

(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  
27. März 2014 (27.03.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/044388 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F02D 13/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/002812
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
18. September 2013 (18.09.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2012 018 692.4  
21. September 2012 (21.09.2012) DE
- (71) Anmelder: DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstrasse 137, 70327 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: KOCH, Thomas; Edith-Stein-Weg 1a, 76327 Pfinztal-Berghausen (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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, IN PARTICULAR AN OTTO ENGINE, HAVING AT LEAST ONE INLET VALVE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ZUMINDEST EIN EINLASSVENTIL AUFWEISENDEN BRENNKRAFTMASCHINE, INSBESONDERE EINES OTTOMOTORS

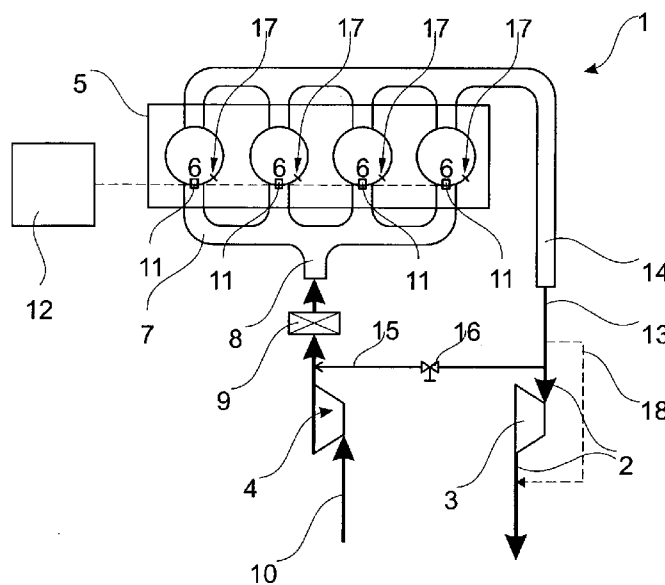


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (1), in particular an Otto engine, having at least one inlet valve (11), in which - a charged air stream fed to the internal combustion engine is compressed using a turbocharger (2), - the at least one inlet valve (11) of the internal combustion engine (1) is closed at a very early first time (t<sub>1</sub>) or at a very late second time (t<sub>2</sub>) in part-load operation, - the at least one inlet valve (11) is closed at an early third time (t<sub>3</sub>) or at a late fourth time (t<sub>4</sub>) during transition from the part-load operation to full-load operation, the third time (t<sub>3</sub>) succeeding the first time (t<sub>1</sub>) and the fourth time (t<sub>4</sub>) preceding the second time (t<sub>2</sub>).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil (11) aufweisenden Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Ottomotors, bei dem - ein der Brennkraftmaschine (1) zugeführter Ladeluftstrom mit einem Abgasturbolader (2) verdichtet wird, - in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/044388 A1

---

(1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) geschlossen wird, - bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das zumindest eine Einlassventil (11) zu einem frühen dritten Zeitpunkt ( $t_3$ ) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt ( $t_4$ ) geschlossen wird, wobei der dritte Zeitpunkt ( $t_3$ ) nach dem ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) und der vierte Zeitpunkt ( $t_4$ ) vor dem zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) liegt.

Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil aufweisenden  
Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil aufweisenden Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors. Die Erfindung betrifft ferner eine mit diesem Verfahren betriebene Brennkraftmaschine sowie ein Kraftfahrzeug mit einer derartigen Brennkraftmaschine.

In modernen Nutzfahrzeugen werden üblicherweise Dieselmotoren als Brennkraftmaschinen eingesetzt. Bauartbedingt sind in solchen Dieselmotoren hohe Verdichtungsverhältnisse möglich, die einen vergleichsweise hohen thermodynamischen Wirkungsgrad und in der Folge auch eine hohe Wirtschaftlichkeit eines einen solchen Dieselmotor verwendenden Nutzfahrzeugs nach sich ziehen. Allerdings sind sowohl das Einspritzsystem des Dieselmotors zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer des Dieselmotors als auch weitere Komponenten des Dieselmotors relativ teuer. Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung eines Dieselmotors in Nutzfahrzeugen besteht darin, dass die vom Dieselmotor ausgestoßenen Schadstoffemission, insbesondere in einem Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine, nicht vernachlässigbar sind und einer aufwändigen Abgasnachbehandlung bedürfen. Demgegenüber können fremdgezündete Ottomotoren in einem sogenannten Magerbetrieb betrieben werden. Zudem sind die bei der Verbrennung entstehenden Abgase der als Ottomotor ausgebildeten Brennkraftmaschine im Vergleich zu einem Dieselmotor nahezu rußfrei. Demgegenüber ist die Wirtschaftlichkeit von Ottomotoren durch eine Vielzahl von thermodynamischen Randbedingungen begrenzt. Zudem darf im Hinblick auf die sogenannte Klopfneigung von Kraftstoff für Ottomotoren das geometrische Verdichtungsverhältnis ein vorbestimmtes Grenzmaß nicht überschreiten, welches deutlich unter dem eines Dieselmotors liegt. Entsprechend ist der thermodynamische Wirkungsgrad eines Ottomotors kleiner als der eines Dieselmotors.

