



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.01.2011 Patentblatt 2011/04

(51) Int Cl.:
F02M 25/07 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09163475.8**

(22) Anmeldetag: **23.06.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(72) Erfinder:
• **Kuske, Andreas**
6243 CM, Geulle (NL)
• **Vigild, Christian Winge**
52457, Aldenhoven (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Ford-Werke GmbH,
Patentabteilung NH/364
Henry-Ford Str. 1
50725 Köln (DE)

(54) **Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit mindestens einem Zylinder (2), mindestens einer Abgasleitung zum Abführen der Verbrennungsgase via Abgasabfuhrsystem (3) aus dem mindestens einen Zylinder (2) und mindestens einer Ansaugleitung zum Zuführen von Frischluft bzw. Frischgemisch via Ansaugsystem (4) in diesen mindestens einen Zylinder (2), die mit mindestens einer Abgasrückführung (5) ausgestattet ist, wobei

- eine erste Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, die aus dem Abgasabfuhrsystem (3) abzweigt und in das Ansaugsystem (4) mündet,
- eine Kühlvorrichtung (8) in dieser ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, um das rückzuführende Abgas zu kühlen, und
- ein erstes Steuerelement (7) in der ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, um die Menge

an mittels erster Abgasrückführung (5) rückzuführendem Abgas einzustellen.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine (1).

Es soll eine Brennkraftmaschine (1) der oben genannten Art bereitgestellt werden, mit der die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung mittels Abgasrückführung in höherem Maße beeinflussbar ist als nach dem Stand der Technik.

Erreicht wird dies durch eine Brennkraftmaschine (1) der genannten Art, die dadurch gekennzeichnet ist, dass

- eine zweite Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) vorgesehen ist, und-
- ein zweites Steuerelement (11) in der zweiten Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) vorgesehen ist, um die Menge an mittels zweiter Abgasrückführung (9) rückzuführendem Abgas einzustellen.

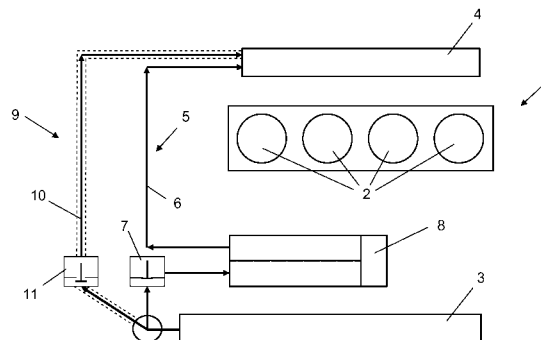


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, mindestens einer Abgasleitung zum Abführen der Verbrennungsgase via Abgasabführsystem aus dem mindestens einen Zylinder und mindestens einer Ansaugleitung zum Zuführen von Frischluft bzw. Frischgemisch via Ansaugsystem in diesen mindestens einen Zylinder, die mit mindestens einer Abgasrückführung ausgestattet ist, wobei

- eine erste Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, die aus dem Abgasabführsystem abzweigt und in das Ansaugsystem mündet,
- eine Kühlvorrichtung in dieser ersten Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, um das rückzuführende Abgas zu kühlen, und
- ein erstes Steuerelement in der ersten Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, um die Menge an mittels erster Abgasrückführung rückzuführendem Abgas einzustellen.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine.

[0003] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff Brennkraftmaschine Dieselmotoren und Ottomotoren, aber auch Hybrid-Brennkraftmaschinen.

[0004] Um die zukünftigen Grenzwerte für Schadstoffemissionen einzuhalten, werden nach dem Stand der Technik verschiedene Maßnahmen ergriffen. Grundsätzlich kann zwischen Konzepten unterschieden werden, welche die in die Umwelt emittierten Schadstoffmengen mittels Abgasnachbehandlung zu mindern versuchen, und Konzepten, die darauf abstellen, die Rohemissionen der Brennkraftmaschine zu verringern, d. h. der Bildung von Schadstoffen unmittelbar während der Verbrennung entgegen zu wirken.

