

(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
21. Juli 2016 (21.07.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/112935 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/002404

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. November 2015 (30.11.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102015000432.8 13. Januar 2015 (13.01.2015) DE

(71) Anmelder: **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **LUCKAS, Christoph**; Langenargenerstrasse 50, 88079 Kressbronn (DE). **FIMML, Wolfgang**; Backenreuter Straße 21, 6912 Hörbranz (AT). **SCHALK, Johannes**; Bahnhofplatz 4/1, 88045 Friedrichshafen (DE). **LIPP, Jonathan**; Kurzer Weg 2, 88045 Friedrichshafen (DE).

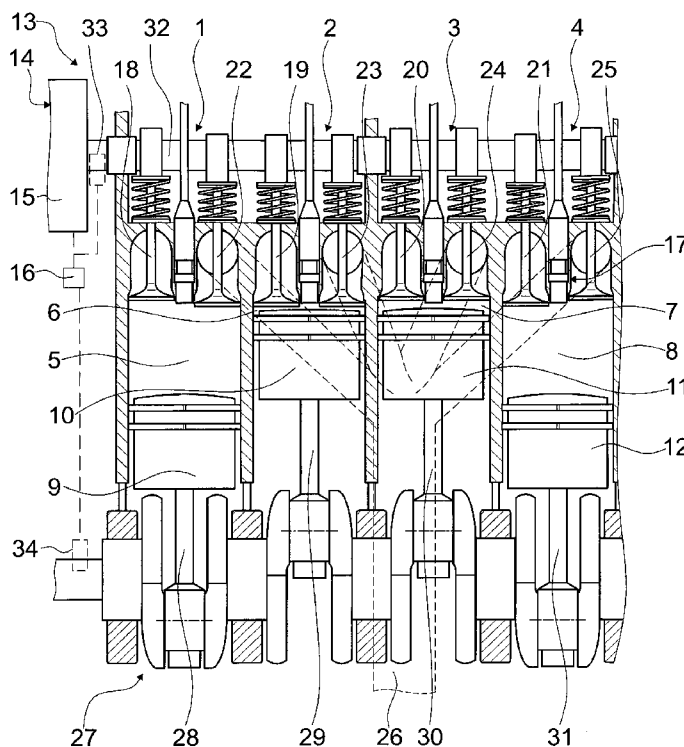
(74) Anwalt: **FRÖSCHL, Peter**; MTU Friedrichshafen GmbH, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(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.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DIESEL ENGINE AND METHOD FOR OPERATING A DIESEL ENGINE

(54) Bezeichnung : DIESELMOTOR UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES DIESELMOTORS



(57) Abstract: The invention relates to a diesel engine, in particular a high-power diesel engine, which comprises a variable valve train (13) comprising an adjusting unit (14) at least for adjusting a cam angle of at least one inlet valve (18, 19, 20, 21), and a control or regulating unit (16) having at least one operating mode which is for cold starting. Said control and/or regulating unit (16) is designed in an operational mode, to adjust the cam angle of the at least one inlet valve (18, 19, 20, 21) to 'late' by controlling the adjusting unit (14).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Dieselmotor vorgeschlagen, insbesondere ein Hochleistungsdieselmotor, mit einem variablen Ventiltrieb (13), der eine Verstelleinheit (14) zumindest zur Verstellung eines Schließwinkels von zumindest einem Einlassventil (18, 19, 20, 21) aufweist, und mit einer Steuer- und/oder Regeleinheit (16), die zumindest einen Betriebsmodus aufweist, der für einen Kaltstart vorgesehen ist, wobei die Steuer- und/oder Regeleinheit (16) in dem Betriebsmodus dazu vorgesehen ist, durch Ansteuerung der Verstelleinheit (14) den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils (18, 19, 20, 21) in Richtung Spät zu verstellen.

Fig. 1



(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)

MTU Friedrichshafen GmbH

BESCHREIBUNG

5 **Dieselmotor und Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors**

Die Erfindung betrifft einen Dieselmotor, insbesondere einen Hochleistungsdieselmotor, und ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Verbrennungsmotors.

- 10 Dieselmotoren neigen bei kalten Umgebungsbedingungen im unteren Lastbereich, beispielsweise im Leerlauf, zu erhöhten HC-Emissionen, welche auch als Weißrauch sichtbar sind. Zur Verbesserung von Abgaswerten, insbesondere zur Reduktion des Weißrauchs, ist es bereits bekannt, ein Verdichtungsverhältnis anzuheben, wodurch sich eine Kompressionsendtemperatur erhöht. Bedingt durch das erhöhte Verdichtungsverhältnis ist allerdings lediglich eine geringere
15 Leistung darstellbar. Ebenfalls bekannt ist es, eine Kaltstartfähigkeit mittels zusätzlicher Komponenten, beispielsweise einer Ladeluftheizung, zu verbessern.