Zur Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrades eines Ottomotors kann dieser in einem sogenannten Miller-Betrieb als „Miller-Motor“ betrieben werden. In einem

solchen Miller-Betrieb wird ein herkömmlicher Ottomotor mit einem gegenüber dem Normalbetrieb des Ottomotors erhöhten Verdichtungsverhältnis betrieben. Um eine daraus resultierende Klopfneigung des Miller-Motors zu reduzieren, werden die Einlassventile der Zylinder der Brennkraftmaschine sehr früh oder sehr spät, also insbesondere deutlich vor oder deutlich nach dem dem unteren Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine zugeordneten Kurbelwinkel von  $540^\circ$ , geschlossen. Dies bedeutet, dass das Ansaugen von frischer Verbrennungsluft in die Brennkammer über das Einlassventil entweder vorzeitig abgebrochen wird, oder aber ein Teil der bereits in die Brennkammer angesaugten Luftmenge wieder zurück in den Ansaugtrakt, der dem Einlassventil vorgeschaltet ist, zurückgeschoben wird. In beiden Fällen wird der jeweilige Zylinder nur unvollständig gefüllt, wodurch das unerwünschte Auftreten von Klopfen in der Brennkammer vermieden oder zumindest vermindert werden kann.

Aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der DE 199 50 677 A1, ist bekannt, dass ein herkömmlicher Ottomotor als Miller-Motor in Kombination mit einer Abgasrückführung betrieben werden kann. Weiterhin kann gemäß dieser Weiterbildung die Brennkraftmaschine sowohl in einem Teillast- als auch in einem Vollastbetrieb betrieben werden, so dass durch eine geeignete Steuerzeit-Einstellung des Einlass- und Auslassventils im Vollastbetrieb das erhöhte Verdichtungsverhältnis wieder zurückgenommen werden kann. Zusätzlich kann gemäß dieser Weiterbildung auch eine Aufladung mittels eines der Brennkraftmaschine nachgeschalteten Abgasturboladers erfolgen. Allerdings ist ein derartig betriebener Ottomotor für den Vollastbetrieb nur eingeschränkt geeignet, da die Kolben der Brennkraftmaschine und auch abgasführende Teile im Bereich der Auslassventile hohen thermischen Belastungen unterliegen. Zur Reduzierung dieser unerwünschten hohen thermischen Belastungen wird im Vollastbetrieb üblicherweise eine Anfettung des Kraftstoff-Luftgemisches vorgenommen, was allerdings zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und auch zu einer erhöhten Schadstoffemission der Brennkraftmaschine führen kann.

Die DE 10 2006 032 719 A1 offenbart ein Verfahren zum Betrieb eines Ottomotors mit verbesserter Wirtschaftlichkeit. Gemäß diesem Verfahren wird mindestens ein Einlassventil des Ottomotors sehr früh oder sehr spät geschlossen. Ein solches sehr frühes bzw. sehr spätes Schließen des mindestens einen Einlassventils erzeugt eine Verringerung des Temperaturniveaus bei verbessertem thermodynamischem Wirkungsgrad. Die durch die Schließzeiten der Einlassventile verringerte Zylinderfüllung wird durch die Verdichtung des Verbrennungsluftstroms mittels eines Abgasturboladers zumindest näherungsweise kompensiert, so dass ein hinreichend hohes Leistungsniveau

zur Verfügung steht. Als weitere Maßnahme zur Temperaturverringerung kann dem Verbrennungsluftstrom zumindest bei Vollast ein Teilstrom von abgeführtem Abgas als Abgasrückführung zugeführt werden. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht jedoch darin, dass in einem sogenannten Transient-Betrieb der Brennkraftmaschine, d.h. während eines Lastwechsels der Brennkraftmaschine von einer niedrigen Last zu einer höheren Last oder gar zu einer Vollast, die Lastaufnahme oder auch der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine relativ unbefriedigend ist.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine anzugeben, bei welcher oben genannte Nachteile beseitigt oder zumindest reduziert sind. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine entsprechende Brennkraftmaschine zur Durchführung eines solchen verbesserten Verfahrens anzugeben.