[0005] Bei Letzteren wird mittels sogenannter innermotorischer Maßnahmen auf den Verbrennungsprozeß Einfluß genommen. Im Focus steht dabei unter anderem die Reduzierung der Stickoxidemissionen, die insbesondere bei den Dieselmotoren von hoher Relevanz sind. Da die Bildung der Stickoxide nicht nur einen Luftüberschuß, sondern auch hohe Temperaturen erfordert, besteht ein Konzept zur Verringerung der Stickoxidemissionen darin, die Verbrennungstemperaturen zu senken.

[0006] Dabei ist die Abgasrückführung, d. h. die Rückführung von Verbrennungsgasen von der Abgasseite auf die Ansaugseite zielführend, bei der mit zunehmender Abgasrückführrate die Stickoxidemissionen deutlich gesenkt werden können. Die Abgasrückführrate X_{AGR} bestimmt sich dabei wie folgt:

$$X_{AGR} = m_{AGR} / (m_{AGR} + m_{Frischluft})$$

wobei m_{AGR} die Masse an zurückgeführtem Abgas und $m_{Frischluft}$ die zugeführte - gegebenenfalls durch einen Verdichter geführte und komprimierte - Frischluft bzw. Verbrennungsluft bezeichnet.

[0007] Die Abgasrückführung (AGR) eignet sich auch zur Reduzierung der Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Teillastbereich.

[0008] Um eine deutliche Senkung der Stickoxidemissionen zu erreichen, sind hohe Abgasrückführraten erforderlich, die in der Größenordnung von $X_{AGR} \approx 60\%$ bis 70% liegen können. Zur Einstellung der rückzuführenden Abgasmenge, d. h. der Rückführrate ist nach dem Stand der Technik ein Steuerelement, welches auch als AGR-Ventil bezeichnet wird, in der Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen. Häufig wird als AGR-Ventil ein stufenlos verstellbares Tellerventil verwendet.

[0009] Es sind somit Konzepte erforderlich, die hohe Abgasrückführraten sicherstellen. Das rückgeführte Abgas kann hierzu beispielsweise einem Verdichter zugeführt und komprimiert werden, wodurch die rückgeführte Abgasmenge gesteigert werden kann. Häufig wird eine Kühlvorrichtung vorgesehen, mit der das rückzuführende Abgas vor Eintritt in den mindestens einen Zylinder gekühlt wird. Die Kühlvorrichtung senkt die Abgastemperatur und steigert damit die Dichte des Abgases, wodurch auch die Kühlvorrichtung zu einer höheren Abgasrückführrate beiträgt. Durch die Kühlung des rückzuführenden heißen Abgases wird zudem die Temperatur der Zylinderfrischladung gesenkt, d. h. die Kühlung des Abgases trägt zu einer besseren Füllung des Brennraums mit Frischluft bzw. Frischgemisch bei.

[0010] Jedoch ist man nach einem Kaltstart bzw. in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine grundsätzlich bemüht, die Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine möglichst schnell anzuheben, weshalb eine Kühlung des Abgases in diesem Betriebszustand nicht sinnvoll ist. Die Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und die Emissionen an Kohlenmonoxid, die aus einer unvollständigen Verbrennung infolge zu niedriger Zylindertemperaturen resultieren, sollen gesenkt und die Abgastemperatur angehoben werden, so dass stromabwärts der Zylinder im Abgasabführsystem angeordnete Abgasnachbehandlungssysteme schneller ihre Ansprungtemperatur bzw. erforderliche Betriebstemperatur erreichen.

[0011] Es ist daher zielführend, in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine die Kühlung des Abgases im Rahmen der Rückführung zu unterbinden. Hierzu wird die Abgasrückführung nach dem Stand der Technik mit einem Bypassventil ausgestattet, welches eine Umgehung der Kühlvorrichtung im Rahmen der Rückführung des Abgases gestattet und stromaufwärts oder stromabwärts des AGR-Ventils in der Rückführleitung angeordnet sein kann.

