit einer Schaltkulissee 10, die dem Nockenträger 5 zugeordnet beziehungsweise mit ihm verbunden ist, in Wirkverbindung bringbar. Zu diesem Zweck weist die Schaltkulissee 10 beispielsweise eine Verschiebenut 11 auf, in welche der Mitnehmer 9 einbringbar ist. Dabei wird aus den verfügbaren Axialpositionen des Nocken-

trägers 5 eine Sollposition ausgewählt und die Stelleinrichtung 7 zum Verlagern des Nockenträgers 5 in diese angesteuert.

Zum Arretieren des Nockenträgers 5 in der Sollposition ist eine Rastvorrichtung 12 vorgesehen, welche beispielsweise ein Rastelement 13, insbesondere eine Kugel, aufweist. Das Rastelement ist vorzugsweise mithilfe eines Federelements 14 federkraftbeaufschlagt. Die Federkraft ist dabei derart gerichtet, dass das Rastelement 13 in radialer Richtung in Richtung von mehreren Rastaufnahmen 15 gedrängt wird. Bevorzugt ist jeder Axialposition des Nockenträgers 5 eine der Rastaufnahmen 15 zugeordnet. Bei dem Erreichen der der jeweiligen Rastaufnahme 15 zugeordneten Axialposition greift das Rastelement 13 in diese Rastaufnahme 15 ein. Entsprechend muss zum Verlagern des Nockenträgers 5 aus der momentan vorliegenden Axialposition heraus eine entsprechende Axialkraft auf den Nockenträger 5 bewirkt werden. Dies kann bei einer gewollten Verlagerung mithilfe der Stelleinrichtung 7 bewerkstelligt werden.

Es wird deutlich, dass jeder der Nockenträger 5 und 6 mehrere Ventilbetätigungsnocken 16 und 17, insbesondere zwei Ventilbetätigungsnocken 16 und 17 aufweist. Die Ventilbetätigungsnocken 16 und 17 bilden dabei jeweils eine Laufbahn 18 beziehungsweise 19 für einen Abnehmer 20 aus, welcher in dem hier vorliegenden Ausführungsbeispiel als Rollenschlepphebel vorliegt. Letzterer weist dabei eine Rolle 21 auf, die auf einer der Laufbahnen 18 und 19 – in Abhängigkeit von der Axialposition des Nockenträgers 5 beziehungsweise 6 – abläuft beziehungsweise abrollt. Das Ablaufen des Abnehmers 20 beziehungsweise der Rolle 21 erfolgt bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine 1 in einer Laufrichtung.

Die Figur 2 zeigt einen Bereich der Brennkraftmaschine 1, in welchem zwei Stelleinrichtungen 22 und 23 vorgesehen sind. Über jede der Stelleinrichtungen 22 und 23 ist jeweils eine Wirkverbindung zwischen einer hier nicht dargestellten Kurbelwelle und jeweils einer ebenfalls nicht dargestellten Nockenwelle hergestellt. Dabei stehen die Stelleinrichtungen 22 und 23 über einen Zahnkranz 24 beziehungsweise 25, der Bestandteil eines Kettentriebs ist, mit der Nockenwelle der Brennkraftmaschine 1 in Wirkverbindung. An eine Nabe 26 beziehungsweise 27 der Stelleinrichtungen 22 und 23 ist die der Stelleinrichtung 22 beziehungsweise 23 jeweils zugeordnete Nockenwelle angeschlossen. Über die Stelleinrichtungen 22 und 23 werden mithin die Nockenwellen von der Kurbelwelle angetrieben.

Die über die Stelleinrichtungen 22 und 23 angetriebenen Nockenwellen dienen jeweils dem Betätigen des Gaswechselventils. Jede der Nockenwellen entspricht vorzugsweise der vorstehend beschriebenen Grundnockenwelle 3 beziehungsweise ist analog zu dieser ausgestaltet. Die Nockenwellen sind gemäß den vorstehenden Ausführungen derart ausgestaltet, dass der Öffnungsgrad des jeweils zugeordneten Gaswechselventils beziehungsweise die jeweils zugeordneten Gaswechselventile von der Drehwinkelstellung der jeweiligen Nockenwelle abhängt.

