

(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
11. Oktober 2012 (11.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/136438 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/053976

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. März 2012 (08.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 006 752.3 5. April 2011 (05.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ESER, Gerhard**
[DE/DE]; Heimweg 11, 93155 Hemau (DE). **GEISS,
Torsten** [DE/DE]; Hackengäßchen 4, 93047 Regensburg
(DE). **GESSNER, Steffen** [DE/DE]; Schwabelweiser Weg
4, 93059 Regensburg (DE). **MESSAGE, Simon** [GB/DE];
Wilhelmstr. 33, 93049 Regensburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL
AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506
München (DE).

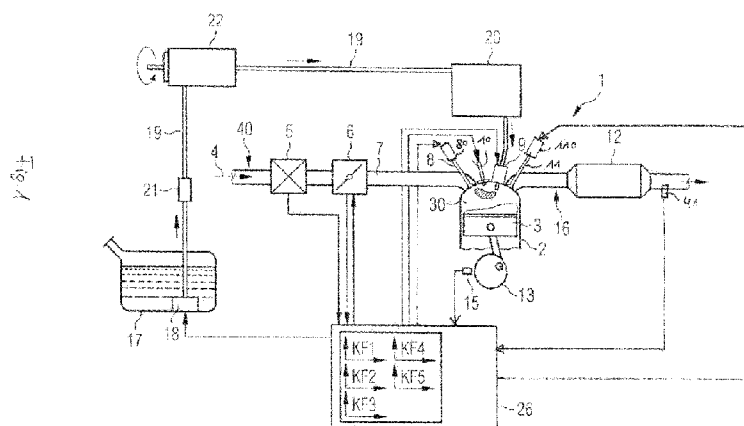
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
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,
MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING A VARIABLE VALVE TIMING MECHANISM OF AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG EINES VARIABLEN VENTILTRIEBS EINER
BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: An improved method is proposed for controlling a variable valve timing mechanism (80, 110) of an internal combustion engine (1) having a plurality of cylinders (2), wherein, at a first operating point of the internal combustion engine (1), the fuel quantity which is fed in in each case is reduced successively for each cylinder (2) until a predetermined unsmooth-running limiting value is reached. The variable valve timing mechanism (80, 110) is controlled with consideration of the cylinder-individual values for the fuel-quantity reduction at the first operating point.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein verbessertes Verfahren zur Steuerung eines variablen Ventiltriebs (80, 110) einer Brennkraftmaschine (1) mit mehreren Zylindern (2) vorgeschlagen, wobei bei einem ersten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) sukzessiv für jeden Zylinder (2) die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge soweit reduziert wird bis ein vorgegebener Laufunruhegrenzwert erreicht wird. Der variable Ventiltrieb (80, 110) wird unter Berücksichtigung der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt gesteuert.



WO 2012/136438 A1



Veröffentlicht:

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

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines variablen Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines variablen Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern.

10 Im Bestreben, den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen moderner Brennkraftmaschinen weiter zu reduzieren, kommen zunehmend Brennkraftmaschinen mit variablem Ventiltrieb zur variablen Steuerung der Einlass- und/oder der Auslassventile zum Einsatz. In diesem Zusammenhang erweisen sich Brenn-

15 kraftmaschinen mit variabler Ventilhubsteuerung und/oder variablen Steuerung der Ventilöffnungszeiten als besonders effizient, da sie im unteren und mittleren Lastbereich nahezu ungedrosselt (Drosselklappe voll geöffnet) betrieben werden können. Dabei erfolgt die Laststeuerung lediglich über den Hub

20 bzw. die Öffnungszeiten der Einlassventile. In diesem ungedrosselten Betriebsbereich sind die Ladungswechselverluste gering, was zu einem verminderten Verbrauch führt. Fertigungsbedingte Toleranzen beim Ventiltrieb und bei den Ventilen führen jedoch zu Fehlern bei der Zylinderfüllung. Insbesondere

25 im unteren Lastbereich und im Leerlauf, wo die Hübe bzw. die Öffnungszeiten der Einlassventile im ungedrosselten Betrieb sehr klein sind, können sich schon geringe Fehler bei der Zylinderfüllung als spürbare Drehmomentunterschiede bemerkbar machen, was den Fahrkomfort einschränkt. Diese Drehmomentun-

30 terschiede, welche nicht nur zwischen unterschiedlichen Brennkraftmaschinen sondern auch zwischen den Zylindern derselben Brennkraftmaschine auftreten können, führen im schlimmsten Fall zu einer spürbaren Laufunruhe im unteren Lastbereich oder im Leerlauf und damit zu einer Einschränkung des

35 Fahrkomforts.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines variablen Ventilbetriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern bereitzustellen, durch welche das Potential dieser Brennkraftmaschinen zur Kraftstoffeinsparung unter Wahrung des Fahrkomforts besser ausgenutzt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Ein Verfahren gemäß dem Anspruch 1 eignet sich zur Steuerung eines variablen Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern. Danach wird bei einem ersten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine sukzessiv für jeden Zylinder die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge (ausgehend von einem für alle Zylinder gemeinsamen Wert für die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge) soweit reduziert bis ein vorgegebener Laufunruhegrenzwert erreicht wird. Der variable Ventiltrieb wird unter Berücksichtigung der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt gesteuert.

Zylinderindividuelle Fehler bei der Zylinderfüllung sind vor allem auf fertigungsbedingte Toleranzen beim Ventiltrieb (Ventilsteuerungsmechanismus) und bei den Ventilen selbst zurückzuführen. Die der Erfindung zugrunde liegende Idee ist darin zu sehen, die zylinderindividuellen Fehler bei der Frischluftfüllung durch eine Reduzierung der zylinderindividuell zugeführten Kraftstoffmenge bis zum Erreichen eines Laufunruhegrenzwerts qualitativ und quantitativ zu ermitteln. Dabei stellen die zylinderindividuellen Werte der Kraftstoffmengenreduktion ein Maß für die Frischluftfüllung der Zylinder dar. Unter Berücksichtigung dieser zylinderindividuellen Werte kann der variable Ventiltrieb hinsichtlich des Fahrkomforts und des Kraftstoffverbrauchs optimal gesteuert werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 2 wird bei einem zweiten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine sukzessiv für jeden Zylinder die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge (ausgehend von einem für alle Zylinder gemeinsamen Wert für die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge) soweit reduziert bis ein vorgegebener weiterer Laufunruhegrenzwert erreicht wird. Dabei ist ein die Zylinderfüllung beeinflussender Betriebsparameter des Ventiltriebs bei dem ersten Betriebspunkt kleiner als bei dem zweiten Betriebspunkt. Der variable Ventiltrieb wird zusätzlich unter Berücksichtigung der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion bei dem zweiten Betriebspunkt gesteuert.

