



(11) **EP 3 290 681 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(51) Int Cl.:
F02M 26/25 ^(2016.01) **F02M 26/49** ^(2016.01)
F02D 21/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17182711.6**

(22) Anmeldetag: **24.07.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder: **Schröder, Dietmar**
4020 Linz (AT)

(30) Priorität: **31.08.2016 DE 102016216473**

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER ABGASRÜCKFÜHRUNGSEINRICHTUNG**

(57) Verfahren zum Betrieb einer Abgasrückführungseinrichtung (2) für eine Verbrennungskraftmaschine für ein Kraftfahrzeug (1), wobei die Abgasrückführungseinrichtung (2) zumindest einen Abgaskühler (4) und eine Bypassleitung (5) sowie ein Bypassventil (7) aufweist, wobei das Bypassventil (7) dazu eingerichtet ist, einen einstellbaren Teil einer Abgasströmung anstatt durch den Abgaskühler (4) durch die Bypassleitung (5) zu lenken, und wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst: Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes des Abgaskühlers (4), Ermitteln eines ersten Quotienten aus dem in Schritt a) ermittelten

aktuellen Strömungswiderstand des Abgaskühlers (4) und einem Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers (4), Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes der Bypassleitung (5), Ermitteln eines zweiten Quotienten aus dem in Schritt c) ermittelten aktuellen Strömungswiderstandes der Bypassleitung (5) und einem Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung (5), und Auslösen einer Fehlermeldung, wenn mindestens einer der folgenden Parameter einen Grenzwert erreicht: der erste Quotient, der zweite Quotient, oder ein aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten berechneter Parameter.

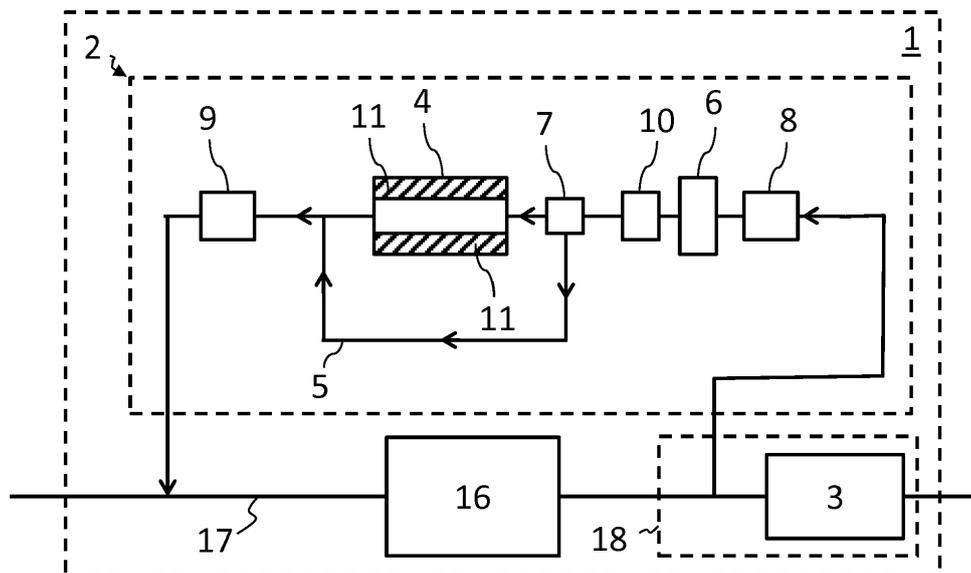


Fig. 1

EP 3 290 681 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Abgasrückführungseinrichtung für eine Verbrennungskraftmaschine für ein Kraftfahrzeug. Das Verfahren ist insbesondere für eine Diagnose und Korrektur einer Bauteilverschottung der Abgasrückführungseinrichtung geeignet.

[0002] Es ist bekannt, von Verbrennungskraftmaschinen emittiertes Abgas zur Reduktion von Stickoxidemissionen rückzuführen. Das bedeutet, dass ein Teil des Abgases über eine Abgasrückführungseinrichtung erneut den Brennräumen der Verbrennungskraftmaschine zugeführt wird. Dabei ist es ebenfalls bekannt, das rückgeführte Abgas zu kühlen. Dies ermöglicht insbesondere eine dichtere Beladung der Verbrennungskraftmaschine und erhöht die Leistung bzw. reduziert den durch die Abgasrückführung erzeugten Leistungsverlust. Zum Zweck der Kühlung werden üblicherweise Kühlvorrichtungen in die Abgasrückführungseinrichtung integriert. Es kommt allerdings regelmäßig vor, dass die Abgasrückführungseinrichtung und insbesondere die Kühlvorrichtungen darin verschotter. Dabei meint verschotter, dass Ablagerungen aus dem Abgas in der Abgasrückführungseinrichtung oder in der Kühlvorrichtung gebildet werden. Die Kühlvorrichtung oder die Abgasrückführungseinrichtung können dadurch sogar verstopfen. Durch eine daraus resultierende Reduzierung des Querschnitts kann ein Massenstrom an rückgeführtem Abgas ungewollt und unkontrolliert reduziert werden. Dies kann den Effekt der Abgasrückführung reduzieren und/oder zu weiteren Leistungsverlusten führen. Die gewünschte Reduktion von Stickoxidemissionen findet ebenfalls nicht mehr statt. Um solche Effekte zu erkennen, sollte eine Verschottung einer Abgasrückführungseinrichtung und insbesondere eine Verschottung von Kühlvorrichtungen in Abgasrückführungseinrichtungen erkannt werden. Insbesondere aufgrund gesetzlicher Vorgaben ist eine Diagnose einer derartigen Reduzierung des rückgeführten Massenstroms vorteilhaft.