[0012] Das Bypassventil ist nach dem Stand der Technik zweistufig schaltbar ausgeführt, was gegenüber einem stufenlos verstellbaren Element die Steuerung vereinfacht und Kostenvorteile bietet. Jedoch bietet das Bypassventil entsprechend seinen zwei Schaltzuständen le-

diglich die beiden Möglichkeiten, entweder das gesamte Abgas vollständig durch die Kühlvorrichtung hindurchzuführen oder aber das gesamte Abgas an der Kühlvorrichtung vorbei zu leiten, weshalb die Möglichkeiten der Einflußnahme auf die Temperatur der Zylinderfrischladung beschränkt sind. Entweder wird das gesamte rückzuführende Abgas gekühlt oder aber das gesamte rückzuführende Abgas wird den Zylindern ungekühlt zugeführt.

[0013] In einem ersten Schaltungszustand verschließt das Bypaßventil nämlich die Zufuhr zur Kühlvorrichtung vollständig und gibt eine Umgehungsleitung für das Abgas frei, mit der das rückzuführende Abgas an der Kühlvorrichtung vorbei geführt wird. Gemäß einem zweiten Schaltungszustand wird die Zufuhr zur Kühlvorrichtung geöffnet und die Umgehungsleitung vollständig verschlossen. Eine Aufteilung des rückzuführenden Abgasstroms in einen gekühlten und einen ungekühlten Teilabgasstrom ist nicht möglich bzw. nicht vorgesehen, weshalb die gezielte Einstellung einer bestimmten Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung nach dem Stand der Technik nicht möglich ist. Dies wäre aber vorteilhaft, da die Menge an emittierten Schadstoffen, d.h. Rohemissionen maßgeblich von der Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung und damit von der Temperatur T_{AGR} des rückgeführten Abgases mitbestimmt wird und die Emissionen nicht grundsätzlich mit steigender Temperatur immer weiter abnehmen, sondern vielmehr eine erneute Zunahme einzelner Schadstoffe bei Überschreiten einer bestimmten Grenztemperatur T_{Grenz} zu beobachten ist. Dies gilt namentlich für die Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und die Emissionen an Kohlenmonoxid.

[0014] Vor dem Hintergrund des oben Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, mit der die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden und insbesondere die Temperatur T_{AGR} des rückgeführten Abgases und damit die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung in höherem Maße beeinflussbar ist.

[0015] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der oben genannten Art aufzuzeigen.

[0016] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, mindestens einer Abgasleitung zum Abführen der Verbrennungsgase via Abgasabfuhrsystem aus dem mindestens einen Zylinder und mindestens einer Ansaugleitung zum Zuführen von Frischluft bzw. Frischgemisch via Ansaugsystem in diesen mindestens einen Zylinder, die mit mindestens einer Abgasrückführung ausgestattet ist, wobei

- eine erste Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, die aus dem Abgasabfuhrsystem abzweigt und in das Ansaugsystem mündet,
- eine Kühlvorrichtung in dieser ersten Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, um das rückzufüh-

rende Abgas zu kühlen, und

- ein erstes Steuerelement in der ersten Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, um die Menge an mittels erster Abgasrückführung rückzuführendem Abgas einzustellen,

und die dadurch gekennzeichnet ist, dass

- eine zweite Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, und
- ein zweites Steuerelement in dieser zweiten Leitung zur Abgasrückführung vorgesehen ist, um die Menge an mittels zweiter Abgasrückführung rückzuführendem Abgas einzustellen.

[0017] Dabei ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung die mindestens eine Abgasleitung als zum Abgasabfuhrsystem und die mindestens eine Ansaugleitung als zum Ansaugsystem gehörend anzusehen.

[0018] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ist im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten Brennkraftmaschinen mit zwei voneinander unabhängig steuerbaren Leitungen zur Abgasrückführung ausgestattet und zwar mit einer gekühlten und einer ungekühlten Abgasrückführung.

