

(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
5. Februar 2015 (05.02.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/014809 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/00 (2006.01) *F02D 41/14* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/066207
- (22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juli 2014 (28.07.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102013012568.5 29. Juli 2013 (29.07.2013) DE
- (71) Anmelder: MAN DIESEL & TURBO SE [DE/DE];
Stadtbachstr. 1, 86153 Augsburg (DE).
- (72) Erfinder: DÖRING, Andreas; Ziehrerstr. 24, 82008
München/Unterhaching (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.

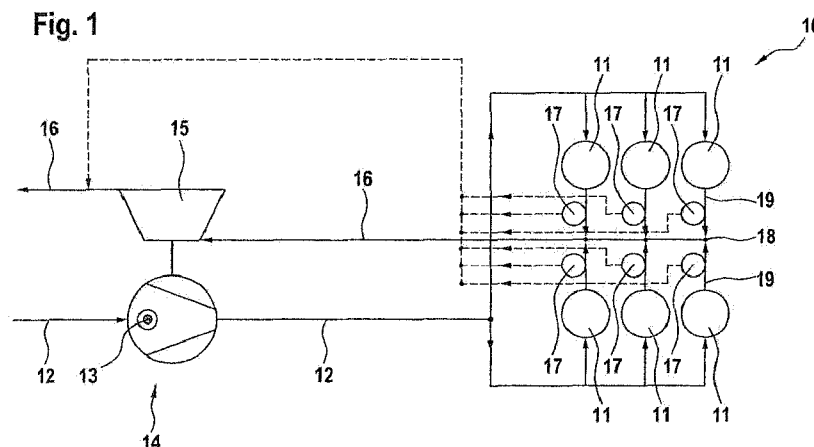
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: Method for operation of an internal combustion engine (10) having a plurality of cylinders (11), specifically a method for cylinder-specific combustion control, wherein a cylinder-specific combustion control takes place using at least one exhaust gas sensor (17) in the exhaust gas of each cylinder (11) of the internal combustion engine, for which exhaust gas a cylinder-specific combustion control takes place, at least one actual combustion value for the respective cylinder is individually obtained by measuring technology, and the respective actual combustion value which is obtained by measuring technology is compared with a combustion setpoint value, in order to determine at least one cylinder-specific control error between the setpoint combustion value and the actual combustion value for each of the cylinders (11) for which a cylinder-specific combustion control takes place, and wherein at least one cylinder-specific manipulated variable is determined for each cylinder (11), for which cylinder-specific combustion control takes place, on the basis of the or each cylinder-specific control error, on the basis of which manipulated variable the respective cylinder (11) is operated in order to cause the respective setpoint combustion value to approach the respective setpoint combustion value and to minimise the respective control error.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/014809 A1



Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) mit mehreren Zylindern (11), nämlich Verfahren zur zylinderindividuellen Verbrennungsregelung, wobei mit Hilfe mindestens eines Abgassensors (17) an dem Abgas jedes Zylinders (11) der Brennkraftmaschine, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, für den jeweiligen Zylinder (11) individuell mindestens ein Verbrennungswert messtechnisch erfasst wird und der jeweilige messtechnisch erfasste Verbrennungswert mit einem Verbrennungswert verglichen wird, um für jeden der Zylinder (11), für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, mindestens eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Verbrennungswert und dem Verbrennungswert zu ermitteln, und wobei für jeden Zylinder (11), für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, auf Grundlage der oder jeder zylinderindividuellen Regelabweichung mindestens eine zylinderindividuelle Stellgröße bestimmt wird, auf Grundlage derer der jeweilige Zylinder (11) betrieben wird, um den jeweiligen Verbrennungswert dem jeweiligen Verbrennungswert und Minimierung der jeweiligen Regelabweichung anzunähern.

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, nämlich ein Verfahren zur zylinderindividuellen Verbrennungsregelung an zumindest einigen Zylindern, vorzugsweise an allen Zylindern, der Brennkraftmaschine.
- 10 Brennkraftmaschinen müssen immer strengere Emissionsgrenzwerte erfüllen. Eine Möglichkeit, solche Emissionsgrenzwerte zu erfüllen, besteht darin, den Betrieb der Brennkraftmaschine über eine Regelung zu optimieren. Dabei ist es grundsätzlich auch schon bereits bekannt, an einer Brennkraftmaschine die einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine individuell zu regeln.
- 15
- So offenbart die DE 10 2005 058 820 A1 ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, bei welchem zylinderindividuell wenigstens eine Größe, die einen jeweiligen Verlauf einer Verbrennung in einem zugehörigen Brennraum charakterisiert, berechnet wird, wobei abhängig von dieser wenigstens einen, den Verbrennungsverlauf
- 20 charakterisierenden Größe die Regelung von zylinderindividuellen Kraftstoffeinspritzparametern beeinflusst wird. Hierbei wird so vorgegangen, dass an den Zylindern eine Zylinderdruckmessung erfolgt, um abhängig von der Zylinderdruckmessung eine die Verbrennung im jeweiligen Zylinder charakterisierende Größe
- 25 zu berechnen. Derart berechnete Verbrennungswerte werden mit entsprechenden Verbrennungssollwerten verglichen, um abhängig von einer Regelabweichung als Stellgrößen für die Zylinder zylinderindividuell Kraftstoffeinspritzparameter zu beeinflussen.

