

(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
28. April 2016 (28.04.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/062554 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/06 (2006.01) F02P 15/08 (2006.01)
F02D 41/40 (2006.01) F02D 41/30 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/073313

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Oktober 2015 (08.10.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102014115342.1 21. Oktober 2014 (21.10.2014) DE

(71) Anmelder: FEV GMBH [DE/DE]; Neuenhofstr. 181,
52078 Aachen (DE).

(72) Erfinder: THEWES, Matthias; Rathausstraße 24, 52146
Würselen (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, 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.

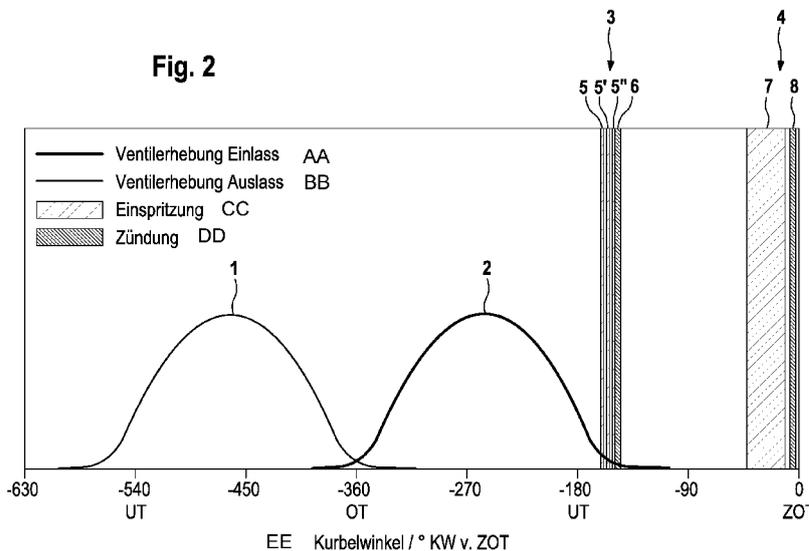
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SPARK-IGNITION, DIRECT-INJECTION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER FREMDGEZÜNDETEN DIREKTEINSPRITZENDEN
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a spark-ignition, direct-injection internal combustion engine, wherein a pilot injection quantity of fuel is injected and is ignited for a pre-combustion 3 and, in the same cycle, a main injection quantity of fuel is injected and is ignited for a main combustion 4.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschine bei dem eine Voreinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Vorverbrennung 3 gezündet wird und im selben Arbeitszyklus anschließend eine Haupteinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Hauptverbrennung 4 gezündet wird.

AA Valve lift inlet
BB Valve lift outlet
CC Injection
DD Ignition
EE Crank angle / CA prior to ignition TDC
UT BDC
OT TDC
ZOT Ignition TDC



WO 2016/062554 A1

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschine

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschine, vorzugsweise eines Viertakt-Ottomotors, wobei das Verfahren insbesondere zum Betreiben der Verbrennungskraftmaschine unter Kaltstartbedingungen dient.

Das Kaltstartverhalten, beziehungsweise die Fähigkeit, bei niedrigen Temperaturen überhaupt zu starten, kann bekanntermaßen bei Verbrennungskraftmaschinen dadurch verbessert werden, dass eine erhöhte Menge an Kraftstoff in die Zylinder eingespritzt wird. Insbesondere bei Kraftstoffen mit schlechtem Verdampfungsverhalten bei niedrigen Temperaturen, z. B. Alkoholkraftstoffen, beziehungsweise bei deren Mischungen mit erdölbasierten Kraftstoffen, kann dabei eine Hochdruckpumpe zum Fördern des Kraftstoffs ihre Fördergrenzen erreichen.

Um dem Problem der begrenzten Fördermengen zu begegnen, schlägt DE 10 2009 037 294 A1 ein Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschine vor, bei dem zumindest gruppenweise unabhängig steuerbaren Einspritzventilen in den Zylindern vorgesehen sind, wobei Kraftstoff von mindestens einer Einspritzpumpe über zumindest einen Kraftstoffrail zur Verfügung gestellt wird. Beim Anlassen der Verbrennungskraftmaschine unter Kaltstartbedingungen spritzen die Einspritzventile einer Starterzylindergruppe eine erhöhte Startmenge an Kraftstoff in die Starterzylinder ein. Die Einspritzventile einer Abschaltzylindergruppe spritzen keinen oder weniger als die erhöhte Startmenge an Kraftstoff in die Abschaltzylinder ein.

Das bedeutet, dass im Wesentlichen der von der mindestens einen Einspritzpumpe zur Verfügung gestellte Kraftstoff in die Starterzylindergruppe eingespritzt werden kann und nicht auf alle Zylinder der Verbrennungskraftmaschine verteilt wird. Hierdurch soll erzielt werden, dass für jeden einzelnen Zylinder der Starterzylindergruppe eine höhere Menge an Kraftstoff bereitgestellt werden kann.

Die DE 10 2006 025 920 A1 schlägt zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens vor, zusätzlich zu dem normalen Betriebskraftstoff einen Startkraftstoff, welcher eine hinreichende Entzündlichkeit aufweist, um einen Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine zu ermöglichen, einzuspritzen. Nachteilig ist hier der erhöhte Bauaufwand für die Speicherung und für die Zuführung eines zweiten Kraftstoffs für die Verbrennungskraftmaschine.

