

(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
26. Oktober 2017 (26.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/182254 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/00 (2006.01) *F02M 26/64* (2016.01)
F02D 43/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/057824

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. April 2017 (03.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 206 554.8
19. April 2016 (19.04.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

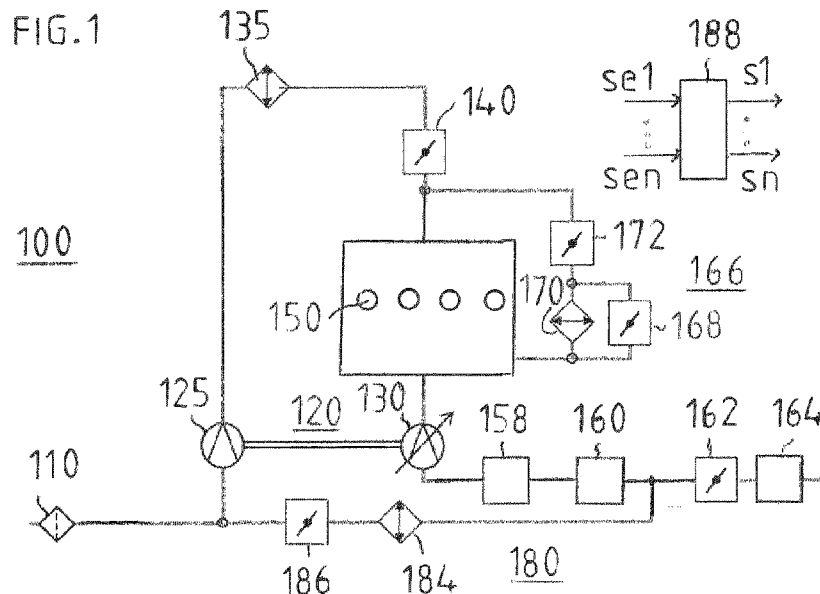
(72) Erfinder: KOPOLD, Richard; Maxstraße 20, 93093 Donaustauf (DE).

(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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ADJUSTING THE MASS FLOW OF AN EXHAUST GAS RECIRCULATION VALVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR EINSTELLUNG DES MASSENSTROMES EINES ABGASRÜCKFÜHRVENTILS



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for adjusting the mass flow of an exhaust gas recirculation valve, which is mechanically coupled to a throttle valve, of an internal combustion engine that has a turbocharger, wherein a first target value which corresponds to a target open position of the exhaust gas recirculation valve is ascertained; a second target value which corresponds to a target open position of the throttle valve is ascertained; the first target value is compared with the second target value; the mass flow of the exhaust gas recirculation valve is adjusted by changing the open position of the exhaust gas recirculation valve if the first target value is greater than the second target value; and the mass flow of the exhaust gas recirculation valve is adjusted by changing the open position of the throttle valve if the second target value is greater than the first target value.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einstellung des Massenstromes eines mit einer Drosselklappe mechanisch gekoppelten Abgasrückführventils einer einen Turbolader aufweisenden Brennkraftmaschine, bei welcher ein Sollöffnungsposition des Abgasrückführventils entsprechender erster Sollwert ermittelt, ein Sollöffnungsposition der Drosselklappe entsprechender zweiter Sollwert ermittelt, der erste Sollwert mit dem zweiten Sollwert verglichen wird, der Massen-



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)

strom des Abgasrückführventils durch eine Veränderung der Öffnungsposition des Abgasrückführventils eingestellt wird, wenn der erste Sollwert größer ist als der zweite Sollwert, und der Massenstrom des Abgasrückführventils durch eine Veränderung der Öffnungsposition der Drosselklappe eingestellt wird, wenn der zweite Sollwert größer ist als der erste Sollwert.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung des Massenstromes
5 eines Abgasrückführventils

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur
Einstellung des Massenstromes eines Abgasrückführventils einer
10 einen Turbolader aufweisenden Brennkraftmaschine.

Zur Steuerung einer Brennkraftmaschine wird eine Zusammensetzung
der Gasladung und eine Füllung des Verbrennungsraumes mit der
Gasladung durch ein Stellen von Aktuatoren wie Drosselklappen,
15 Abgasrückführventilen, Abgasklappen, etc., gezielt beeinflusst.
Sowohl die Zusammensetzung als auch die Menge der Gasfüllung des
Verbrennungsraumes bestimmen neben dem eingespritzten Kraft-
stoff das Drehmoment sowie die Verbrennungsprodukte und damit die
Schadstoffmengen im Abgas. Die Mehrzahl von Benzinmotoren wird
20 mit einem stöchiometrischen Verbrennungsgasgemisch betrieben.
Dies erlaubt in Verbindung mit einem Dreiwegekatalysator eine
effektive Reduktion der bei der Verbrennung entstehenden
Schadstoffe.

25 Die einzuspritzende Kraftstoffmenge wird hierbei durch die im
Verbrennungsraum vorhandene Luftmenge bestimmt. Bei einem
Dieselmotor im Nominalbetrieb stellt die vorhandene Luftmenge
eine Limitierung für die einzuspritzende Kraftstoffmenge dar, um
zu erreichen, dass die Menge der Abgaspartikel begrenzt bleibt.

30 Die Sauerstoffkonzentration ist ein maßgeblicher Parameter für
die Erzeugung von Stickoxiden durch die Verbrennung. Eine
Verminderung der Sauerstoffkonzentration der Zylinderfüllung
führt zu einer Verminderung der Stickoxidemissionen. In heutigen
35 Dieselmotoren wird dies durch eine Abgasrückführung realisiert.
Diese Abgasrückführung kann intern durch den Zylinder der
Brennkraftmaschine erfolgen oder extern zusammen mit einer
eventuell vorhandenen Kühlung. Diese externe Abgasrückführung

kann vor und/oder hinter dem Verdichter eines Turboladers der Brennkraftmaschine durchgeführt werden. Entsprechend spricht man von einer Niederdruck-Abgasrückführung oder einer Hochdruck-Abgasrückführung.

