

(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
19. Juni 2014 (19.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/090544 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/00 (2006.01) *F02D 13/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/074444

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. November 2013 (22.11.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 024 318.9
13. Dezember 2012 (13.12.2012) DE

(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN**
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Berliner Ring 2,
38440 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder: **LINDENKAMP, Nils**; Am Großen Schafkamp
41, 38126 Braunschweig (DE). **HOFFMEYER, Henrik**;
Wedekindplatz 2, 30161 Hannover (DE). **HAGELSTEIN,**
Dirk; Grabenhorst 64, 38110 Braunschweig (DE).

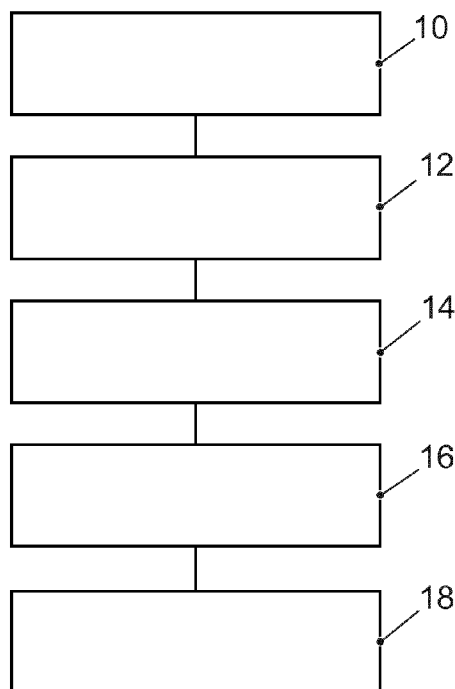
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP,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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) **Abstract:** A method for operating an internal combustion engine is disclosed. The internal combustion engine has at least one combustion chamber, an intake pipe, a compressor for generating a charge with a charge density in the intake pipe and a device for modifying a volumetric efficiency of the charge from the intake pipe into the at least one combustion chamber. In the method, a part of the charge is transferred from the intake pipe into the at least one combustion chamber with a volumetric efficiency which is adjusted as a function of the charge density. The volumetric efficiency is determined and adjusted on the basis of the air pressure prevailing in an environment of the internal combustion engine.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine offenbart. Die Brennkraftmaschine weist wenigstens einen Brennraum, ein Saugrohr, einen Verdichter zum Erzeugen einer Ladung mit einer Ladungsdichte im Saugrohr und eine Vorrichtung zur Veränderung eines Liefergrades der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum auf. Im Verfahren wird ein Teil der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum mit einem Liefergrad übertragen, wobei der Liefergrad in Funktion der Ladungsdichte eingestellt ist. Der Liefergrad wird dabei in Abhängigkeit des in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt und eingestellt.

FIG. 1

WO 2014/090544 A1



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)

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aktuell verbreitet zum Einsatz gelangende Brennkraftmaschinen, insbesondere Ottomotoren, sind in ihrem thermodynamischen Wirkungsgrad aufgrund der notwendigen Drosselung der quantitativen Laststeuerung sowie des reduzierten Verdichtungsverhältnisses zur Vermeidung von Motorklopfen begrenzt. Einen verbreiteter Ansatz zur Entdrosselung im Teillastbetrieb und/oder zur Reduzierung der Verdichtungsendtemperatur stellen die sogenannten Miller-Verfahren und/oder Atkinson-Verfahren – in dieser Darstellung vereinfacht alle als Miller-Verfahren bezeichnet – dar. Der Luftaufwand und die effektive Verdichtung werden reduziert, indem der Einlass in den Brennraum bereits zu einem frühen Zeitpunkt in Bezug auf den oberen Totpunkt geschlossen wird („Frühes Einlass schließt“, FES) oder indem der Einlass in den Brennraum zu einem späten Zeitpunkt in Bezug auf den oberen Totpunkt geschlossen wird („Spätes Einlass schließt“, SES). Eine mit einem Miller-Verfahren betriebene Brennkraftmaschine kann dahingehend ausgelegt oder konstruiert sein, dass im Vergleich zu einer konventionell betriebenen Brennkraftmaschine ein erhöhtes geometrisches Verdichtungsverhältnis vorliegt.