Unter Kaltstartbedingungen im Sinne der Erfindung sind insbesondere solche Bedingungen zu verstehen, bei denen die Verbrennungskraftmaschine nicht die Betriebstemperatur erreicht hat, insbesondere, wenn niedrige Umgebungstemperaturen, z. B. Temperaturen unter minus 10 Grad Celsius, vorherrschen. Kaltstartbedingungen liegen insbesondere dann vor, wenn bei einer Haupteinspritzung einer maximal zur Verfügung stehenden Kraftstoffmenge eine nicht ausreichende Kraftstoffmenge verdunstet und verdampft werden kann, um eine sichere Entflammung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zu ermöglichen. Hierbei beeinflussen die Art und die Qualität des Kraftstoffs, bzw. der Alkohol-, insbesondere Ethanolanteil die Verdampfungseigenschaften und bestimmen somit ebenfalls die Kaltstartbedingungen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches auf einfache Weise zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens von fremdgezündeten Verbrennungskraftmaschine mit Direkteinspritzung beitragen.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten direkt-einspritzenden Verbrennungskraftmaschine gelöst, bei dem eine Voreinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Vorverbrennung gezündet wird und in demselben Arbeitszyklus anschließend eine Haupteinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Hauptverbrennung gezündet wird.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Verbrennungsverfahren, bei denen eine einzige Verbrennung, eine Hauptverbrennung, stattfindet, wird beim erfindungsgemäßen Verfahren in einem Arbeitszyklus eine weitere Verbrennung, die Vorverbrennung, vorgesehen. Ein Arbeitszyklus umfasst hierbei vier Prozessschritte, nämlich Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen. Durch die Vorverbrennung einer gegenüber der Hauptverbrennung geringeren Kraftstoffmenge nahe dem unteren Totpunkt wird das Gas im Brennraum vor Einleitung der Hauptverbrennung vorgewärmt. Wenn es sich bei dem Arbeitszyklus um einen Viertaktarbeitszyklus handelt, wie bei Ottomotoren, finden die beiden Verbrennungen innerhalb eines halben Arbeitszyklus statt, gegebenenfalls sogar innerhalb eines Taktes, nämlich dem Kompressionstakt, statt. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird sichergestellt, dass die Zylinderladung schon früh im Prozess vorgewärmt wird, so dass bedingt durch die anschließende Kompression eine deutliche Temperaturerhöhung zum oberen Totpunkt hin resultiert.

Hierbei kann die Voreinspritzmenge vorzugsweise in der Kompressionsphase eingespritzt werden, es ist jedoch auch denkbar, dass die Einspritzung der Voreinspritzmenge bereits in der Ansaugphase startet und bis in den Kompressionstakt hineinreicht oder vor diesem bereits abgeschlossen ist. Je später die Vorverbrennung stattfindet, umso mehr wird die Temperatur bei Erreichen des oberen Totpunktes reduziert. Eine sehr frühe Vorverbrennung, zum Beispiel bereits in der Ansaugphase, führt dazu, dass ein Teil der Ladung infolge der Ausdehnung der Verbrennungsgase wieder ausgeschoben wird. Hierdurch sinkt die Füllung, so dass durch die anschließende Hauptverbrennung ein geringerer indizierter Mitteldruck erzielt werden kann.

Die Voreinspritzmenge wird nahe dem unteren Totpunkt, vorzugsweise zwischen 270° vor dem oberen Totpunkt und 90° vor dem oberen Totpunkt eingespritzt. Weiter bevorzugt findet die Einspritzung der Voreinspritzmenge zwischen 180° vor dem oberen Totpunkt und 135° vor dem oberen Totpunkt statt.

Die Voreinspritzmenge an Kraftstoff wird vorzugsweise geschichtet eingespritzt, so dass eine Schichtladung erzielt wird. Somit lässt sich trotz Einspritzung einer geringen Menge an Kraftstoff eine Schicht zündfähigen Kraftstoff-Luftgemischs im Bereich der Zündkerze erzielen.

Die Voreinspritzmenge kann auf mehrere Voreinspritzungen aufgeteilt werden, das heißt, es finden mehrere Teilvoreinspritzungen kurz hintereinander statt, die anschließend gezündet werden. Durch das Einspritzen mehrerer Teilvoreinspritzmen-
5 gen wird die Zeitdauer erhöht, zu der ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch in Form einer Schichtladung vorliegt, um ein sicheres Zünden und Verbrennen zu ermöglichen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass für die Vorverbrennung mehrfach gezündet wird,
10 also mehrere Zündungen stattfinden. Durch mehrfache Zündungen wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass eine Zündung auf jeden Fall zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch an der Zündkerze vorherrscht.

Die Haupteinspritzmenge wird vorzugsweise in der Kompressionsphase eingespritzt,
15 wobei die Haupteinspritzmenge nahe dem oberen Totpunkt zwischen 90° vor dem oberen Totpunkt und dem oberen Totpunkt eingespritzt wird. Vorzugsweise findet die Einspritzung der Haupteinspritzmenge zwischen 45° vor dem oberen Totpunkt und dem oberen Totpunkt statt.