Gemäß einer Ausgestaltung nach Anspruch 3 ist der erste Betriebspunkt so gewählt ist, dass Fehler bei der Kraftstoffzufuhr einen kleineren Einfluss auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment haben als Ungenauigkeiten bei der Frischluftzufuhr in die Zylinder. Ferner ist der zweite Betriebspunkt so gewählt, dass Fehler bei der Kraftstoffzufuhr einen größeren Einfluss auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment haben als Fehler bei der Frischluftzufuhr.

Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 4 werden zylinderindividuelle Fehler bei der Kraftstoffzufuhr basierend auf den zylinderindividuellen Werten für die Kraftstoffmengenreduktion beim zweiten Betriebspunkt und einem vorgegebenen Referenzwert ermittelt. Diese Fehler werden bei der Ermittlung der zylinderindividuellen Werte der Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt berücksichtigt.

Da zur quantitativen und qualitativen Bestimmung der Fehler bei der Zylinderfüllung die zugeführte Kraftstoffmenge reduziert wird, haben fertigungsbedingte Toleranzen des Kraftstoffversorgungssystems, insbesondere der Einspritzventile, einen Einfluss auf die Genauigkeit des Verfahrens. Um diese Fehler bei der Kraftstoffzufuhr möglichst genau zu quantifizieren, werden bei einem zweiten Betriebspunkt die zylinderindividuell zugeführten Kraftstoffmengen soweit reduziert, bis ein weiterer

Grenzwert für die Laufunruhe erreicht ist. Die zylinderindividuellen Werte dieser Kraftstoffmengenreduktion werden dann mit einem geeigneten Referenzwert verglichen. Bei dem Referenzwert kann es sich beispielsweise um einen Mittelwert der Werte der Kraftstoffmengenreduktion oder um eine entsprechende Angabe des Herstellers des Kraftstoffversorgungssystems handeln. Es ergibt sich vorteilhafterweise ein zylinderindividueller prozentualer Fehler bei der Kraftstoffzufuhr, bedingt durch Toleranzen im Kraftstoffversorgungssystem. Diese Fehler werden dann bei der Ermittlung der Werte der Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt berücksichtigt, was die Genauigkeit des Verfahrens verbessert.

Der zweite Betriebspunkt ist vorteilhafterweise so gewählt, dass der Einfluss von Fehlern bei der Kraftstoffzufuhr, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Kraftstoffversorgungssystems, auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment gegenüber dem Einfluss von Fehlern bei der Frischluftfüllung, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Ventiltriebs, dominieren.

Der erste Betriebspunkt ist vorteilhafterweise so zu wählen, dass der Einfluss von zylinderindividuell bei der Kraftstoffzufuhr, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Kraftstoffversorgungssystems, auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment gegenüber dem Einfluss von Fehlern bei der Frischluftfüllung, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Ventiltriebs, vernachlässigbar ist.

Dadurch wird eine Überlagerung der Einflüsse weitgehend vermieden. Beispielsweise erreichen die Einlassventile am zweiten Betriebspunkt ihren maximal möglichen Hub und/oder ihre maximale Öffnungsdauer. Dagegen sind die Hübe und/oder die Öffnungszeiten der Einlassventile am ersten Betriebspunkt eher gering. Dies ist dadurch begründet, dass der Einfluss von Fehlern bei der Zylinderfüllung bedingt durch Toleranzen im Ventiltrieb auf das Drehmoment mit zunehmender Zylinderfüllung abnimmt, während der Einfluss von Fehlern bei der Kraftstoffzufuhr auf das Drehmoment mit zunehmender Zylinderfüllung zunimmt.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 5 ist der Ventiltrieb der Brennkraftmaschine zur zylinderindividuellen Steuerung der Einlassventile der Brennkraftmaschine ausgebildet. Der Ventiltrieb wird derart gesteuert, dass die zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt einander angeglichen werden.

Der Ventiltrieb zur zylinderindividuellen Steuerung der Einlassventile kann beispielsweise einen elektromagnetischen oder pneumatischen Mechanismus aufweisen. Mit derartigen bekannten Mechanismen können der Hub und/oder die Ventilsteuerzeiten zylinderindividuell variiert werden. Unter Kenntnis der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion, welche ein Maß für die zylinderindividuelle Frischluftfüllung darstellen, kann der Ventiltrieb derart angesteuert werden, dass diese Werte für die Kraftstoffmengenreduktion einander angeglichen werden. Dadurch ist eine Gleichstellung der in den Zylindern produzierten Drehmomente möglich.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 6 ist der Ventiltrieb der Brennkraftmaschine zur gemeinsamen Steuerung der Einlassventile der Brennkraftmaschine ausgebildet. Es werden zylinderindividuelle Fehler bei der Zylinderfüllung basierend auf den zylinderindividuellen Werten für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt und einem entsprechenden vorgegebenen weiteren Referenzwert ermittelt. Zumindest eine Steuergröße des Ventiltriebs wird in Abhängigkeit von einem Vergleich der zylinderindividuellen Fehler mit einem vorgegebenen Vergleichswert bestimmt.

Gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 7 handelt es sich bei der Steuergröße um den vom Ventiltrieb minimal einzustellenden Hub der Einlassventile oder die von dem Ventiltrieb minimal einzustellende Öffnungszeit der Einlassventile.

Bei dem weiteren Referenzwert kann es sich beispielsweise um einen Mittelwert der Werte der Kraftstoffmengenreduktion oder um

eine entsprechende Angabe des Herstellers für den ersten Betriebspunkt handeln. Die zylinderindividuellen Werte der Kraftstoffmengenreduktion können beispielsweise mit dem Referenzwert ins Verhältnis gesetzt werden, sodass ein zylinderindividueller prozentualer Fehler bei der Zylinderfüllung, bedingt durch Toleranzen im Ventiltrieb, ergibt. Die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung werden dann mit einem Vergleichswert, welcher ebenfalls vom Hersteller des Ventiltriebs geliefert sein kann, verglichen. Der Vergleichswert stellt ein Maß für den auf Toleranzen beruhenden Fehler bei der Zylinderfüllung für einen von dem Hersteller vermessenen Referenz-Ventiltrieb dar. Dabei kann es sich vorteilhafterweise um eine prozentuale Fehlerangabe. Der Referenzwert kann sich auf den Ventilhub, auf die Ventilöffnungszeiten oder sonstige die Zylinderfüllung beeinflussenden Betriebsparameter des Ventiltriebs beziehen. Sollte der Vergleich ergeben, dass die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung für den vorliegenden Ventiltrieb geringer sind als der vorgegebene Vergleichswert, somit eine präzisere Einstellung der Zylinderfüllung möglich ist, so kann beispielsweise ein minimaler Hub oder eine minimale Öffnungsdauer für den variablen Ventiltrieb verringert werden. Dadurch kann der verbrauchsoptimale Betriebsbereich bei niederen Lasten und im Leerlauf erweitert werden. Stellt sich jedoch heraus, dass die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung größer sind als der Vergleichswert, somit die Zylinderfüllung weniger präzise eingestellt werden, so kann der minimale Hub oder die minimale Öffnungsdauer für den variablen Ventiltrieb erhöht werden, um Komforteinbußen im unteren Lastbereich und im Leerlauf zu vermeiden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 8 werden die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung bei der zylinderindividuellen Kraftstoffzufuhr berücksichtigt.