Um den bei einem Miller-Verfahren auftretenden Füllungsverlust ohne Drehmomenteinbuße ausgleichen zu können, muss der Saugrohrdruck und damit die Verdichtungsleistung deutlich gesteigert werden. Um die erhöhte Verdichtungsleistung darstellen zu können, kommt bevorzugt entweder ein Abgasturbolader (ATL) mit variabler Turbinengeometrie oder eine mehrstufige, zum Beispiel zweistufige Aufladung, beispielsweise mittels eines Waste Gate-ATL in Kombination mit einem mechanisch angetriebenen Verdichter zum Einsatz. Im Allgemeinen wird die Größe und Thermodynamik eines ATL-Verdichters so ausgelegt, dass sich alle Verdichterbetriebspunkte zu jedem Zeitpunkt, insbesondere die Volllastkurve, innerhalb der sogenannten Pumpgrenze, Stopfgrenze und Drehzahlgrenze, welche das darstellbare Kennfeld im Diagramm des Druckverhältnisses in Funktion des reduzierten Massestroms begrenzen, befinden. Um auch bei sinkendem Luftdruck, zum Beispiel mit zunehmender geodätischer

Höhenposition des Fahrzeugs über Normalnull (Meeresspiegel), das gleiche Volllastdrehmoment erzielen zu können, muss der Verdichter ein größeres Druckverhältnis zur Verfügung stellen. In der Praxis wird dieses durch eine deutliche Erhöhung der ATL-Drehzahl erreicht, wobei aber auch unter diesen Bedingungen immer zu gewährleisten ist, dass alle Motorbetriebspunkte sich sicher innerhalb des darstellbaren Kennfelds des Verdichters befinden. Darüber hinaus muss zusätzlich zur Höhenreserve im Allgemeinen – falls kein Drehzahlsensor am ATL verbaut ist – noch eine Drehzahlreserve für On-Bord-Diagnose (OBD) Funktionen vorgehalten werden, zum Beispiel zur Leckage-Detektion. Als OBD-Drehzahlreserve werden in der Praxis verbreitet ca. 5 bis 10% der maximalen ATL-Drehzahl vorgehalten.

Diese Tatsachen führen nachteilig zu der Situation, dass der ATL eines Motors mit Standard-Steuerzeiten daher in der Größe und Thermodynamik immer so ausgelegt werden, dass der ATL unter allen Randbedingungen, wie zum Beispiel bei Hitze oder Höhe sicher betrieben werden kann. In Konsequenz wird der ATL für Normbedingungen (20°C, 0m Höhe) tendenziell zu groß ausgelegt. Dies wiederum hat zur Folge, dass zum einen das Drehmoment bei niedrigen Drehzahlen (Low-End-Torque) als auch das Ansprechverhalten des ATLs nicht optimal ist beziehungsweise das Potenzial nicht vollständig ausgenutzt wird. Diese Problematik verschärft sich deutlich bei einem erhöhten Ladedruck, wie er bei einem Miller-Verfahren benötigt wird.

Im Dokument DE 102 34 103 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Einlassventils einer Brennkraftmaschine mit einem Luftsaugrohr beschrieben. Ein Schließzeitpunkt des Einlassventils wird in Abhängigkeit von einer Gasdruckwelle, welche beispielsweise durch Luftdruckschwingungen hervorgerufen wird, im Luftsaugrohr gesteuert. Dabei kann der Schließzeitpunkt in einem Arbeitszyklus relativ zum Kurbelwellenwinkel unterschiedlich zum Schließzeitpunkt im vorhergehenden Arbeitszyklus sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Brennkraftmaschine mit einem Verdichter innerhalb des darstellbaren Kennfelds zu betreiben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen charakterisiert.

Im erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die wenigstens einen Brennraum, ein Saugrohr, einen Verdichter zum Erzeugen einer Ladung mit einer Ladungsdichte im Saugrohr und eine Vorrichtung zur Veränderung eines Liefergrades der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum aufweist, wird ein Teil der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum mit einem Liefergrad übertragen, wobei der Liefergrad in Funktion der Ladungsdichte eingestellt ist. Der Liefergrad wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit des in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt und eingestellt.

Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt eine Kolbenmaschine, insbesondere mit mehreren, zum Beispiel drei, vier oder sechs Kolben. Der Brennraum ist bevorzugt ein Zylinderbrennraum. Der Verdichter kann insbesondere der Verdichter eines Abgasturboladers oder ein elektrisch angetriebener Verdichter (E-Booster) sein. Die Vorrichtung zur Veränderung des Liefergrades ist in bevorzugter Ausführungsform Teil einer Einrichtung zur Variation der Einlass- und/oder Auslasszeiten und/oder Einlass- und/oder Auslassverläufe der Einlass- und/oder Auslassvorrichtungen des Brennraums, zum Beispiel Teil eines variablen Ventiltriebs. Die Umgebung insbesondere enthält einen oder ist ein Raumteil, aus welchem Luft über den Verdichter in das Saugrohr gelangt.

In vorteilhafter Weise kann im erfindungsgemäßen Verfahren auf die Veränderung oder Abweichung von einem Standardwert des in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks, der unter anderem von der geodätischen Höhe und/oder der Wetterlage abhängt, durch eine adäquate Einstellung des Liefergrades, insbesondere eine ausgleichende oder kompensierende Einstellung reagiert werden. In der Folge verlagert sich der Arbeitspunkt oder Betriebspunkt des Verdichters im Kennfeld nicht. Diese Tatsache kann bei der konstruktiven Auslegung von Verdichtern vorteilhaft ausgenutzt werden: Es ist bei Nutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht mehr notwendig, eine Luftdruckreserve/Höhenreserve, einen ausreichend weiten Abstand der Arbeitspunkte unter Standardbedingungen von den Grenzen des Kennfelds, einzuplanen.