20 Die Hauptverbrennung findet vorzugsweise bei einer möglichst homogenen Ladung, also einer homogenen Verteilung des Kraftstoff-Luftgemischs im Brennraum, statt. Verbrannt wird bei der Hauptverbrennung die größte Menge an Kraftstoff, so dass während der Hauptverbrennung im Zyklus die Arbeit geleistet wird.

25 Da die Vorverbrennung lediglich der Erwärmung des Brennraums und des darin befindlichen Gases dient, reicht eine geringe Voreinspritzmenge an Kraftstoff aus. Vorzugsweise beträgt die Voreinspritzmenge an Kraftstoff weniger als 10 %, vorzugsweise weniger als 5 %, der Gesamteinspritzmenge aus Voreinspritzmenge und Haupteinspritzmenge. Besonders vorteilhaft hat sich eine Voreinspritzmenge von
30 etwa 2 % der Gesamteinspritzmenge herausgestellt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Hierin zeigt:

Figur 1 den Ablauf von Zündung und Einspritzung beim Start der Verbrennungs-

kraftmaschine mit einer Voreinspritzung und einer Zündung für die Vorverbrennung,

5 Figur 2 den Ablauf von Zündung und Einspritzung beim Start der Verbrennungskraftmaschine mit mehreren Teilvoreinspritzungen,

Figur 3 den Ablauf von Zündung und Einspritzung beim Start der Verbrennungskraftmaschine mit mehreren Zündungen für die Vorverbrennung, und

10 Figur 4 den idealisierten Druck- und Temperaturverlauf im Brennraum beim Start der Verbrennungskraftmaschine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Die Figuren 1 bis 3 zeigen drei unterschiedliche Abläufe von Zündungen und Einspritzung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren für einen Viertakt-Otto-Motor. Die Figuren 1 bis 3 zeigen Diagramme, bei denen auf der Abszisse der Kurbelwinkel (KW) in Grad vor dem Totpunkt im Bereich der Zündung, dem Zünd-OT (ZOT), abgetragen ist. Ganz links beginnt der dargestellte Teil des Viertaktarbeitszyklus in der Mitte des dritten Taktes, dem Arbeitstakt, bei 630° vor dem Zünd-OT (ZOT). Ganz rechts endet der dargestellte Teil des Viertaktarbeitszyklus mit dem Abschluss des vierten Takts, dem Kompressionstakt, am Zünd-OT (ZOT) bei 0° .

Auf der Ordinate ist schematisch die Ventilerhebung des Einlassventils und des Auslassventils abgetragen. Die Bewegungen bzw. die Ventilerhebung des Auslassventils ist durch die Kurve 1 dargestellt und die des Einlassventils durch die Kurve 2.

25 Die Diagramme zeigen insgesamt dreieinhalb Takte des Viertakt-Prozesses. Vom dritten Takt ist lediglich die zweite Hälfte dargestellt, nämlich der Kurbelwinkelbereich von 630° bis 540° vor dem Zünd-OT (ZOT). Während des dritten Taktes wird die Arbeit verrichtet, wobei sich durch die Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemischs das Gasgemisch ausdehnt und den Kolben nach unten bewegt. Kurz vor Erreichen des unteren Totpunkts (UT) bei 540° vor dem Zünd-OT (ZOT) wird das Auslassventil allmählich geöffnet. Das Auslassventil wird während des vierten Taktes bis ca. zur Erreichung der Hälfte des vierten Takts weiter geöffnet. Am Ende des vierten Takts bei 360° vor Zünd-OT (ZOT) ist das Auslassventil wieder annähernd vollständig ge-

geschlossen. Während des vierten Taktes werden die Brenngase aus dem Brennraum ausgestoßen, und zwar durch die Bewegung des Kolbens vom unteren Totpunkt (UT) zum oberen Totpunkt (OT). Während des ersten Taktes von 360° bis 180° vor Zünd-OT (ZOT) ist das Einlassventil geöffnet, so dass durch die Bewegung des Kolbens vom oberen Totpunkt (OT) zum unteren Totpunkt (UT) Frischluft angesaugt wird. Im größten Teil des zweiten Taktes, dem Verdichtungstakt, wird das Gas im Brennraum durch die Bewegung des Kolbens vom unteren Totpunkt (UT) zum Zünd-OT (ZOT) komprimiert. Während des zweiten Taktes von 180° bis 0° vor Zünd-OT (ZOT) wird nach einer ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kurz nach dem unteren Totpunkt (UT) bei 180° vor Zünd-OT (ZOT) eine Vorverbrennung 3 durchgeführt. Kurz vor Erreichen des Zünd-OT (ZOT) wird eine Hauptverbrennung 4 durchgeführt.