- Der Erfindung liegt insbesondere die Aufgabe zugrunde, einen Dieselmotor sowie einen Betrieb
des Dieselmotors weiter zu optimieren. Sie wird durch eine erfindungsgemäße Ausgestaltung
20 entsprechend dem Anspruch 1 und durch ein erfindungsgemäßes Verfahren entsprechend dem Anspruch 6 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

- Es wird ein Dieselmotor vorgeschlagen, insbesondere ein Hochleistungsdieselmotor, mit einem
25 variablen Ventiltrieb, der eine Verstelleinheit zumindest zur Verstellung eines Schließwinkels von zumindest einem Einlassventil aufweist, und mit einer Steuer- und/oder Regeleinheit zur Ansteuerung der Verstelleinheit, die dazu vorgesehen ist, zumindest in einem Betriebsmodus, der für einen Kaltstart vorgesehen ist, den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils in Richtung Spät zu verstellen. Insbesondere bei einem Dieselmotor, welcher nach dem Miller-
30 Zyklus betrieben wird, kann durch das spätere Schließen der Einlassventile, bezogen auf den Miller-Zyklus, zum einen ein Luftaufwand und damit eine Zylinderbefüllung erhöht werden. Zum anderen kann eine Ladungsabkühlung durch Expansion während eines Ansaugtakts verringert werden. Beides führt zu einer höheren Verdichtungsendtemperatur. Durch Verstellung des Schließwinkels, beispielsweise, indem eine Nockenwellenphasenlage in Richtung Spät

verstellt wird, und der damit einhergehenden höheren Zündtemperatur können bessere Zündeigenschaften während des Kaltstarts erreicht werden. Insbesondere kann ein Anteil von unverbrannten Kohlenwasserstoffen in einem Abgas reduziert werden, wodurch ein Laufverhalten direkt nach dem Kaltstart verbessert werden kann. Zudem kann der Dieselmotor

5 schneller auf Betriebstemperatur gebracht werden, ohne dass zusätzliche Komponenten, wie insbesondere eine Ladeluftheizung, vorgesehen werden müssen. Durch eine Ausgestaltung mit einem variablen Ventiltrieb und einer Steuer- und/oder Regeleinheit kann somit ein Dieselmotor mit verbessertem Kaltstartverhalten bereitgestellt werden. Unter einem „Schließwinkel“ soll dabei insbesondere ein auf einen Nockenwellenwinkel oder einen Kurbelwellenwinkel

10 bezogener Winkel, bei dem das entsprechende Einlassventil schließt, verstanden werden. Der Schließwinkel kann beispielsweise durch Verstellung einer Nockenwellenphasenlage verstellt werden. Grundsätzlich können jedoch unterschiedliche variable Ventiltriebe verwendet werden. Unter einer „Nockenwellenphasenlage“ soll insbesondere eine Phasenlage eines Nockenwellenwinkels relativ zu einem Kurbelwellenwinkel verstanden werden. Unter einem

15 „Nockenwellenwinkel“ soll insbesondere eine Drehwinkellage einer Nockenwelle, bezogen auf einen definierten Null-Punkt, beispielsweise zu Beginn eines Verbrennungszyklus, verstanden werden. Unter einem „Kurbelwellenwinkel“ soll insbesondere eine Drehwinkellage einer Kurbelwelle, bezogen auf den gleichen definierten Null-Punkt wie der Nockenwellenwinkel, verstanden werden. Unter einer „Verstellung in Richtung Spät“ soll insbesondere verstanden

20 werden, dass der Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils in Richtung eines späteren Schließwinkels verschoben wird. Unter einem „Kaltstart“ soll insbesondere ein Start des Dieselmotors bei einer Motortemperatur unterhalb einer Normalbetriebstemperatur verstanden werden. Unter einer „Motortemperatur“ soll dabei hier und im Folgenden insbesondere ein auf ein Betriebsmedium bezogener Temperaturwert verstanden werden, wie beispielsweise eine

25 Kühlwassertemperatur oder eine Motoröltemperatur. Unter einer „Normalbetriebstemperatur“ soll insbesondere eine in einem Dauerbetrieb eingeregelter Motortemperatur verstanden werden. Unter einer „Steuer- und/oder Regeleinheit“ soll insbesondere eine Einheit mit zumindest einer Steuerelektronik verstanden werden. Unter einer „Steuerelektronik“ soll insbesondere eine Einheit mit einer Prozessoreinheit und mit einer Speichereinheit sowie mit einem in der

30 Speichereinheit gespeicherten Betriebsprogramm verstanden werden. Unter „vorgesehen“ soll insbesondere speziell programmiert, ausgelegt und/oder ausgestattet verstanden werden.