Auf diese Weise kann ein negativer Einfluss der Abweichungen bei der Zylinderfüllung auf die Abgaszusammensetzung und auf die

zylinderindividuell produzierten Drehmomente kompensiert werden.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens nach Anspruch 9 wird
5 zumindest bei einem von den Zylindern, bei denen die Kraftstoffmenge zur Ermittlung zur Abweichung der Zylinderfüllung aktuell nicht reduziert wird, die zugeführte Kraftstoffmenge erhöht.

- 10 Die Erhöhung der Kraftstoffmenge in mindestens einem Zylinder kompensiert die in einem anderen Zylinder aufgrund der Abmagerung verursachte Drehmomentreduzierung. Gleichzeitig können negative Auswirkungen auf das Abgas vermieden werden. So kann die Erhöhung der zugeführten Kraftstoffmenge derart bemessen sein, dass die
15 globale Zusammensetzung des Abgases trotz der Abmagerung in einem anderen der Zylinder $\Lambda = 1$ beträgt.

Eine Steuervorrichtung gemäß Anspruch 10 für eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern ist derart ausgebildet und
20 mit Mitteln versehen, dass sie ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchführen kann.

Wegen der sich daraus ergebenden Vorteile wird auf die Ausführungen zu den Ansprüchen 1 bis 9 verwiesen, wobei die Vorteile
25 analog gelten.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

30 In den Figuren sind:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine;

35 Figuren

2A, 2B ein Ausführungsbeispiel eines Steuerverfahrens in Form eines Ablaufdiagramms.

In Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 schematisch dargestellt.

Die Brennkraftmaschine 1 umfasst vier Zylinder 2, wobei aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nur ein Zylinder dargestellt ist. Die auf diesen Zylinder gerichtete Beschreibung gilt analog für die anderen Zylinder. In dem Zylinder 2 ist ein Kolben 3 angeordnet, welcher sich im Zylinder 2 auf und ab bewegen kann. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst ferner einen Ansaugtrakt 40, in dem stromabwärts einer Ansaugöffnung 4 zum Ansaugen von Frischluft ein Luftmassensensor 5, eine Drosselklappe 6, sowie ein Saugrohr 7 angeordnet sind. Der Ansaugtrakt 40 mündet in einen durch den Zylinder 2 und den Kolben 3 begrenzten Brennraum 30. Die zur Verbrennung nötige Frischluft wird über den Ansaugtrakt 40 in den Brennraum 30 eingeleitet, wobei die Frischluftzufuhr durch Öffnen und Schließen zumindest eines Einlassventils 8 gesteuert wird.

Bei der hier dargestellten Brennkraftmaschine 1 handelt es sich um eine Brennkraftmaschine 1 mit Kraftstoffdirekteinspritzung, wobei der für die Verbrennung nötige Kraftstoff über ein Einspritzventil 9 (elektromagnetisch oder piezoelektrisch) unmittelbar in den Brennraum 30 eingespritzt wird. Zur Auslösung der Verbrennung dient eine ebenfalls in dem Brennraum 30 ragende Zündkerze 10. Die Verbrennungsabgase werden über ein Auslassventil 11 in einen Abgastrakt 16 der Brennkraftmaschine 1 abgeführt und mittels eines Abgaskatalysators 12 gereinigt. Im Abgastrakt ist ferner ein Lambda-Sensor 41 zur Erfassung des Sauerstoffanteils des Abgases angeordnet.

Die Brennkraftmaschine weist einen Ventiltrieb 80 zur variablen Steuerung der Einlassventile 8 auf. Die Brennkraftmaschine kann weiterhin einen Ventiltrieb 110 zur variablen Steuerung der Auslassventile 11 aufweisen (diese Konfiguration wird jedoch im Folgenden nicht betrachtet). Der Ventiltrieb 80 kann zur zylinderindividuellen oder zur gemeinsamen Steuerung der Einlassventile 8 ausgebildet sein. Dazu kann der Ventiltrieb 80 einen elektromagnetischen, elektrischen oder pneumatischen Mechanismus ausweisen. Der Ventiltrieb 80 kann dabei zumindest

einen die Zylinderfüllung beeinflussenden Betriebsparameter der Einlassventile variieren, beispielsweise den Hub und/oder die Ventilöffnungszeiten der Einlassventile 80.

5 Die Kraftübertragung an einen Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs (nicht dargestellt) geschieht über eine mit dem Kolben 3 gekoppelte Kurbelwelle 13. Die Brennkraftmaschine 1 verfügt ferner über einen integrierten Kurbelwellensensor 15 zur Erfassung der Position und Drehzahl der Kurbelwelle 13.

10

Die Brennkraftmaschine 1 verfügt über ein Kraftstoffversorgungssystem, welches einen Kraftstofftank 17 sowie eine darin angeordnete Kraftstoffpumpe 18 aufweist. Der Kraftstoff wird mittels der Kraftstoffpumpe 18 über eine Versorgungsleitung 19
15 einem Druckspeicher 20 zugeführt. Dabei handelt es sich um einen gemeinsamen Druckspeicher 20, von dem aus die Einspritzventile 9 für mehrere Zylinder 2 mit druckbeaufschlagtem Kraftstoff versorgt werden. In der Versorgungsleitung 19 sind ferner ein Kraftstofffilter 21 und eine Hochdruckpumpe 22 angeordnet. Die
20 Hochdruckpumpe 22 dient dazu, den durch die Kraftstoffpumpe 18 mit relativ niedrigem Druck (ca. 3-5 bar) geförderten Kraftstoff dem Druckspeicher 20 mit hohem Druck zuzuführen (typischerweise in der Größenordnung von 120-150 bar).

25 Der Brennkraftmaschine 1 ist eine Steuervorrichtung 26 zugeordnet, welche über Signal- und Datenleitungen (in Figur 1 durch Pfeile dargestellt) mit allen Aktuatoren und Sensoren der Brennkraftmaschine 1 verbunden ist. In der Steuervorrichtung 26 sind kennfeldbasierte Steuerungsfunktionen (KF1 bis KF5)
30 softwaremäßig implementiert. Dazu weist die Steuervorrichtung einen Datenspeicher und einen Mikroprozessor (nicht dargestellt) auf. Basierend auf den Messwerten der Sensoren und den kennfeldbasierten Motorsteuerungsfunktionen werden Steuersignale an die Aktuatoren der Brennkraftmaschine 1 und des Kraftstoff-
35 versorgungssystems ausgesandt. Konkret ist die Steuervorrichtung 26 über Daten- und Signalleitungen mit der Kraftstoffpumpe 18, dem Luftmassensensor 5, der Drosselklappe 6, der Zündkerze 10, den Einspritzventilen 9, dem variablen Ventiltrieb

80 (gegebenenfalls auch mit dem Ventiltrieb 110), dem Kurbelwellensensor 15 und dem Lambda-Sensor 41 gekoppelt.