Bei der Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Figur 1 umfasst die Vorverbrennung 3 eine Voreinspritzung 5 und eine Vorzündung 6, die kurz nach der Voreinspritzung 5 stattfindet. Die Voreinspritzung 5 findet in der ersten Hälfte des zweiten Taktes statt, kurz nach Erreichen des unteren Totpunkts (UT), so dass die gesamte Vorverbrennung 3 innerhalb der ersten Hälfte des zweiten Taktes abgeschlossen ist. Die Vorverbrennung 3 dient der Erwärmung der Gase im Brennraum, bevor die Hauptverbrennung 4 stattfindet, um die Temperatur bei Erreichen des Zünd-OT (ZOT) gegenüber einem Viertakt-Prozess ohne Vorverbrennung deutlich zu erhöhen. Die Vorverbrennung 3 dient nicht zur Erzeugung eines Drehmoments der Verbrennungskraftmaschine. Da die Vorverbrennung 3 im Bereich des unteren Totpunkts (UT) bei 180° vor Zünd-OT (ZOT) bzw. kurz davor oder danach stattfindet, ist zu beachten, dass die Kräfte, die durch die Vorverbrennung 3 auf den Kolben einwirken, nicht zu groß sind, um den Kolben nicht in seiner Aufwärtsbewegung in Richtung zum Zünd-OT (ZOT) abzubremesen.

Da die Vorverbrennung 3 lediglich der Erwärmung des Brennraums dient, reichen sehr geringe Kraftstoffmengen aus. Die Kraftstoffmenge ist durch die Länge des Balkens, der die Voreinspritzung 5 repräsentiert, entlang der Abszisse erkennbar. Die Länge des Balkens der Voreinspritzung 5 entspricht der Zeitdauer der Voreinspritzung 5 und damit der Einspritzmenge. Dasselbe gilt für die Einspritzmenge der Haupteinspritzung 7. Die Längen der Balken sind in den dargestellten Figuren nicht

maßstabgetreu. Die Kraftstoffmenge der Voreinspritzung 5 beträgt vorzugsweise ca. 2 % der Gesamteinspritzmenge. Die Gesamteinspritzmenge umfasst sämtliche Einspritzungen eines vollständigen Viertakt-Prozesses, also im vorliegenden Fall der Einspritzmenge der Voreinspritzung 5 und die Einspritzmenge der Haupteinspritzung 7.

Die Hauptverbrennung 4 unterteilt sich in eine Haupteinspritzung 7 und eine Hauptzündung 8, welche kurz vor Erreichen des Zünd-OT (ZOT) stattfinden. Die Hauptverbrennung 4 dient der Drehmomentenerzeugung der Verbrennungskraftmaschine.

Figur 1 zeigt eine Ausführung des Verfahrens, bei dem die Vorverbrennung 3 aufgeteilt ist in eine Voreinspritzung 5 und eine Vorzündung 6. Wie in Figur 2 dargestellt, kann die Voreinspritzung 5 auch in Teilvoreinspritzungen 5, 5', 5'' aufgeteilt sein, wobei sich die Gesamtmenge der Teilvoreinspritzungen 5, 5', 5'' der Gesamtmenge der Voreinspritzung 5 gemäß Figur 1 entsprechen kann. An die einzelnen Teilvoreinspritzungen 5, 5', 5'' schließt sich eine einzige Vorzündung 6 an. Durch das Einspritzen mehrerer Teilvoreinspritzmengen wird die Zeitdauer erhöht, zu der ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch in Form einer Schichtladung an der Zündkerze vorliegt, um ein sicheres Zünden und Verbrennen zu ermöglichen.

In der Ausführung des Verfahrens gemäß Figur 3 unterteilt sich die Vorverbrennung 3 in eine Voreinspritzung 5, wie sie auch in Figur 1 dargestellt ist, und in drei Vorzündungen 6, 6', 6''. Denkbar ist auch eine Variante, bei der mehrere Teilvoreinspritzungen stattfinden und mehrere Vorzündungen. Durch mehrfache Zündungen wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass eine Zündung auf jeden Fall zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem ein zündfähiges Kraftstoff-Luftgemisch an der Zündkerze vorherrscht.

Figur 4 zeigt den Temperaturverlauf 9 und den Druckverlauf 10 innerhalb des Brennraums über den Kurbelwinkel (KW). Ferner ist schematisch die Ventilerhebung des Einlassventils und des Auslassventils dargestellt. Erkennbar ist, dass zum Zeitpunkt kurz nach Erreichen des unteren Totpunkts (UT) bei 180° vor Zünd-OT (ZOT), das heißt, im Bereich der Vorverbrennung 3 gemäß einer der Ausführungen nach den Figuren 1 bis 3, ein deutlicher Temperaturanstieg 9 zu verzeichnen ist. Der Druckan-

stieg 10 zum selben Zeitpunkt ist jedoch verhältnismäßig gering, was darauf hindeutet, dass die Kraft auf den Kolben entgegen seiner Bewegungsrichtung gering ist und nur einen geringen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine hat.