Weiter kann die Steuer- und/oder Regeleinheit dazu vorgesehen sein, den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils maximal in Richtung Spät zu verstellen. Dadurch kann eine

besonders hohe Zylinderbefüllung erreicht werden. Wird der Schließwinkel maximal in Richtung Spät verstellt, d.h. wird die Nockenwellenphasenlage maximal gegen eine Begrenzung, wie beispielsweise einen mechanischen Anschlag oder eine elektronische Begrenzung, verstellt, kann eine Ansteuerung der Verstelleinheit vereinfacht werden, da die Verstelleinheit lediglich gegen
5 die Begrenzung verstellt werden muss.

Die Verstelleinheit kann einen Nockenwellenversteller mit einer Maximalverstellung aufweisen, durch die der Nockenwellenversteller dazu vorgesehen ist, den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils in einen Winkelbereich zu verschieben, in dem ein dem Einlassventil
10 zugeordneter Kolben einen unteren Totpunkt durchläuft. Indem der Nockenwellenversteller den Schließwinkel in den Winkelbereich, der dem unteren Totpunkt zugeordnet ist, verschieben kann, kann eine besonders vorteilhafte Zylinderbefüllung realisiert werden, wodurch besonders hohe Verbrennungstemperaturen realisiert werden können. Unter einem „Winkelbereich“, in dem ein dem Einlassventil zugeordneter Kolben einen unteren Totpunkt durchläuft, wird in
15 diesem Zusammenhang insbesondere ein auf einen Nockenwellenwinkel oder einen Kurbelwellenwinkel bezogener Winkelbereich verstanden, in welchem der Kolben den unteren Totpunkt durchläuft. Unter einem „Winkelbereich“ wird in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden, dass der Schließwinkel höchstens um 20 Grad Kurbelwellenwinkel, insbesondere höchstens um 10 Grad Kurbelwellenwinkel, von einem Kurbelwellenwinkel abweicht, an dem
20 der dem Einlassventil zugeordnete Kolben den unteren Totpunkt durchläuft.

Grundsätzlich kann der Dieselmotor Zylinder mit einem beliebigen Hubraum und/oder einer beliebigen Zylinderleistung aufweisen. Bevorzugt weist der Dieselmotor eine Zylinderleistung von zumindest 50 kW und/oder Zylinder, die jeweils einen Hubraum von zumindest 1,6 l
25 aufweisen, auf. Insbesondere bei derartigen Hochleistungsdieselmotoren kann, beispielsweise durch die Verstellung der Nockenwellenphasenlage, einfach ein verbessertes Kaltstartverhalten erreicht werden. Unter einem „Zylindergesamt volumen“ soll ein Volumen des Brennraums vor einer Verdichtung, d.h. in einem unteren Totpunkt des entsprechenden Kolbens, verstanden werden. Demgegenüber soll unter einem „Kompressionsvolumen“ insbesondere ein Volumen
30 des Brennraums nach einer Verdichtung, d.h. in einem oberen Totpunkt des entsprechenden Kolbens, verstanden werden. Unter einem „Hubraum“ soll insbesondere ein Volumen verstanden werden, das durch eine Kolbenquerschnittsfläche und den Kolbenhub definiert ist. Der Hubraum entspricht damit dem Zylindergesamt volumen abzüglich des Kompressionsvolumens.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Figurenbeschreibung. In der einzigen Figur ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Figur, die Figurenbeschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche weitere Merkmale.