Dann, wenn, wie aus der DE 10 2005 058 820 A1 vorgeschlagen, die Verbrennungsistwerte zum Beispiel aus dem gemessenen Zylinderdruck berechnet werden, kann die Verbrennung in den Zylindern der Brennkraftmaschine nur in eingeschränkten Umfang zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten optimiert werden.

- 5 Dies liegt unter anderem darin begründet, dass zum Beispiel aus dem Zylinderdruck keine Rückschlüsse über einen Verschleiß bzw. eine Veränderung der Einspritzcharakteristik von Kraftstoffeinspritzdüsen gewonnen werden können.

- 10 Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein neuartiges Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, mit Hilfe dessen eine zylinderindividuelle Regelung der Zylinder der Brennkraftmaschine verbessert werden kann.

- 15 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 gelöst.

- Erfindungsgemäß wird mit Hilfe mindestens eines Abgassensors an dem Abgas jedes Zylinders der Brennkraftmaschine, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, für den jeweiligen Zylinder individuell mindestens ein Verbrennungsistwert messtechnisch erfasst und der jeweilige messtechnisch erfasste Verbrennungsistwert mit einem Verbrennungssollwert verglichen, um für jeden der Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, mindestens eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Verbrennungssollwert und dem Verbrennungsistwert zu ermitteln, wobei für jeden Zylinder, für den
- 20 eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, auf Grundlage der oder jeder zylinderindividuellen Regelabweichung mindestens eine zylinderindividuelle Stellgröße bestimmt wird, auf Grundlage derer der jeweilige Zylinder angesteuert bzw. betrieben wird, um den jeweiligen Verbrennungsistwert dem jeweiligen Verbrennungssollwert und Minimierung der jeweiligen Regelabweichung anzunähern.

Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, für solche Zylinder, für welche eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgen soll, für den jeweiligen Zylinder individuell mindestens einen Verbrennungsiswert messtechnisch zu erfassen. Erfindungsgemäß wird demnach ein Verbrennungsiswert nicht aus anderen Messgrößen berechnet, sondern vielmehr für jeden Zylinder individuell messtechnisch erfasst. Ein solcher gemessener, zylinderindividueller Verbrennungsiswert des jeweiligen Zylinders wird dann mit einem entsprechenden Verbrennungssollwert verglichen, um zylinderindividuell eine Regelabweichung zu bestimmen, und auf Basis dieser zylinderindividuellen Regelabweichung für den jeweiligen Zylinder eine zylinderindividuelle Stellgröße zu bestimmen, sodass der Verbrennungsiswert dem Verbrennungssollwert des jeweiligen Zylinders nachgeführt werden kann. Hiermit kann der Betrieb einer Brennkraftmaschine gegenüber bekannten zylinderindividuellen Regelungen deutlich verbessert werden. Insbesondere ist es möglich, über die Regelung einen Verschleiß bzw. eine Veränderung des Einspritzverhaltens von Kraftstoffeinspritzdüsen über die Regelung zu kompensieren.

Nach einer ersten vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, der oder jeder Verbrennungsiswert mit Hilfe mindestens eines zylinderindividuellen Abgassensors messtechnisch erfasst, wobei an dem jeweiligen Abgassensor des jeweiligen Zylinders der jeweilige Verbrennungsiswert ausschließlich in einem zylinderindividuellen Kurbelwellenwinkelbereich erfasst wird, um bei der zylinderindividuellen Verbrennungsiswert-Erfassung eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenem Abgas zu minimieren. Nach einer zweiten, alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird für mehrere Zylinder, für die eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, der oder jeder Verbrennungsiswert mit Hilfe eines gemeinsamen Abgassensors messtechnisch erfasst, wobei dem gemeinsamen Abgassensor mehrerer Zylinder das Abgas immer ausschließlich eines Zylinders zugeführt wird, um bei der zylinderindividuellen Verbrennungsiswert-Erfassung eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenem Abgas zu minimieren.

Sowohl die erste vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung als auch die zweite, alternative vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung erlauben eine exakte messtechnische Bestimmung zylinderindividueller Verbrennungsisstwerte, und zwar ohne die Gefahr, dass die an dem Abgas eines Zylinders vorgenommene messtechnische Erfassung eines Verbrennungsisstwerts durch eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenen Abgas beeinträchtigt wird.