Es ist nun vorgesehen, dass mittels eines Körperschallsensors, welcher hier nicht gezeigt ist, ein Zeitpunkt ermittelt wird, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von einer Außenverzahnung der Grundnockenwelle 3 und einer Innenverzahnung des Nockenträgers 5 beziehungsweise 6 auftritt. Anhand dieses Zeitpunkts wird wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs 2 und/oder der Brennkraftmaschine 1 bestimmt. Beispielsweise wird aus dem Zeitpunkt ein Istschließzeitpunkt des Gaswechselventils der Brennkraftmaschine 1 bestimmt. Weicht dieser Istschließzeitpunkt von einem Sollschließzeitpunkt ab, so wird die jeweilige Stelleinrichtung 22 beziehungsweise 23 verwendet, um den Winkelversatz zwischen der Kurbelwelle und der jeweiligen Nockenwelle derart zu verstellen, dass die Differenz während des folgenden Arbeitsspiels verringert wird. Vorzugsweise erfolgt dies lediglich für die als Einlassventile ausgebildeten Gaswechselventile, mithin also durch Veränderung des Winkelversatzes mithilfe der Stelleinrichtung 22. Zusätzlich oder alternativ kann jedoch selbstverständlich auch die Differenz für die Auslassventile, in diesem Fall mithilfe der Stelleinrichtung 23, verringert werden.

Mit dieser Vorgehensweise kann die tatsächlich in den Zylindern vorliegende Gasmenge beziehungsweise Luftmenge und mithin auch die einzuspritzende Sollkraftstoffmenge mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Dies führt dazu, dass die Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine 1 verringert werden können. Zudem ist es möglich, das von der Brennkraftmaschine 1 bereitgestellte Drehmoment mit höherer Genauigkeit vorzugeben als dies bislang mit aus dem Stand der Technik bekannten Brennkraftmaschinen 1 möglich ist.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Brennkraftmaschine
- 2 Ventiltrieb
- 3 Grundnockenwelle
- 4 Drehachse
- 5 Nockenträger
- 6 Nockenträger
- 7 Stelleinrichtung
- 8 Aktuator
- 9 Mitnehmer
- 10 Schaltkulisse
- 11 Verschiebenut
- 12 Rastvorrichtung
- 13 Rastelement
- 14 Federelement
- 15 Rastaufnahme
- 16 Ventilbetätigungsnocke
- 17 Ventilbetätigungsnocke
- 18 Laufbahn
- 19 Laufbahn
- 20 Abnehmer
- 21 Rolle
- 22 Stelleinrichtung
- 23 Stelleinrichtung
- 24 Zahnkranz
- 25 Zahnkranz
- 26 Nabe
- 27 Nabe