5 **Fig. 1** zeigt schematisiert einen Dieselmotor, der grundsätzlich zur Verwendung in schweren Landfahrzeugen, in Schienenfahrzeugen oder in Wasserfahrzeugen geeignet ist. Der Dieselmotor umfasst mehrere Zylinder 1, 2, 3, 4, welche jeweils einen Brennraum 5, 6, 7, 8 zur Verbrennung einer Luft-Kraftstoffmischung und einen in dem Brennraum 5, 6, 7, 8 geführten Kolben 9, 10, 11, 12 aufweisen. Der Dieselmotor umfasst je Zylinder 1, 2, 3, 4 zumindest einen Injektor 17, 10 der dazu vorgesehen ist, Kraftstoff in den Brennraum 5, 6, 7, 8 des jeweiligen Zylinders 1, 2, 3, 4 einzubringen. Zur Vereinfachung ist in Fig. 1 lediglich einer der Injektoren 17 mit einem Bezugszeichen versehen. Die Zylinder 1, 2, 3, 4 umfassen jeweils ein oder mehrere Einlassventile 18, 19, 20, 21 sowie ein oder mehrere Auslassventile 22, 23, 24, 25. Die Einlassventile 18, 19, 20, 21 sind dazu vorgesehen, dem Brennraum 5, 6, 7, 8 des 15 entsprechenden Zylinders 1, 2, 3, 4 Brennluft zuzuführen. Der Kraftstoff wird in dem jeweiligen Brennraum 5, 6, 7, 8 in die Brennluft eingespritzt. Durch Kompression wird das Luft-Kraftstoffgemisch in dem jeweiligen Brennraum 5, 6, 7, 8 gezündet. Über die Auslassventile 22, 23, 24, 25 wird ein Abgas, welches durch Verbrennung des Luft-Kraftstoffgemischs entsteht, einem Abgassystem 26 zugeführt. Zur Betätigung der Einlassventile 18, 19, 20, 21 und der 20 Auslassventile 22, 23, 24, 25 umfasst der Dieselmotor einen Ventiltrieb 13 mit zumindest einer Nockenwelle 32, welche in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zur Vereinfachung der Zeichnung als kombinierte Ein- und Auslassnockenwelle dargestellt ist. Grundsätzlich ist es auch denkbar, für die Einlassventile 18, 19, 20, 21 und die Auslassventile 22, 23, 24, 25 getrennte Nockenwellen vorzusehen.

25 Der Dieselmotor ist als ein Schnellläufer ausgebildet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Dieselmotor eine Leerlaufdrehzahl von ca. 600 U/min auf. Eine Maximaldrehzahl beträgt in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ca. 2200 U/min. Jeder Brennraum 5, 6, 7, 8 des Dieselmotors weist ein Zylindervolumen von 4,77 l auf. Eine Zylinderleistung des Dieselmotors beträgt ca. 150 kW. Je nach Bauart kann der Dieselmotor zwischen 8 und 20 Zylinder 1, 2, 3, 4 aufweisen. Der Dieselmotor ist damit für eine Leistung zwischen 1200 kW und 3000 kW vorgesehen. Grundsätzlich kann der Dieselmotor aber auch andere Motordaten aufweisen.

Weiter umfasst der Dieselmotor eine Kurbelwelle 27. Die Zylinder 1, 2, 3, 4 umfassen jeweils ein Pleul 28, 29, 30, 31, welches den Kolben 9, 10, 11, 12 des entsprechenden Zylinders 1, 2, 3, 4 mit der Kurbelwelle 27 verbindet. Die Zylinder 1, 2, 3, 4 weisen jeweils einen Kolbenhub auf, der insbesondere von einer Ausgestaltung der Kurbelwelle 27 abhängt. Der Kolbenhub
5 sämtlicher Zylinder 1, 2, 3, 4 ist gleich. Die Zylinder 1, 2, 3, 4 weisen jeweils einen Hubraum auf, der durch eine Kolbenquerschnittsfläche und den Kolbenhub definiert ist, sowie ein Kompressionsvolumen, welches einem verbleibenden Restvolumen des Brennraums 5, 6, 7, 8 in einem oberen Totpunkt des entsprechenden Kolbens 9, 10, 11, 12 entspricht. Jeder Zylinder 1, 2, 3, 4 weist ein Zylindergesamtvolumen auf, das einer Summe aus Hubraum und
10 Kompressionsvolumen entspricht. Das Zylindergesamtvolumen der Brennräume 5, 6, 7, 8 der Zylinder 1, 2, 3, 4 des Dieselmotors beträgt in dem dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils 4,77 l.

Die Nockenwelle 32 umfasst zur Betätigung der Einlassventile 18, 19, 20, 21 und der
15 Auslassventile 22, 23, 24, 25 eine Mehrzahl von Nocken. Jeder der Nocken ist genau einem der Einlassventile 18, 19, 20, 21 oder einem der Auslassventile 22, 23, 24, 25 zugeordnet. Jeder der Nocken weist eine Nockenkurve auf, welche für das dem Nocken zugeordnete Einlassventil 18, 19, 20, 21 oder Auslassventil 22, 23, 24, 25 eine Ventilöffnungszeit und einen Ventilhub festlegt. Ein relativer Drehwinkelabstand zwischen den Nocken, die für die Einlassventile 18, 19, 20, 21
20 vorgesehen sind, und den Nocken, die für die Auslassventile 22, 23, 24, 25 vorgesehen sind, legt eine Ventilspreizung fest.