Oben genannte Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, bei einem Übergang der Brennkraftmaschine von einem Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb, also im sogenannten Transientbetrieb, den Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils für einen vordefinierten Zeitraum, also temporär, in Richtung zu einem Zeitpunkt hin zu verschieben, zu welchem sich der Kolben der Brennkraftmaschine an einem unteren Totpunkt befindet. Dies bedeutet, dass sich der Kolben während des Übergangs vom Teillast- in den Vollastbetrieb zum Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils näher an der unteren Totpunkt-Position befindet als während des eigentlichen Teillast- oder Vollastbetriebs. Auf diese Weise wird beim Übergang vom Teillast- in den Vollastbetrieb kurzzeitig eine erhöhte Luftmenge in die Brennkammer eingebracht. Mittels eines derartigen kurzfristig erhöhten Luftmassendurchsatzes durch die Brennkammer der Brennkraftmaschine wird auch die Turbinenleistung des Abgasturboladers vorübergehend erhöht, was eine vorübergehende Leistungssteigerung der gesamten Brennkraftmaschine zur Folge hat. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit die beim Übergang vom Teillast- in den Vollastbetrieb erwünschte Leistungszunahme gegenüber herkömmlichen, oben erläuterten Verfahren besonders schnell und effektiv zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig kann aber auch der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine beim Transientbetrieb wie auch beim Teillast- und Vollastbetrieb generell relativ niedrig gehalten werden.

Im reinen Teillast- bzw. Volllastbetrieb wird gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens die Brennkraftmaschine in einem herkömmlichen Miller-Betrieb, in welchem das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt geschlossen wird, oder in einem sogenannten Atkinson-Betrieb, in welchem das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt geschlossen wird, betrieben. Das erfindungsgemäße Verfahren basiert also auf einem herkömmlichen Miller- bzw. Atkinson-Betrieb der Brennkraftmaschine unter Teil- und Volllast sowie aus einem modifizierten Verfahren im Transientbetrieb beim Übergang von der Teillast zur Volllast.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird im reinen Volllast- oder/und Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine das zumindest eine Einlassventil geschlossen, wenn der Kolben der Brennkraftmaschine einen relativen Kurbelwinkel von entweder im Wesentlichen  $-70^\circ$  ("Miller-Betrieb") oder im Wesentlichen  $+70^\circ$  ("Atkinson-Betrieb") relativ zu einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine zugeordneten unteren Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine aufweist. Abhängig von der Gesamtsystemauslegung und der Falle einer vorhandenen aber nicht notwendigen variablen Ventiltriebsausführung mit darstellbaren verschiedenartigen und umschaltbaren Nockenformen, ergibt sich um den oben genannten Wert von  $70^\circ$  KW eine Variation von  $\pm 30^\circ$  KW.

Im Transientbetrieb, also beim Übergang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb, wird das Einlassventil der Brennkraftmaschine erfindungsgemäß für einen vordefinierten Zeitraum bei einem relativen Kurbelwinkel von im Wesentlichen von z.B.  $-67^\circ$  bzw.  $+67^\circ$  geschlossen, also im Bereich des unteren Totpunktes. Auf diese Weise kann eine besonders schnelle Leistungssteigerung der Brennkraftmaschine im Transientbetrieb bei gleichzeitig niedrigem Kraftstoffverbrauch und niedrigem Schadstoffausstoß erzielt werden.

In einer weiterbildenden Ausführungsform beträgt der vorbestimmte Zeitraum mindestens 0,2 ms. Auf diese Weise wird eine ausreichende Leistungszunahme des der Brennkraftmaschine nachgeschalteten des Abgasturboladers sichergestellt.

In einer weiteren Ausführungsform kann daran gedacht sein, dass in dem vordefinierten Zeitraum eine Reduzierung einer Abgasrückführrate des Abgases in der Brennkraftmaschine erfolgt. Hierzu kann eine Niederdruck- oder/und Hochdruck-Abgasrückführungseinrichtung der Brennkraftmaschine ein entsprechendes Stellventil

aufweisen, welches zur Reduzierung der Abgasrückführrate vorübergehend teilweise oder sogar ganz geschlossen wird, so dass der Abgas-Rückführungsstrom gegenüber dem Teillast- und Volllastbetrieb der Brennkraftmaschine in dem Transientbetrieb vorübergehend reduziert wird.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann daran gedacht sein, dass eine Wastegate-Öffnung einer Wastegate-Einrichtung des der Brennkraftmaschine nachgeschalteten Abgasturboladers wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs vom Teillast- in den Volllastbetrieb geschlossen wird. Durch das Schließen der Wastegate-Öffnung kann die Turbinenleistung des Abgasturboladers während des Transientbetriebs maximiert und somit die im Transientbetrieb erwünschte Leistungssteigerung besonders schnell und effektiv erreicht werden. Alternativ oder zusätzlich zum Schließen der Wastegate-Öffnung kann auch eine im Abgasturbolader gegebenenfalls vorhandene variable Turbinengeometrie der Turbine des Abgasturboladers entsprechend verstellt werden.