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), wobei die Brennkraftmaschine (1) über einen Ventiltrieb (2) mit wenigstens einer Grundnockenwelle (3) verfügt, auf der drehfest und axial verschiebbar mindestens ein wenigstens einen Ventilbetätigungsnocken (16,17) aufweisender Nockenträger (5,6) vorgesehen ist, wobei die Grundnockenwelle (3) eine Außenverzahnung und der Nockenträger (5,6) eine in die Außenverzahnung eingreifende Innenverzahnung aufweist, und wobei der Ventilbetätigungsnocken (16,17) in Abhängigkeit von seiner Drehwinkelstellung ein Gaswechselventil der Brennkraftmaschine (1) betätigt, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels eines Körperschallsensors ein Zeitpunkt ermittelt wird, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von Außenverzahnung und Innenverzahnung auftritt, wobei wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs (2) oder der Brennkraftmaschine (1) aus dem Zeitpunkt bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Zeitpunkt eine Istdrehwinkelstellung des Ventilbetätigungsnockens (16,17) bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Zeitpunkt und/oder der Istdrehwinkelstellung ein Itschließzeitpunkt eines Gaswechselventils der Brennkraftmaschine (1) bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Außenverzahnung und die Innenverzahnung eine Toleranz in Umfangsrichtung bezüglich einer Drehachse (4) der Grundnockenwelle (3) aufweisen, die größer als Null ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundnockenwelle (3) über eine Stelleinrichtung (22,23) mit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine (1) wirkverbunden ist und bei einer Differenz zwischen der Istdrehwinkelstellung und einer Solldrehwinkelstellung oder einer Differenz zwischen dem Itschließzeitpunkt und einem Sollschließzeitpunkt ein Drehwinkelversatz zwischen der Grundnockenwelle (3) und der Kurbelwelle mittels der Stelleinrichtung (22,23) zum Verringern der Differenz eingestellt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Istdrehwinkelstellung und/oder der Itschließzeitpunkt bei dem Bestimmen einer einem Zylinder der Brennkraftmaschine (1) zugeführten Gasmenge berücksichtigt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durch das Gaswechselventil während eines Arbeitsspiels einzubringende Vorgabegasmenge sowie eine korrespondierende Vorgabekraftstoffmenge bestimmt werden und aus der Vorgabegasmenge der Sollschließzeitpunkt ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der Vorgabegasmenge anhand der Differenz zwischen Sollschließzeitpunkt und Itschließzeitpunkt eine korrigierte Istgasmenge ermittelt wird und aus der Istgasmenge die während des jeweiligen Arbeitsspiels einzubringende Sollkraftstoffmenge bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Körperschallsensor ein Klopfsensor der Brennkraftmaschine (1) verwendet wird.
10. Brennkraftmaschine (1), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Brennkraftmaschine (1) über einen Ventiltrieb (2) mit wenigstens einer Grundnockenwelle (3) verfügt, auf der drehfest und axial verschiebbar mindestens ein wenigstens einen Ventilbetätigungsnocken (16,17) aufweisender Nockenträger (5,6) vorgesehen ist, wobei die Grundnockenwelle (3) eine Außenverzahnung und der Nockenträger (5,6) eine in die Außenverzahnung eingreifende Innenverzahnung aufweist, und wobei der Ventilbetätigungsnocken (16,17) in Abhängigkeit von seiner Drehwinkelstellung ein Gaswechselventil der Brennkraftmaschine (1) betätigt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (1) dazu ausgebildet ist, mittels eines Körperschallsensors einen Zeitpunkt zu ermitteln, in welchem ein Zahnflankenpaarungswechsel von Außenverzahnung und Innenverzahnung auftritt, wobei wenigstens ein Betriebsparameter des Ventiltriebs (2) und/oder der Brennkraftmaschine (1) aus dem Zeitpunkt bestimmt wird.