[0003] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der hier vorliegenden Erfindung, die im Zusammenhang mit dem Stand der Technik geschilderten technischen Probleme zu lösen bzw. zumindest zu lindern. Es soll insbesondere ein Verfahren zum Betrieb einer Abgasrückführungseinrichtung vorgestellt werden, mit dem besonders gut eine Verschottung innerhalb der Abgasrückführungseinrichtung diagnostiziert und ausgeglichen werden kann.

[0004] Diese Aufgaben werden gelöst mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind in den abhängig formulierten Patentansprüchen angegeben. Die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale sind in beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombinierbar und können durch erläuternde Sachverhalte aus der Beschreibung ergänzt werden, wobei weitere Ausführungsvarianten der Erfindung aufgezeigt werden.

[0005] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Betrieb einer Abgasrückführungseinrichtung für eine Verbrennungskraftmaschine für ein Kraftfahrzeug vorgestellt, wobei die Abgasrückführungseinrichtung zumindest einen Abgaskühler und eine Bypassleitung sowie ein Bypassventil aufweist, wobei das Bypassventil dazu eingerichtet ist, eine Abgasströmung zumindest teilweise durch den Abgaskühler oder durch die Bypassleitung zu lenken, und wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- a) Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes des Abgaskühlers,
- b) Ermitteln eines ersten Quotienten aus dem in Schritt a) ermittelten aktuellen Strömungswiderstand des Abgaskühlers und einem Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers,
- c) Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes der Bypassleitung,
- d) Ermitteln eines zweiten Quotienten aus dem in Schritt c) ermittelten aktuellen Strömungswiderstand der Bypassleitung und einem Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung, und
- e) Auslösen einer Fehlermeldung, wenn mindestens einer der folgenden Parameter einen Grenzwert erreicht:
 - der erste Quotient,
 - der zweite Quotient, oder
 - ein aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten berechneter Parameter.

[0006] Die Verbrennungskraftmaschine kann insbesondere für ein Kraftfahrzeug geeignet sein. Die Verbrennungskraftmaschine weist vorzugsweise Brennräume auf, in denen Kraftstoff mit Luft verbrannt werden kann. Nach der Verbrennung kann Abgas über eine Abgasanlage abgeführt werden. Die Abgasanlage weist vorzugsweise mindestens eine Abgasbehandlungskomponente auf, z. B. einen Katalysator und/oder einen Partikelfilter zur Abgasreinigung. Die Abgasrückführungseinrichtung verbindet eine Abgasanlage der Verbrennungskraftmaschine mit einer Ansaugleitung der Verbrennungskraftmaschine und ist dazu eingerichtet, Abgas zielgerichtet zur Ansaugleitung der Verbrennungskraftmaschine rückzuführen.

[0007] Die Abgasbehandlungseinrichtung weist bevorzugt einen Abgasturbolader auf. Ein Turbolader hat üblicherweise eine Turbine, die mit einer Abgasströmung in der Abgasbehandlungseinrichtung angetrieben wird. Mit dieser Turbine wird ein Verdichter in dem Ansaugbereich angetrieben. Diese Turbine verdichtet die der Verbrennungskraftmaschine zugeführte Luft. In dem Fall kann man unterscheiden zwischen Hochdruckabgasrückführung und Niederdruckabgasrückführung. Bei der Hochdruckabgasrückführung wird üblicherweise das Abgas stromaufwärts des Turboladers abgezweigt und im Ansaugbereich stromabwärts des Turboladers der ver-

dichteten Luft zugeführt. Bei der Niederdruckabgasrückführung wird Abgas stromabwärts des Turboladers abgezweigt und stromaufwärts des Turboladers der noch nicht verdichteten Luft zugeführt. Es sind auch Mischformen und Kombinationen von Hochdruckabgasrückführung und Niederdruckabgasrückführung bekannt. Bei solchen Mischformen ist die Abgasrückführungseinrichtung verzweigt und kann ggf. wahlweise stromaufwärts und/oder stromabwärts des Turboladers mit der Ansaugleitung bzw. der Abgasbehandlungseinrichtung verbunden werden. Das hier beschriebene Verfahren findet vorzugsweise bei einer Hochdruckabgasrückführung Anwendung, es kann aber auch für eine Niederdruckabgasrückführung oder eine Mischform eingesetzt werden.

[0008] Zur besonders effizienten Beladung der Verbrennungskraftmaschine mit Luft wird vorzugsweise das rückgeführte Abgas über einen Abgaskühler gekühlt. Zur Regulierung des Ausmaßes, mit dem gekühlt wird, existiert bevorzugt auch eine Bypassleitung. Vorzugsweise kann das über die Abgasrückführungseinrichtung rückgeführte Abgas den Abgaskühler und parallel die Bypassleitung durchströmen, wobei nur in dem Abgaskühler eine Kühlwirkung eintritt und das rückgeführte Abgas die Bypassleitung ungekühlt passiert. Die Aufteilung der Strömung auf den Abgaskühler und die Bypassleitung kann über das Bypassventil geregelt werden. Dabei kann das Bypassventil bevorzugt stufenlos eingestellt werden, so dass jede Verteilung der Abgasströmung auf den Abgaskühler und die Bypassleitung möglich ist. Alternativ ist es bevorzugt, dass das Bypassventil nur genau zwei Stellungen hat: eine erste Stellung, in der die gesamte Abgasströmung durch den Abgaskühler geleitet wird und eine zweite Stellung, in der die gesamte Abgasströmung durch die Bypassleitung geleitet wird. Die Bezeichnung "parallele Durchströmung" ist hier insbesondere zeitlich zu verstehen. Der Abgaskühler und die Bypassleitung sind insbesondere gleichzeitig durchströmbar.