Zur weiteren Wirkungsgradverbesserung der das erfindungsgemäße Verfahren ausführenden Brennkraftmaschine kann in einer bevorzugten Ausführungsform während des vordefinierten Zeitraums ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung der Brennkraftmaschine um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum bzw. um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel des Kolbens verzögert, also nach spät, werden. Dieser vorbestimmte relative Kurbelwinkel kann in einer besonders bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen  $+5^\circ$  bis  $+23^\circ$ , mit zunehmender AGR-Rate geringer werdend, relativ zu einem Zündungstakt der Brennkraftmaschine zugeordneten oberen Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine betragen.

Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkraftmaschine mit einer Aufladeeinheit, die zur Durchführung des Verfahrens mit einem oder mehreren der vorangehend erläuterten Merkmale ausgebildet ist und die eine Steuerungseinrichtung aufweist, die derart ausgebildet ist, dass sie in einem Teillastbetrieb mindestens ein Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt schließt, wobei während eines Übergangs vom Teillastbetrieb in einen Volllastbetrieb, dem sogenannten Transientbetrieb, für einen vordefinierten Zeitraum das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem frühen dritten Zeitpunkt oder zu einem späten vierten Zeitpunkt schließt, und wobei der dritte Zeitpunkt nach dem ersten Zeitpunkt und der vierte Zeitpunkt vor dem zweiten Zeitpunkt liegt.

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer vorangehend erläuterten erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine sowie mit einer Abgasleitung, in welcher ein Abgasturbolader angeordnet ist.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

Dabei zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 2 ein Diagramm, welches die in dem erfindungsgemäßen Verfahren relevanten Kurbelwinkel-Positionen des Kolbens verdeutlicht.

In der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens grobschematisch dargestellt und mit 1 bezeichnet. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst eine Aufladeeinheit 2. Die Aufladeeinheit 2 ist in dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur 1 in Form eines Abgasturboladers 2 mit einer Turbine 3 und einem Verdichter 4 ausgeführt. Selbstverständlich ist auch eine Aufladeeinheit denkbar, die mehrere Abgasturbolader oder einen oder mehrere Abgasturbolader und einem mechanischen Lader umfasst. Dabei kann der Abgasturbolader eine variable Turbinengeometrie aufweisen. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst einen Zylinderblock 5, in welchem exemplarisch vier Zylinder 6 angeordnet sind. Selbstverständlich kann in Varianten des Ausführungsbeispiels jedoch auch eine andere Anzahl an Zylindern 6 vorgesehen sein. Die Brennkraftmaschine 1 ist als Ottomotor ausgebildet. In die Zylindern 6 wird über eine Ansaugleitung 8, welche einen Ansaugkrümmer 7 aufweisen kann, Frischluft zugeführt. In der Ansaugleitung 8 kann auch ein Kühler 9 angeordnet sein.



Mittels des Kühlers 9 kann die den Zylindern 6 zuzuführende Ansaugluft gekühlt werden, so dass die Arbeitstemperatur in den Zylindern 6 auf vorteilhafte Weise abgesenkt werden kann. In einer vereinfachten Variante kann auf den Kühler 9 aber auch verzichtet sein.

In den Zylindern 6 der Brennkraftmaschine 1 sind in diesen auf- und ab beweglich geführte Kolben angeordnet, was der Übersichtlichkeit halber in der vereinfachten Darstellung der Figur 1 nicht gezeigt ist. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der der Brennkraftmaschine 1 zugeführte Luftmassenstrom mit Hilfe des Abgasturboladers 2 verdichtet. Zur Bildung eines in den Zylindern 6 zu verbrennenden Kraftstoff-Luftgemisches wird Kraftstoff entweder in die Ansaugleitung 8 (Saugrohreinspritzung) oder direkt in die Zylinder 6 (Direkteinspritzung) eingespritzt.