Der Ventiltrieb 13 weist eine Nockenwellenphasenlage auf, die eine relative Winkellage der Nockenwelle 32 in Bezug auf die Kurbelwelle 27 beschreibt. Die Kurbelwelle 27 weist einen
25 Kurbelwellenwinkel auf, welcher in einem vollständigen Takt des Dieselmotors einen Winkelbereich von 0 Grad bis 720 Grad durchläuft. Die Nockenwelle 32 weist einen Nockenwellenwinkel auf, der in dem vollständigen Takt des Dieselmotors einen Winkelbereich von 0 Grad bis 360 Grad durchläuft. Da der Ventiltrieb 13 ein Übersetzungsverhältnis von 2:1 aufweist, d.h. zwei Umdrehungen der Kurbelwelle 27 entsprechen einer Umdrehung der
30 Nockenwelle 32, entspricht ein Nockenwellenwinkel von 360 Grad einem Kurbelwellenwinkel von 720 Grad. Der Dieselmotor umfasst dabei einen Nockenwellensensor 33, der zur Bestimmung des aktuellen Nockenwellenwinkels vorgesehen ist, sowie einen Kurbelwellensensor 34, der zur Bestimmung des aktuellen Kurbelwellenwinkels vorgesehen ist.

Der Ventiltrieb 13 ist für einen Betrieb nach dem Miller-Zyklus vorgesehen, bei dem die Einlassventile 18, 19, 20, 21 bereits während eines Ansaughubs geschlossen werden.

Zur Verstellung der Ventilöffnungszeiten, des Ventilhubs und/oder der Ventilspreizung ist der Ventiltrieb 13 variabel ausgestaltet. Der Ventiltrieb 13 umfasst eine Verstelleinheit 14, welche insbesondere dazu vorgesehen ist, durch Verstellung der Nockenwellenphasenlage einen Schließwinkel der Einlassventile 18, 19, 20, 21 zu verändern. Die Verstelleinheit 14 ist dazu vorgesehen, die Nockenwelle 32 relativ zu der Kurbelwelle 27 zu verdrehen. Zur Verstellung der Nockenwellenphasenlage umfasst die Verstelleinheit 14 einen Nockenwellenversteller 15, der einen Verstellbereich von zumindest 35 Grad, bezogen auf den Kurbelwellenwinkel, aufweist. In einer Grundstellung, d.h. die Nockenwellenphasenlage beträgt 0 Grad, weist die Nockenwelle 32 bei einem Kurbelwellenwinkel von 0 Grad eine Drehwinkellage von 0 Grad, bezogen auf den Kurbelwellenwinkel, auf. Bei einer maximalen Verstellung der Nockenwellenphasenlage, d.h. die Nockenwellenphasenlage beträgt 35 Grad, weist die Nockenwelle 32 eine Drehwinkellage von 35 Grad, bezogen auf den Kurbelwellenwinkel, auf. Der Ventiltrieb kann dabei unterschiedliche mechanische, elektrische, pneumatische und/oder hydraulische Ausgestaltungen aufweisen, welche einen variablen Ventiltrieb ausbilden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Verstelleinheit 14, die lediglich den Nockenwellenversteller 15 aufweist, lediglich zur Verstellung der Nockenwellenphasenlage vorgesehen. Alternativ oder zusätzlich kann die Verstelleinheit 14 eine Mehrzahl von Aktoren aufweisen, welche jeweils zwischen der Nockenwelle 32 und einem der Einlassventile 18, 19, 20, 21 angeordnet sind, wobei die Aktoren dazu vorgesehen sind, eine Kopplung zwischen der Nockenwelle 32 und dem entsprechenden Einlassventil 18, 19, 20, 21 zu verändern. In einer solchen Ausgestaltung ist die Verstelleinheit insbesondere dazu vorgesehen, zusätzlich Ventilöffnungszeiten und/oder Ventilhübe zumindest der Einlassventile 18, 19, 20, 21 und/oder Ventilspreizungen zwischen den Einlassventilen 18, 19, 20, 21 und den Auslassventilen 22, 23, 24, 25 zu verändern.

Der Nockenwellenversteller 15 kann unterschiedliche Ausgestaltungen aufweisen. Beispielsweise kann der Nockenwellenversteller 15 als ein hydraulischer Flügelzellenversteller ausgebildet sein. Alternativ ist auch eine Ausgestaltung als elektro-mechanischer Nockenwellenversteller 15 denkbar. Grundsätzlich ist es auch möglich, den Nockenwellenversteller 15 durch einen variablen Ventiltrieb zu ersetzen, welcher eine Umschaltung zwischen unterschiedlichen Nockenkurven ermöglicht, die sich insbesondere durch ihre Ventilöffnungszeiten unterscheiden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind durch

die Ausbildung der Nockenwelle 32 als Ein- und Auslassnockenwelle die Ventilöffnungszeiten der Einlassventile 18, 19, 20, 21 und der Auslassventile 22, 23, 24, 25 lediglich gemeinsam verstellbar.