Die Steuervorrichtung 26 ist ausgebildet, Steuersignale zum
5 Öffnen und Schließen des Einspritzventils 9 zu generieren. Die Steuersignale werden an die elektromagnetischen oder piezoelektrischen Aktuatoren der Einspritzventile 9 über die entsprechenden Signalleitungen (in Figur 1 durch Pfeile gekennzeichnet) übermittelt. Die Steuervorrichtung 26 ist ferner dazu
10 ausgebildet, den Ventiltrieb 80 (gegebenenfalls auch den Ventiltrieb 110) zu steuern, um so die Betriebsparameter des Ventiltriebs 80, welche einen Einfluss auf die Zylinderfüllung haben, zu variieren. Die Steuervorrichtung ist derart ausgebildet, dass sie ein erfindungsgemäßes Steuerungsverfahren für den
15 Ventiltrieb 80 (11) ausführen kann, wie es beispielhaft anhand der Figur 2 beschrieben ist.

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Steuerung des variablen Ventiltriebs einer Brennkraftmaschine
20 mit mehreren Zylindern, wie sie beispielhaft in Figur 1 dargestellt ist, in Form eines Ablaufdiagramms dargestellt.

Das Verfahren wird durch die in der Steuervorrichtung 26 implementierten Steuerfunktionen ausgeführt.
25

Das Verfahren startet mit Schritt 200, beispielsweise beim Anlassen der Brennkraftmaschine 1 durch einen Fahrzeugführer (nicht dargestellt). Ab dem Start werden die Drehzahl bzw. die Luftmasse kontinuierlich durch den Kurbelwellensensor 15 bzw.
30 den Luftmassensensor 5 gemessen.

Das Verfahren fährt mit Schritt 201 fort, in dem geprüft wird, ob ein stationärer Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 vorliegt. Dazu kann beispielsweise geprüft werden, ob sich die
35 Drehzahl und die zugeführte Luftmasse über einen vorgegebenen Zeitraum innerhalb vorgegebener Wertefenster befinden. Diese Abfrage wird solange wiederholt, bis ein stationärer Betriebspunkt erkannt wird.

Daraufhin fährt das Verfahren mit Schritt 202 fort, in dem überprüft wird, ob ein die Zylinderfüllung beeinflussender Betriebsparameter des Ventiltriebs 80 größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Bei dem Betriebsparameter kann es sich beispielsweise um den Ventilhub oder die Ventilöffnungszeit des Einlassventils 8 handeln. Die Abfrage wird solange wiederholt, bis die Bedingung von Schritt 202 erfüllt ist. Bei einem positiven Ergebnis der Abfrage in Schritt 202 wird die Brennkraftmaschine also in einem stationären Betriebspunkt betrieben, wobei der die Zylinderfüllung beeinflussende Betriebsparameter des Ventiltriebs größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Dieser Betriebspunkt wird nachfolgend als zweiter Betriebspunkt bezeichnet. Der Schwellenwert für den Betriebsparameter des Ventiltriebs ist dabei so zu bemessen, dass beim zweiten Betriebspunkt der Einfluss von Fehlern bei der Kraftstoffzufuhr, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Kraftstoffversorgungssystems, auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment gegenüber dem Einfluss von Fehlern bei der Frischluftfüllung, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Ventiltriebs, dominieren. Dadurch wird eine Überlagerung der Einflüsse weitgehend vermieden. Beispielsweise erreichen die Einlassventile 8 am zweiten Betriebspunkt ihren maximal möglichen Hub und/oder ihre maximale Öffnungsdauer.

Das Verfahren fährt mit Schritt 203 fort, in dem eine Zählvariable i , welche ganzzahlige Werte zwischen 1 und der Anzahl der Zylinder der Brennkraftmaschine annehmen kann, mit dem Wert 1 initialisiert wird. Im Ausführungsbeispiel kann die Zählvariable i daher ganzzahlige Werte zwischen 1 und 4 annehmen.

Das Verfahren fährt mit Schritt 204 fort, in dem die dem Zylinder i zugeführte Kraftstoffmenge um einen bestimmten Betrag reduziert wird. Dazu wird das dem jeweiligen Zylinder i zugeordnete Einspritzventil 9 durch die Steuervorrichtung entsprechend angesteuert, beispielsweise in dem die Öffnungszeit des Einspritzventils durch eine entsprechend verkürzte Bestromung reduziert wird.

Vorteilhafterweise kann gleichzeitig in zumindest einem der anderen Zylinder 2 die Kraftstoffmenge soweit erhöht werden, dass sich die globale Abgaszusammensetzung, welche durch den
5 Lambdasensor 41 erfasst wird, nicht verändert und beispielsweise bei $\lambda = 1$ verbleibt.

Das Verfahren fährt mit Schritt 205 fort, in dem überprüft wird, ob eine durch die Reduzierung der Kraftstoffmenge in Zylinder i verursachte Drehmomentänderung zu einer Laufunruhe führt, welche größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Der Schwellenwert für die Laufunruhe ist dabei so vorzugeben, dass für den Fahrer keine unakzeptable Komforteinbuße entsteht. Die Laufunruhe wird dabei basierend auf Drehzahlschwankungen bestimmt, welche durch
15 den Kurbelwellensensor 15 segmentsynchron erfasst werden, und daher jeden Zylinder genau zugeordnet werden. Der Verfahrensschritt 204 wird solange wiederholt, bis die Abfrage in Schritt 205 bejaht werden kann.

20 Das Verfahren fährt dann mit Schritt 206 fort, in dem der Wert der Kraftstoffmengenreduktion für den jeweiligen Zylinder 2 bis zum Überschreiten des Schwellenwerts für die Laufunruhe abgespeichert wird.

25 Das Verfahren fährt mit Schritt 207 fort, in dem überprüft wird, ob der Zähler i schon die Anzahl der Zylinder der Brennkraftmaschine erreicht hat. Ist dies nicht der Fall, wird die Zählvariable i um 1 inkrementiert. Die Verfahrensschritte 204 bis 208 werden so für jeden der Zylinder der Brennkraftmaschine
30 durchgeführt, so dass für jeden Zylinder am Ende der jeweilige Wert der Kraftstoffmengenreduktion bis zum Erreichen des Schwellenwerts für die Laufunruhe abgespeichert ist.