Die Steuerung der Zufuhr des Luftmassenstroms (vgl. Pfeil 10) in den Zylindern 6 erfolgt über nur grobschematisch dargestellte Einlassventile 11, wobei jeder Zylinder 6 jeweils mindestens ein Einlassventil 11 aufweist. Die Einlassventile 11 sind zwischen einem geöffneten und einem geschlossenen Zustand verstellbar, wobei ein Öffnungsgrad der Einlassventile 11 mittels einer Steuerungseinrichtung 12 eingestellt werden kann.

Die bei der Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches in den Zylindern 6 entstehenden Abgase werden als Abgasstrom (vgl. Pfeil 13) aus den Zylindern 6 über eine Abgasleitung 14 abgeführt. Die Auslassteuerung des Abgasstromes 13 erfolgt mittels in der Figur 1 nicht gezeigter Auslassventile, wobei entsprechend den Einlassventilen 11 jedem einzelnen Zylinder 6 auch jeweils mindestens ein Auslassventil zugeordnet ist.

Die Abgasleitung 14 kann mit der Ansaugleitung 8 über eine Hochdruck-Abgasrückführungsleitung 15 verbunden sein. Alternativ oder zusätzlich zur Hochdruck-Abgasrückführungsleitung 15 kann auch eine in der Figur 1 nicht gezeigte Niederdruck-Abgasrückführung vorgesehen sein. Die Hochdruck-Abgasrückführungsleitung 15 kann ein Stellglied 16 in der Art eines Hochdruck-Ventils aufweisen, mittels welchem der rückzuführende Abgasmassenstrom eingestellt werden kann. Entsprechendes gilt analog für eine gegebenenfalls vorhandene Niederdruck-Abgasrückführung.

Der nicht rückgeführte Anteil des Abgasstromes wird durch die Turbine 3 des Abgasturboladers 2 geführt, wobei mittels der Turbine 3 der Verdichter 4 des Abgasturboladers 2 angetrieben wird. Der Verdichter 4 verdichtet den Verbrennungsluftstrom, bevor dieser in die Zylinder 6 eingebracht wird. Die

Abgasrückführungsleitung 15 kann stromauf der Turbine 3 von der Abgasleitung 14 als sog. Hochdruck-Abgasrückführung abzweigen, alternativ oder zusätzlich aber auch, wie bereits erläutert, stromab der Turbine 3 von der Abgasleitung 14 als sog. Niederdruck-Abgasrückführung abzweigen (nicht gezeigt).

In einem Teillastbetrieb werden die jeweiligen Einlassventile 11 der Zylinder 6 der Brennkraftmaschine 1 jeweils entweder zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt  $t_1$  (Miller-Betrieb) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt  $t_2$  (Atkinson-Betrieb) geschlossen. Dabei folgt das Schließen der Einlassventile 11 in dem Teillastbetrieb genau dann, wenn die Kolben der Zylinder 6 der Brennkraftmaschine 1 einen relativen Kurbelwinkel von entweder im Wesentlichen  $-70^\circ$  (Miller-Betrieb) oder im Wesentlichen  $+70^\circ$  (Atkinson-Betrieb) relativ zu einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine 1 zugeordneten unteren Totpunkt UT des jeweiligen Kolbens aufweist. Dies ist in der Darstellung der Figur 2 genauer dargestellt, welche den Kurbelwinkel  $\alpha$  des Kolbens eines jeweiligen Zylinders 6 in einem vereinfachten Diagramm darstellt. Der untere Totpunkt der Kolben ist dabei mit „UT“ bezeichnet. Der untere Totpunkt UT entspricht einem absoluten Kolbenwinkel von  $540^\circ$ .

Auch im stationären Vollastbetrieb soll mit einem frühem oder einem späten Schließen der Einlassventile 11 aus Wirkungsgradgründen operiert werden.

Erfindungsgemäß wird nun in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil 11 der Brennkraftmaschine 1 zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt  $t_1$  (Miller-Betrieb) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt  $t_2$  (Atkinson-Betrieb) geschlossen. Dabei entspricht der erste Zeitpunkt  $t_1$  einem relativen Kurbelwinkel  $\alpha_1$  (relativ zu dem unteren Totpunkt UT) bzw. einem relativen Kurbelwinkel  $\alpha_2$  ebenfalls relativ zu dem unteren Totpunkt UT, wobei der dem sehr frühen ersten Zeitpunkt  $t_1$  zugeordnete relative Kurbelwinkel  $\alpha_1$  im Wesentlichen  $-40^\circ$  bis  $-100^\circ$  beträgt und der dem sehr späten zweiten Zeitpunkt  $t_2$  zugeordnete relative Kurbelwinkel  $\alpha_2$  im Wesentlichen  $+40^\circ$  bis  $+100^\circ$  beträgt. Vorzugsweise beträgt der Kurbelwinkel  $\alpha_1$  im Wesentlichen  $-70^\circ$  und der Kurbelwinkel  $\alpha_2$  im Wesentlichen  $+70^\circ$ .