Es kann des Weiteren im erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der Liefergrad in Abhängigkeit der in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Temperatur bestimmt, insbesondere gemessen, und eingestellt werden. Die Temperatur kann insbesondere ein Parameter sein, welcher den bei einer bestimmten geodätischen Höhe über Normalnull zu erwartenden Druck beeinflusst.

In besonders bevorzugter Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren in einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine durchgeführt oder angewendet. Mit anderen Worten, bevorzugt ist die Brennkraftmaschine eine fremdgezündete Brennkraftmaschine, zum Beispiel ein Otto-Motor. Es ist des Weiteren besonders bevorzugt, das im erfindungsgemäßen Verfahren die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum betrieben wird, das kleiner als das maximale geometrische Verdichtungsverhältnis des Brennraums ist. Mit anderen Worten, dass die Brennkraftmaschine in einem Miller-Verfahren betrieben wird. Ein Millergrad ist dabei ein Maß für die Größe der Reduktion der effektiven Verdichtung.

In einer Gruppe von Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum mittels einer Variation des Zustandsübergangszeitpunkts, insbesondere des Öffnungszeitpunkts oder des Schließzeitpunkts, wenigstens eines Ventils zum Einlass von Ladung in den Brennraum verändert. Es kann des Weiteren zu diesem Zweck auch ein Zustandsübergangszeitpunkt, insbesondere ein Öffnungszeitpunkt oder ein Schließzeitpunkt, oder ein Zustandsübergangsintervall, insbesondere der Verlauf eines Öffnungsvorgangs oder eines Schließvorgangs, wenigstens eines Ventils zum Auslass von Ladung in den Brennraum variiert werden. Konkret kann diese Variation mittels eines variablen Ventiltriebs erfolgen.

Im erfindungsgemäßen Verfahren kann nach Feststellung der Verringerung des Umgebungsluftdrucks das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum erhöht werden und/oder nach Feststellung der Erhöhung des Umgebungsluftdrucks das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum verringert werden. Auf diese Weise kann die geänderte Luftdichte im Saugrohr dadurch kompensiert werden, dass die geometrische Verdichtung im Brennraum entgegenwirkend geändert wird.

Alternativ dazu kann nach Feststellung der Verringerung der Temperatur das effektive Verdichtungsverhältnis verringert werden und/oder nach Feststellung der Erhöhung der Temperatur das effektive Verdichtungsverhältnis erhöht werden. Auf diese Weise kann die bei einer anderen Temperatur existierende geänderte Luftdichte im Saugrohr dadurch kompensiert werden, dass die geometrische Verdichtung im Brennraum entgegenwirkend geändert wird.

In einer Gruppe von Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst eine Druckgrenze, insbesondere eine Druckuntergrenze, in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdruck bestimmt. Die weiteren Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden genau dann durchgeführt, wenn der gemessene

Luftdruck jenseits der Druckgrenze liegt, insbesondere, wenn die Druckuntergrenze unterschritten ist. Alternativ dazu wird in einer Gruppe von Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens zunächst eine Druckobergrenze für den Verdichter in Abhängigkeit des in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt. Die weiteren Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden genau dann durchgeführt, wenn ein vom Verdichter notwendig zu erzeugender Druck jenseits der Druckgrenze liegt, insbesondere, wenn die Druckobergrenze überschritten wird. Auf diese Weise wird vorteilhaft ein Parameterbereich zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens festgelegt. Liegt der Druck außerhalb des definierten Parameterbereichs kann insbesondere ein anderes, sich vom erfindungsgemäßen Verfahren verschiedenes Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine durchgeführt werden.

In besonders bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei gleichbleibender Leistungsabgabe und bei Änderung des Luftdrucks, so dass der Liefergrad verändert wird (bei Veränderung des Liefergrades aufgrund einer Variation des Luftdrucks), der Verdichter mit im Wesentlichen unveränderten Parametern betrieben. Mit anderen Worten, der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens bewirkt, dass der Verdichter mit seinen genutzten Parametern, konkret an derselben Stelle im Kennfeld, demselben Verdichterbetriebspunkt, betrieben werden kann, insbesondere nicht jenseits der Grenzen des darstellbaren Kennfelds. Der veränderte Liefergrad wird dann ausschließlich in erfindungsgemäßer Weise zumindest teilweise kompensiert.