Bei einem positiven Ergebnis der Abfrage in Schritt 207 fährt das
35 Verfahren mit Schritt 209 fort, in dem für jeden Zylinder ein Fehler bei der Kraftstoffzufuhr basierend auf den jeweiligem zylinderindividuellen Wert für die Kraftstoffmengenreduktion und einem vorgegebenen Referenzwert ermittelt und abgespeichert

wird. Bei dem Referenzwert kann es sich beispielsweise um den arithmetischen Mittelwert der zylinderindividuellen Werte der Kraftstoffmengenreduktion beim zweiten Betriebspunkt oder um eine entsprechende Angabe des Herstellers des Kraftstoffversorgungssystems handeln. Die zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr für den jeweiligen Zylinder können beispielsweise basierend auf dem Quotienten der des jeweiligen zylinderindividuellen Werts der Kraftstoffmengenreduktion und dem Referenzwert gebildet werden. Dadurch ergibt sich vorteilhafterweise ein zylinderindividueller prozentualer Fehler bei der Kraftstoffzufuhr, bedingt durch Toleranzen im Kraftstoffversorgungssystem.

Diese zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr spiegeln fertigungs- oder alterungsbedingte Ungenauigkeiten bei der Kraftstoffzufuhr für jeden Zylinder wieder. Die Fehler bei der Kraftstoffzufuhr basieren daher auf Toleranzen bei den Einspritzventilen. Die Ermittlung dieser zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr dient dazu, die Genauigkeit des gesamten Verfahrens zu verbessern, wie es in den nachfolgenden Ausführungen deutlich wird.

Das Verfahren fährt mit Schritt 210 fort, in dem wiederum überprüft wird, ob sie die Brennkraftmaschine 1 in einem stationären Betriebspunkt befindet. Wegen der genauen Ausführung dieser Abfrage wird auf die Erläuterung zu Schritt 201 verwiesen. Die Abfrage wird solange wiederholt bis ein stationärer Betriebspunkt erkannt wird. Das Verfahren fährt mit Schritt 211 fort, in dem überprüft wird, ob ein Betriebsparameter des Ventiltriebs kleiner ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Der Betriebsparameter des Ventiltriebs hat einen Einfluss auf die Zylinderfüllung, so dass es sich beispielsweise um den Hub oder die Öffnungszeit des Einlassventils 8 handelt. Der Schwellenwert für den Betriebsparameter des Ventiltriebs ist dabei so zu bemessen, dass der Einfluss von Fehlern bei der Zylinderfüllung, verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen des Ventiltriebs 80, auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment gegenüber dem Einfluss von Fehlern bei der Kraftstoffzufuhr,

verursacht durch zylinderindividuelle Toleranzen Kraftstoffversorgungssysteme, dominieren. Dadurch wird eine Überlagerung der Einflüsse weitgehend vermieden. Die Abfrage in Schritt 211 wird solange wiederholt, bis ein positives Ergebnis vorliegt. Bei
5 einem positiven Ergebnis der Abfrage in Schritt 211 wird die Brennkraftmaschine also in einem stationären Betriebspunkt betrieben, wobei der die Zylinderfüllung beeinflussende Betriebsparameter des Ventiltriebs kleiner ist als ein vorgegebener Schwellenwert. Dieser Betriebspunkt wird nachfolgend als
10 erster Betriebspunkt bezeichnet.

Es folgen nun die Schritte 212 bis 217, welche in gleicher Weise ablaufen wie die Schritte 203 bis 208. Bezüglich der genauen Vorgehensweise wird auf die Ausführungen zu den Schritten 203 bis
15 218 verwiesen.

Bei einem positiven Ergebnis der Abfrage in Schritt 216 fährt das Verfahren mit Schritt 218 in dem für jeden Zylinder ein Fehler bei der Zylinderfüllung unter Berücksichtigung der in Schritt 209
20 ermittelten Fehler bei der Kraftstoffzufuhr ermittelt und abgespeichert werden. Dazu werden die in Schritt 215 ermittelten zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion am ersten Betriebspunkt zunächst um die in Schritt 209 ermittelten zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr
25 korrigiert. Diese Korrektur bewirkt eine Steigerung der Genauigkeit des Verfahrens, da die zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr auf fertigungsbedingte Toleranzen bei den Einspritzventilen und nicht auf fertigungsbedingte Toleranzen bei dem Ventiltrieb zurückzuführen sind. Dann werden die
30 korrigierten zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion am ersten Betriebspunkt mit einem weiteren Referenzwert in Verhältnis gesetzt, um so den zylinderindividuellen prozentualen Fehler bei der Zylinderfüllung zu erhalten.

35

Bei dem weiteren Referenzwert kann es sich beispielsweise um einen Mittelwert der Werte der Kraftstoffmengenreduktion beim

ersten Betriebspunkt oder um eine entsprechende Angabe des Herstellers für den ersten Betriebspunkt handeln.

Das Verfahren fährt mit Schritt 219 fort, in dem zumindest eine
5 Steuergröße des Ventiltriebs 8 basierend auf den zylinder-individuellen Fehlern bei der Zylinderfüllung angepasst werden.

Falls der Ventiltrieb 80 zur zylinderindividuellen Steuerung der
Einlassventile 8 ausgebildet ist, so kann die zumindest einen
10 Steuergröße (z.B. Hub oder Öffnungszeit des Einlassventils 8) so
angepasst werden, dass die zylinderindividuellen Fehler bei der
Zylinderfüllung am ersten Betriebspunkt angenähert oder
gleichgestellt oder minimiert werden. Dadurch kann eine
gleichmäßige und präzise Zylinderfüllung erreicht werden. Eine
15 analoge Vorgehensweise ist auch schon nach der Ermittlung der
zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion
am ersten Betriebspunkt (Übergang zu Schritt 218) möglich. Dabei
kann die zumindest einen Steuergröße so angepasst werden, dass
die Werte für die Kraftstoffmengenreduktion am ersten Be-
20 triebspunkt angenähert oder gleichgestellt werden.

Ist der Ventiltrieb zur gemeinsamen Steuerung der Einlassventile
2 ausgebildet, so werden die zylinderindividuellen Fehler bei der
Zylinderfüllung mit einem Vergleichswert, welcher ebenfalls vom
25 Hersteller des Ventiltriebs geliefert sein kann, verglichen. Der
Vergleichswert stellt ein Maß für den auf Toleranzen beruhenden
Fehler bei der Zylinderfüllung für einen von dem Hersteller
vermessenen Referenz-Ventiltrieb dar. Dabei kann es sich
vorteilhafterweise um eine prozentuale Fehlerangabe handeln. Der
30 Vergleichswert kann sich auf den Ventilhub, auf die Ventil-
öffnungszeiten oder sonstige die Zylinderfüllung beeinflus-
senden Betriebsparameter des Ventiltriebs beziehen. Sollte der
Vergleich ergeben, dass die zylinderindividuellen Fehler bei der
Zylinderfüllung für den vorliegenden Ventiltrieb geringer sind
35 als der vorgegebene Vergleichswert, somit eine präzisere
Einstellung der Zylinderfüllung möglich ist, so kann bei-
spielsweise ein minimaler Hub oder eine minimale Öffnungsdauer
für den variablen Ventiltrieb verringert werden. Dadurch kann der

verbrauchsoptimale Betriebsbereich bei niederen Lasten und im Leerlauf erweitert werden. Stellt sich jedoch heraus, dass die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung größer sind als der Vergleichswert, somit die Zylinderfüllung weniger
5 präzise eingestellt werden, so kann der minimale Hub oder die minimale Öffnungsdauer für den variablen Ventiltrieb erhöht werden, um Komforteinbußen im unteren Lastbereich und im Leerlauf zu vermeiden.