Erfindungsgemäß wird nun beim Transientbetrieb der Brennkraftmaschine 1, also beim Übergang vom Teillastbetrieb in den Vollastbetrieb, der jeweilige relative Kurbelwinkel  $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$  zu dem unteren Totpunkt UT hin reduziert, und zwar für einen vordefinierten Zeitraum, der vorzugsweise mindestens 2 ms beträgt. Bevorzugt kann die relative Verschiebung des relativen Kolbenwinkels  $\alpha$  zum unteren Totpunkt hin jeweils

mindestens  $3^\circ$  betragen, was bedeutet, dass sich der dem ersten relativen Kurbelwinkel  $\alpha_1$  zugeordnete sehr frühe erste Zeitpunkt  $t_1$  zu einem frühen dritten Zeitpunkt  $t_3$  hin verschiebt, wobei der frühe dritte Zeitpunkt  $t_3$  zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  liegt. Entsprechend verschiebt sich der sehr späte zweite Zeitpunkt  $t_2$  zu einem späten vierten Zeitpunkt  $t_4$  hin, der zeitlich vor dem sehr späten zweiten Zeitpunkt  $t_2$  liegt. Übertragen auf den Kurbelwinkel  $\alpha$  bedeutet dies, dass sich der relative Kurbelwinkel jeweils um mindestens  $3^\circ$  zum unteren Totpunkt UT hin verschiebt, was in der Figur 2 durch die Pfeile mit dem Bezugszeichen 20 zum Ausdruck gebracht werden soll. Folglich erfolgt im Transientbetrieb das Schließen der Einlassventile 11 bei einem relativen Kurbelwinkel  $\alpha$  von im Wesentlichen  $-67^\circ$  (Miller) bzw.  $+67^\circ$  (Atkinson). Die entsprechenden relativen Kurbelwinkel sind dabei in der Figur 2 mit  $\alpha_3$  (Miller-Betrieb) bzw.  $\alpha_4$  (Atkinson-Betrieb) bezeichnet.

In dem vordefinierten Zeitraum, welcher vorzugsweise mindestens 0,2 ms beträgt, kann auch eine Abgasrückführrate von mittels der Hochdruck-Abgasrückführungsleitung 15 rückgeführtem Abgas durch entsprechendes Einstellen des Stellglieds 16 wenigstens für den vordefinierten Zeitraum auf einen vorbestimmten relativen Wert, beispielsweise 80% einer normalen Rückführrate im Teil- und Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 1, reduziert werden. Auf diese Weise kann die Turbinenleistung der Turbine 3 des Abgasturboladers 2 vorübergehend erhöht werden, was auch zu einer erhöhten Verdichterleistung des Verdichters 4 des Abgasturboladers 2 und somit zu einer Leistungssteigerung der gesamten Brennkraftmaschine 1 führt.

Während des vordefinierten Zeitraums kann auch ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung 17, die jeweils in jedem der Zylinder 6 angeordnet ist und in der Figur 1 nur grobschematisch angedeutet ist, um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum oder um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel  $\alpha_z$  des jeweiligen Kolbens der Zylinder 6 verzögert werden. Die Verstellung des Zündzeitpunkts erfolgt in Richtung Spätverstellung. Der vorbestimmte relative Kurbelwinkel  $\alpha_z$  beträgt dabei vorzugsweise im Wesentlichen  $+5^\circ$  bis  $+23^\circ$  relativ zu einem einen Zündungstakt der Brennkraftmaschine 1 zugeordneten oberen Totpunkt ("OT") des jeweiligen Kolben der Zylinder 6 der Brennkraftmaschine 1.

Alternativ oder zusätzlich kann wenigstens für den vordefinierten Zeitraum eine Wastegate-Öffnung einer in der Figur 1 nur grobschematisch angedeuteten Wastegate-Einrichtung 18 des der Brennkraftmaschine 1 nachgeschalteten Abgasturboladers 2 wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs vom Teillast- in den

Vollastbetrieb geschlossen werden, um auf diese Weise die Turbinenleistung der Turbine 3 und somit auch die Verdichterleistung des Verdichters 4 des Abgasturboladers 2 zu erhöhen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil (11) aufweisenden Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Ottomotors, bei dem
  - ein der Brennkraftmaschine (1) zugeführter Ladeluftstrom mit einem Abgasturbolader (2) verdichtet wird,
  - in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) geschlossen wird,
  - bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das zumindest eine Einlassventil (11) zu einem frühen dritten Zeitpunkt ( $t_3$ ) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt ( $t_4$ ) geschlossen wird, wobei der dritte Zeitpunkt ( $t_3$ ) nach dem ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) und der vierte Zeitpunkt ( $t_4$ ) vor dem zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) liegt.
  