[0009] Die Schritte a) bis e) werden bevorzugt, aber nicht notwendigerweise, in der angegebenen Reihenfolge durchlaufen. In Schritt a) erfolgt das Ermitteln des aktuellen Strömungswiderstandes des Abgaskühlers vorzugsweise durch Vergleich von an zumindest zwei verschiedenen Punkten des Abgaskühlers (vorzugsweise insbesondere einem am Anfang und einem am Ende des Abgaskühlers) aufgenommenen Messwerten. Bei den Messwerten kann es sich bspw. um Druckmesswerte, Massenstrommesswerte oder ähnliche Messwerte handeln. Aus diesen Messwerten wird vorzugsweise über ein mathematisches Modell ein Wert für den aktuellen Strömungswiderstand berechnet. Für Schritt c) gilt Entsprechendes für den aktuellen Strömungswiderstand der Bypassleitung, der vorzugsweise ermittelt wird durch Vergleich von an zumindest zwei verschiedenen Punkten der Bypassleitung (vorzugsweise insbesondere einem am Anfang und einem am Ende der Bypassleitung) aufgenommenen Messwerten. Vorzugsweise wird für Schritt a) und Schritt c) die gleiche Art von Messwert verwendet (z.B. in beiden Fällen Druckmesswerte).

[0010] Das Aufnehmen der für die Schritte a) und c) benötigten Messwerte erfolgt vorzugsweise über an den jeweiligen Stellen angeordnete Druckmessgeräte, bspw. Drucksensoren. Für die Durchführung von Schritt a) (Ermittlung des Strömungswiderstandes des Abgaskühlers) fließt vorzugsweise die gesamte Abgasströmung durch den Abgaskühler. Dazu wird das Bypassventil so eingestellt, dass die gesamte Abgasströmung durch den Abgaskühler strömt.

[0011] Für die Durchführung von Schritt c) (Ermittlung des Strömungswiderstandes der Bypassleitung) fließt vorzugsweise die gesamte Abgasströmung durch die Bypassleitung. Dazu wird das Bypassventil so eingestellt, dass die gesamte Abgasströmung durch die Bypassleitung strömt.

[0012] In Schritt b) wird der erste Quotient (Q_1) gebildet aus dem aktuellen Strömungswiderstand des Abgaskühlers ($resFlow_{AGRK}$) geteilt durch den Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers ($resFlow_{AGRK REF}$):

$$Q_1 = \frac{resFlow_{AGRK}}{resFlow_{AGRK REF}}$$

[0013] In Schritt d) wird der zweite Quotient (Q_2) gebildet aus dem aktuellen Strömungswiderstand der Bypassleitung ($resFlow_{Bypass}$) geteilt durch den Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung ($resFlow_{Bypass REF}$):

$$Q_2 = \frac{resFlow_{Bypass}}{resFlow_{Bypass REF}}$$

[0014] Der erste Quotient ist ein Maß für die Versottung des Abgaskühlers. Der zweite Quotient ist ein Maß für die Versottung der Bypassleitung.

[0015] Verändert sich einer oder verändern sich beide dieser Größen in einem Maß, dass ein zuvor bestimmtes Höchstmaß an Versottung überschritten wird, kann dies an einer Versottung der entsprechenden Komponente (Abgaskühler oder Bypassleitung) liegen. Daher ist es vorteilhaft, wenn gemäß Schritt e) die Fehlermeldung ausgelöst wird, sobald entweder der erste Quotient und/oder der zweite Quotient einen jeweils gesetzten Grenzwert erreichen. Je nachdem wie der erste Quotient und der zweite Quotient gebildet werden kann unter dem Begriff "Erreichen" etwas Unterschiedliches verstanden werden. Der Begriff "Erreichen" meint beispielsweise, dass eine Größe, die zunächst kleiner als ein Grenzwert ist, derart größer wird, dass sie mit dem Grenzwert übereinstimmt bzw. sogar diesen übertrifft. Erreichen meint außerdem, dass eine Größe, die zunächst größer als ein Grenzwert ist, derart kleiner wird, dass sie mit dem Grenzwert übereinstimmt bzw. diesen sogar untertrifft.

[0016] Bei der Fehlermeldung kann es sich bspw. um eine elektronisch kodierte Meldung handeln, die über ein elektrisches Signal übertragen werden kann und die da-

zu geeignet ist, eine Interaktion zwischen einem elektronischen System und einem Nutzer desselben zu ermöglichen. Beispielsweise kann die Fehlermeldung von einem Computer für einen Nutzer in Form eines Bildes und/oder Textes dargestellt werden. Insbesondere ist es bevorzugt, dass die Fehlermeldung von einem Steuergerät des Kraftfahrzeugs verarbeitet und ggf. für spätere Analysen gespeichert wird. In einer Werkstatt kann beispielsweise durch Anschließen eines Analysegeräts an das Kraftfahrzeug die Fehlermeldung ausgelesen werden. Durch die Fehlermeldung kann eine gezielte Reparatur ermöglicht werden, das heißt z. B., dass ein zu stark versottetes Bauteil gezielt ausgetauscht werden kann.

[0017] Vorzugsweise findet für Schritt e) ein kontinuierlicher Vergleich des ersten Quotienten bzw. des zweiten Quotienten mit dem entsprechenden Grenzwert statt. Dies geschieht vorzugsweise durch eine Computersoftware, beispielsweise in einem Steuergerät des Kraftfahrzeugs. Eine Funktion eines entsprechenden Programms führt vorzugsweise den Vergleich unter Verwendung eines mathematischen Modells durch, insbesondere getrennt für den Abgaskühler und die Bypassleitung.