- 5 Der Nockenwellenversteller 15 weist einen Früh-Anschlag und einen Spät-Anschlag auf, die den Verstellbereich des Nockenwellenverstellers 15 festlegen. In der Grundstellung, in der die Nockenwellenphasenlage 0 Grad beträgt, ist der Nockenwellenversteller 15 gegen den Früh-Anschlag verstellt. Bei einer Nockenwellenphasenlage von 0 Grad öffnen die Einlassventile 18, 19, 20, 21 vorzugsweise, bevor der entsprechende Kolben 9, 10, 11, 12 seinen oberen Totpunkt
- 10 durchlaufen hat, und schließen, bevor der entsprechende Kolben 9, 10, 11, 12 seinen unteren Totpunkt erreicht. Die Einlassventile 18, 19, 20, 21 weisen bei einer Nockenwellenphasenlage von 0 Grad einen Öffnungswinkel auf, der vorzugsweise einem Kurbelwellenwinkel zwischen 240 Grad und 180 Grad vor dem unteren Totpunkt entspricht, und einen Schließwinkel, der vorzugsweise einem Kurbelwellenwinkel zwischen 60 Grad und 10 Grad vor dem unteren
- 15 Totpunkt entspricht.

- Der Nockenwellenversteller 15 weist eine durch den Spät-Anschlag definierte Maximalverstellung auf, durch die der Nockenwellenversteller 15 dazu vorgesehen ist, den Schließwinkel der Einlassventile 18, 19, 20, 21 in einen Winkelbereich zu verschieben, in dem
- 20 der Kolben 9, 10, 11, 12, der dem jeweiligen Einlassventil 18, 19, 20, 21 zugeordnet ist, den unteren Totpunkt durchläuft. Ist der Nockenwellenversteller 15 gegen den Spät-Anschlag verstellt, ist der Schließwinkel der Einlassventile 18, 19, 20, 21, bezogen auf die Grundstellung, um 35 Grad Kurbelwellenwinkel in Richtung Spät verstellt. In der Maximalverstellung weisen die Einlassventile 18, 19, 20, 21 damit einen Schließwinkel auf, der einem Kurbelwellenwinkel
- 25 zwischen 25 Grad vor dem unteren Totpunkt und 25 Grad nach dem unteren Totpunkt entspricht. Die Schließwinkel der Einlassventile 18, 19, 20, 21 liegen damit in dem Winkelbereich, in dem der untere Totpunkt des Kolbens 9, 10, 11, 12, dem das entsprechende Einlassventil 18, 19, 20, 21 zugeordnet ist, liegt.

- 30 Zur Ansteuerung der Verstelleinheit umfasst der Dieselmotor eine Steuer- und Regeleinheit 16. Die Steuer- und Regeleinheit 16 weist einen Betriebsmodus auf, der für einen Kaltstart vorgesehen ist. Die Steuer- und Regeleinheit 16 ist in dem Betriebsmodus dazu vorgesehen, durch Ansteuerung der Verstelleinheit 14 die Nockenwellenphasenlage und damit die Schließwinkel der Einlassventile 18, 19, 20, 21 in Richtung Spät zu verstellen.

Bei einem Kaltstart liegt eine Motortemperatur beim Starten des Dieselmotors unterhalb einer Normalbetriebstemperatur. Für die Aktivierung des Betriebsmodus ist in der Steuer- und Regeleinheit 16 ein Parameter für eine Grenztemperatur, welche unterhalb der

- 5 Normalbetriebstemperatur liegt, hinterlegt. Die Grenztemperatur, unterhalb der die Steuer- und Regeleinheit 16 den Betriebsmodus aktiviert, entspricht in dem dargestellten Ausführungsbeispiel einer Motortemperatur von ca. 50 Grad. Die Normalbetriebstemperatur, auf welche der Dieselmotor in einem Dauerbetrieb vorzugsweise eingeregelt wird, liegt bei ca. 90 Grad. Die Motortemperatur ist dabei über eine Kühlmitteltemperatur definiert.

10

In dem Betriebsmodus ist die Steuer- und Regeleinheit 16 dazu vorgesehen, die Nockenwellenphasenlage maximal in Richtung Spät zu verstellen. Um die Maximalverstellung des Nockenwellenverstellers 15 während des Kaltstarts so schnell wie möglich einzustellen, steuert die Steuer- und Regeleinheit 16 den Nockenwellenversteller 15 mit maximaler

- 15 Verstellgeschwindigkeit in Richtung Spät an, beispielsweise, indem sie ein zugeordnetes Magnetregelventil maximal öffnet. Idealerweise erreicht dadurch der Nockenwellenversteller 15 die Maximalverstellung vor einer ersten Zündung des Dieselmotors.