1/2

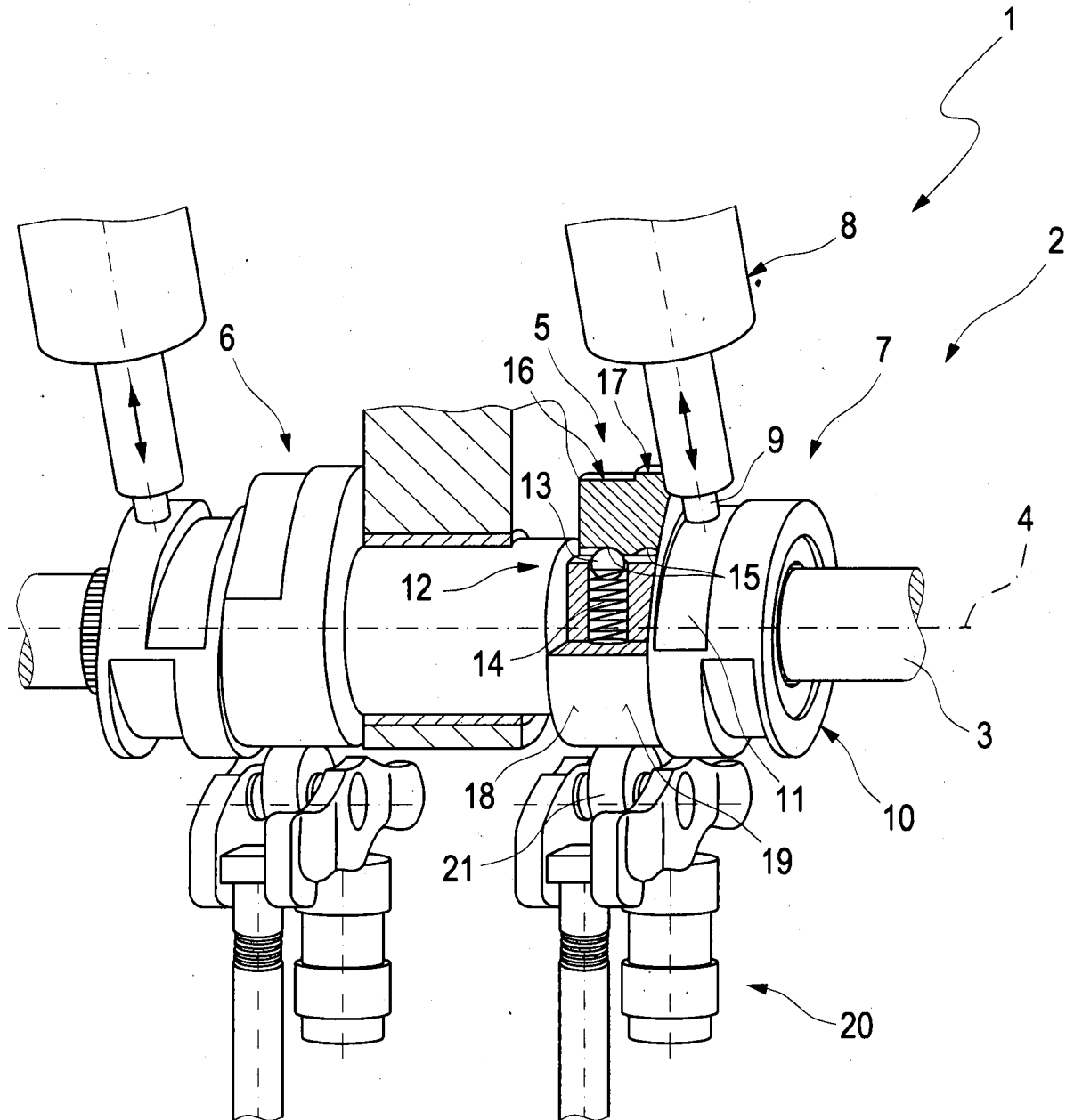


Fig. 1

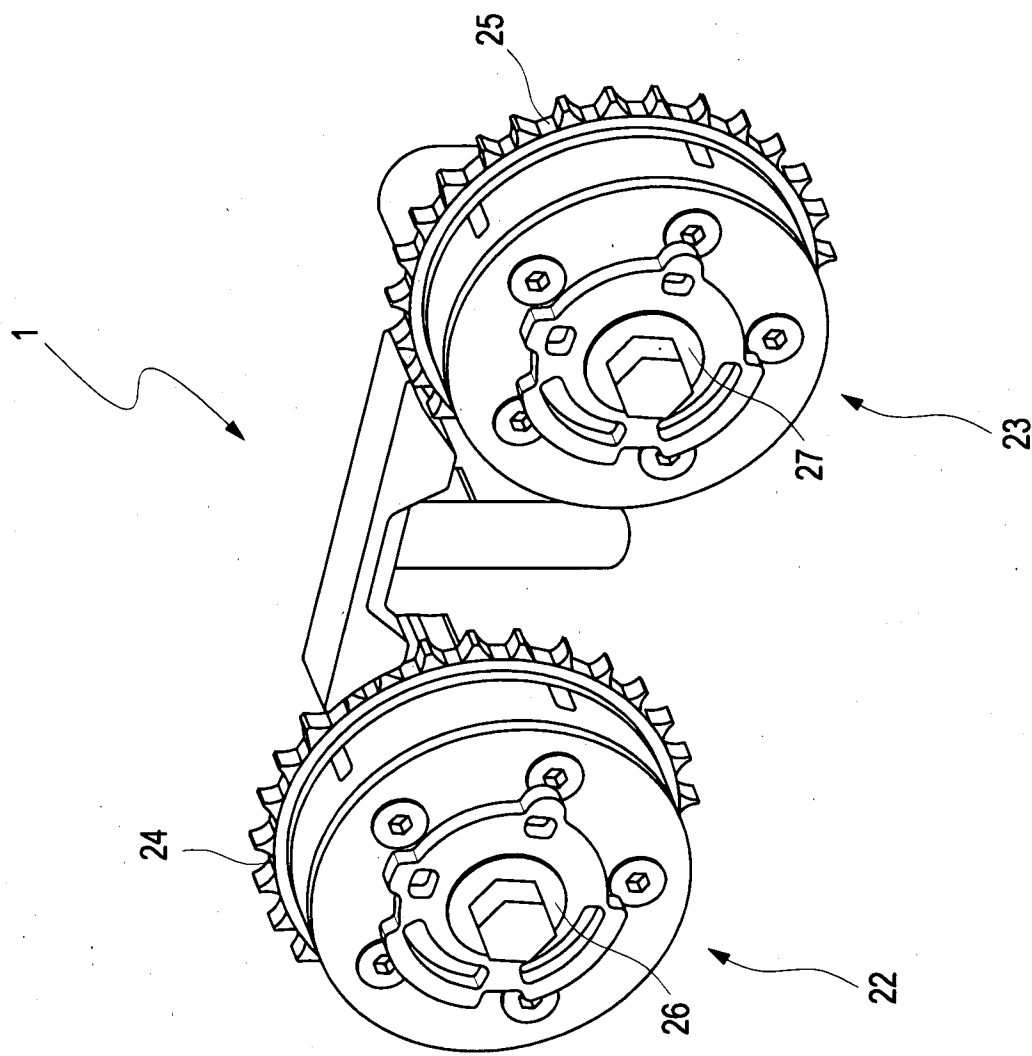


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01L13/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2010 055056 A1 (AUDI AG [DE]) 21 June 2012 (2012-06-21) paragraph [0001] paragraph [0005] figures	1,4,10
A	DE 10 2004 048599 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20 April 2006 (2006-04-20) paragraph [0001] paragraph [0004] paragraph [0014] - paragraph [0015] paragraph [0025] figures ----- -/-	1,3,9,10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 June 2015

Date of mailing of the international search report

24/06/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Paquay, Jeannot

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000876

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2009 048621 A1 (AUDI AG [DE]) 7 April 2011 (2011-04-07) paragraph [0001] paragraph [0005] figures -----	1,4,10
A	US 2011/132327 A1 (ASO KOJI [JP] ET AL) 9 June 2011 (2011-06-09) paragraph [0001] paragraph [0013] - paragraph [0160] figures -----	1-3,9,10
A	DE 10 2008 028513 A1 (AUDI AG [DE]) 24 December 2009 (2009-12-24) paragraph [0001] paragraph [0004] figures -----	1,4,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/000876

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010055056 A1	21-06-2012	NONE	
DE 102004048599 A1	20-04-2006	NONE	
DE 102009048621 A1	07-04-2011	NONE	
US 2011132327 A1	09-06-2011	CN 101868603 A EP 2386742 A1 JP 4807471 B2 US 2011132327 A1 WO 2010079615 A1	20-10-2010 16-11-2011 02-11-2011 09-06-2011 15-07-2010