[0018] Als weitere Größe, welche im Rahmen von Schritt e) mit einem Grenzwert verglichen wird, wird hier ein aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten berechneter Parameter vorgeschlagen. Ein solcher Parameter ermöglicht insbesondere einen Vergleich der Versottung vom Abgaskühler und der Bypassleitung zueinander. Für den Vergleich eines solchen berechneten Parameters mit einem Grenzwert und die Kriterien wann ein solcher berechneter Parameter einen Grenzwert "erreicht", gelten die weiter oben im Zusammenhang mit dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten gegebenen Erläuterungen.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt e) die Fehlermeldung nur ausgelöst, wenn der erste Quotient größer als ein erster Grenzwert ist:

$$Q_1 = \frac{\text{resFlow}_{AGRK}}{\text{resFlow}_{AGRK REF}} > GW_1,$$

wobei der erste Grenzwert mit GW_1 bezeichnet wurde. Der erste Quotient ist ein Maß für die Versottung des Abgaskühlers. Diese Formel wird als "erste Bedingung" bezeichnet. Je kleiner der erste Quotient ist, umso kleiner ist die Versottung des Abgaskühlers. Vorzugsweise ist der erste Quotient an einem neuen Abgaskühler (d.h. bei einem Referenzabgaskühler) genau 1. Sobald eine Versottung des Abgaskühlers eintritt, ist mit einem Anstieg des ersten Quotienten zu rechnen. Wird ein Wert des ersten Quotienten erreicht, der einem nicht mehr akzeptablen Versottungsgrad des Abgaskühlers entspricht (dies ist vorzugsweise der erste Grenzwert), wird vorzugsweise die Fehlermeldung ausgegeben.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt e) die Fehlermeldung

nur ausgelöst, wenn der zweite Quotient kleiner als ein zweiter Grenzwert ist:

$$Q_2 = \frac{\text{resFlow}_{Bypass}}{\text{resFlow}_{Bypass REF}} < GW_2,$$

wobei der zweite Grenzwert mit GW_2 bezeichnet wurde. Der zweite Quotient ist ein Maß für die Versottung der Bypassleitung. Dies wird als "zweite Bedingung" bezeichnet. Vorzugsweise ist der zweite Quotient bei einer neuen Bypassleitung (d.h. bei einer Referenzbypassleitung) genau 1. Konstruktionsbedingt kann die Versottung der Bypassleitung als sehr viel geringer als die Versottung des Abgaskühlers erwartet werden. Insbesondere wird vorzugsweise angenommen, dass die Bypassleitung nicht oder zumindest nicht messbar versottet. Die Bypassleitung weist kein Kühlrohr oder ähnliches auf, in dem über eine große Oberfläche ein Wärmeaustausch stattfinden soll, und das besonders anfällig für eine Versottung wäre. Weiterhin wird vorzugsweise angenommen, dass weitere Bauteile, insbesondere das Bypassventil, nicht versotten. Sollte der zweite Quotient dennoch signifikant ansteigen, ist es wahrscheinlich, dass ein anderer Fehler vorliegt als die Versottung der Bypassleitung. Durch entsprechende Wahl des zweiten Grenzwerts kann damit erreicht werden, dass die Fehlermeldung in Schritt e) nur ausgelöst wird, wenn die Bauteilversottung der Bypassleitung nicht in unrealistisch hohem Maße (d.h. insbesondere fälschlicherweise) diagnostiziert wird. Eine verlässliche Aussage über die Versottung des Abgaskühlers wird dann vorzugsweise als nicht möglich betrachtet.

[0021] Es ist bevorzugt, dass die Fehlermeldung in Schritt e) nur ausgelöst wird, wenn beide Quotienten (erster Quotient und zweiter Quotient) jeweils die vorgeesehenen Grenzwerte (erster Grenzwert und zweiter Grenzwert) erreichen. Durch diese Kombination kann sichergestellt werden, dass eine Fehlermeldung nur ausgelöst wird, wenn sowohl die Versottung des Abgaskühlers als hinreichend stark ausgeprägt diagnostiziert wird, gleichzeitig aber die gemessene Versottung der Bypassleitung sich in einem realistischen Rahmen bewegt.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt e) die Fehlermeldung nur ausgelöst, wenn die Differenz des ersten Quotienten und des zweiten Quotienten größer als ein dritter Grenzwert ist:

$$Q_1 - Q_2 > GW_3,$$

wobei der dritte Grenzwert als GW_3 bezeichnet wurde. Dies wird als "dritte Bedingung" bezeichnet. Diese Differenz ist ein Beispiel für einen aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten berechneten Parameter. Diese Differenz ist folglich ein Maß für die Versottung

des Abgaskühlers im Vergleich zur Versottung der Bypassleitung. Der Vergleich der Differenz mit einem dritten Grenzwert kann dazu genutzt werden, dass keine unge-rechtfertigte Fehlermeldung gemäß Schritt e) ausgegeben wird. Vorzugsweise wird die Fehlermeldung in Schritt e) nur ausgelöst, wenn die drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind.