5

Voraussetzung für eine Abgasrückführung ist stets, dass der Gasdruck an der Abzweigstelle höher ist als an der Einleitstelle. Dies ist insbesondere bei einer Niederdruck-Abgasrückführung nicht in allen Fällen ausreichend möglich. Aus diesem Grund werden zu einer Unterstützung der Abgasrückführung zusätzliche Drosselklappen eingebaut, um eine notwendige Erhöhung oder Absenkung des Gasdrucks an der Abzweigstelle oder der Einleitstelle zu ermöglichen.

10

15

Aus der DE 10 2013 209 815 B3 sind ein Verfahren und ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bekannt, welche mit einem Abgasturbolader ausgestattet ist und des Weiteren eine Hochdruck-Abgasrückführung und eine Niederdruck-Abgasrückführung aufweist. Dabei erfolgt auf Basis eines physikalischen Modells eine Bestimmung von Flussparametern des im System fließenden Gasstromes an unterschiedlichen Stellen des Gasstromes in Abhängigkeit von einer Stellung eines Stellgliedes im Gasstrom. Zu diesen Flussparametern gehören eine Temperatur und/oder ein Druck. Es erfolgt auf der Basis des invertierten physikalischen Modells ein Bestimmen einer Stellung des Stellgliedes, die zu einem vorbestimmten Flussparameter im Zylinder korrespondiert, ein Steuern des Stellgliedes in die bestimmte Stellung, ein Bestimmen einer Abweichung des vorbestimmten Flussparameters vom Flussparameter des Gasstroms im Zylinder und ein Abgleichen des physikalischen Modells auf der Basis der Abweichung, wobei das physikalische Modell eine Rückführung verbrannten Gases in den Zylinder umfasst und wobei des Weiteren der Flussparameter eine Gaszusammensetzung oder eine Gasmenge des Gasstroms im Zylinder umfasst. Durch diese Maßnahmen soll eine direktere oder genauere Steuerung der Brennkraftmaschine erreicht werden.

20

25

30

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einstellung des durch das Abgasrückführventil

einer Brennkraftmaschine fließenden Massenstroms anzugeben, welche im Betrieb der Brennkraftmaschine stabil arbeiten.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 5 angegeben. Der Anspruch 6 hat eine Vorrichtung zur Einstellung des Massenstroms eines Abgasrückführventils zum Gegenstand.

- 10 Gemäß der vorliegenden Erfindung werden bei einem Verfahren zur Einstellung des Massenstromes eines mit einer Drosselklappe mechanisch gekoppelten Abgasrückführventils einer einen Turbolader aufweisenden Brennkraftmaschine folgende Schritte ausgeführt:
- 15 - Ermittlung eines einer Sollöffnungsposition des Abgasrückführventils entsprechenden ersten Sollwertes,
 - Ermittlung eines einer Sollöffnungsposition der Drosselklappe entsprechenden zweiten Sollwertes,
 - Vergleichen des ersten Sollwertes mit dem zweiten Sollwert,
 - 20 - Einstellung des Massenstromes des Abgasrückführventils durch eine Veränderung der Öffnungsposition des Abgasrückführventils, wenn der erste Sollwert größer ist als der zweite Sollwert und
 - Einstellung des Massenstroms des Abgasrückführungsventils
 - 25 durch eine Veränderung der Öffnungsposition der Drosselklappe, wenn der zweite Sollwert größer ist als der erste Sollwert.

Durch diese Vorgehensweise gelingt es beim Vorliegen eines mit einer Drosselklappe mechanisch gekoppelten Abgasrückführventils dieses gekoppelte System bestehend aus Drosselklappe und Abgasrückführventil stabil anzusteuern. Dabei werden die Drosselklappe und das Abgasrückführventil unabhängig voneinander modellbasiert charakterisiert. Dies hat den Vorteil, dass eine direkte Bestimmung des über das Abgasrückführventil fließenden

30 Massenstroms möglich ist und die Ansteuerung bei einer Veränderung des Sollwertes automatisch angepasst wird. Dies ist insbesondere beim Vorliegen unterschiedlicher Betriebsarten der Brennkraftmaschine von Vorteil.

Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung ergeben sich aus deren nachfolgender beispielhafter Erläuterung anhand der Figuren. Es zeigt:

- 5 Figur 1 eine Blockdarstellung einer mit einem Abgasturbolader, einer Niederdruck-Abgasrückführung und einer Hochdruck-Abgasrückführung ausgestatteten Brennkraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
- 10 Figur 2 eine Blockdarstellung einer mit einem Abgasturbolader, einer Niederdruck-Abgasrückführung und einer Hochdruck-Abgasrückführung ausgestatteten Brennkraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,
- 15 Figur 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung der effektiven Öffnungsquerschnittsfläche eines Abgasrückführventils in Abhängigkeit von der Öffnungsposition des Abgasrückführventils und
- 20 Figur 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung der effektiven Öffnungsquerschnittsfläche einer mit dem Abgasrückführventil mechanisch gekoppelten Drosselklappe in Abhängigkeit von der Öffnungsposition des Abgasrückführventils.

25

Die Figur 1 zeigt eine Blockdarstellung einer mit einem Abgasturbolader, einer Niederdruck-Abgasrückführung und einer Hochdruck-Abgasrückführung ausgestatteten Brennkraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

30

Diese Brennkraftmaschine 100 weist einen Turbolader 120 auf, zu welchem eine Abgasturbine 130 und ein Verdichter 125 gehören. Die Abgasturbine 130 wird mit Abgas versorgt, welches von den Zylindern 150 der Brennkraftmaschine 100 bereitgestellt wird.