DE 102008028513 A1	24-12-2009	CN 102132014 A DE 102008028513 A1 EP 2291578 A1 JP 5367073 B2 JP 2011524482 A US 2011180027 A1 WO 2009152927 A1	20-07-2011 24-12-2009 09-03-2011 11-12-2013 01-09-2011 28-07-2011 23-12-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01L13/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 055056 A1 (AUDI AG [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21) Absatz [0001] Absatz [0005] Abbildungen	1,4,10
A	DE 10 2004 048599 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20. April 2006 (2006-04-20) Absatz [0001] Absatz [0004] Absatz [0014] - Absatz [0015] Absatz [0025] Abbildungen	1,3,9,10
	----- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/06/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Paquay, Jeannot

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2009 048621 A1 (AUDI AG [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) Absatz [0001] Absatz [0005] Abbildungen -----	1,4,10
A	US 2011/132327 A1 (ASO KOJI [JP] ET AL) 9. Juni 2011 (2011-06-09) Absatz [0001] Absatz [0013] - Absatz [0160] Abbildungen -----	1-3,9,10
A	DE 10 2008 028513 A1 (AUDI AG [DE]) 24. Dezember 2009 (2009-12-24) Absatz [0001] Absatz [0004] Abbildungen -----	1,4,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000876

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010055056 A1	21-06-2012	KEINE	
DE 102004048599 A1	20-04-2006	KEINE	
DE 102009048621 A1	07-04-2011	KEINE	
US 2011132327 A1	09-06-2011	CN 101868603 A	20-10-2010
		EP 2386742 A1	16-11-2011
		JP 4807471 B2	02-11-2011
		US 2011132327 A1	09-06-2011
		WO 2010079615 A1	15-07-2010
DE 102008028513 A1	24-12-2009	CN 102132014 A	20-07-2011
		DE 102008028513 A1	24-12-2009
		EP 2291578 A1	09-03-2011
		JP 5367073 B2	11-12-2013
		JP 2011524482 A	01-09-2011
		US 2011180027 A1	28-07-2011
		WO 2009152927 A1	23-12-2009