[0023] Außerdem ist möglich, dass die verschiedenen genannten Bedingungen historisch betrachtet werden, um zu entscheiden, ob eine Fehlermeldung ausgegeben wird, oder nicht. Es ist beispielsweise nicht notwendig, dass alle drei genannten Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein müssen, damit eine Fehlermeldung ausgegeben wird. Es ist möglich, dass eine Fehlermeldung nur ausgegeben wird, wenn die erste Bedingung und die dritte Bedingung gleichzeitig erfüllt sind. Außerdem ist möglich, dass in einem Speicher abgelegt wird, ob die dritte Bedingung einmal erfüllt war. Wenn dann die erste Bedingung und die zweite Bedingung erfüllt sind, wird unabhängig davon, ob die dritte Bedingung aktuell erfüllt ist, eine Fehlermeldung ausgegeben.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird in Schritt a) der aktuelle Strömungswiderstand des Abgaskühlers aus einem Druckabfall über dem Abgaskühler ermittelt und in Schritt c) der Strömungswiderstand der Bypassleitung aus einem Druckabfall über der Bypassleitung ermittelt.

[0025] Der Druckabfall über dem Abgaskühler (ΔP_{AGRK}) wird vorzugsweise berechnet aus einem am Anfang des Abgaskühlers gemessenen ersten Druck P_1 und einem am Ende des Abgaskühlers gemessenen zweiten Drucks P_2 und einem Druckabfall $\Delta P_{AGR-Ventil}$ über dem Abgasrückführungsventil:

$$\Delta P_{AGRK} = P_1 - P_2 - \Delta P_{AGR-Ventil}$$

[0026] Der Druckabfall $\Delta P_{AGR-Ventil}$ über dem Abgasrückführungsventil wird vorzugsweise über die Drosselgleichung berechnet, welche insbesondere von dem Massenstrom durch das Abgasrückführungsventil und der Einstellung der Ventilöffnung abhängt. Der Strömungswiderstand des Abgaskühlers ist dann definiert als:

$$resFlow_{AGRK} = \frac{\Delta P_{AGRK}}{dVol_{EGR}}$$

wobei $dVol_{EGR}$ den Volumenstrom des rückgeführten Abgases angibt. Vorzugsweise weist die Abgasrückführungseinrichtung ein Volumenstrommessgerät auf, mit dem der Volumenstrom des rückgeführten Abgases gemessen werden kann. Alternativ oder zusätzlich ist es bevorzugt, dass die Abgasrückführungseinrichtung ein Massenstrommessgerät aufweist, mit dem der Massenstrom des rückgeführten Abgases gemessen werden

kann. Dieser kann als Alternative des Volumenstroms für die Bestimmung des Strömungswiderstandes verwendet werden. Es ist aber auch jede andere Ermittlung des Volumenstroms denkbar, beispielsweise eine Berechnung oder eine Schätzung basierend auf Betriebsdaten einer Verbrennungskraftmaschine.

[0027] Analog für die Berechnung des Strömungswiderstandes des Abgaskühlers gilt für den Strömungswiderstand der Bypassleitung, dass dieser mit dem Druckabfall über der Bypassleitung (ΔP_{Bypass}) bestimmt werden kann:

$$resFlow_{Bypass} = \frac{\Delta P_{Bypass}}{dVol_{EGR}}$$

[0028] Der Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers und der Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung werden vorzugsweise mit einem nicht versotteten Abgaskühler bzw. einer nicht versotteten Bypassleitung experimentell ermittelt (z.B. durch Messreihen an einem Motorenprüfstand). Alternativ oder zusätzlich ist es bevorzugt, dass die Referenzströmungswiderstände mit einer Computersimulation berechnet werden. Für den Referenzströmungswiderstand gilt analog zu Gleichungen (7) und (8):

$$resFlow_{AGRK REF} = \frac{\Delta P_{AGRK REF}}{dVol_{EGR}}$$

$$resFlow_{Bypass REF} = \frac{\Delta P_{Bypass REF}}{dVol_{EGR}}$$

wobei $\Delta P_{AGRK REF}$ der Druckabfall über dem Abgaskühler ohne Versottung und $\Delta P_{Bypass REF}$ der Druckabfall über der Bypassleitung ohne Versottung ist.

[0029] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens sind der Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers und der Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung jeweils als Kennfeld in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebspunktparameter der Verbrennungskraftmaschine definiert.

[0030] Der Referenzströmungswiderstand ist ein theoretischer Wert, der für die Durchführung des beschriebenen Verfahrens im vorliegenden Kontext geeignet ist und gegebenenfalls nicht mit einem physikalischen Strömungswiderstand der jeweiligen Komponente übereinstimmt. Der Referenzströmungswiderstand sowohl des Abgaskühlers als auch der Bypassleitung kann von Betriebspunktparametern der Verbrennungskraftmaschine wie bspw. der Drehzahl, der Leistung, der Abgastemperatur, aber auch von der Außentemperatur oder weiteren Faktoren abhängen. Um sinnvoll, wie beschrieben, auf die Versottung von Bauteilen schließen zu können, werden vorzugsweise derartige Abhängigkeiten berücksichtigt. Ist bspw. der Strömungswiderstand aufgrund eines

Betriebszustandes der Verbrennungskraftmaschine besonders hoch, wird vorzugsweise aus dieser Tatsache nicht (fälschlicherweise) auf die Versottung beispielsweise des Abgaskühlers geschlossen.

[0031] Vorzugsweise sind der Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers und der Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung in Form des Kennfelds in einem Speicher und/oder in einem Steuergerät des Kraftfahrzeugs gespeichert. Unter einem Kennfeld wird dabei die Angabe eines Parameters in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebspunktparameter verstanden.

[0032] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin den folgenden Schritt:

- f) Verändern einer Einstellung eines Abgasrückführungsventils unter Berücksichtigung zumindest des ersten Quotienten, so dass eine Veränderung eines Massenstroms von rückgeführtem Abgas aufgrund einer Erhöhung des Strömungswiderstandes des Abgaskühlers ausgeglichen wird.