35

Durch dieses Abgas wird das Turbinenrad der Abgasturbine 130 in Drehung versetzt. Diese Drehung des Turbinenrades wird über eine Welle des Abgasturboladers an ein Verdichterrad des Verdichters 125 übertragen, welches dadurch ebenfalls in Drehung versetzt

wird. Das Verdichterrad ist zur Verdichtung eines Gasgemisches vorgesehen, welches aus Frischluft und über eine Niederdruck-Abgasrückführung 180 rückgeführtem Abgas besteht. Die genannte Frischluft wird dem Verdichterrad über ein Luftfilter 110 zugeführt. Das von der Abgasturbine 130 ausgegebene Abgas wird über einen Katalysator 158, ein Partikelfilter 160, eine Abgasklappe 162 und einen Schalldämpfer 164 an die Umgebung abgegeben.

10 Zwischen dem Partikelfilter 160 und der Abgasklappe 162 ist ein Abzweig vorgesehen, an welchem Abgas abgezweigt wird, welches über die Niederdruck-Abgasrückführung 180 dem Verdichter 125 zugeführt wird. In dieser Niederdruck-Abgasrückführung 180 sind ein Kühler 184 und ein Niederdruck-Abgasrückführventil 186
15 vorgesehen.

Das verdichtete Gasgemisch wird vom Ausgang des Verdichters 125 über einen Ladeluftkühler 135 und eine Drossel 140 den Zylindern 150 der Brennkraftmaschine 100 zugeführt.

20

Des Weiteren weist die in der Figur 1 gezeigte Brennkraftmaschine 100 eine Hochdruck-Abgasrückführung 166 auf. Diese ist direkt an einen Ausgang der Zylinder 150 angeschlossen und wird über diesen Ausgang mit unter hohem Druck stehendem Abgas versorgt. Dieses unter hohem Druck stehende Abgas wird über einen Kühler 170 und ein Hochdruck-Abgasrückführventil 172 dem Eingang der Zylinder 150 zugeleitet, um diesen Zylindern rückgeführtes Abgas zuzuführen. Parallel zum Kühler 170 ist eine Bypassklappe 168 angeordnet, um den Kühler 170 bei Bedarf umgehen zu können.

30

Ferner weist die in der Figur 1 dargestellte Brennkraftmaschine 100 eine Steuereinheit 188 auf. Dieser Steuereinheit 188 werden von einer Vielzahl von Sensoren bereitgestellte Sensorsignale $s_1, \dots, s_n$ zugeführt. Die Steuereinheit 188 ermittelt unter
35 Auswertung dieser Sensorsignale und eines in einem nicht dargestellten Speicher abgespeicherten Arbeitsprogrammes sowie abgespeicherten Tabellen und Kennfeldern sowie physikalischen Modellen Steuersignale $s_1, \dots, s_n$ für die Stellglieder der

Brennkraftmaschine. Zu diesen Stellgliedern gehören unter anderem das Niederdruck-Abgasrückführventil 186 und die Abgasklappe 162. Zu den physikalischen Modellen gehören ein Modell des Niederdruck-Abgasrückführventils 186 und ein Modell der
5 Abgasklappe 162, welche eine Drosselstelle bildet.

Das Niederdruck-Abgasrückführventil 186 und die Abgasklappe 162 sind in vorteilhafter Weise mechanisch miteinander gekoppelt und können mittels desselben Steuersignals angesteuert werden. Diese
10 Ansteuerung erfolgt modellbasiert, wie es noch unten anhand der Figuren 3 und 4 näher erläutert wird.

Die Figur 2 zeigt eine Blockdarstellung einer mit einem Abgasturbolader, einer Niederdruck-Abgasrückführung und einer
15 Hochdruck-Abgasrückführung ausgestatteten Brennkraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Diese Brennkraftmaschine 100 weist einen Turbolader 120 auf, zu welchem eine Abgasturbine 130 und ein Verdichter 125 gehören. Die
20 Abgasturbine 130 wird mit Abgas versorgt, welches von den Zylindern 150 der Brennkraftmaschine 100 bereitgestellt wird. Durch dieses Abgas wird das Turbinenrad der Abgasturbine in Drehung versetzt. Diese Drehung des Turbinenrades wird über eine Welle des Abgasturboladers an das Verdichterrad des Verdichters
25 125 übertragen, welches dadurch ebenfalls in Drehung versetzt wird. Das Verdichterrad ist zur Verdichtung eines Gasgemisches vorgesehen, welches aus Frischluft und über eine Niederdruck-Abgasrückführung 180 rückgeführtem Abgas besteht. Die genannte Frischluft wird dem Verdichterrad über ein Luftfilter
30 110 und eine Drosselklappe 182 zugeführt. Das von der Abgasturbine 130 ausgegebene Abgas wird über einen Katalysator 158, ein Partikelfilter 160 und einen Schalldämpfer 164 an die Umgebung abgegeben.

35 Zwischen dem Partikelfilter 160 und dem Schalldämpfer 164 ist ein Abzweig vorgesehen, an welchem Abgas abgezweigt wird, welches über die Niederdruck-Abgasrückführung 180 dem Verdichter 125 zugeführt wird. In dieser Niederdruck-Abgasrückführung 180 sind

ein Kühler 184 und ein Niederdruck-Abgasrückführventil 186 vorgesehen.

Das verdichtete Gasgemisch wird vom Ausgang des Verdichters 125
5 über einen Ladeluftkühler 135 und eine Drossel 140 den Zylindern 150 der Brennkraftmaschine 100 zugeführt.