Bezugszeichenliste

1	Ventilerhebung des Auslassventils
2	Ventilerhebung des Einlassventils
3	Vorverbrennung
4	Hauptverbrennung
5, 5', 5''	Voreinspritzung
6, 6', 6''	Vorzündung
7	Haupteinspritzung
8	Hauptzündung
9	Temperaturverlauf
10	Druckverlauf
KW	Kurbelwinkel
OT	oberer Totpunkt
UT	unterer Totpunkt
ZOT	Zünd-OT

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschine bei dem eine Voreinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Vorverbrennung (3) gezündet wird und im selben Arbeitszyklus anschließend eine Haupteinspritzmenge an Kraftstoff eingespritzt wird und für eine Hauptverbrennung (4) gezündet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge in der Ansaugphase und/oder der Kompressionsphase eingespritzt wird.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge nahe dem unteren Totpunkt (UT) zwischen 270° vor dem oberen Totpunkt (ZOT) und 90° vor dem oberen Totpunkt (ZOT), vorzugsweise zwischen 180° vor dem oberen Totpunkt (ZOT) und 135° vor dem oberen Totpunkt (ZOT), eingespritzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge an Kraftstoff geschichtet eingespritzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge auf mehrere Voreinspritzungen (5, 5', 5'') aufgeteilt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass für die Vorverbrennung (3) mehrfach gezündet wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge an Kraftstoff geschichtet eingespritzt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Haupteinspritzmenge in der Kompressionsphase eingespritzt wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Haupteinspritzmenge nahe dem oberen Totpunkt (ZOT) zwischen 90° vor dem oberen Totpunkt (ZOT) und 0° vor dem oberen Totpunkt (ZOT), vorzugsweise zwischen 45° vor dem oberen Totpunkt (ZOT) und 0° vor dem oberen Totpunkt (ZOT), eingespritzt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