[0019] Da jede dieser beiden Abgasrückführungen über ein Steuerelement zur Einstellung der rückgeführten Abgasmenge verfügt, kann der gesamte rückzuführende Abgasstrom in einen gekühlten und einen ungekühlten Teilabgasstrom aufgeteilt werden, weshalb die gezielte Einstellung einer bestimmten Temperatur T_{AGR} der insgesamt zurückgeführten Abgasmenge und damit der Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung vorgenommen werden kann.

[0020] Die Temperatur T_{AGR} der insgesamt zurückgeführten Abgasmenge stellt sich bei der Mischung der beiden Teilabgasströme unterschiedlicher Temperatur ein und kann eine theoretische Temperatur sein, falls beide Teilströme direkt in das Ansaugsystem geleitet werden, d.h. vor Einbringen in das Ansaugsystem nicht zusammengeführt werden.

[0021] Damit wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, mit der die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung mittels Abgasrückführung in höherem Maße beeinflussbar ist als nach dem Stand der Technik.

[0022] Vorteilhaft an der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine ist auch die Redundanz betreffend die Abgasrückführung. Falls eine der beiden Leitungen zur Abgasrückführung infolge Störung ausfällt, kann mittels der verbliebenen intakten Abgasrückführung weiter Abgas zurückgeführt werden, weil beide Abgasrückführungen mit voneinander unabhängig betätigbaren Steuerelementen ausgestattet sind.

[0023] Neben der zusätzlich geschaffenen Möglichkeit den rückzuführenden Abgasstrom aufzuteilen, kann das gesamte rückzuführende Abgas auch bei der erfindungs-

gemäßen Brennkraftmaschine vollständig durch die Kühlvorrichtung hindurch oder an der Kühlvorrichtung vorbei geführt werden. Hierzu ist lediglich das erste bzw. zweite Steuerelement zu verschließen und gleichzeitig das jeweils andere Steuerelement zu öffnen.

[0024] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement bzw. das zweite Steuerelement stufenlos verstellbar ist, d.h. der Strömungsquerschnitt stufenlos veränderbar ist. Sind beide Steuerelemente stufenlos verstellbar, bietet dies die größtmögliche Freiheit bzw. Vielfalt bei der Aufteilung des rückzuführenden Abgasstroms.

[0025] Insbesondere in Betriebszuständen, in denen das gesamte rückzuführende Abgas ungekühlt durch die zweite Leitung zurückgeführt werden soll, ist es vorteilhaft, wenn das zweite Steuerelement stufenlos verstellbar ist, um die Menge an rückgeführtem Abgas möglichst genau dosieren, d.h. die Rückführrate festlegen zu können. Stufenlos verstellbare Steuerelemente erweisen sich auch als vorteilhaft bei der Einstellung einer bestimmten vorgebbaren Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung.

[0026] Nichtsdestotrotz lösen auch Ausführungsformen mit mehrstufig verstellbaren Steuerelementen die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, nämlich die Temperatur der Zylinderfrischladung mittels Abgasrückführung in höherem Maße beeinflussbar zu machen als dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Bei mehrstufig verstellbaren, d. h. mehrstufig schaltbaren Steuerelementen läßt sich der Strömungsquerschnitt schrittweise vergrößern bzw. verkleinern und folglich die durch diesen Strömungsquerschnitt hindurchgeführte Abgasmenge in Stufen, d. h. in mehr oder weniger großen Schritten verändern.

[0027] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement bzw. das zweite Steuerelement elektrisch, hydraulisch, pneumatisch, mechanisch oder magnetisch steuerbar ist, vorzugsweise mittels der Motorsteuerung der Brennkraftmaschine.