Vorzugsweise ist der Verbrennungssollwert der Zylinder abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine. Die Verwendung betriebspunktabhängiger Verbrennungssollwerte ist bevorzugt, da dann für unterschiedliche Betriebspunkte jeweils ein optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine über eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung gewährleistet werden kann.

Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird als Verbrennungsisstwert für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein NO_x-Istwert mit Hilfe eines als NO_x-Sensor ausgebildeten Abgassensors erfasst. Zusätzlich oder alternativ wird als Verbrennungsisstwert für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein Kraftstoff/Luft-Verhältnis bzw. Restsauerstoffgehalt mit Hilfe eines als Lambda-Sensor ausgebildeten Abgassensors erfasst. Die messtechnische Erfassung der zylinderindividuellen Verbrennungsisstwerte über NO_x-Sensoren oder Lambda-Sensoren ist bevorzugt.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1: eine schematisierte Darstellung einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern und mit einer Abgasaufladungseinrichtung zur Verdeutlichung

Fig. 2: eine schematisierte Darstellung einer weiteren Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern und mit Abgasaufladungseinrichtung zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, nämlich ein Verfahren zur zylinderindividuellen Verbrennungsregelung an den Zylindern einer Brennkraftmaschine.

Fig. 1 zeigt stark schematisiert ein Schema einer Brennkraftmaschine 10 mit mehreren Zylindern 11. Die in Fig. 1 gezeigte Anzahl von sechs Zylindern 11 sowie die Gruppierung dieser Zylinder 11 in zwei Zylindergruppen ist rein exemplarischer Natur. Den Zylindern 11 der Brennkraftmaschine 10 kann, ausgehend von einer Ladeluftleitung 12, Ladeluft zugeführt werden, wobei im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 die Ladeluft in einem Verdichter 13 eines Abgasturboladers 14 verdichtet wird. Hierzu benötigte Energie wird in einer Turbine 15 des Abgasturboladers dadurch gewonnen, dass in der Turbine 15 Abgas, welches die Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 verlässt, entspannt wird. So kann der Turbine 15 des Abgasturboladers 14 das die Zylinder 11 verlassende Abgas über eine Abgasleitung 16 zugeführt werden.

20

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, an einer Brennkraftmaschine 10 eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung zu etablieren, wobei hierzu mit Hilfe mindestens eines Abgassensors 17 an dem Abgas jedes Zylinders 11, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgen soll, für den jeweiligen Zylinder 11 individuell mindestens ein Verbrennungsiswert messtechnisch erfasst wird. Dieser jeweilige messtechnisch erfasste Verbrennungsiswert des jeweiligen Zylinders 11 wird mit einem entsprechenden Verbrennungssollwert verglichen, um für den jeweiligen Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgen soll, eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Verbrennungssollwert und dem messtechnisch erfassten Verbrennungsiswert zu ermitteln.

30

Auf Grundlage dieser zylinderindividuellen Regelabweichung wird dann für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgen soll, eine zylinderindividuelle Stellgröße bestimmt, auf Grundlage derer der jeweilige Zylinder 11 angesteuert bzw. betrieben wird, um den jeweiligen Verbrennungswert dem jeweiligen Verbrennungssollwert unter Minimierung der jeweiligen Regelabweichung anzunähern.

Gemäß der Fig. 1 ist jedem Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 ein individueller Abgassensor 17 zugeordnet. Jeder zylinderindividuelle Abgassensor 17 ist in Strömungsrichtung des Abgases gesehen stromabwärts des jeweiligen Zylinders 11 und stromaufwärts einer Vereinigungsstelle 18 eines zylinderindividuellen Abgasausslasskanals 19 mit der Abgasleitung 16 angeordnet. Es ist auch möglich, dass die Abgassensoren 17 in Brennräume der Zylinder 11 hineinragen.

15

Im Bereich jedes zylinderindividuellen Abgassensors 17 wird das Abgas des jeweiligen Zylinders 11 einer zylinderindividuellen messtechnischen Erfassung unterzogen, um so für jeden Zylinder 11 mindestens einen zylinderindividuellen Verbrennungswert zu ermitteln. Dabei ist vorgesehen, dass an dem jeweiligen Abgassensor 17 des jeweiligen Zylinders 11 der jeweilige Verbrennungswert ausschließlich in einem zylinderindividuellen Kurbelwinkelwellenbereich erfasst wird, um bei der zylinderindividuellen Erfassung der Verbrennungswerte eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenen Abgas zu minimieren oder angängig von Ventilüberscheidungen der Auslassventile gar vollständig zu vermeiden. Da die Auslassventile der einzelnen Zylinder 11 in unterschiedlichen Kurbelwellenwinkelbereichen öffnen und demnach Abgas aus den jeweiligen Zylindern 11 in unterschiedlichen Kurbelwellenwinkelbereichen abführen, kann so vermieden werden, dass bei der Erfassung zylinderindividueller Verbrennungswerte das Abgas anderer Zylinder diese Istwert-Erfassung beeinträchtigt.