In konkreten Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Luftdruck mit einem Drucksensor gemessen werden. Des Weiteren oder alternativ dazu kann die in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Temperatur mit einem Temperatursensor gemessen werden. Anders gesagt, es kann jeweils eine direkte Messung der Größe erfolgen. Auf diese Weise sind die für das erfindungsgemäße Verfahren benötigten Ist-Werte schnell und unmittelbar zu gewinnen. Alternativ zum Druck kann auch die Dichte der in der Umgebung der Brennkraftmaschine vorhandenen Luft gemessen werden. Ein berechnender Ansatz umfasst die Bestimmung des Drucks in Funktion der festgestellten geodätischen Höhe der Brennkraftmaschine über Normalnull, zum Beispiel mittels Höhendaten, die über die Positionsbestimmung der Brennkraftmaschine mit Hilfe eines Navigationssystems erhältlich sind. Dabei kann in einer Weiterentwicklung die Temperatur in die Berechnungsvorschrift als zusätzlicher Parameter einfließen.

Im Zusammenhang des erfindungsgemäßen Verfahrens steht auch eine Brennkraftmaschine mit einer Steuerungseinheit mit einem Computer. Der Computer der Steuerungseinheit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine weist einen Speicher auf. Im Speicher des Computers der Steuerungseinheit ist erfindungsgemäß ein Programm abgelegt ist, das wenigstens einen Teilabschnitt aufweist, bei dessen Ausführung die Brennkraftmaschine mit einem Verfahren mit Merkmalen oder Merkmalskombinationen gemäß dieser Darstellung betrieben wird.

Die Brennkraftmaschine kann insbesondere eine selbstzündende oder eine fremdzündende Brennkraftmaschine (bevorzugt), zum Beispiel ein Dieselmotor oder ein Ottomotor (bevorzugt) sein. Besonders bevorzugt ist die Brennkraftmaschine für den Einsatz in einem schienenlosen Landfahrzeug, insbesondere ein Radfahrzeug, zum Beispiel ein Personenkraftwagen oder einen Lastkraftwagen geeignet.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren dargestellt. Es zeigt im Einzelnen:

Figur 1 ein schematisches Ablaufdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Figur 2 ein schematisches Ablaufdiagramm einer Füllungsregelung.

Bevor der Ablauf der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Bezug auf die Figur 1 näher beschrieben wird, sei vorangestellt, dass bevorzugt das erfindungsgemäße Verfahren bei einem hochverdichtenden Ottomotor mit Ventilsteuerzeiten gemäß einem Miller-Verfahren zum Einsatz gelangt. Um ein Motorklopfen bei einem hohen geometrischen Motor-Verdichtungsverhältnis zu verhindern, kann bei hohen Motorlasten der Liefergrad beziehungsweise der Luftaufwand über die Miller-Steuerzeiten deutlich reduziert werden. Zur Erhaltung des Wirkungsgrads wird dabei die Reduzierung des Liefergrads durch eine Erhöhung des Saugrohrdrucks, insbesondere mittels eines Verdichters, zum Beispiel eines Turboladers, kompensiert. Dabei stehen der Liefergrads λ_i und der Saugrohrdruck ρ_{SGR} im Wesentlichen in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis:

$$\lambda_i \sim \frac{1}{\rho_{SGR}} .$$

Erfindungsgemäß wird dieser Zusammenhang genutzt, um die Drehzahlgrenze des Verdichters, insbesondere eines Abgasturboladers, – auch bei von einem Normluftdruck abweichenden vorherrschenden Luftdruck, zum Beispiel in einer bestimmten geodätischen Höhe – einhalten zu können. Der Luftaufwand wird bei abnehmendem Luftdruck, zum Beispiel bei zunehmender Höhe, durch eine Verstellung des Ventiltriebs, also Änderung der Ventilsteuerzeiten, so weit erhöht werden, dass durch die Reduzierung des Millergrades der Ladedruckbedarf sinkt und alle Motorbetriebspunkte innerhalb der Grenzen des Verdichter kennfelds liegen.

Bezugnehmend auf die Figur 1 wird in der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Schritt 10 ein Ottomotor mit einer Mehrzahl, zum Beispiel drei, vier oder sechs Zylindern als Brennräume, einem Saugrohr und wenigstens einem Verdichter, welcher Teil eines Abgasturboladers ist, bereitgestellt. Der Verdichter des Abgasturboladers dient der Erzeugung einer Ladung mit einer Ladungsdichte im Saugrohr. Der Ottomotor weist als Vorrichtung zur Veränderung des Liefergrades der Ladung vom Saugrohr in die Zylinder, die Brennräume, einen variablen Ventiltrieb zur Bewegung der Einlass- und Auslassventile der Zylinder auf. Im Schritt 12 wird der Ottomotor mit einem Verdichtungsverhältnis der Ladung in wenigstens einem Zylinder betrieben, das kleiner als das maximale geometrische Verdichtungsverhältnis des Zylinders ist. Mit anderen Worten, der Ottomotor wird in einem Miller-Brennverfahren betrieben. Das Verdichtungsverhältnis im Zylinder ist dann vom Millergrad abhängig und kleiner als das geometrisch vorgegebene maximale Verdichtungsverhältnis des Zylinders. Dabei kann das effektive Verdichtungsverhältnis, insbesondere das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum mittels einer Variation des Schließzeitpunkts wenigstens eines Ventils zum Einlass von Ladung in den Brennraum verändert werden. Im Schritt 14 werden der in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Luftdruck mit einem Drucksensor und die in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Temperatur mit einem Temperatursensor gemessen.