- 10 Das Verfahren fährt mit Schritt 220 fort, in dem die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung bei der Kraftstoffzufuhr berücksichtigt werden. Wird beispielsweise festgestellt, dass aufgrund fertigungsbedingter Toleranzen beim Ventiltrieb es zu 10% mehr Zylinderfüllung kommt, wird die durch
15 das jeweilige Einspritzventil zugeführte Kraftstoffmenge entsprechend erhöht. Dadurch können die zylinderindividuellen Abgaswerte optimiert werden.

- Das Verfahren kann an dieser Stelle ausgehend von Schritt 210 für
20 einen anderen Betriebspunkt wiederholt werden. Nach vielen Durchläufen für unterschiedliche Betriebspunkte ist der Ventiltrieb für einen weiten Betriebsbereich optimiert.

- Auch wenn die Erfindung für eine Brennkraftmaschine mit
25 Kraftstoffdirekteinspritzung erläutert wurde, wird explizit darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf Brennkraftmaschinen mit Kraftstoffdirekteinspritzung begrenzt ist. Die Erfindung ist auch auf Brennkraftmaschinen mit Saugrohrein-
30 spritzung anwendbar, bei denen die Kraftstoffzufuhr zylinderindividuell steuerbar ist. Dies ist beispielsweise bei einer Brennkraftmaschine möglich, in deren Ansaugkrümmer pro Zylinder ein Einspritzventil angeordnet ist. Die Erfindung ist auf
derartige Brennkraftmaschine mit Saugrohrein-
übertragbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines variablen Ventiltriebs (80, 110) einer Brennkraftmaschine (1) mit mehreren Zylindern (2), wobei
- bei einem ersten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) sukzessiv für jeden Zylinder (2) die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge soweit reduziert wird bis ein vorgegebener Laufunruhigkeitsgrenzwert erreicht wird,
 - der variable Ventiltrieb (80, 110) unter Berücksichtigung der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
- bei einem zweiten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) sukzessiv für jeden Zylinder (2) die jeweils zugeführte Kraftstoffmenge soweit reduziert wird bis ein vorgegebener weiterer Laufunruhigkeitsgrenzwert erreicht wird,
 - wobei ein die Zylinderfüllung beeinflussender Betriebsparameter des Ventiltriebs (80, 110) bei dem ersten Betriebspunkt kleiner ist als bei dem zweiten Betriebspunkt,
 - der variable Ventiltrieb (80, 110) zusätzlich unter Berücksichtigung der zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion bei dem zweiten Betriebspunkt gesteuert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei
- der erste Betriebspunkt so gewählt ist, dass Fehler bei der Kraftstoffzufuhr einen kleineren Einfluss auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment haben als Fehler bei der Frischluftzufuhr in die Zylinder (2),
 - der zweite Betriebspunkt so gewählt ist, dass Fehler bei der Kraftstoffzufuhr einen größeren Einfluss auf das zylinderindividuell produzierte Drehmoment haben als Fehler bei der Frischluftzufuhr in die Zylinder (2).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei

- zylinderindividuelle Fehler bei der Kraftstoffzufuhr basierend auf den zylinderindividuellen Werten für die Kraftstoffmengenreduktion beim zweiten Betriebspunkt und einem vorgegebenen Referenzwert ermittelt werden und
- die zylinderindividuellen Fehler bei der Kraftstoffzufuhr bei der Ermittlung der zylinderindividuellen Werte der Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt berücksichtigt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Ventiltrieb (80) der Brennkraftmaschine (1) zur zylinderindividuellen Steuerung der Einlassventile (8) der Brennkraftmaschine (1) ausgebildet ist und der Ventiltrieb (80) derart gesteuert wird, dass die zylinderindividuellen Werte für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt einander angeglichen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Ventiltrieb (80) der Brennkraftmaschine (1) zur gemeinsamen Steuerung der Einlassventile (8) der Brennkraftmaschine (1) ausgebildet ist, wobei

- zylinderindividuelle Fehler bei der Zylinderfüllung basierend auf den ermittelten zylinderindividuellen Werten für die Kraftstoffmengenreduktion beim ersten Betriebspunkt und einem entsprechenden vorgegebenen weiteren Referenzwert ermittelt werden ,
- zumindest eine Steuergröße des Ventiltriebs (80) wird in Abhängigkeit von einem Vergleich der zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung und einem Vergleichswert bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei es sich bei der Steuergröße um den vom Ventiltrieb (80) minimal einzustellenden Hub der Einlassventile (8) oder die von dem Ventiltrieb (80) minimal einzustellenden Öffnungszeit der Einlassventile (8) handelt.

8. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei
die zylinderindividuellen Fehler bei der Zylinderfüllung
bei der zylinderindividuellen Kraftstoffzufuhr berück-
sichtigt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei für
zumindest einen der Zylinder (2), bei denen die Kraft-
stoffmenge aktuell nicht reduziert wird, die zugeführte
Kraftstoffmenge erhöht wird.
10. Steuervorrichtung (26) für eine Brennkraftmaschine (1) mit
mehreren Zylindern (2), welche derart ausgebildet und mit
Mitteln versehen ist, dass sie ein Verfahren nach einem der
Ansprüche 1 bis 9 durchführen kann.