Des Weiteren weist die in der Figur 2 gezeigte Brennkraftmaschine 100 eine Hochdruck-Abgasrückführung 166 auf. Diese ist direkt an
10 einen Ausgang der Zylinder 150 angeschlossen und wird über diesen Ausgang mit unter hohem Druck stehendem Abgas versorgt. Dieses unter hohem Druck stehende Abgas wird über einen Kühler 170 und ein Hochdruck-Abgasrückführventil 172 an den Eingang der Zylinder 150 zurückgeführt, um diesen Zylindern rückgeführtes
15 Abgas zuzuführen. Parallel zum Kühler 170 ist eine Bypassklappe 168 angeordnet, um den Kühler 170 bei Bedarf umgehen zu können.

Ferner weist die in der Figur 2 dargestellte Brennkraftmaschine 100 eine Steuereinheit 188 auf. Dieser Steuereinheit 188 werden
20 von einer Vielzahl von Sensoren bereitgestellte Sensorsignale $s_1, \dots, s_n$ zugeführt. Die Steuereinheit 188 ermittelt unter Auswertung dieser Sensorsignale und eines in einem nicht dargestellten Speicher abgespeicherten Arbeitsprogrammes sowie abgespeicherten Tabellen und Kennfeldern sowie physikalischen
25 Modellen Steuersignale $s_1, \dots, s_n$ für die Stellglieder der Brennkraftmaschine 100. Zu diesen Stellgliedern gehören unter anderem das Niederdruck-Abgasrückführventil 186 und die Drosselklappe 182. Zu den physikalischen Modellen gehören ein Modell des Niederdruck-Abgasrückführventils 186 und ein Modell
30 der Drosselklappe 182, welche eine Drosselstelle bildet.

Das Niederdruck-Abgasrückführventil 186 und die Drosselklappe 182 sind in vorteilhafter Weise mechanisch miteinander gekoppelt und können mittels desselben Steuersignals angesteuert werden.
35 Diese Ansteuerung erfolgt modellbasiert.

Eine derartige modellbasierte Ansteuerung eines Ventils oder einer Drossel nutzt den bekannten Zusammenhang zwischen dem

Gasmassenstrom und der Position bzw. Stellung des Ventils bzw. der Drossel bei bekannten Gaseigenschaften wie Temperatur, Druck und Gaszusammensetzung vor und nach dem Ventil bzw. der Drossel. Zur Modellierung kann entweder das Ventil alleine oder die
 5 gesamte Abgasrückführstrecke gemeinsam betrachtet werden. In der Regel faktorisiert die Abhängigkeit des Gasmassenstroms in eine Abhängigkeit von den Gaseigenschaften vor und nach dem Ventil und einer Abhängigkeit von der Stellung des Ventils selbst, so dass das Modell durch eine Gleichung der Form

$$\dot{m} = A(s) \cdot g(e_{\text{vor}}, e_{\text{nach}})$$

gegeben ist, wobei $\dot{m}$ der Abgasmassenstrom, $A(s)$ der effektive Öffnungsquerschnitt und $g(e_{\text{vor}}, e_{\text{nach}})$ eine Funktion der Gasei-
 15 genschaften vor und hinter dem Ventil sind. Dies gilt sowohl für die Drossel als auch für das Abgasrückführventil. Bei einer separaten Ansteuerung des Abgasrückführventils und der Drossel kann die Drossel zur Einstellung eines gewünschten Druckabfalls über das Abgasrückführventil oder die Abgasrückführstrecke
 20 benutzt werden und das Abgasrückführventil zur Einstellung des gewünschten Abgasrückführmassenstromes.

Die Sollstellung des Abgasrückführventils ergibt sich für den Fall einer frischluftseitigen Drosselung, wie sie in der Figur
 25 2 gezeigt ist, aus der folgenden Beziehung:

$$s_{\text{EGR,SP}} = A_{\text{EGR}}^{-1} \left(\frac{\dot{m}_{\text{EGR,SP}}}{g_{\text{EGR}}(e_{\text{vor EGR}}, e_{\text{nach EGR}})} \right) . \quad (1)$$

Dabei ist

$s_{\text{EGR,SP}}$ die Sollstellung des Abgasrückführventils,

A_{EGR}^{-1} die inverse Funktion für den effektiven

Öffnungsquerschnitt des Abgasrückführventils,

$\dot{m}_{\text{EGR,SP}}$ der Sollmassenstrom durch das Abgasrückführventil und $g_{\text{EGR}}(e_{\text{vorEGR}}, e_{\text{nachEGR}})$ eine Funktion der Gaseigenschaften vor und hinter dem Abgasrückführventil.

- 5 Die Sollstellung der Drosselklappe 182 ergibt sich für den Fall einer frischluftseitigen Drosselung, wie sie in der Figur 2 gezeigt ist, aus der folgenden Beziehung:

$$s_{\text{THR,SP}} = A_{\text{THR}}^{-1} \left(\frac{\dot{m}_{\text{THR,SP}}}{g_{\text{THR}}(e_{\text{vorTHR}}, e_{\text{nachTHR,SP}})} \right). \quad (2)$$

10

Dabei ist

$s_{\text{THR,SP}}$ die Sollstellung der Drosselklappe,

A_{THR}^{-1} die inverse Funktion für den effektiven

- 15 Öffnungsquerschnitt der Drosselklappe,

$\dot{m}_{\text{THR,SP}}$ der Sollmassenstrom durch die Drosselklappe und

$g_{\text{THR}}(e_{\text{vorTHR}}, e_{\text{nachTHR}})$ eine Funktion der Gaseigenschaften vor und hinter der Drosselklappe.