Ausgehend von den konkreten technischen Daten des Verdichters wird in Schritt 16 eine Druckobergrenze für den Verdichter in Abhängigkeit des in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt. Liegt bei einer Lastanforderung der vom Verdichter notwendig zu erzeugende Druck jenseits der Druckobergrenze, wird erfindungsgemäß in Schritt 18 ein Teil der Ladung vom Saugrohr in wenigstens einen Zylinder mit einem reduzierten Liefergrad übertragen. Der reduzierte Liefergrad wird konkret von den Steuerzeiten der Einlassventile und/oder Auslassventile beeinflusst beziehungsweise gesteuert. Dabei wird der reduzierte Liefergrad in Funktion der Ladungsdichte bestimmt und eingestellt, wobei die Ladungsdichte in Abhängigkeit des in einer Umgebung der Brennkraftmaschine, aus

welchem Luft über den Verdichter in das Saugrohr gelangt, herrschenden Luftdrucks und der in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Temperatur steht. Quantitativ wird der Liefergrad - werden also die Steuerzeiten des Miller-Verfahrens - derart verändert, dass bei gleichbleibender Leistungsabgabe trotz von Standardbedingungen abweichendem Luftdruck und abweichender Temperatur der Verdichter mit im Wesentlichen unveränderten Parametern, also an demselben Betriebspunkt im Verdichterkennfeld, betrieben wird.

Das bedeutet insbesondere, dass bei einem gemessenen Umgebungsluftdruck, der geringer als der Standardluftdruck ist, das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Zylinder erhöht wird und dass bei einem gemessenen Umgebungsluftdruck, der höher als der Standardluftdruck ist, das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Zylinder verringert wird. Es bedeutet insbesondere auch, dass bei einer gemessenen Temperatur, die geringer als die Standardtemperatur ist oder die einen Luftdruck bedingt, der höher als der Standardluftdruck ist, das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Zylinder verringert wird und bei einer gemessenen Temperatur, die höher als die Standardtemperatur ist oder die einen Luftdruck bedingt, der geringer als der Standardluftdruck ist, das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum erhöht wird.

An dieser Stelle sei nicht unerwähnt, dass aufgrund der Reduzierung des Millergrades die Klopfempfindlichkeit eines hochverdichteten Ottomotors zunehmen kann. Eine dadurch eventuell notwendige Verspätung des Zündwinkels und die damit einhergehende Verspätung der Schwerpunktlage der Verbrennung kann zu einer moderaten Verschlechterung des Kraftstoffverbrauches führen. Des Weiteren kann aufgrund des geringeren Millergrades und der späteren Schwerpunktlagen der Verbrennung die Abgastemperatur ansteigen. Falls die zulässige Abgastemperatur für die dem Auslassventil nachgelagerten Bauteil, zum Beispiel Turbinengehäuse, Turbinenrad, Katalysator, gegebenenfalls integrierter Abgaskrümmern, in der Folge überschritten wird, sollte das Gemisch im Brennraum zum Bauteilschutz mit Kraftstoff angefettet werden. Dies wiederum kann zu einer moderaten Verschlechterung des Kraftstoffverbrauches führen. Zum Minimieren des Anfettens zum Bauteilschutz bietet sich die Integration eines Drehzahlsensors im Abgasturbolader an. So kann bei Vorgabe der maximalen Drehzahl des Abgasturboladers immer exakt der minimale beziehungsweise thermodynamisch optimale Luftaufwand eingestellt werden. Bei zusätzlichem Entfall der OBD-Drehzahlreserve kann der Millergrad weiter erhöht und damit die Anfettung weiter abgesenkt werden.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es auch bei einem hochverdichteten Miller-Verfahren durch die Anpassung der Steuerzeiten (Verstellung zu mehr Luftaufwand) des Ventiltriebs möglich, die Grenzen des Verdichterkennfelds auch bei Hitze und Höhe einhalten

zu können. Daher kann der Verdichter, insbesondere des Abgasturboladers, bei einem hochverdichteten Miller-Verfahren auch für Normbedingung (20°C, 0m Höhe) optimal ausgelegt werden.