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
  - im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) das zumindest eine Einlassventil (11) geschlossen wird, wenn ein Kolben der Brennkraftmaschine (1) einen relativen Kurbelwinkel ( $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$ ) von entweder im Wesentlichen  $-40^\circ$  bis  $-100^\circ$  oder im Wesentlichen  $+40^\circ$  bis  $100^\circ$  relativ zu einem, einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten unteren Totpunkt (UT) des Kolbens aufweist.
  
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass
  - im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) das zumindest eine Einlassventil (11) geschlossen wird, wenn ein Kolben der Brennkraftmaschine (1) einen

relativen Kurbelwinkel ( $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$ ) von entweder im Wesentlichen  $-70^\circ$  oder im Wesentlichen  $+70^\circ$  relativ zu einem, einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten unteren Totpunkt (UT) des Kolbens aufweist,

- das zumindest eine Einlassventil (11) beim Übergang der Brennkraftmaschine (1) vom Teillastbetrieb in den Vollastbetrieb für den vordefinierten Zeitraum bei einem relativen Kurbelwinkel ( $\alpha_3$  bzw.  $\alpha_4$ ) von im Wesentlichen  $-67^\circ$  bzw.  $+67^\circ$  geschlossen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der vordefinierte Zeitraum mindestens 0,2ms beträgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem vordefinierten Zeitraum eine Reduzierung einer Abgasrückführrate erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wastegate-Öffnung einer Wastegate-Einrichtung (18) des der Brennkraftmaschine (1) nachgeschalteten Abgasturboladers (2) wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs geschlossen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des vordefinierten Zeitraums ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung (17) der Brennkraftmaschine (1) um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum oder um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel des Kolbens verzögert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der vorbestimmte relative Kurbelwinkel im Wesentlichen  $+5^\circ$  bis  $+23^\circ$  relativ zu einem Zündungstakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten oberen Totpunkt (OT) des Kolbens beträgt.

9. Brennkraftmaschine (1) mit einer Aufladeeinheit (2), die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist und die eine Steuerungseinrichtung (12) aufweist, die derart ausgebildet ist, dass sie
- in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) schließt,
  - bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem frühen dritten Zeitpunkt ( $t_3$ ) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt ( $t_4$ ) schließt, wobei der dritte Zeitpunkt ( $t_3$ ) nach dem ersten Zeitpunkt ( $t_1$ ) und der vierte Zeitpunkt ( $t_4$ ) vor dem zweiten Zeitpunkt ( $t_2$ ) liegt.
10. Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 8 und mit einer Abgasleitung (14), in welcher ein Abgasturbolader (2) angeordnet ist.