30

Gemäß Fig. 1 wird das über die zylinderindividuellen Abgassensoren 17 geleitete Abgas in Strömungsrichtung des Abgases gesehen stromabwärts der Turbine 15 in die Abgasleitung 16 geleitet.

- 5 Fig. 2 zeigt eine alternative Ausgestaltung, bei welcher zur Ermittlung der zylinderindividuellen Verbrennungswerte für die Zylinder 11, für die eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein gemeinsamer Abgassensor 17 vorhanden ist. Dieser Abgassensor 17 ist jeweils mit den zylinderindividuellen Abgasauslasskanälen 19 unter Zwischenschaltung von Ventilen 20 gekoppelt, um so dem
10 gemeinsamen Abgassensor 17 das Abgas immer ausschließlich eines Zylinders 11 zuzuführen. Die Ansteuerung der Ventile 20 erfolgt dabei wiederum abhängig vom zylinderindividuellen Kurbelwinkelwellenbereich, um dann, wenn die Auslassventile des jeweiligen Zylinders 11 Abgas ausstoßen, durch Öffnung des diesem Zylinder 11 zugeordneten Ventils 20 Abgas des jeweiligen Zylinders 11 dem ge-
15 meinsamen Abgassensor 17 zuzuführen. Auch im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 wird das über den gemeinsamen Abgassensor 17 geführt Abgas stromabwärts der Turbine 15 des Abgasturboladers 14 in die Abgasleitung 16 geleitet.

- Bei der Istwert-Erfassung können in den Varianten der Fig. 1 und 2 Laufzeiten des
20 Abgases von den Zylindern 11 zu den Abgassensoren 17 berücksichtigt werden.

- Bei den zylinderindividuellen Abgassensoren 17 der Fig. 1 bzw. beim gemeinsamen Abgassensor 17 der Fig. 2, die jeweils zur zylinderindividuellen Ermittlung eines Verbrennungs-Ist-Werts verwendet werden, kann es sich um NO_x-Sensoren
25 und/oder um Lambda-Sensoren handeln.

- Dann, wenn in Fig. 1 als Abgassensoren 17 NO_x-Sensoren und in Fig. 2 als gemeinsamer Abgassensor ein NO_x-Sensor zum Einsatz kommt, wird als zylinderindividuelle Regelabweichung eine Differenz zwischen einem NO_x-Sollwert und ei-
30 nem zylinderindividuellen, messtechnisch erfassten NO_x-Istwert ermittelt.

- Dann, wenn diese Regeldifferenz größer als Null ist, wenn also der NO_x-Sollwert größer als der NO_x-Istwert ist, wird vorzugsweise als Stellgröße für den jeweiligen Zylinder 11 ein Einspritzdruck des jeweiligen Zylinders erhöht und/oder ein Einspritzbeginn in den jeweiligen Zylinder 11 nach spät verschoben und/oder ein Zündzeitpunkt des jeweiligen Zylinders 11 nach spät verschoben und/oder eine Voreinspritzung in den jeweiligen Zylinder 11 deaktiviert und/oder eine Nacheinspritzung in den jeweiligen Zylinder 11 aktiviert. Dann hingegen, wenn die zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem NO_x-Sollwert und dem messtechnisch erfassten NO_x-Istwert kleiner als Null ist, wenn also der NO_x-Istwert größer als der NO_x-Sollwert ist, wird als zylinderindividuelle Stellgröße der Einspritzdruck des jeweiligen Zylinders 11 verringert und/oder der Einspritzbeginn in den jeweiligen Zylinder 11 nach früh verschoben und/oder der Zündzeitpunkt des jeweiligen Zylinders 11 nach früh verschoben und/oder die Voreinspritzung in den jeweiligen Zylinder 11 aktiviert und/oder die Nacheinspritzung in den jeweiligen Zylinder 11 deaktiviert. Die Auswahl der Stellgröße hängt von der Bauart der jeweiligen Brennkraftmaschine 10 ab, insbesondere davon, ob eine selbstzündende oder fremdgezündete Brennkraftmaschine 10 betrieben werden soll.
- Dann, wenn als Abgassensoren 17 in Fig. 1 bzw. als gemeinsamer Abgassensor 17 in Fig. 2 ein Lambda-Sensor verwendet wird, werden als zylinderindividuelle Verbrennungsistwerte vorzugsweise Kraftstoff/Luft-Verhältnisse bzw. Restsauerstoffgehalte ermittelt. Dann, wenn eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert des zylinderindividuellen Kraftstoff/Luft-Verhältnisses größer als Null ist, wird als Stellgröße vorzugsweise eine Kraftstoffeinspritzmenge in den jeweiligen Zylinder 11 erhöht und/oder eine Drosselung einer Ladeluftzufuhr zum jeweiligen Zylinder 11 verringert. Dann hingegen, wenn die zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses kleiner als Null ist, wird als zylinderindividuelle Stellgröße vorzugsweise die Kraftstoffeinspritzmenge in den jeweiligen Zylinder 11 verringert und/oder die Drosselung der Ladeluftzufuhr zum jeweiligen Zylinder 11 erhöht.