[0033] Das Abgasrückführungsventil (oft auch als AGR-Ventil bezeichnet) ist vorzugsweise dazu eingerichtet, die Menge an rückgeführtem Abgas einzustellen. Durch Schritt f) kann die Menge an rückgeführtem Abgas trotz Versottung konstant gehalten werden. Dadurch kann der vorteilhafte Effekt der Abgasrückführung unabhängig von der Versottung von Bauteilen erzielt werden. Der Ausgleich findet vorzugsweise derart statt, dass der bestimmte Wert für den ersten Quotienten (vorzugsweise kontinuierlich) an ein Steuergerät des Kraftfahrzeugs geleitet wird, in dem durch entsprechende Verarbeitung die ausgleichende Einstellung des Abgasrückführungsventils initiiert werden kann.

[0034] Hier auch beschrieben werden soll eine Abgasrückführungseinrichtung für eine Verbrennungskraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, wobei die Abgasrückführungseinrichtung zumindest einen Abgaskühler und eine Bypassleitung sowie ein Bypassventil aufweist, wobei das Bypassventil dazu eingerichtet ist, einen einstellbaren Teil einer Abgasströmung anstatt durch den Abgaskühler durch die Bypassleitung zu lenken, und wobei die Abgasrückführungseinrichtung eingerichtet ist zum Betrieb gemäß einem Verfahren wie beschrieben.

[0035] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug umfassend zumindest eine Abgasrückführungseinrichtung wie beschrieben.

[0036] Bevorzugt umfasst das Kraftfahrzeug weiterhin ein Motorsteuergerät, in welchem Programmroutinen zur Durchführung des Verfahrens hinterlegt sind. Das Motorsteuergerät ist zur Durchführung des Verfahrens an Komponenten der Abgasrückführungseinrichtung angeschlossen, insbesondere an ein Bypassventil und ein Abgasrückführungsventil und bevorzugt auch an Druckmessgeräte zur Überwachung des Strömungswiderstandes.

[0037] Die weiter vorne beschriebenen besonderen

Vorteile und Ausgestaltungsmerkmale des Verfahrens sind auf die beschriebene Abgasrückführungseinrichtung und das beschriebene Kraftfahrzeug anwendbar und übertragbar.

[0038] Die Erfindung und das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele, auf die die Erfindung jedoch nicht begrenzt ist. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeugs mit einer Abgasrückführungseinrichtung,

Fig. 2: einen Verlauf des Drucks entlang der Abgasrückführungseinrichtung aus Fig. 1.

[0039] Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 einer Verbrennungskraftmaschine 16 aufweisend eine Ansaugleitung 17 zum Ansaugen von Luft und einer Abgasanlage 18 mit mindestens einer Abgasbehandlungskomponente 3. Das Kraftfahrzeug weist weiter eine Abgasrückführungseinrichtung 2 auf. In der Abgasrückführungseinrichtung 2 ist ein Abgaskühler 4 integriert. Parallel dazu ist eine Bypassleitung 5 angeordnet. Über ein Bypassventil 7 kann die Verteilung einer Abgasströmung durch den Abgaskühler 4 und die Bypassleitung 5 eingestellt werden. Zum bestimmen von Strömungswiderständen ist ein erstes Druckmessgerät 8 vor dem Abgaskühler 4 und ein zweites Druckmessgerät 9 dahinter angeordnet. Diese beiden Druckmessgeräte 8, 9 sind hier nur beispielhaft gezeigt. Die Bestimmung von Strömungswiderständen kann ggf. auch mit an anderen Orten angeordneten Druckmessgeräten oder mit Hilfe von Modellen, Berechnungen etc. erfolgen. Weiterhin eingezeichnet sind ein Abgasrückführungsventil 6 und ein Volumenstrommessgerät 10. Insbesondere das Volumenstrommessgerät 10 kann auch entfallen. Eine Volumenstromermittlung kann beispielsweise über ein hierfür geeignetes Modell, Berechnungen aus Betriebsparametern oder auf Ähnlichem Wege erfolgen. Zur besseren Darstellbarkeit sind die Verbindungsleitungen zwischen den Komponenten der Abgasrückführungseinrichtung 2 und die Bypassleitung 5 jeweils nur als Striche dargestellt. Der Abgaskühler 4 ist hingegen ausgedehnt dargestellt, so dass zu erkennen ist, wie eine durch Versottung entstandene Ablagerung 11 den Querschnitt des Abgaskühlers 4 verengt.

[0040] Fig. 2 zeigt den Druck P innerhalb der Abgasrückführungseinrichtung 2 aus Fig. 1 dargestellt in beliebigen Einheiten (dafür steht die Abkürzung a.u.) als Funktion entlang der Richtung x , welche der Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasrückführungseinrichtung entspricht, ebenfalls in beliebigen Einheiten dargestellt. Beginnend auf der linken Seite des Diagramms weist der Druck zunächst den vom ersten Druckmessgerät 8 gemessenen Wert P_1 auf. Davon ausgehend wei-