1/1

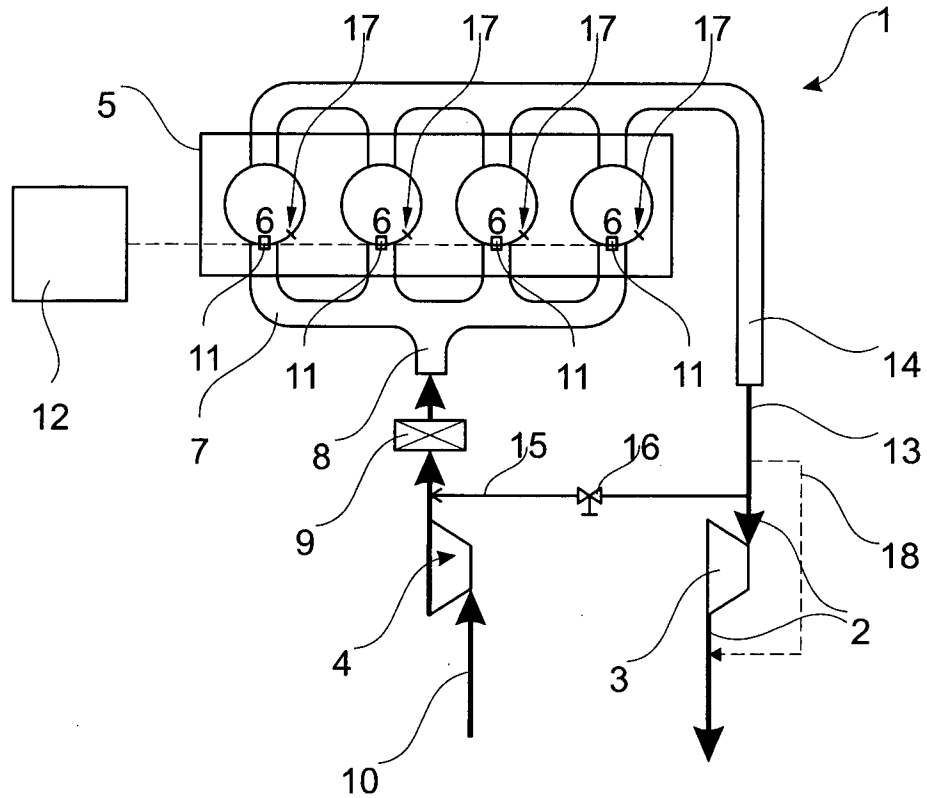


Fig. 1

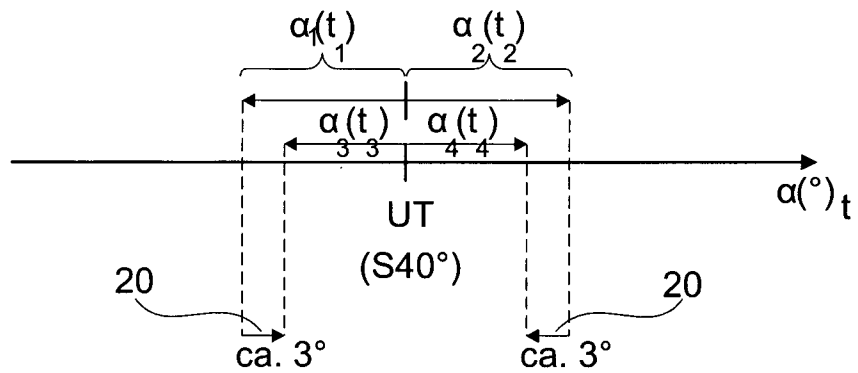


Fig. 2



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2013/002812

**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.
A	US 2002/177938 A1 (SELLNAU MARK C [US] ET AL) 28 November 2002 (2002-11-28) paragraphs [0009], [0029], [0030]; figure 2	1-10
A	EP 2 264 299 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 22 December 2010 (2010-12-22) paragraphs [0019] - [0021]; figures 3-5	1-10
A	DE 10 2004 019183 A1 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 29 December 2005 (2005-12-29) paragraphs [0004], [0006]; figures 1,2	1-10
A	EP 0 609 837 A1 (MAZDA MOTOR [JP]) 10 August 1994 (1994-08-10) page 2, line 52 - page 3, line 1	1-10

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  9 December 2013	Date of mailing of the international search report  18/12/2013
--	--

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  Jackson, Stephen
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/002812
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002177938	A1	28-11-2002	NONE
EP 2264299	A2	22-12-2010	DE 102009024903 A1 16-12-2010
		EP 2264299 A2	22-12-2010
DE 102004019183	A1	29-12-2005	NONE
EP 0609837	A1	10-08-1994	CN 1094789 A 09-11-1994
		DE 69406560 D1	11-12-1997
		DE 69406560 T2	05-03-1998
		EP 0609837 A1	10-08-1994
		US 5509394 A	23-04-1996

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.
A	US 2002/177938 A1 (SELLNAU MARK C [US] ET AL) 28. November 2002 (2002-11-28) Absätze [0009], [0029], [0030]; Abbildung 2 -----	1-10
A	EP 2 264 299 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 22. Dezember 2010 (2010-12-22) Absätze [0019] - [0021]; Abbildungen 3-5 -----	1-10
A	DE 10 2004 019183 A1 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 29. Dezember 2005 (2005-12-29) Absätze [0004], [0006]; Abbildungen 1,2 -----	1-10
A	EP 0 609 837 A1 (MAZDA MOTOR [JP]) 10. August 1994 (1994-08-10) Seite 2, Zeile 52 - Seite 3, Zeile 1 -----	1-10



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

9. Dezember 2013

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/12/2013

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

Jackson, Stephen

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/002812

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002177938	A1	28-11-2002	KEINE
EP 2264299	A2	22-12-2010	DE 102009024903 A1 16-12-2010 EP 2264299 A2 22-12-2010
DE 102004019183	A1	29-12-2005	KEINE
EP 0609837	A1	10-08-1994	CN 1094789 A 09-11-1994 DE 69406560 D1 11-12-1997 DE 69406560 T2 05-03-1998 EP 0609837 A1 10-08-1994 US 5509394 A 23-04-1996