Die Figur 2 dient der schematischen Darstellung des konkreten Vorgehens bei der Applikation einer Steuerungseinheit einer Brennkraftmaschine für die Durchführung einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die absolute Drehzahlobergrenze des Abgasturboladers ist herstellungsbedingt vorgegeben. Mittels dieser Drehzahlobergrenze kann aus dem Verdichterkennfeld das maximal mögliche Druckverhältnis $\pi_{\max}$ über dem reduzierten Verdichtermassenstrom $\dot{m}_{red,V}$ abgeleitet werden. Der reduzierte Verdichtermassenstrom $\dot{m}_{red,V}$ ist definiert als

$$\dot{m}_{red,V} = \dot{m}_V * \left(\frac{T_1}{T_{1,ref}} * \frac{p_{1,ref}}{p_1} \right),$$

wobei $\dot{m}_V$ den Verdichtermassenstrom, T_1 eine gemessene Temperatur, $T_{1,ref}$ eine Referenztemperatur (Standardtemperatur), p_1 einen gemessenen Druck und $p_{1,ref}$ einen Referenzdruck (Standarddruck) bezeichnen. Das maximal mögliche Druckverhältnis $\pi_{\max} = f(\dot{m}_{red,V})$ ist als Kennlinie in der Füllungsregelung im Steuergerät des Motors hinterlegt.

Wird der Steuerungseinheit beispielsweise über das Gaspedal des Fahrzeugs, ein Momentenwunsch M_{soll} vorgegeben, so impliziert dieser einen Soll-Luftmassenstrom $\dot{m}_V$, welcher in der Steuerungseinheit berechnet wird. Mit einem Umgebungsdrucksensor p_U und einem Außen-Temperatursensor T_U werden Druck p_1 und Temperatur T_1 vor Verdichtereintritt über ein Modell ermitteln. Ausgehend von den Werten T_1 , p_1 und $\dot{m}_V$ wird der reduzierte Verdichtermassenstrom $\dot{m}_{red,V}$ mittels der oben angegebenen Formel berechnet. Mit $\dot{m}_{red,V}$ wird dann aus der Kennlinie $\pi_{\max} = f(\dot{m}_{red,V})$ das aktuell maximal mögliche Druckverhältnis ermittelt.

Mit $\pi_{\max}$ und p_1 lässt sich nun der maximale Druck $p_{2,max}$ nach Verdichter beziehungsweise im Saugrohr (Druckobergrenze) berechnen aus

$$p_{2,max} = \pi_{\max} * p_1.$$

Der aus der Vorstellung ermittelte Wert für den erforderlichen Druck p_2 nach dem Verdichter wird mit der Druckobergrenze verglichen. Sollte der ermittelte Wert für den Druck p_2

überschreiten, wird dieser durch die Druckobergrenze limitiert, so dass gewährleistet ist, dass die maximale Drehzahlobergrenze des Abgasturboladers nicht überschritten wird.

Der auf diese Weise limitierte Wert für den Druck p_2 wird der eigentlichen Füllungsregelung / Füllungssteuerung übergeben. In diesem Modul der Steuerungseinheit wird ein Luftaufwand λ_A berechnet, so dass dem Motor die entsprechende Sollluftmasse $\dot{m}_{Luft,soll}$ zugeführt wird. Der Luftaufwand λ_A wird dann über den Ventiltrieb dargestellt, insbesondere über eine veränderte Steuerzeit für den Einlassschluss beziehungsweise durch Veränderung des Ventilhubes.

Zusammenfassend sei betont, dass wenn der Umgebungsluftdruck bei steigender Höhe absinkt und/oder die Umgebungstemperatur deutlich ansteigt, zur Kompensation der geringeren Dichte vor Verdichter das Verdichterdruckverhältnis an der Volllast ansteigen muss. Wenn dabei die Drehzahlobergrenze für den Verdichter überschritten wird – durch π_{max} limitiert –, so kann die Füllung und damit das Drehmoment über eine Vergrößerung des Luftaufwandes, insbesondere mittels einer Verstellung des Ventiltriebs, dargestellt werden. Auf diese Weise kann dadurch die Drehzahlobergrenze des Abgasturboladers zu jedem Zeitpunkt und unter allen Umgebungsbedingungen eingehalten werden.

Bezugszeichenliste

- 10 Erster Schritt: Bereitstellen einer Brennkraftmaschine
- 12 Zweiter Schritt: Betreiben in einem Miller-Verfahren
- 14 Dritter Schritt: Messen von Druck und Temperatur
- 16 Vierter Schritt: Bestimmen und Einstellen des Liefergrads
- 18 Fünfter Schritt: Übertragen der Ladung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die wenigstens einen Brennraum, ein Saugrohr, einen Verdichter zum Erzeugen einer Ladung mit einer Ladungsdichte im Saugrohr und eine Vorrichtung zur Veränderung eines Liefergrades der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum aufweist, in welchem ein Teil der Ladung vom Saugrohr in den wenigstens einen Brennraum mit einem Liefergrad übertragen wird, wobei der Liefergrad in Funktion der Ladungsdichte eingestellt ist, dadurch gekennzeichnet
dass der Liefergrad in Abhängigkeit des in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt und eingestellt wird.
2. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass der Liefergrad in Abhängigkeit der in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Temperatur bestimmt und eingestellt wird.
3. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass das Verfahren in einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
4. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum betrieben wird, das kleiner als das maximale geometrische Verdichtungsverhältnis des Brennraums ist.
5. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass das effektive Verdichtungsverhältnis mittels einer Variation des Schließzeitpunktes wenigstens eines Ventils zum Einlass von Ladung in den Brennraum verändert wird.

6. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass nach Feststellung der Verringerung des Umgebungsluftdrucks das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum erhöht wird und/oder nach Feststellung der Erhöhung des Umgebungsluftdrucks das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum verringert wird oder dass nach Feststellung der Verringerung der Temperatur das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum verringert wird und/oder nach Feststellung der Erhöhung der Temperatur das Verdichtungsverhältnis der Ladung im Brennraum erhöht wird.
7. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass eine Druckgrenze für den Verdichter in Abhängigkeit des in der Umgebung der Brennkraftmaschine herrschenden Luftdrucks bestimmt wird und das Verfahren durchgeführt wird, wenn ein vom Verdichter notwendig zu erzeugender Druck jenseits der Druckgrenze liegt.
8. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass bei gleichbleibender Leistungsabgabe und bei Änderung des Luftdrucks, so dass der Liefergrad verändert wird, der Verdichter mit im Wesentlichen unveränderten Parametern betrieben wird.
9. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet
dass der in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Luftdruck mit einem Drucksensor gemessen wird und/oder die in einer Umgebung der Brennkraftmaschine herrschende Temperatur mit einem Temperatursensor gemessen wird.
10. Brennkraftmaschine mit einer Steuerungseinheit mit einem Computer, dadurch gekennzeichnet
dass in einem Speicher des Computers der Steuerungseinheit ein Programm abgelegt ist, das wenigstens einen Teilabschnitt aufweist, bei dessen Ausführung die Brennkraftmaschine mit einem Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche betrieben wird.