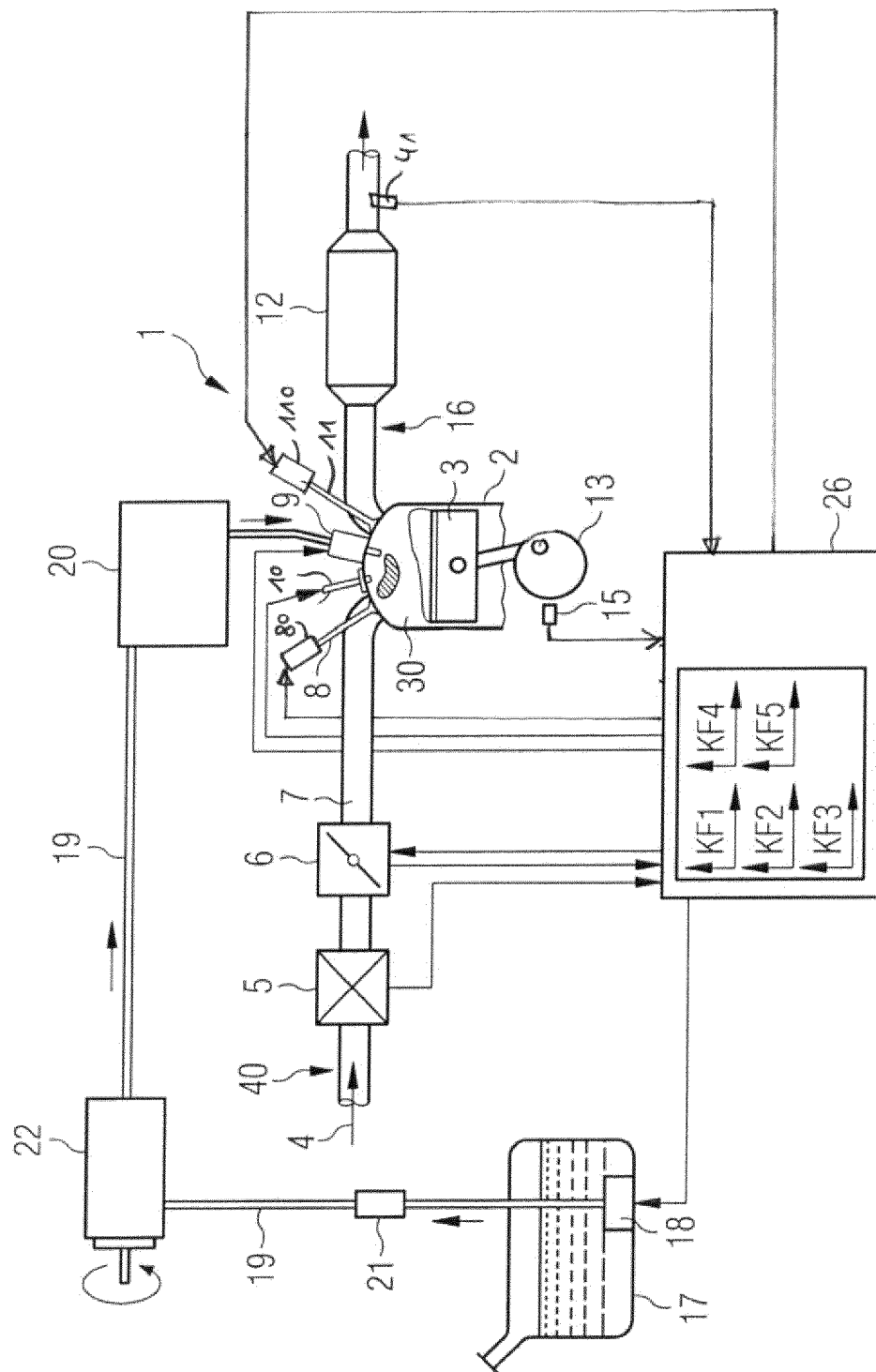


Fig. 1

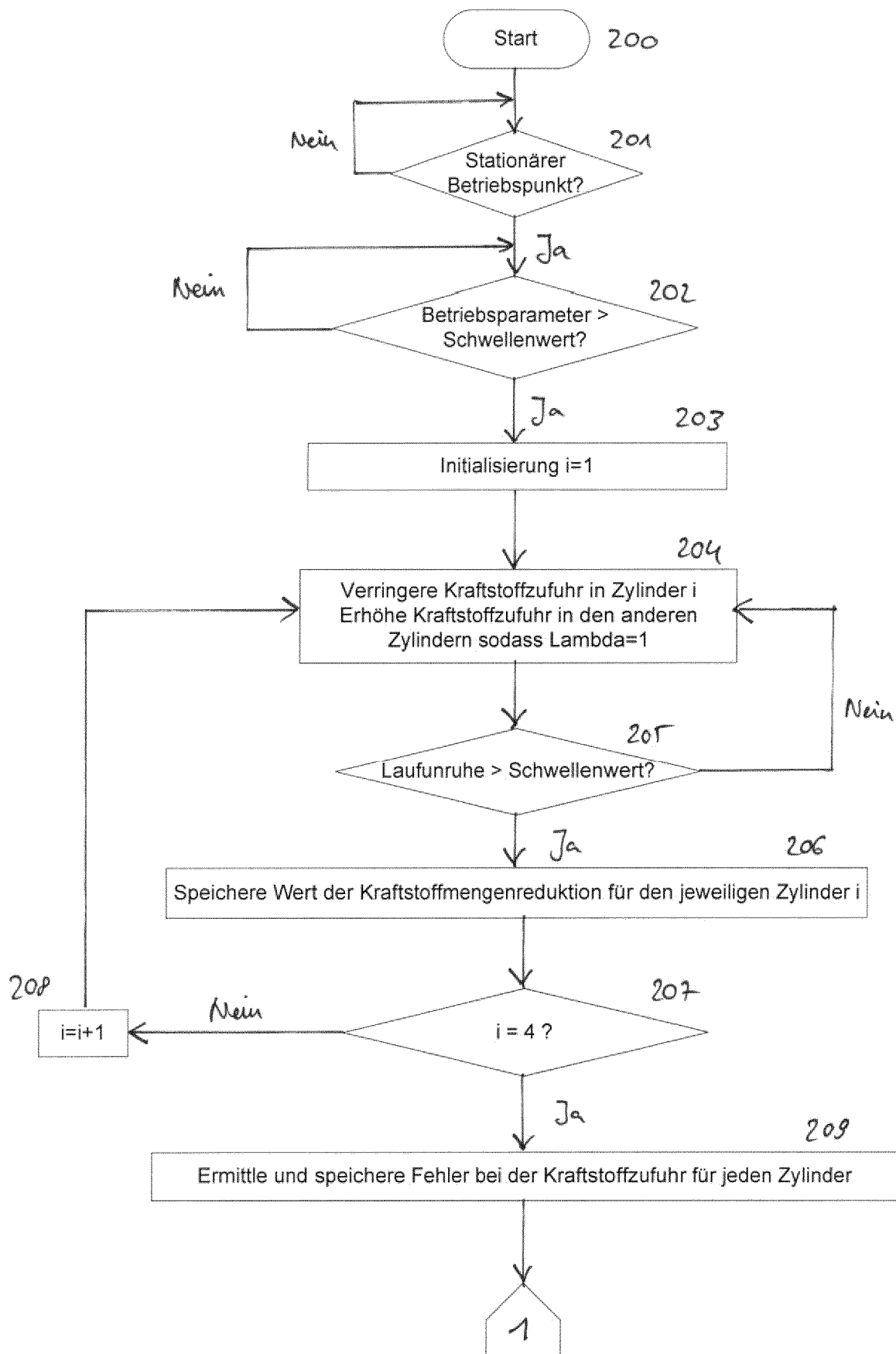


Fig. 2 A

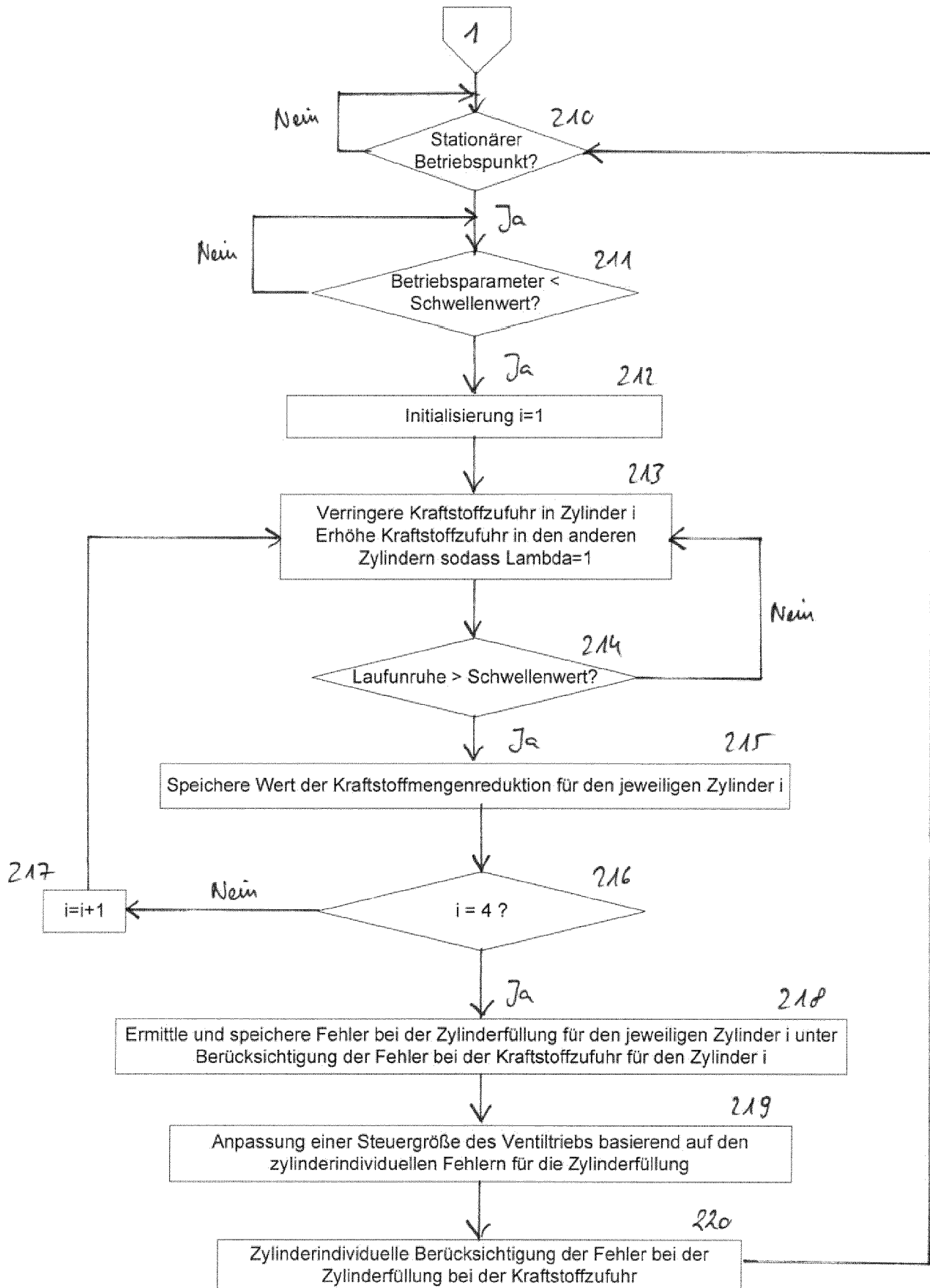


Fig. 2B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/053976

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	EP 1 431 557 A2 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 23 June 2004 (2004-06-23) abstract; claims 1,3,4; figure 2 paragraph [0024] - paragraph [0026] -----	1-10
X	US 2007/074705 A1 (NAKASAKA YUKIHIRO [JP] ET AL) 5 April 2007 (2007-04-05) abstract; figures 11-13 paragraph [0088] - paragraph [0116] -----	1-10
X	DE 10 2004 031691 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 10 February 2005 (2005-02-10) abstract; claims 1,2,7,8; figure 4 paragraph [0027] - paragraph [0032] -----	1,7-10
A	EP 0 833 043 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 1 April 1998 (1998-04-01) the whole document ----- -/-	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

24 May 2012

Date of mailing of the international search report

01/06/2012

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

Van der Staay, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053976

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 101 56 409 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 12 June 2003 (2003-06-12) abstract; claims 1,2; figure 2 paragraph [0019] - paragraph [0027] -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/053976

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1431557	A2	23-06-2004	DE 10259846 B3	03-06-2004
			EP 1431557 A2	23-06-2004
			ES 2339931 T3	27-05-2010

US 2007074705	A1	05-04-2007	NONE	

DE 102004031691	A1	10-02-2005	DE 102004031691 A1	10-02-2005