- Bei der messtechnischen Ermittlung der Verbrennungswerte ist es möglich, entweder den aktuellen Messwert des Verbrennungswerts zu verwenden, oder aus über ein Messintervall erfassten Messwerten des Verbrennungswerts einen
- 5 Mittelwert oder einen Maximalwert oder ein zeitliches Integral zu ermitteln und diese Größe dann als zylinderindividuellen Verbrennungswert zu verwenden. Ebenso ist es möglich, innerhalb eines Messintervalls einen Wendepunkt als zylinderindividuellen Verbrennungswert zu verwenden.
- 10 Bei relativ schnell laufenden Brennkraftmaschinen ist die Verwendung von Mittelwerten als Verbrennungswerte bevorzugt. Bei relativ langsam laufenden Brennkraftmaschinen ist die Verwendung von Maximalwerten oder zeitlichen Integralen oder Wendepunkten als Verbrennungswerte bevorzugt.
- 15 Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass als Verbrennungswerte für die Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 Verbrennungswerte verwendet werden, die vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 10 abhängig sind.
- 20 So ist es möglich, für einen Vollastbetrieb und einen Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 10 unterschiedliche Verbrennungswerte für die Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 bereitzuhalten. So kann für die unterschiedlichen Betriebspunkte der Brennkraftmaschine 10 ein optimaler Betrieb derselben gewährleistet werden, um Abgasemissionsgrenzwerte einzuhalten.
- 25
- Bei den Verbrennungswerten kann es sich um zylinderindividuelle Verbrennungswerte oder auch um Sollwerte handeln, die für alle Zylinder 11 der Brennkraftmaschine 10 identisch sind.

- Es können für jeden Zylinder 11 auch mehrere Verbrennungswerte ermittelt werden, um dieselben mit entsprechenden Verbrennungswerten zu vergleichen und um abhängig hiervon mindestens eine zylinderindividuelle Stellgröße zu bestimmen, auf Grundlage derer der jeweilige Zylinder 11 betrieben wird. Hierbei
- 5 können NO_x-Istwerte in Kombination mit Istwerten des Restsauerstoffgehalts bzw. Kraftstoff/Luft-Verhältnisses ermittelt und mit entsprechenden Sollwerten verglichen werden. In diesem Zusammenhang können NO_x-Sensoren und Lambda-Sensoren eine nicht zerstörungsfrei trennbare Einheit bilden.

Bezugszeichenliste

	10	Brennkraftmaschine
	11	Zylinder
5	12	Ladeluftleitung
	13	Verdichter
	14	Abgasturbolader
	15	Turbine
	16	Abgasleitung
10	17	Abgassensor
	18	Vereinigungsstelle
	19	Abgasauslasskanal
	20	Ventil

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, nämlich Verfahren zur zylinderindividuellen Verbrennungsregelung, wobei mit
5 Hilfe mindestens eines Abgassensors an dem Abgas jedes Zylinders der Brennkraftmaschine, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, für den jeweiligen Zylinder individuell mindestens ein Verbrennungs-
istwert messtechnisch erfasst wird und der jeweilige messtechnisch erfasste
Verbrennungsistwert mit einem Verbrennungssollwert verglichen wird, um für
10 jeden der Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, mindestens eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem
Verbrennungssollwert und dem Verbrennungsistwert zu ermitteln, und wobei
für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, auf Grundlage der oder jeder zylinderindividuellen Regelabweichung
15 mindestens eine zylinderindividuelle Stellgröße bestimmt wird, auf Grundlage derer der jeweilige Zylinder betrieben wird, um den jeweiligen Verbrennungs-
istwert dem jeweiligen Verbrennungssollwert und Minimierung der jeweiligen Regelabweichung anzunähern.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, der oder jeder Verbrennungsistwert mit Hilfe mindestens eines zylinderindividuellen Abgassensors messtechnisch erfasst wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem jeweiligen Abgassensor des jeweiligen Zylinders der jeweilige Verbrennungsistwert ausschließlich in einem zylinderindividuellen Kurbelwellenwinkelbereich erfasst wird, um bei der zylinderindividuellen Verbrennungsistwert-Erfassung eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenem Abgas zu
30 minimieren