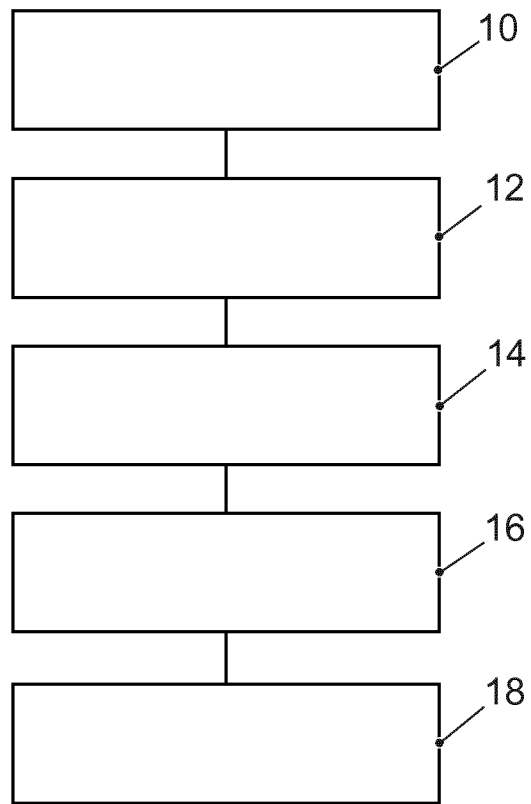


FIG. 1

2/2

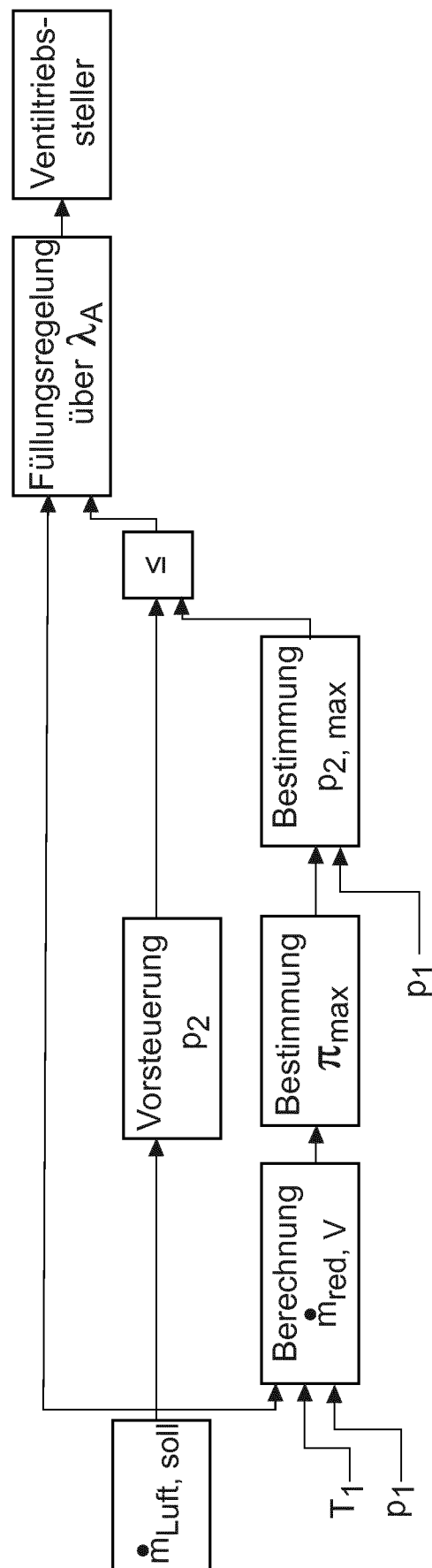


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/074444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/00 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 A	US 2004/267431 A1 (PIERPONT DAVID A [US] ET AL) 30 December 2004 (2004-12-30) the whole document -----	1,3-6,9, 10 7,8
X	FR 2 882 574 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 1 September 2006 (2006-09-01) the whole document -----	1-3,7-10
X	EP 2 489 861 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 22 August 2012 (2012-08-22) paragraphs [0002], [0013] - [0017], [0023] - [0024]; figure 1 paragraphs [0026] - [0031] -----	1-6,10
X	FR 2 934 643 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5 February 2010 (2010-02-05) pages 1,3,5,6; figure 1 ----- -/-	1,3,10



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

26 February 2014

Date of mailing of the international search report

06/03/2014

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

Ossanna, Luca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/074444

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/056494 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AKIHISA DAISUKE [JP]; SAWADA DAISAKU [JP]; K) 15 May 2008 (2008-05-15) the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/074444

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004267431	A1	30-12-2004	DE 102004018842 A1	13-01-2005
			JP 4394519 B2	06-01-2010
			JP 2005016518 A	20-01-2005
			US 2004267431 A1	30-12-2004
			US 2005279329 A1	22-12-2005

FR 2882574	A1	01-09-2006	NONE	

EP 2489861	A1	22-08-2012	CN 102575589 A	11-07-2012
			EP 2489861 A1	22-08-2012
			JP 5185910 B2	17-04-2013
			JP 2011085089 A	28-04-2011
			KR 20120068027 A	26-06-2012
			US 2012279218 A1	08-11-2012
			WO 2011046041 A1	21-04-2011

FR 2934643	A1	05-02-2010	NONE	

WO 2008056494	A1	15-05-2008	BR PI0708960 A2	28-06-2011
			CN 101384809 A	11-03-2009
			EP 2054601 A1	06-05-2009
			ES 2339301 T3	18-05-2010
			JP 4259569 B2	30-04-2009
			JP 2008121499 A	29-05-2008
			KR 20080113373 A	30-12-2008
			US 2009012700 A1	08-01-2009
			WO 2008056494 A1	15-05-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/00 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 A	US 2004/267431 A1 (PIERPONT DAVID A [US] ET AL) 30. Dezember 2004 (2004-12-30) das ganze Dokument -----	1,3-6,9, 10 7,8
X	FR 2 882 574 A1 (INST FRANCAIS DU PETROLE [FR]) 1. September 2006 (2006-09-01) das ganze Dokument -----	1-3,7-10
X	EP 2 489 861 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 22. August 2012 (2012-08-22) Absätze [0002], [0013] - [0017], [0023] - [0024]; Abbildung 1 Absätze [0026] - [0031] -----	1-6,10
X	FR 2 934 643 A1 (RENAULT SAS [FR]) 5. Februar 2010 (2010-02-05) Seiten 1,3,5,6; Abbildung 1 ----- -/-	1,3,10

☒ 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

26. Februar 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/03/2014

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

Ossanna, Luca

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2008/056494 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AKIHISA DAISUKE [JP]; SAWADA DAISAKU [JP]; K) 15. Mai 2008 (2008-05-15) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/074444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004267431	A1	30-12-2004	DE 102004018842 A1	13-01-2005
			JP 4394519 B2	06-01-2010
			JP 2005016518 A	20-01-2005
			US 2004267431 A1	30-12-2004
			US 2005279329 A1	22-12-2005

FR 2882574	A1	01-09-2006	KEINE	

EP 2489861	A1	22-08-2012	CN 102575589 A	11-07-2012
			EP 2489861 A1	22-08-2012
			JP 5185910 B2	17-04-2013
			JP 2011085089 A	28-04-2011
			KR 20120068027 A	26-06-2012
			US 2012279218 A1	08-11-2012
			WO 2011046041 A1	21-04-2011

FR 2934643	A1	05-02-2010	KEINE	

WO 2008056494	A1	15-05-2008	BR PI0708960 A2	28-06-2011
			CN 101384809 A	11-03-2009
			EP 2054601 A1	06-05-2009
			ES 2339301 T3	18-05-2010
			JP 4259569 B2	30-04-2009
			JP 2008121499 A	29-05-2008
			KR 20080113373 A	30-12-2008
			US 2009012700 A1	08-01-2009
			WO 2008056494 A1	15-05-2008