- 20 Im Falle einer gemeinsamen Ansteuerung des Abgasrückführventils und der Drosselklappe ergibt sich aufgrund der mechanischen Kopplung des Abgasrückführventils mit der Drosselklappe bereits aus der Sollstellung des Abgasrückführventils die Sollstellung der Drosselklappe und umgekehrt. Wird die Sollstellung des
- 25 Abgasrückführventils mittels der vorgenannten Gleichung (1) bestimmt, dann ist damit bereits die Sollstellung der Drosselklappe festgelegt. Da aber bei frischluftseitiger Drosselung in der Regel durch eine Veränderung der Stellung der Drosselklappe auch der Gasdruck hinter der Drosselklappe verändert
- 30 wird, ergibt sich für den Gaszustand e_{nachEGR} ein neuer Wert. Diese Art der Ansteuerung führt daher in der Regel zu einem nicht gewünschten, instabilen Ansteuerverhalten, da e_{nachEGR} von s_{EGR} abhängt. Im Prinzip müsste man $s_{\text{EGR,SP}}$ aus der Lösung der Gleichung

35

$$s_{\text{EGR,SP}} = A_{\text{EGR}}^{-1} \left(\frac{\dot{m}_{\text{EGR,SP}}}{g_{\text{EGR}}(e_{\text{vor EGR}}, e_{\text{nach EGR}}(s_{\text{EGR,SP}}))} \right) \quad (3)$$

bestimmen.

- 5 Hierbei ist die Abhängigkeit von $e_{\text{nachEGR}}(s_{\text{EGR,SP}})$ durch die Gleichungen

$$\dot{m}_{\text{THR}} = A_{\text{THR}}(s_{\text{THR}}) \cdot g_{\text{thr}}(e_{\text{vorTHR}}, e_{\text{nachTHR}}) \quad \text{und}$$

10 $s_{\text{THR}} = s_{\text{EGR}}$

gegeben. Dabei ist

$\dot{m}_{\text{THR}}$ der Gasmassenstrom durch die Drosselklappe,
 A_{THR} der effektive Öffnungsquerschnitt der Drosselklappe,
 15 s_{THR} die Stellung der Drosselklappe und
 s_{EGR} die Stellung des Abgasrückführventils.

Da sich die implizite Gleichung (3) nicht in eine explizite Gleichung für die Sollposition umstellen lässt, wäre ein
 20 aufwendiges iteratives Lösungsverfahren notwendig, um die Gleichung (3) zu lösen und damit die Sollposition zu bestimmen.

Um dies zu umgehen wird folgender Zusammenhang genutzt: Bei einer nur geringen Öffnung des Abgasrückführventils wird die Drosselklappe entweder gar nicht oder nur sehr wenig geschlossen. Die
 25 geringe Öffnung des Abgasrückführventils führt zu einer großen Veränderung des rückgeführten Abgasmassenstroms. Das geringe Schließen der Drosselklappe führt nur zu einer geringen oder gar keiner Veränderung des Gasdrucks nach der Drosselstelle. Die
 30 Bestimmung der Sollposition für das Abgasrückführventil mittels der genannten Gleichung (1) ist damit stabil. Bei einer sehr weiten Öffnung des Abgasrückführventils wird allein durch die Veränderung der geometrischen Querschnittsfläche des Abgasrückführventils keine wesentliche Massenstromveränderung er-

zielt. Hingegen ist durch die mechanische Kopplung des Abgasrückführventils mit der Drosselklappe die Drosselklappe fast geschlossen, was zu einer starken Veränderung des Drucks nach der Drosselstelle führt. Im Falle einer abgasseitigen Drosselung, wie sie in der Figur 1 veranschaulicht ist, tritt diese starke Veränderung des Drucks vor der Drosselstelle auf. Eine Einstellung des rückgeführten Abgasmassenstroms erfolgt in diesem Fall durch eine Veränderung der Öffnungsposition der Drosselklappe und nicht durch eine Veränderung der Öffnungsposition des Abgasrückführventils.

Nachfolgend wird die effektive Öffnungsquerschnittsfläche des Abgasrückführventils und der Drosselklappe abhängig von der gemeinsamen Position oder Stellung des Ventils veranschaulicht.

Die Figur 3 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung der effektiven Öffnungsquerschnittsfläche $O1$ des Abgasrückführventils in Abhängigkeit von der Öffnungsposition P des Abgasrückführventils.

Die Figur 4 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung der effektiven Öffnungsquerschnittsfläche $O2$ der mit dem Abgasrückführventil mechanisch gekoppelten Drosselklappe in Abhängigkeit von der Öffnungsposition P des Abgasrückführventils.

Es ist ersichtlich, dass bei geschlossenem Abgasrückführventil die Drosselklappe geöffnet ist und umgekehrt.

Nun wird der Drucksollwert in $e_{nach\ THR,SP}$ aus der Gleichung (2) über die Beziehung

$$\dot{m}_{EGR,SP} = A_{EGR}(s_{EGR,SP})g_{EGR}(e_{vor\ EGR}, e_{nach\ EGR}) \quad (4)$$

durch Auflösen nach $e_{nachEGR}$ bestimmt. Bei frischluftseitiger Drosselung – wie sie in der Figur 2 gezeigt ist – ist der Druck nach der Drosselklappe im Wesentlichen identisch mit dem Druck nach dem Abgasrückführventil. Dabei wird nun allerdings die Funktion $A_{EGR}(s_{EGR,SP})$ durch eine konstante Querschnittsfläche $A_{EGR,p-controlled}$ ersetzt, die etwas unterhalb der maximalen

Querschnittsfläche des Abgasrückführventils gewählt wird und gegebenenfalls motorbetriebspunktabhängig bestimmt wird. Ein so bestimmter Druck in $e_{nachTHR,SP}$ wird nun zur Bestimmung von $s_{THR,SP}$ nach Gleichung (2) genutzt. Gleichzeitig wird mit Gleichung (1) der Sollwert für die Stellung des Abgasrückführventils bestimmt. Der tatsächliche gültige Sollwert für die gemeinsame Position von Abgasrückführventil und Drosselklappe wird nun aber durch das Maximum von den so berechneten Sollwerten $s_{THR,SP}$ und $s_{EGR,SP}$ bestimmt. Damit wird eine eindeutige Berechnungsvorschrift für die gemeinsame Stellung von Abgasrückführventil und Drosselklappe definiert, die folgende Eigenschaften besitzt:

Für einen geringen rückgeführten Sollmassenstrom ergibt sich aus Gleichung (1) eine Sollposition mit einer Querschnittsfläche des Abgasrückführventils kleiner als $A_{EGR,p-controlled}$. Die Sollposition für die Drosselklappe, die über den Drucksollwert nach der Drossel und dem Abgasrückführventil bei Annahme eines weit geöffneten Abgasrückführventils $A_{EGR,p-controlled}$ bestimmt wird, ist nun geringer als die über Gleichung (1) bestimmte Sollposition. Das System aus Abgasrückführventil und Drosselklappe befindet sich in einem Betriebsbereich, in dem der Massenstrom über das Abgasrückführventil im Wesentlichen durch die Querschnittsfläche des Abgasrückführventils eingestellt werden kann.