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mehrere Zylinder, für die eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, der oder jeder Verbrennungswert mit Hilfe eines gemeinsamen Abgassensors messtechnisch erfasst wird.
- 5
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem gemeinsamen Abgassensor mehrerer Zylinder das Abgas immer ausschließlich eines Zylinders zugeführt wird, um bei der zylinderindividuellen Verbrennungswert-Erfassung eine Wechselwirkung mit dem von anderen Zylindern ausgestoßenem Abgas zu minimieren.
- 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungswert der Zylinder abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine ist.
- 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zu jedem Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein zylinderindividuellen Verbrennungswert vorgegeben wird.
- 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verbrennungswert für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein NO_x-Istwert mit Hilfe eines als NO_x-Sensor ausgebildeten Abgassensors erfasst wird.
- 25

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem NO_x-Sollwert und dem NO_x-Istwert größer als Null ist, als Stellgröße ein Einspritzdruck des jeweiligen Zylinders erhöht und/oder ein Einspritzbeginn in den jeweiligen Zylinder nach spät verschoben und/oder ein Zündzeitpunkt des jeweiligen Zylinders nach spät verschoben und/oder eine Voreinspritzung in den jeweiligen Zylinder deaktiviert und/oder eine Nacheinspritzung in den jeweiligen Zylinder aktiviert wird, und dass dann, wenn eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem NO_x-Sollwert und dem NO_x-Istwert kleiner als Null ist, als Stellgröße ein Einspritzdruck des jeweiligen Zylinders verringert und/oder ein Einspritzbeginn in den jeweiligen Zylinder nach früh verschoben und/oder ein Zündzeitpunkt des jeweiligen Zylinders nach früh verschoben und/oder eine Voreinspritzung in den jeweiligen Zylinder aktiviert und/oder eine Nacheinspritzung in den jeweiligen Zylinder deaktiviert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verbrennungsistwert für jeden Zylinder, für den eine zylinderindividuelle Verbrennungsregelung erfolgt, ein Kraftstoff/Luft-Verhältnis bzw. Restsaurestoffgehalt mit Hilfe eines als Lambda-Sensor ausgebildeten Abgassensors erfasst wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn eine zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses größer als Null ist, als Stellgröße eine Kraftstoffeinspritzmenge in den Zylinder erhöht und/oder eine Drosselung einer Ladeluftzufuhr verringert wird, und dass dann, wenn die zylinderindividuelle Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses kleiner als Null ist, als Stellgröße die Kraftstoffeinspritzmenge in den Zylinder verringert und/oder eine Drosselung einer Ladeluftzufuhr erhöht wird.

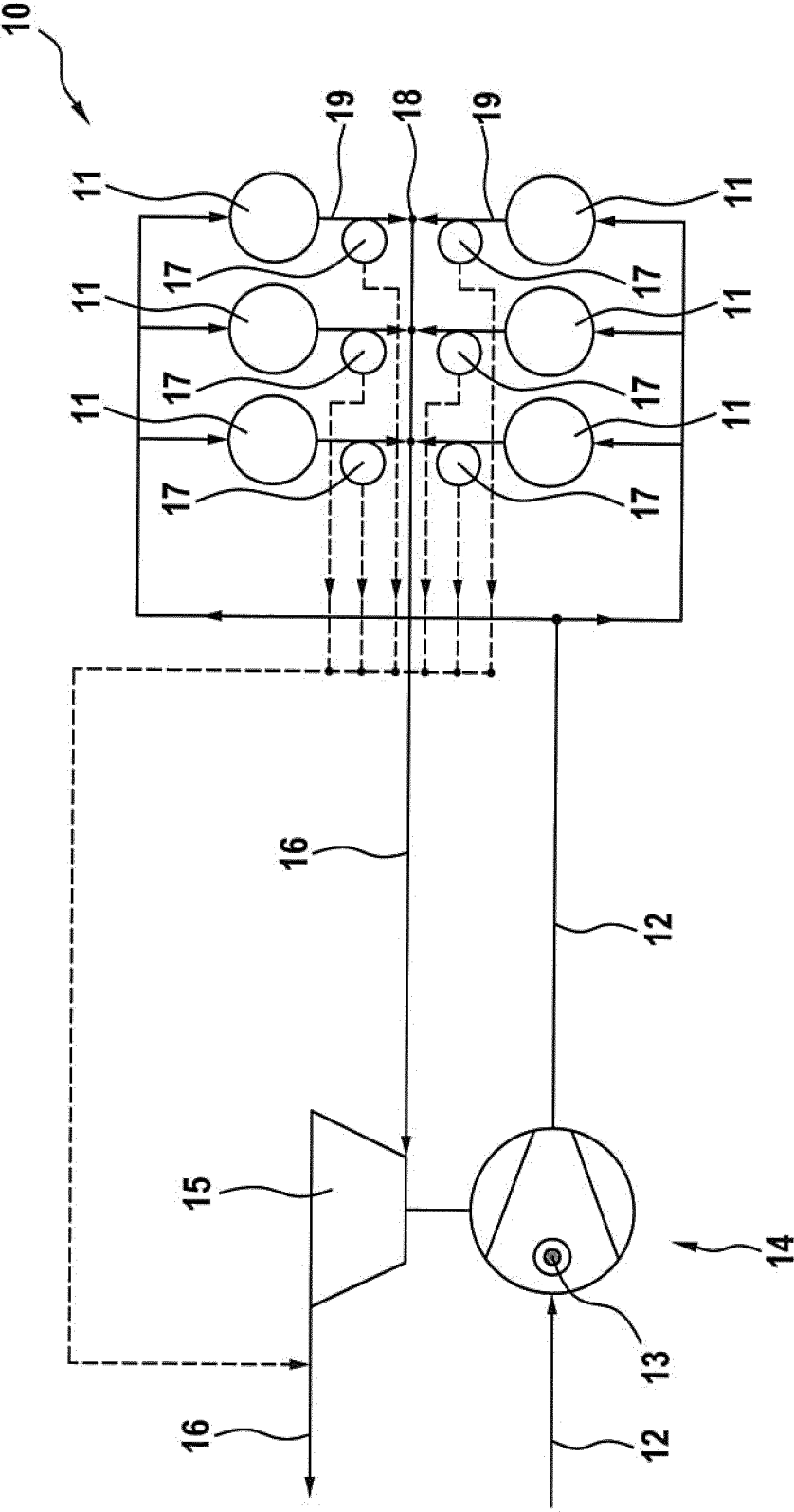
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verbrennungsiswert der aktuelle Messwert des Verbrennungsiswerts verwendet wird.