ter nach rechts fortschreitend fällt der Druck aufgrund eines Druckabfalls über dem Abgasrückführungsventil 6, bleibt dann konstant, um anschließend aufgrund eines Druckabfalls über dem Abgaskühler 4 bzw. über der Bypassleitung 5 auf das Niveau des von dem zweiten Druckmessgerät 9 gemessenen Werts P_2 zu fallen. Wie zu erkennen ist, unterscheidet sich der Druck zwischen den beiden Druckabfällen folgendermaßen: während der Druck im Abgaskühler ohne Versottung 12 am geringsten ist, ist der Druck im Abgaskühler mit Versottung 13 am größten. Bei der Bypassleitung 5 spielt die Versottung eine geringere Rolle. Daher ist der Druck in der Bypassleitung ohne Versottung 14 nur geringfügig kleiner als der Druck in der Bypassleitung mit Versottung 15.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Kraftfahrzeug
2	Abgasrückführungseinrichtung
3	Abgasbehandlungskomponente
4	Abgaskühler
5	Bypassleitung
6	Abgasrückführungsventil
7	Bypassventil
8	erstes Druckmessgerät
9	zweites Druckmessgerät
10	Volumenstrommessgerät
11	Ablagerung
12	Druck im Abgaskühler ohne Versottung
13	Druck im Abgaskühler mit Versottung
14	Druck in der Bypassleitung ohne Versottung
15	Druck in der Bypassleitung mit Versottung
16	Verbrennungskraftmaschine
17	Ansaugleitung
18	Abgasanlage

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Abgasrückführungseinrichtung (2) für eine Verbrennungskraftmaschine (16) für ein Kraftfahrzeug (1), wobei die Abgasrückführungseinrichtung (2) zumindest einen Abgaskühler (4) und eine Bypassleitung (5) sowie ein Bypassventil (7) aufweist, wobei das Bypassventil (7) dazu eingerichtet ist, eine Abgasströmung zumindest teilweise durch den Abgaskühler (4) oder durch die Bypassleitung (5) zu lenken, und wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes des Abgaskühlers (4),
- Ermitteln eines ersten Quotienten aus dem in Schritt a) ermittelten aktuellen Strömungswiderstand des Abgaskühlers (4) und einem Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers

(4),

c) Ermitteln eines aktuellen Strömungswiderstandes der Bypassleitung (5),

d) Ermitteln eines zweiten Quotienten aus dem in Schritt c) ermittelten aktuellen Strömungswiderstand der Bypassleitung (5) und einem Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung (5), und

e) Auslösen einer Fehlermeldung, wenn mindestens einer der folgenden Parameter einen Grenzwert erreicht:

- der erste Quotient,
- der zweite Quotient, oder
- ein aus dem ersten Quotienten und dem zweiten Quotienten berechneter Parameter.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt e) die Fehlermeldung nur ausgelöst wird, wenn der erste Quotient größer als ein erster Grenzwert ist.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei in Schritt e) die Fehlermeldung nur ausgelöst wird, wenn der zweite Quotient kleiner als ein zweiter Grenzwert ist.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei in Schritt e) die Fehlermeldung nur ausgelöst wird, wenn die Differenz des ersten Quotienten und des zweiten Quotienten größer als ein dritter Grenzwert ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei in Schritt a) der aktuelle Strömungswiderstand des Abgaskühlers (4) aus einem Druckabfall über dem Abgaskühler (4) ermittelt wird, und wobei in Schritt c) der aktuelle Strömungswiderstand der Bypassleitung (5) aus einem Druckabfall über der Bypassleitung (5) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Referenzströmungswiderstand des Abgaskühlers (4) und der Referenzströmungswiderstand der Bypassleitung (5) jeweils als Kennfeld in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebspunktparameter der Verbrennungskraftmaschine (16) definiert sind.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiterhin umfassend den folgenden Schritt:

f) Verändern einer Einstellung eines Abgasrückführungsventils (6) unter Berücksichtigung zumindest des ersten Quotienten, so dass eine Veränderung eines Massenstroms von rückgeführtem Abgas aufgrund einer Erhöhung des Strömungswiderstandes des Abgaskühlers (4) ausgeglichen wird.

8. Abgasrückführungseinrichtung (2) für eine Verbrennungskraftmaschine (16) für ein Kraftfahrzeug (1), wobei die Abgasrückführungseinrichtung (2) zumindest einen Abgaskühler (4) und eine Bypassleitung (5) sowie ein Bypassventil (7) aufweist, wobei das Bypassventil (7) dazu eingerichtet ist, einen einstellbaren Teil einer Abgasströmung anstatt durch den Abgaskühler (4) durch die Bypassleitung (5) zu lenken, und wobei die Abgasrückführungseinrichtung (2) eingerichtet ist zum Betrieb gemäß einem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche.
9. Kraftfahrzeug (1) umfassend zumindest eine Abgasrückführungseinrichtung (2) nach Anspruch 8.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