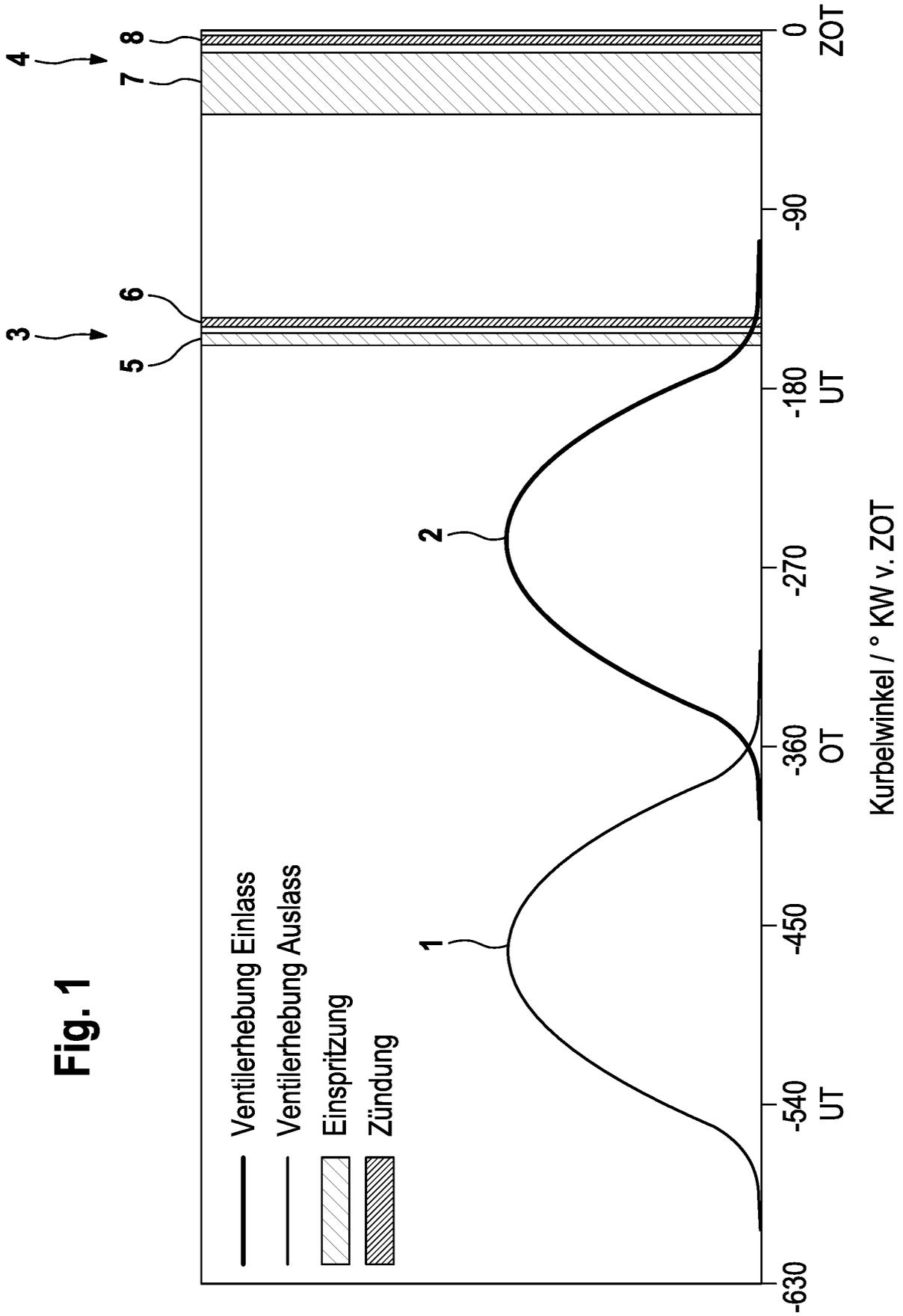
dadurch gekennzeichnet,

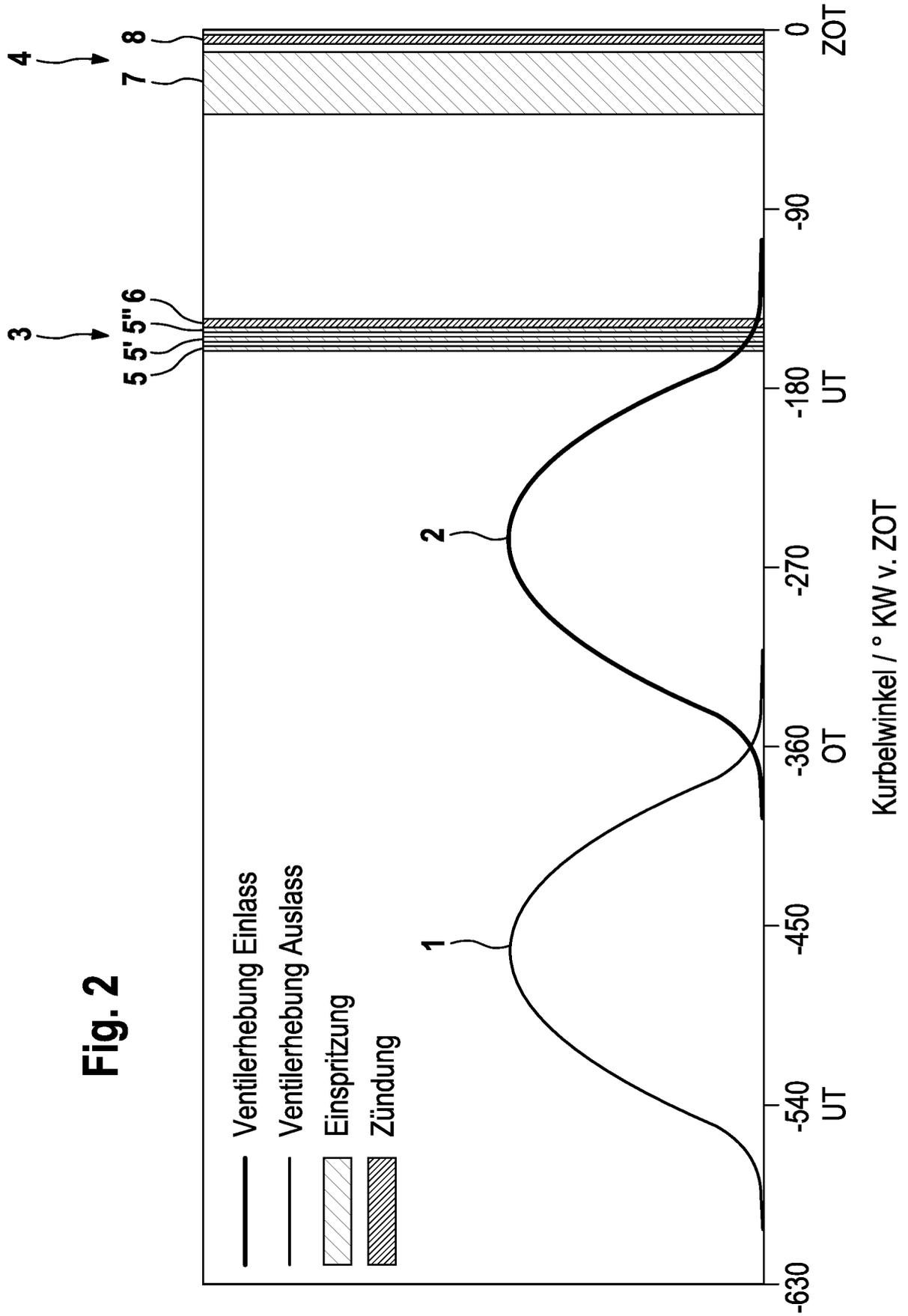
dass die Hauptverbrennung (4) bei homogener Ladung stattfindet.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Voreinspritzmenge an Kraftstoff weniger als 10 %, vorzugsweise weniger als 5 %, der Gesamteinspritzmenge aus Voreinspritzmenge und Haupteinspritzmenge beträgt.