Ergibt sich hingegen für einen höheren rückgeführten Sollmassenstrom aus Gleichung (1) eine Sollposition, die einer Querschnittsfläche größer als $A_{EGR,p-controlled}$ entspricht, so wird die über Gleichung (2) bestimmte Sollposition eine höhere Sollposition $s_{THR,SP}$ ergeben, da ja von einer geringeren Querschnittsfläche $A_{EGR,p-controlled}$ für die Drucksollwertbestimmung ausgegangen wurde. Somit wird nun der Massenstrom über das Abgasrückführventil im Wesentlichen durch den geforderten Druckabfall über die Drosselstelle bestimmt.

Mit diesem Verfahren gelingt es, das gekoppelte System aus Drosselklappe und Abgasrückführventil stabil anzusteuern. Es werden dabei beide Klappen – die Drosselklappe und das Abgasrückführventil – weitgehend unabhängig voneinander physi-

kalisch modellbasiert charakterisiert. Dies hat den Vorteil, dass eine direkte Bestimmung des Massenstroms über das Abgasrückführventil möglich ist und die Ansteuerung bei einer Veränderung des Sollwertes automatisch angepasst wird. Dies ist insbesondere bei unterschiedlichen Betriebsarten des Verbrennungsmotors von Vorteil.

Demnach werden beim erfindungsgemäßen Verfahren zwei unterschiedliche Bereiche verwendet, um den rückzuführenden Sollmassenstrom in eine geeignete Ventilstellung umzusetzen, nämlich ein Massenstromansteuerbereich, bei welchem sich die Sollposition direkt aus dem Modell des Abgasrückführventils ergibt (Gleichung 1), und ein Druckansteuerbereich, bei dem zunächst anhand des Modells des Abgasrückführventils nach Gleichung 4 ein Drucksollwert nach dem Abgasrückführventil bestimmt wird, und dann aus dem Modell der Drosselklappe (Gleichung 2) eine Sollposition für die Drosselklappe bestimmt wird. Der notwendige Wechsel zwischen diesen beiden Bereichen erfolgt durch die oben beschriebene Auswahl des Maximums der Querschnittsfläche.

Bezugszeichenliste

	100	Brennkraftmaschine
	110	Luftfilter
5	120	Turbolader
	125	Verdichter
	130	Abgasturbine
	135	Ladeluftkühler
	140	Drossel
10	150	Zylinder
	158	Katalysator
	160	Partikelfilter
	162	Abgasklappe
	164	Schalldämpfer
15	166	Hochdruck-Abgasrückführung
	168	Bypassklappe
	170	Kühler
	172	Hochdruck-Abgasrückführventil
	180	Niederdruck-Abgasrückführung
20	182	Drosselklappe
	184	Kühler
	186	Niederdruck-Abgasrückführventil
	188	Steuereinheit
25	sel, ..., sen	Sensorsignale
	s1, ..., sn	Steuersignale

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung des Massenstromes eines mit einer
 5 Drosselklappe mechanisch gekoppelten Abgasrückführventils einer
 einen Turbolader aufweisenden Brennkraftmaschine mit folgenden
 Schritten:

- Ermittlung eines einer Sollöffnungsposition des Abgasrück-
 führventils entsprechenden ersten Sollwertes,
- 10 - Ermittlung eines einer Sollöffnungsposition der Drosselklappe
 entsprechenden zweiten Sollwertes,
- Vergleichen des ersten Sollwertes mit dem zweiten Sollwert,
- Einstellung des Massenstromes des Abgasrückführventils durch
 eine Veränderung der Öffnungsposition des Abgasrückführ-
 15 ventils, wenn der erste Sollwert größer ist als der zweite
 Sollwert und
- Einstellung des Massenstroms des Abgasrückführungsventils
 durch eine Veränderung der Öffnungsposition der Drosselklappe,
 wenn der zweite Sollwert größer ist als der erste Sollwert.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 der der Sollöffnungsposition des Abgasrückführventils ent-
 sprechende erste Sollwert nach der folgenden Beziehung ermittelt
 wird:

25

$$s_{\text{EGR,SP}} = A_{\text{EGR}}^{-1} \left(\frac{\dot{m}_{\text{EGR,SP}}}{g_{\text{EGR}}(e_{\text{vor EGR}}, e_{\text{nach EGR}})} \right),$$

wobei $s_{\text{EGR,SP}}$ die Sollstellung des Abgasrückführventils, A_{EGR}^{-1} die
 inverse Funktion für den effektiven Öffnungsquerschnitt des
 30 Abgasrückführventils, $\dot{m}_{\text{EGR,SP}}$ der Sollmassenstrom durch das
 Abgasrückführventil und $g_{\text{EGR}}(e_{\text{vor EGR}}, e_{\text{nach EGR}})$ eine Funktion der
 Gaseigenschaften vor und hinter dem Abgasrückführventil ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 35 der der Sollöffnungsposition der Drosselklappe entsprechende
 zweite Sollwert nach der folgenden Beziehung ermittelt wird:

$$s_{THR,SP} = A_{THR}^{-1} \left(\frac{\dot{m}_{THR,SP}}{g_{THR}(e_{vor\ THR}, e_{nach\ THR,SP})} \right),$$

wobei $s_{THR,SP}$ die Sollstellung der Drosselklappe, A_{THR}^{-1} die inverse Funktion für den effektiven Öffnungsquerschnitt der Drosselklappe, $\dot{m}_{THR,SP}$ der Sollmassenstrom durch die Drosselklappe und $g_{THR}(e_{vor\ THR}, e_{nach\ THR})$ eine Funktion der Gaseigenschaften vor und hinter der Drosselklappe ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des zweiten Sollwertes zunächst anhand des Modells des Abgasrückführventils ein Drucksollwert bestimmt wird und danach anhand des Modells der Drosselklappe die Sollposition der Drosselklappe bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des zweiten Sollwertes zunächst unter Verwendung der Beziehung

$$\dot{m}_{EGR,SP} = A_{EGR}(s_{EGR,SP})g_{EGR}(e_{vor\ EGR}, e_{nach\ EGR})$$

der Drucksollwert nach dem Abgasrückführventil bestimmt wird und der bestimmte Drucksollwert zur Bestimmung des zweiten Sollwertes verwendet wird.

6. Vorrichtung zur Einstellung des Massenstromes eines mit einer Drosselklappe mechanisch gekoppelten Abgasrückführventils einer einen Turbolader aufweisenden Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Steuereinheit (188) aufweist, die dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zu steuern.

1/2

FIG. 1

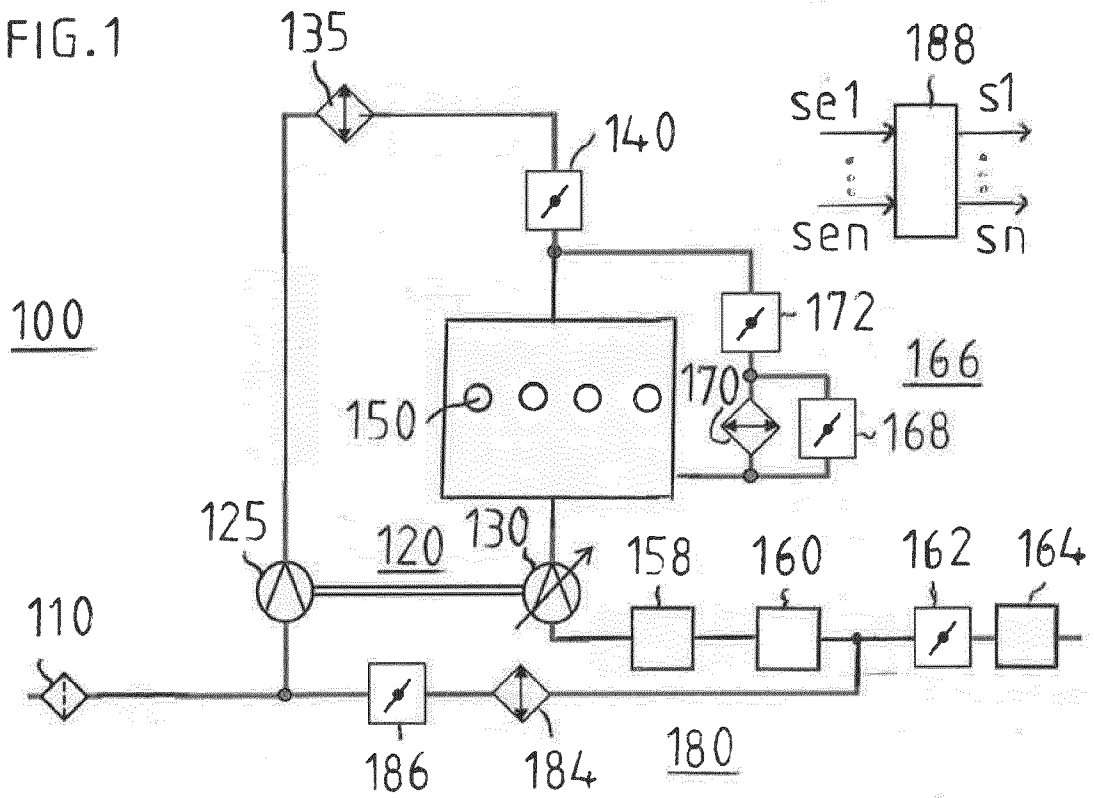
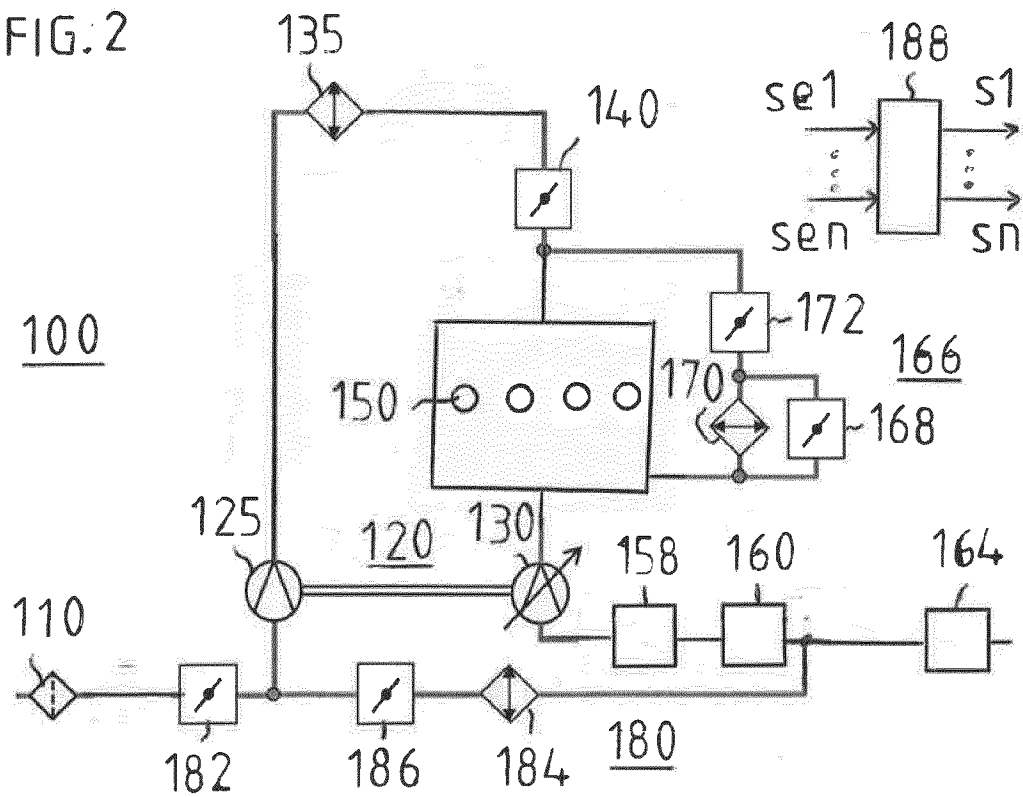