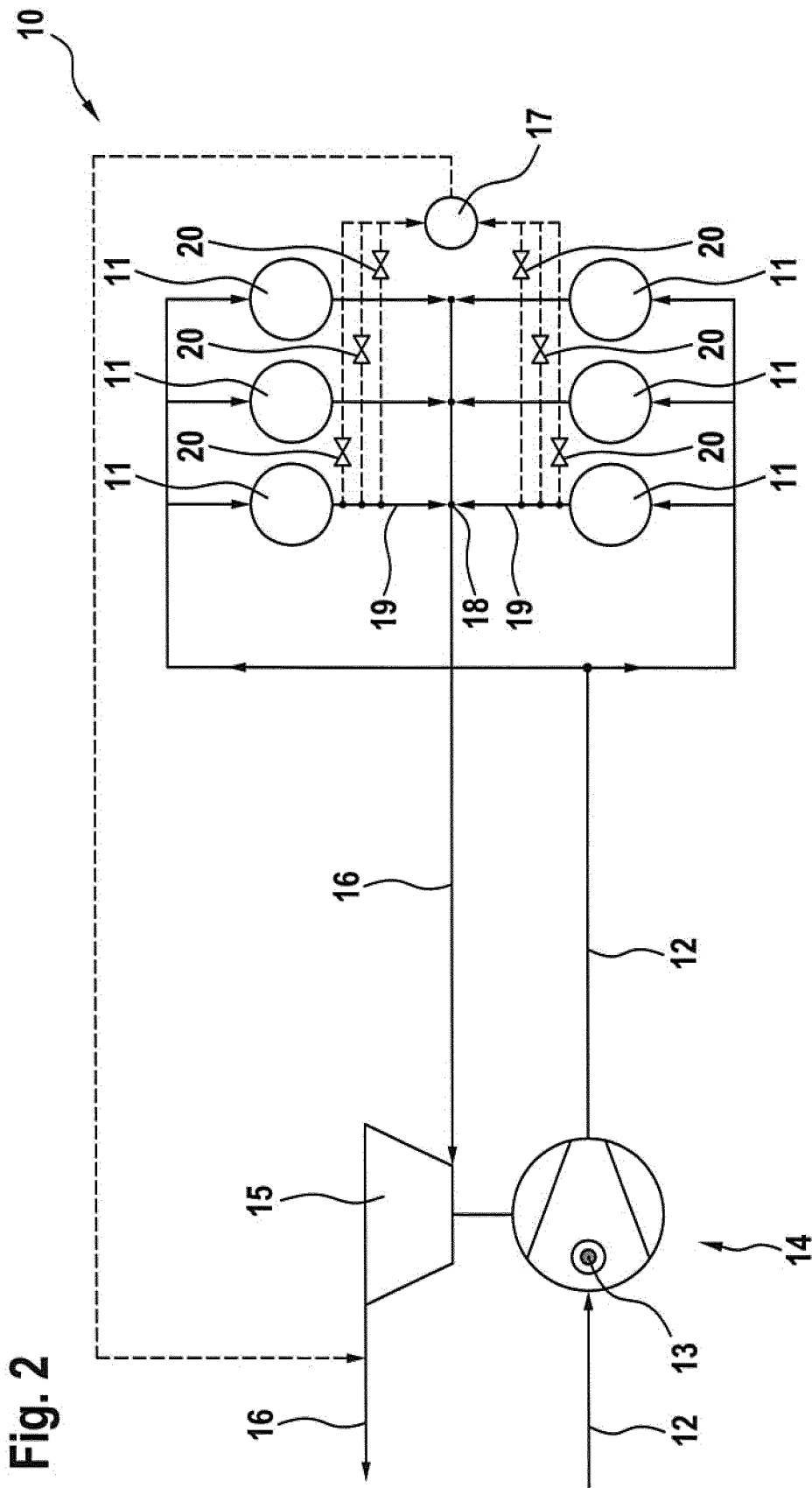
5

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Verbrennungsiswert aus über ein Messintervall erfassten Messwerten ein Mittelwert oder ein Maximalwert oder zeitliches Intergral oder ein Wendepunkt verwendet wird.