[0028] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement bzw. das zweite Steuerelement eine Klappe oder ein Schieber ist. Vorteilhaft sind insbesondere Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement bzw. das zweite Steuerelement ein Tellerventil ist, welches translatorisch verschiebbar ist und im Rahmen einer Hubbewegung einen mehr oder weniger großen Strömungsquerschnitt freigibt. Ein Tellerventil zeichnet sich durch einen - im Vergleich zu anderen Bauarten - geringen Leakagestrom aus.

[0029] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Brennkraftmaschine werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

[0030] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement stromabwärts der Kühlvorrichtung in der ersten Leitung zur Abgasrückführung angeordnet ist. Gemäß dieser

Ausführungsform wird das erste Steuerelement von einem bereits gekühlten Abgasstrom durchströmt.

[0031] Ein stromabwärts der Kühlvorrichtung vorgesehenes Steuerelement, d. h. AGR-Ventil wird thermisch weniger stark belastet, so dass gegebenenfalls auf eine Kühlung des AGR-Ventils verzichtet werden kann bzw. weniger temperaturfeste und damit kostengünstigere Werkstoffe zur Herstellung des Ventils verwendet werden können.

[0032] Vorteilhaft können aber auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine sein, bei denen das erste Steuerelement stromaufwärts der Kühlvorrichtung in der ersten Leitung zur Abgasrückführung angeordnet ist.

[0033] Ein stromaufwärts der Kühlvorrichtung vorgesehenes Steuerelement verhindert, dass die Kühlvorrichtung fortwährend, d. h. auch in Betriebszuständen, in denen kein Abgas via Kühlvorrichtung in das Ansaugsystem zurückgeführt werden soll, mit heißem Abgas beaufschlagt wird. Zu berücksichtigen ist dabei, dass das Zuführen von Abgas in die Kühlvorrichtung zu einer Verschmutzung der Kühlvorrichtung führt und ein stromaufwärts der Kühlvorrichtung vorgesehenes Steuerelement im geschlossenen Zustand eine Beaufschlagung mit Abgas und damit eine Verschmutzung unterbindet.

[0034] Ein wesentlicher Grund für die Verschmutzung ist, dass Abgasbestandteile beim Durchströmen der Kühlvorrichtung infolge der sinkenden Abgastemperatur auskondensieren und sich an den Innenwandungen der Kühlvorrichtung ablagern. Die Ablagerungen führen zu einer Verengung der Strömungsquerschnitte und erhöhen auf diese Weise den Strömungswiderstand der Kühlvorrichtung für den Abgasstrom. Zudem nehmen der Wärmeübergang und damit die Kühlleistung aufgrund der Verschmutzung ab.

[0035] Da das stromaufwärts der Kühlvorrichtung vorgesehene Steuerelement prinzipbedingt mit dem ungekühlten, d. h. dem heißen Abgas beaufschlagt wird, kann es vorteilhaft, gegebenenfalls notwendig sein, dieses Steuerelement zu kühlen.

[0036] Vorteilhaft sind daher auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement mit einer Kühlung ausgestattet ist, wobei die Kühlung eine Flüssigkeitskühlung oder eine Luftkühlung sein kann.

[0037] Das gekühlte Steuerelement trägt zur Gesamtkühlleistung innerhalb der Abgasrückführung bei. Je mehr Wärme dem Abgas beim Durchströmen des Steuerelements entzogen wird, desto kleiner kann die eigentliche Kühlvorrichtung dimensioniert werden, was Vorteile hinsichtlich der Kosten bietet und einem dichten Packaging im Motorraum entgegen kommt.

[0038] Mit einer Flüssigkeitskühlung können wesentlich größere Wärmemengen abgeführt werden als mit einer Luftkühlung, bei der der Wärmeabtransport mittels einer über die Oberfläche des Steuerelements geführten Luftströmung erfolgt, die beispielsweise mittels Gebläse erzwungen wird.