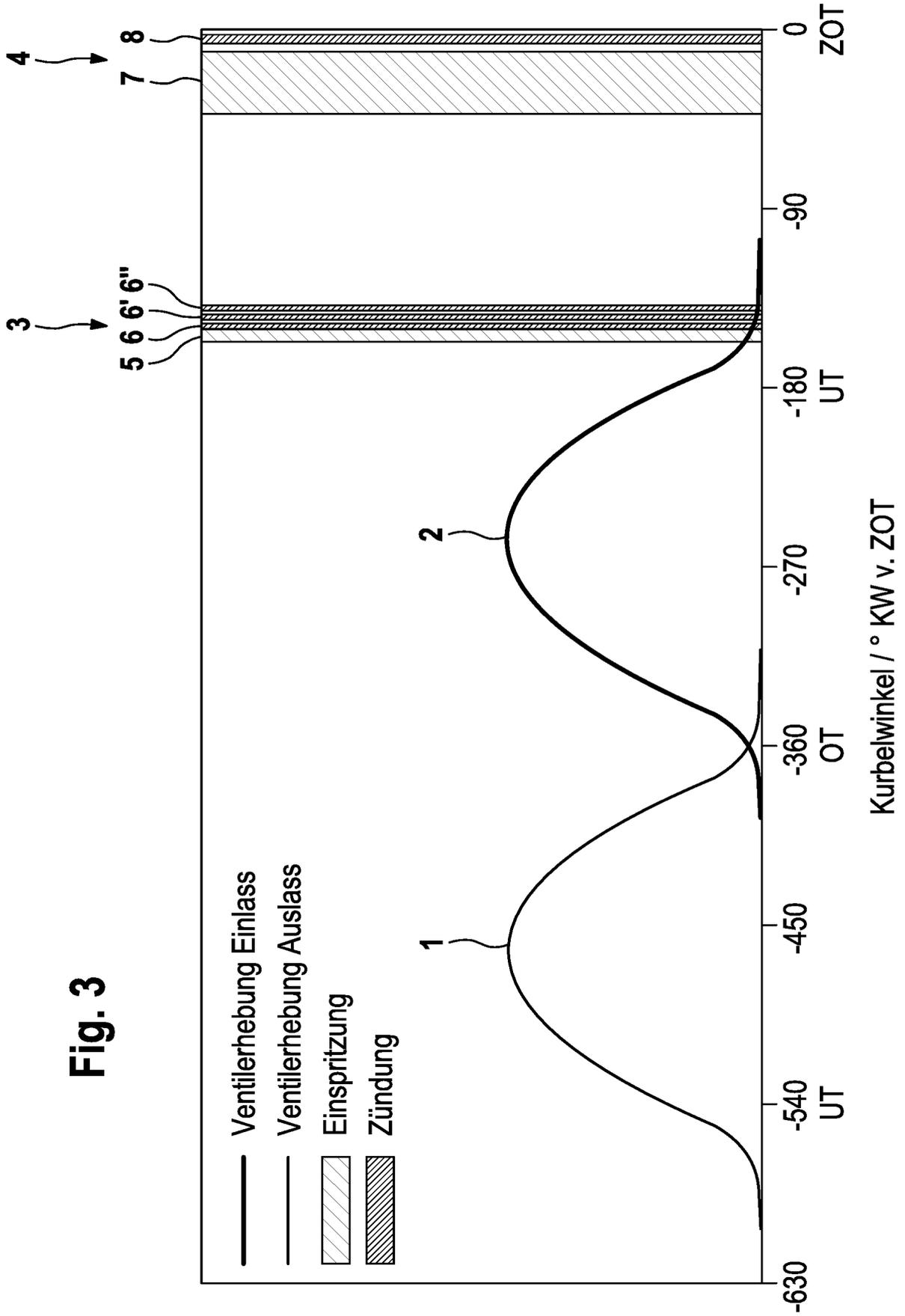
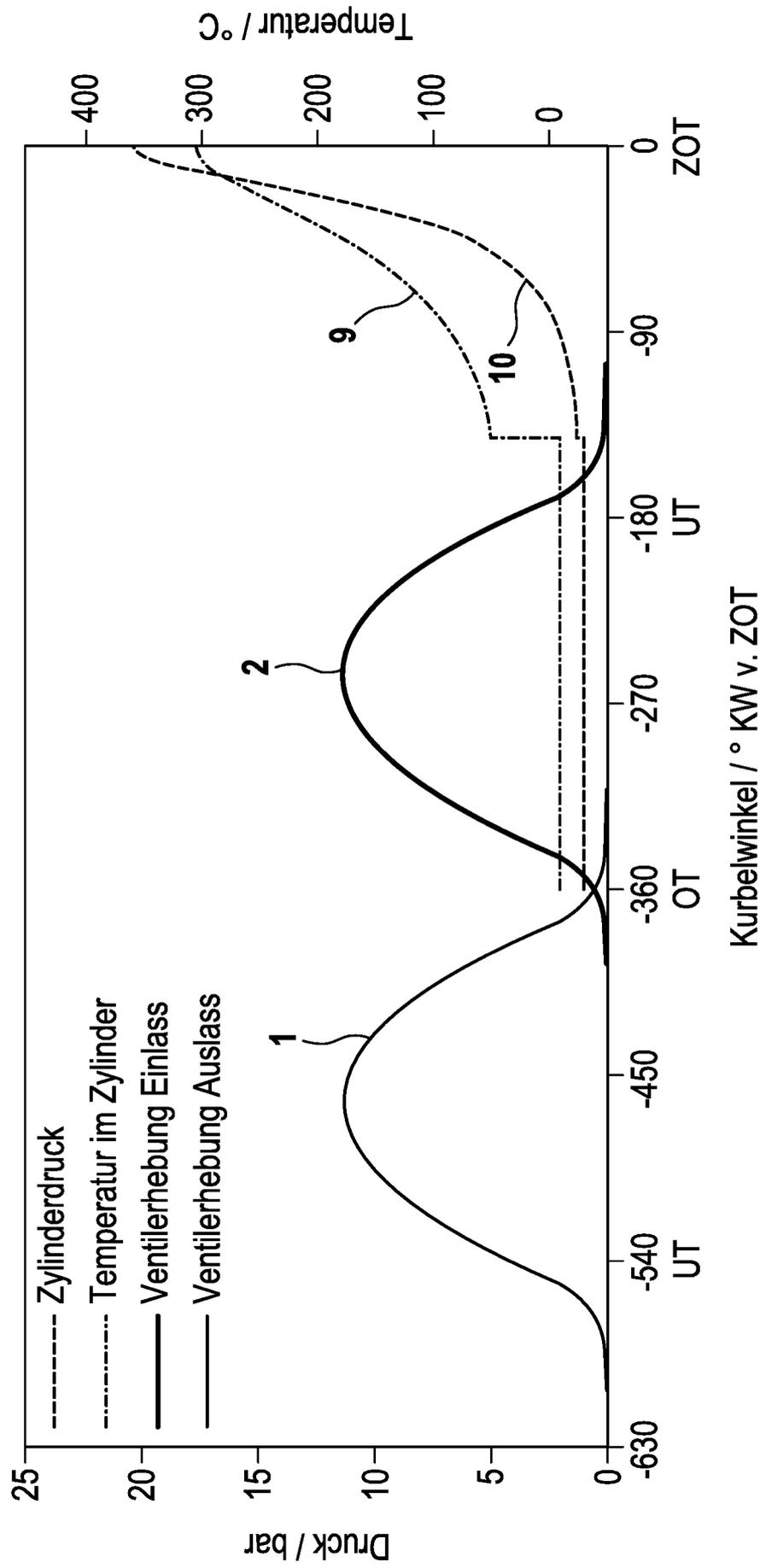