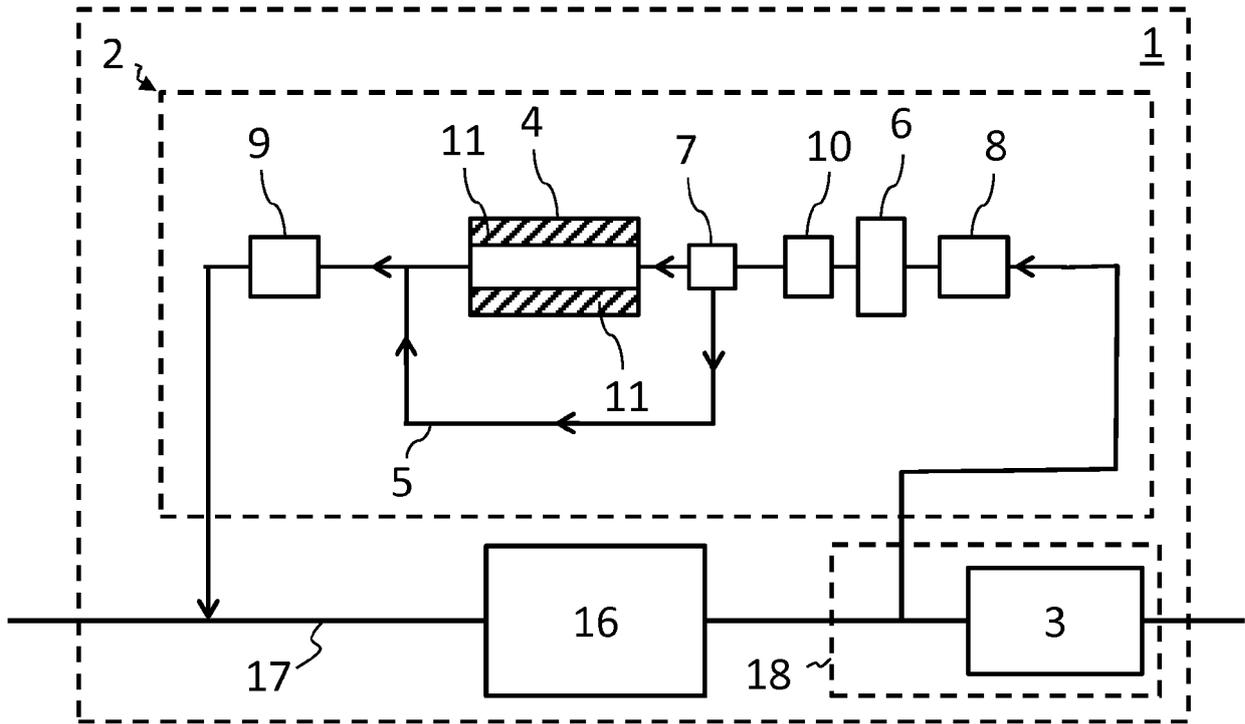


Fig. 1

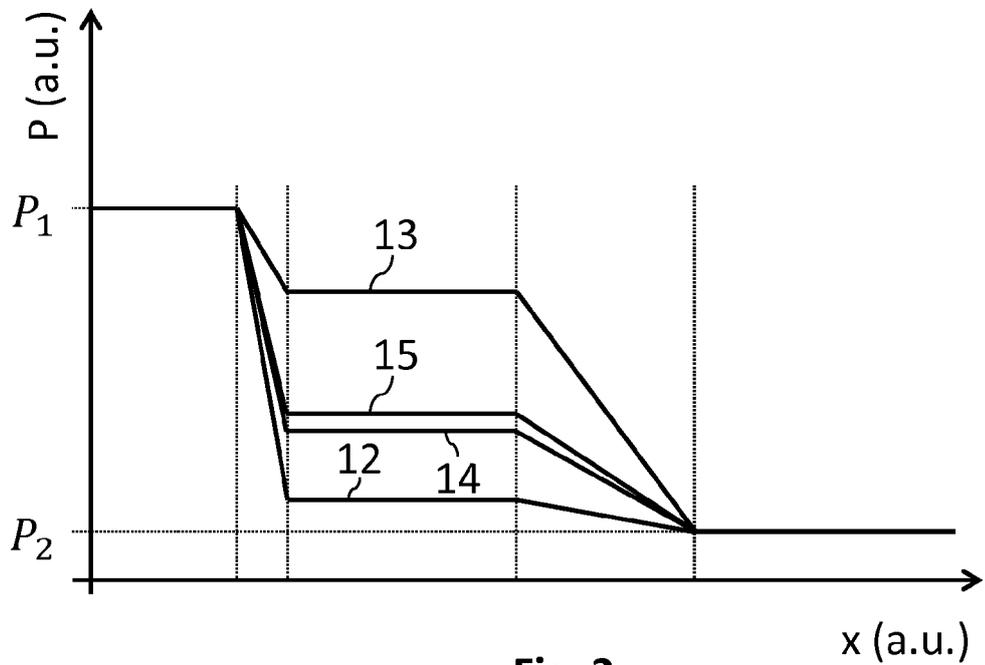


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 18 2711

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2007 050299 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 23. April 2009 (2009-04-23)	8,9	INV. F02M26/25 F02M26/49 F02D21/08
Y	* Absatz [0007] - Absatz [0012]; Abbildung 1 *	1-7	
	* Absatz [0002] *		
Y	----- EP 2 009 267 A2 (HITACHI LTD [JP]) 31. Dezember 2008 (2008-12-31)	1-7	
	* Absatz [0007]; Abbildungen 1-2 *		
Y	----- DE 10 2008 041804 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11. März 2010 (2010-03-11)	6	
A	* Absatz [0011] - Absatz [0019]; Abbildung 1 *	1-5,7-9	
Y	----- DE 10 2014 222529 A1 (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES LLC) 13. Mai 2015 (2015-05-13)	7	
A	* Absatz [0037] - Absatz [0044] *	1-6,8,9	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02M F02D
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		29. November 2017	Kolodziejczyk, Piotr
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 18 2711

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-11-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102007050299 A1	23-04-2009	DE 102007050299 A1	23-04-2009
			JP 4739389 B2	03-08-2011
			JP 2009103132 A	14-05-2009
15	-----	-----	-----	-----
	EP 2009267 A2	31-12-2008	EP 2009267 A2	31-12-2008
			JP 2009008463 A	15-01-2009
			US 2009000367 A1	01-01-2009
20	-----	-----	-----	-----
	DE 102008041804 A1	11-03-2010	DE 102008041804 A1	11-03-2010
			US 2010051000 A1	04-03-2010
25	-----	-----	-----	-----
	DE 102014222529 A1	13-05-2015	CN 104632469 A	20-05-2015
			DE 102014222529 A1	13-05-2015
			RU 2014144970 A	27-05-2016
			US 2015128916 A1	14-05-2015
30	-----	-----	-----	-----
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82