[0039] Vorteilhaft sind daher insbesondere Ausführ-

rungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das erste Steuerelement mit einer Flüssigkeitskühlung ausgestattet ist. Hierzu ist das Steuerelement mit Kühlmittelkanälen auszustatten, die das Kühlmittel durch das Element hindurchführen. Die die Flüssigkeitskühlung ausbildenden Wandungen sind möglichst großflächig auszubilden, um den Wärmeübergang durch Konvektion zu erhöhen, was beispielsweise durch die Anordnung von Kühlrippen bzw. Kühlnoppen erfolgen kann.

[0040] Die Ausstattung des ersten Steuerelements mit einer Kühlung ermöglicht die Verwendung von weniger temperaturfesten und damit kostengünstigeren Werkstoffen zur Herstellung des Elements.

[0041] Die Leitung der ersten Abgasrückführung als solche kann ebenfalls gekühlt werden. So kann die Leitung mit einer Flüssigkeitskühlung, d. h. einem die Leitung umgebenden Kühlmittelmantel ausgestattet oder mit Rippen zur Erhöhung der Wärmeabgabe infolge Konvektion versehen werden.

[0042] Grundsätzlich kann auch das zweite Steuerelement mit einer Kühlung ausgestattet werden. Da es aber im Rahmen der vorliegenden Erfindung die vorrangige Aufgabe der zweiten Abgasrückführung ist, heißes bzw. ungekühltes Abgas zurückzuführen, d. h. Abgas an der Kühlvorrichtung vorbei zu führen, sind insbesondere Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen das zweite Steuerelement ein ungekühltes Steuerelement ist.

[0043] Zudem muß berücksichtigt werden, dass die zweite Abgasrückführung häufig in Betriebszuständen der Brennkraftmaschine Anwendung findet, in denen das Abgas eine vergleichsweise niedrige Temperatur aufweist und eine Kühlung des Abgases ohnehin nicht beabsichtigt ist, beispielsweise nach einem Kaltstart oder bei niedrigen Drehzahlen bzw. niedrigen Lasten.

[0044] Aus denselben Gründen sind auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen die zweite Leitung zur Abgasrückführung wärmeisoliert ist. Die Wärmeisolierung trägt dazu bei, dass dem Abgas beim Durchströmen der zweiten Leitung möglichst wenig Wärme entzogen wird und das Abgas beim Austreten aus der zweiten Leitung eine möglichst hohe Temperatur aufweist, was insbesondere während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine günstig ist. Die Isolierung unterstützt auf diese Weise die zweite Abgasrückführung in ihrer ursprünglichen Funktion, möglichst heißes Abgas zurückzuführen.

[0045] Vorteilhaft kann aber auch eine Ausführungsform der Brennkraftmaschine sein, bei der bewußt auf eine Wärmeisolierung der zweiten Leitung zur Abgasrückführung verzichtet wird.

[0046] Wie bereits weiter oben ausgeführt wurde, kann eine zu hohe Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung bzw. eine zu hohe Temperatur T_{AGR} des rückgeführten Abgases zu einem erneuten Anstieg der Rohemissionen führen, wenn nämlich die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung eine bestimmte Grenztemperatur T_{Grenz} überschreitet.

[0047] Eine Maßnahme, um das Überschreiten der Grenztemperatur zu verhindern, besteht darin, die Temperatur des mittels der zweiten Abgasrückführung zurückgeführten Abgases zu limitieren, d. h. zu begrenzen. Das Weglassen der Wärmeisolierung sorgt für bzw. unterstützt einen ungestörten Wärmeübergang an die Umgebung durch Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung und damit für eine Temperaturabsenkung bzw. Temperaturbegrenzung im Abgas.

[0048] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen die zweite Leitung zur Abgasrückführung stromaufwärts der Kühlvorrichtung von der ersten Leitung zur Abgasrückführung abzweigt. Dies sorgt in einer Vielzahl von Anwendungsfällen für eine Verkürzung der zweiten Leitung zur Abgasrückführung im Vergleich zu Ausführungsformen, bei denen die zweite Abgasrückführleitung - wie die erste Leitung - direkt aus dem Abgasabfuhrsystem abzweigt.