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/073313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/06 F02D41/40 F02P15/08 F02D41/30
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 F02P

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	JP 2007 278257 A (TOYOTA MOTOR CORP) 25 October 2007 (2007-10-25)	1-4,7-11
Y	abstract; figures 1, 3, 5, 6 claim 1. 2	5,6
X	DE 10 2005 043686 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 March 2007 (2007-03-15) paragraph [0030]; figure 3	1,10
X	DE 10 2010 035481 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 5 May 2011 (2011-05-05) abstract; figure 3	1,10
X,P	WO 2014/192147 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; OCHI YUTA [JP]; KASHIWAGURA TOSHIMI [JP]; YO) 4 December 2014 (2014-12-04) abstract; figures 3, 4	1-11
	-/--	

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 16 December 2015	Date of mailing of the international search report 04/01/2016
---	--

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 Röttger, Klaus
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/073313

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2011 010369 A1 (DAIMLER AG [DE]) 9 August 2012 (2012-08-09) paragraphs [0024], [0027] -----	5,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/073313

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2007278257 A	25-10-2007	JP 4586765 B2 JP 2007278257 A	24-11-2010 25-10-2007

DE 102005043686 A1	15-03-2007	DE 102005043686 A1 FR 2891308 A1 JP 2007077992 A US 2007068466 A1	15-03-2007 30-03-2007 29-03-2007 29-03-2007

DE 102010035481 A1	05-05-2011	CN 102003323 A DE 102010035481 A1 US 2010037858 A1	06-04-2011 05-05-2011 18-02-2010

WO 2014192147 A1	04-12-2014	NONE	

DE 102011010369 A1	09-08-2012	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/073313

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02D41/06 F02D41/40 F02P15/08 F02D41/30 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02D F02P		
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	JP 2007 278257 A (TOYOTA MOTOR CORP) 25. Oktober 2007 (2007-10-25)	1-4,7-11
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 1, 3, 5, 6 Anspruch 1. 2	5,6
X	----- DE 10 2005 043686 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. März 2007 (2007-03-15) Absatz [0030]; Abbildung 3	1,10
X	----- DE 10 2010 035481 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 5. Mai 2011 (2011-05-05) Zusammenfassung; Abbildung 3	1,10
X,P	----- WO 2014/192147 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; OCHI YUTA [JP]; KASHIWAGURA TOSHIMI [JP]; YO) 4. Dezember 2014 (2014-12-04) Zusammenfassung; Abbildungen 3, 4	1-11
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 16. Dezember 2015		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 04/01/2016
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 Röttger, Klaus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2011 010369 A1 (DAIMLER AG [DE]) 9. August 2012 (2012-08-09) Absätze [0024], [0027] -----	5,6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/073313

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2007278257 A	25-10-2007	JP 4586765 B2	24-11-2010
		JP 2007278257 A	25-10-2007

DE 102005043686 A1	15-03-2007	DE 102005043686 A1	15-03-2007
		FR 2891308 A1	30-03-2007
		JP 2007077992 A	29-03-2007
		US 2007068466 A1	29-03-2007

DE 102010035481 A1	05-05-2011	CN 102003323 A	06-04-2011
		DE 102010035481 A1	05-05-2011
		US 2010037858 A1	18-02-2010

WO 2014192147 A1	04-12-2014	KEINE	

DE 102011010369 A1	09-08-2012	KEINE	