FIG. 2



2/2

FIG. 3

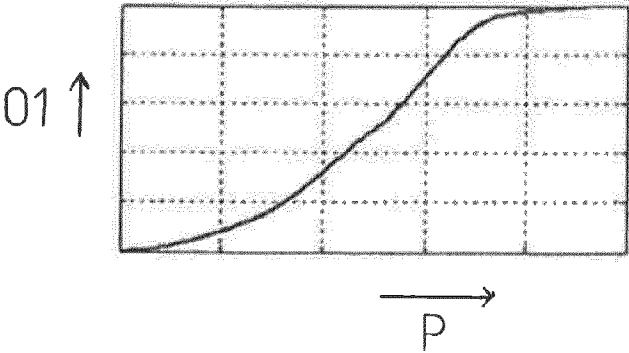
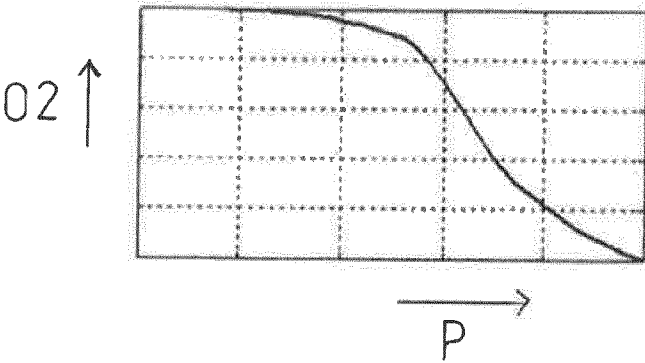


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/057824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/00 F02D43/04 F02M26/64
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 F02M

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	DE 697 01 286 T2 (FORD WERKE AG [DE]; FORD MOTOR CO [GB]; FORD FRANCE [FR]; FORD MOTOR C) 26 October 2000 (2000-10-26) abstract figure 1 claim 1	1-6
A	DE 10 2012 206685 A1 (DENSO CORP [JP]) 31 October 2012 (2012-10-31) abstract paragraph [0072] - paragraph [0073] figure 9	1-6
A	DE 10 2008 007463 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 2 October 2008 (2008-10-02) abstract paragraph [0025] claims 1-13	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 June 2017

Date of mailing of the international search report

23/06/2017

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

Kämper, Fabian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/057824

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 69701286 T2	26-10-2000	DE 69701286 D1	16-03-2000
		DE 69701286 T2	26-10-2000
		EP 0898647 A1	03-03-1999
		GB 2313208 A	19-11-1997
		US 6014959 A	18-01-2000
		WO 9744579 A1	27-11-1997

DE 102012206685 A1	31-10-2012	DE 102012206685 A1	31-10-2012
		JP 5287953 B2	11-09-2013
		JP 2012237306 A	06-12-2012
		US 2012272646 A1	01-11-2012

DE 102008007463 A1	02-10-2008	CN 101240747 A	13-08-2008
		DE 102008007463 A1	02-10-2008
		US 2008189027 A1	07-08-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02D41/00 F02D43/04 F02M26/64 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02D F02M		
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	DE 697 01 286 T2 (FORD WERKE AG [DE]; FORD MOTOR CO [GB]; FORD FRANCE [FR]; FORD MOTOR C) 26. Oktober 2000 (2000-10-26) Zusammenfassung Abbildung 1 Anspruch 1	1-6
A	DE 10 2012 206685 A1 (DENSO CORP [JP]) 31. Oktober 2012 (2012-10-31) Zusammenfassung Absatz [0072] - Absatz [0073] Abbildung 9	1-6
A	DE 10 2008 007463 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 2. Oktober 2008 (2008-10-02) Zusammenfassung Absatz [0025] Ansprüche 1-13	1-6
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
16. Juni 2017		23/06/2017
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 Kämper, Fabian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/057824

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 69701286 T2	26-10-2000	DE 69701286 D1	16-03-2000
		DE 69701286 T2	26-10-2000
		EP 0898647 A1	03-03-1999
		GB 2313208 A	19-11-1997
		US 6014959 A	18-01-2000
		WO 9744579 A1	27-11-1997

DE 102012206685 A1	31-10-2012	DE 102012206685 A1	31-10-2012
		JP 5287953 B2	11-09-2013
		JP 2012237306 A	06-12-2012
		US 2012272646 A1	01-11-2012

DE 102008007463 A1	02-10-2008	CN 101240747 A	13-08-2008
		DE 102008007463 A1	02-10-2008
		US 2008189027 A1	07-08-2008