ANSPRÜCHE

1. Dieselmotor, insbesondere Hochleistungsdieselmotor, mit einem variablen Ventiltrieb (13),
5 der eine Verstelleinheit (14) zumindest zur Verstellung eines Schließwinkels von zumindest
einem Einlassventil (18, 19, 20, 21) aufweist, und mit einer Steuer- und/oder Regeleinheit (16),
die zumindest einen Betriebsmodus aufweist, der für einen Kaltstart vorgesehen ist, wobei die
Steuer- und/oder Regeleinheit (16) in dem Betriebsmodus dazu vorgesehen ist, durch
Ansteuerung der Verstelleinheit (14) den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils (18,
10 19, 20, 21) in Richtung Spät zu verstellen.
2. Dieselmotor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Steuer- und/oder Regeleinheit (16) dazu vorgesehen ist, den Schließwinkel des zumindest
15 einen Einlassventils (18, 19, 20, 21) maximal in Richtung Spät zu verstellen.
3. Dieselmotor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verstelleinheit (14) einen Nockenwellenversteller (15) mit einer Maximalverstellung
20 aufweist, durch die der Nockenwellenversteller (15) dazu vorgesehen ist, den Schließwinkel des
zumindest einen Einlassventils (18, 19, 20, 21) zumindest in einen Winkelbereich zu
verschieben, in dem ein dem Einlassventil zugeordneter Kolben (9, 10, 11, 12) einen unteren
Totpunkt durchläuft.
- 25 4. Dieselmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
eine Zylinderleistung von zumindest 50 kW.
5. Dieselmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 **gekennzeichnet durch**
zumindest einen Zylinder (1, 2, 3, 4), der einen Hubraum von zumindest 1,6 l aufweist.

6. Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors mit einem variablen Ventiltrieb (13), der eine Verstelleinheit (14) zumindest zur Verstellung eines Schließwinkels von zumindest einem Einlassventil (18, 19, 20, 21) aufweist, insbesondere eines Dieselmotors nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 **dadurch gekennzeichnet, dass**

eine Steuer- und/oder Regeleinheit (16) in einem Betriebsmodus, der für einen Kaltstart vorgesehen ist, durch Ansteuerung der Verstelleinheit (14) den Schließwinkel des zumindest einen Einlassventils (18, 19, 20, 21) in Richtung Spät verstellt.