			US 2005005923 A1	13-01-2005

EP 0833043	A1	01-04-1998	NONE	

DE 10156409	A1	12-06-2003	NONE	

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	EP 1 431 557 A2 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 23. Juni 2004 (2004-06-23) Zusammenfassung; Ansprüche 1,3,4; Abbildung 2 Absatz [0024] - Absatz [0026] -----	1-10
X	US 2007/074705 A1 (NAKASAKA YUKIHIRO [JP] ET AL) 5. April 2007 (2007-04-05) Zusammenfassung; Abbildungen 11-13 Absatz [0088] - Absatz [0116] -----	1-10
X	DE 10 2004 031691 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 10. Februar 2005 (2005-02-10) Zusammenfassung; Ansprüche 1,2,7,8; Abbildung 4 Absatz [0027] - Absatz [0032] ----- -/-	1,7-10

☒ 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

24. Mai 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2012

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

Van der Staay, Frank

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 833 043 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 1. April 1998 (1998-04-01) das ganze Dokument -----	1,10
A	DE 101 56 409 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 12. Juni 2003 (2003-06-12) Zusammenfassung; Ansprüche 1,2; Abbildung 2 Absatz [0019] - Absatz [0027] -----	1,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053976

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1431557	A2	23-06-2004	DE 10259846 B3 03-06-2004
		EP 1431557 A2 23-06-2004	
		ES 2339931 T3 27-05-2010	

US 2007074705	A1	05-04-2007	KEINE

DE 102004031691	A1	10-02-2005	DE 102004031691 A1 10-02-2005
		US 2005005923 A1 13-01-2005	

EP 0833043	A1	01-04-1998	KEINE

DE 10156409	A1	12-06-2003	KEINE