10

Fig. 1





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/066207

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/00 F02D41/14
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 Y	DE 199 03 721 C1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 13 July 2000 (2000-07-13) abstract column 1, line 1 - line 9 column 1, line 46 - column 2, line 7 column 3, line 17 - column 4, line 5 column 5, line 22 - line 52 figures 1,4	1-4,6,7, 10-13 5,8,9
Y	AT 506 085 A4 (GE JENBACHER GMBH & CO OHG [AT]) 15 June 2009 (2009-06-15) page 6, line 7 - line 31 page 9, line 1 - line 12 figure 6	5,8,9
X Y	DE 10 2006 016020 B3 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 15 February 2007 (2007-02-15) paragraphs [0007] - [0013]	1-4,6,7, 10-13 5,8,9
	- / - -	



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

8 October 2014

Date of mailing of the international search report

17/10/2014

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

Wettemann, Mark

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/066207

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 651 353 A (ALLSTON BRIAN KEITH [US]) 29 July 1997 (1997-07-29)	1-4,6,7, 10-13
Y	abstract column 1, line 55 - column 2, line 37 column 2, line 56 - column 4, line 21 -----	5,8,9
Y	US 2006/137669 A1 (LINDNER FREDERICK H [US]) 29 June 2006 (2006-06-29) paragraphs [0038] - [0040] figure 3 -----	8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/066207

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19903721 C1	13-07-2000	DE 19903721 C1	13-07-2000
		US 6325056 B1	04-12-2001

AT 506085 A4	15-06-2009	AT 506085 A4	15-06-2009
		EP 2268915 A1	05-01-2011
		WO 2009124327 A1	15-10-2009

DE 102006016020 B3	15-02-2007	NONE	

US 5651353 A	29-07-1997	EP 0805268 A2	05-11-1997
		US 5651353 A	29-07-1997

US 2006137669 A1	29-06-2006	DE 112005003241 T5	31-10-2007
		JP 2008525710 A	17-07-2008
		US 2006137669 A1	29-06-2006
		WO 2006071727 A1	06-07-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/00 F02D41/14
 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	DE 199 03 721 C1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 13. Juli 2000 (2000-07-13)	1-4,6,7, 10-13
Y	Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 9 Spalte 1, Zeile 46 - Spalte 2, Zeile 7 Spalte 3, Zeile 17 - Spalte 4, Zeile 5 Spalte 5, Zeile 22 - Zeile 52 Abbildungen 1,4	5,8,9
Y	----- AT 506 085 A4 (GE JENBACHER GMBH & CO OHG [AT]) 15. Juni 2009 (2009-06-15) Seite 6, Zeile 7 - Zeile 31 Seite 9, Zeile 1 - Zeile 12 Abbildung 6	5,8,9
X	DE 10 2006 016020 B3 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 15. Februar 2007 (2007-02-15)	1-4,6,7, 10-13
Y	Absätze [0007] - [0013] ----- -/-	5,8,9

☒ 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

8. Oktober 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2014

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

Wettemann, Mark

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 651 353 A (ALLSTON BRIAN KEITH [US]) 29. Juli 1997 (1997-07-29)	1-4,6,7, 10-13
Y	Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 55 - Spalte 2, Zeile 37 Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 21 -----	5,8,9
Y	US 2006/137669 A1 (LINDNER FREDERICK H [US]) 29. Juni 2006 (2006-06-29) Absätze [0038] - [0040] Abbildung 3 -----	8,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/066207

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19903721 C1	13-07-2000	DE 19903721 C1	13-07-2000
		US 6325056 B1	04-12-2001
AT 506085 A4	15-06-2009	AT 506085 A4	15-06-2009
		EP 2268915 A1	05-01-2011
		WO 2009124327 A1	15-10-2009
DE 102006016020 B3	15-02-2007	KEINE	
US 5651353 A	29-07-1997	EP 0805268 A2	05-11-1997
		US 5651353 A	29-07-1997
US 2006137669 A1	29-06-2006	DE 112005003241 T5	31-10-2007
		JP 2008525710 A	17-07-2008
		US 2006137669 A1	29-06-2006
		WO 2006071727 A1	06-07-2006