1 / 1

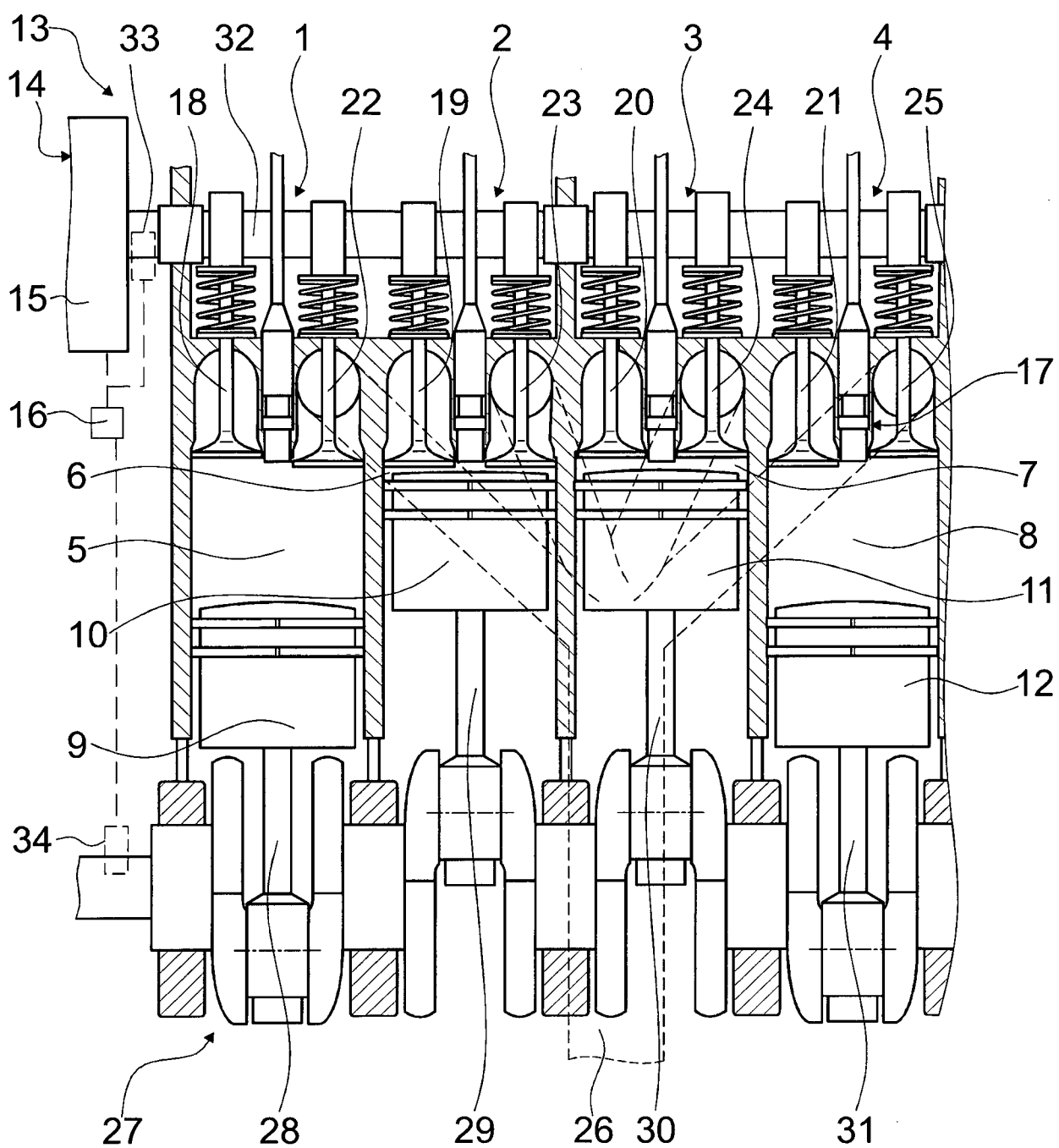


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/002404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D13/02
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)
F02D

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.
X	GB 2 367 859 A (LOTUS CAR [GB]) 17 April 2002 (2002-04-17) page 31, line 18 - page 32, line 20; figure 6c page 22, line 14 - line 27 -----	1-6
X	US 2004/231623 A1 (EL TAHRY SHERIF HUSSEIN [US] ET AL) 25 November 2004 (2004-11-25) paragraph [0023]; figure 3 -----	1-6
X	US 2005/056242 A1 (MURATA SHINICHI [JP] ET AL) 17 March 2005 (2005-03-17) paragraph [0038] - paragraph [0054]; figures 4,5 paragraph [0070] ----- -/-	1-6



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

19 February 2016

Date of mailing of the international search report

29/02/2016

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

Raposo, Jorge

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/002404

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/183185 A1 (SUN JINHUI [US] ET AL) 2 October 2003 (2003-10-02) paragraph [0033] - paragraph [0042]; figures 2-6 -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/002404

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2367859	A	17-04-2002	NONE

US 2004231623	A1	25-11-2004	NONE

US 2005056242	A1	17-03-2005	CN 1590721 A 09-03-2005
		CN 101691845 A	07-04-2010
		DE 102004041607 A1	31-03-2005
		JP 4151524 B2	17-09-2008
		JP 2005076474 A	24-03-2005
		KR 20050022316 A	07-03-2005
		US 2005056242 A1	17-03-2005

US 2003183185	A1	02-10-2003	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D13/02
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D

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.
X	GB 2 367 859 A (LOTUS CAR [GB]) 17. April 2002 (2002-04-17) Seite 31, Zeile 18 - Seite 32, Zeile 20; Abbildung 6c Seite 22, Zeile 14 - Zeile 27 -----	1-6
X	US 2004/231623 A1 (EL TAHRY SHERIF HUSSEIN [US] ET AL) 25. November 2004 (2004-11-25) Absatz [0023]; Abbildung 3 -----	1-6
X	US 2005/056242 A1 (MURATA SHINICHI [JP] ET AL) 17. März 2005 (2005-03-17) Absatz [0038] - Absatz [0054]; Abbildungen 4,5 Absatz [0070] ----- -/-	1-6

☒ 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

19. Februar 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/02/2016

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

Raposo, Jorge

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/183185 A1 (SUN JINHUI [US] ET AL) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) Absatz [0033] - Absatz [0042]; Abbildungen 2-6 -----	1-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/002404

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2367859	A	17-04-2002	KEINE
US 2004231623	A1	25-11-2004	KEINE
US 2005056242	A1	17-03-2005	CN 1590721 A 09-03-2005
			CN 101691845 A 07-04-2010
			DE 102004041607 A1 31-03-2005
			JP 4151524 B2 17-09-2008
			JP 2005076474 A 24-03-2005
			KR 20050022316 A 07-03-2005
			US 2005056242 A1 17-03-2005
US 2003183185	A1	02-10-2003	KEINE