[0049] Die Verkürzung der zweiten Leitung reduziert die Masse und die Länge und damit die thermische Trägheit dieser Leitung, was im Hinblick auf eine Minimierung der Wärmeverluste zielführend ist. Die Verkleinerung der mit Abgas beaufschlagten Oberfläche der Rückführleitung vermindert den Wärmeübergang. Geeignete Werkstoffe können diesen Effekt unterstützen.

[0050] Die vorgeschlagene Ausführungsform unterstützt zudem ein möglichst dichtes Packaging im Motorraum.

[0051] Aus denselben Gründen sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen die zweite Leitung zur Abgasrückführung stromabwärts der Kühlvorrichtung in die erste Leitung zur Abgasrückführung mündet. Eine Mischung der Abgasteilströme der beiden Abgasrückführungen findet dabei vor Einbringen der rückgeführten Abgasmengen in das Ansaugsystem statt.

[0052] Die beiden vorstehenden Ausführungsformen sind **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gemeinsame Leitung zur Abgasrückführung vom Abgasabfuhrsystem abzweigt und/oder in das Ansaugsystem einmündet.

[0053] Insofern entsprechen Ausführungsformen, bei denen die erste Leitung zur Abgasrückführung stromaufwärts der Kühlvorrichtung von der zweiten Leitung zur Abgasrückführung abzweigt bzw. Ausführungsformen, bei denen die erste Leitung zur Abgasrückführung stromabwärts der Kühlvorrichtung in die zweite Leitung zur Abgasrückführung mündet, den zuvor beschriebenen Ausführungsformen.

[0054] Grundsätzlich sind aber auch Ausführungsformen, bei denen die erste Leitung und die zweite Leitung zur Abgasrückführung getrennt voneinander oder unmittelbar benachbart zueinander direkt von dem Abgasabfuhrsystem abzweigen bzw. in das Ansaugsystem einmünden, erfindungsgemäße Brennkraftmaschinen. Auch diese Ausführungsformen können im Einzelfall hinsichtlich eines dichten Packaging bzw. hinsichtlich einer bevorzugten Leitungslänge bzw. Leitungsführung vorteilhaft sein. Sie bieten bei der Auslegung des Rückführ-

systems konstruktiv die meisten Freiheiten.

[0055] Handelt es sich bei der Brennkraftmaschine um eine mittels Turbolader aufgeladene Brennkraftmaschine, können die Abgasrückführungen als Hochdruck-AGR oder aber als Niederdruck-AGR ausgelegt werden. Während das Abgas bei einer Hochdruck-AGR stromaufwärts der Turbine entnommen wird, erfolgt dies bei der sogenannten Niederdruck-AGR stromabwärts der Turbine. Dies hat den Vorteil, dass das rückzuführende Abgas vor der Rückführung die Turbine durchströmt und somit für den Antrieb der Turbine zur Verfügung steht. Hohe AGR-Raten, d. h. große rückgeführte Abgasmen- gen führen dann nicht zwangsläufig zu einem Abfall des Turbinendruckverhältnisses und zu Einbußen beim Drehmomentangebot.

[0056] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe, nämlich ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach einer der zuvor genannten Arten aufzuzeigen, wird gelöst durch ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das erste Steuerele- ment und das zweite Steuerelement in der Weise betätigt werden, dass die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischla- dung eine vorgebbare Grenztemperatur T_{Grenz} nicht überschreitet.

[0057] Das im Zusammenhang mit der erfindungsge- mäßigen Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren. Insbesondere wird Bezug genommen auf die verfahrenstechnischen Merk- male, welche im Rahmen der Beschreibung der Brenn- kraftmaschine erörtert werden, und die Betätigung der Steuerelemente in Abhängigkeit vom momentanen Be- triebzustand der Brennkraftmaschine.

[0058] Vorteilhaft sind insbesondere Verfahrensvari- anten, bei denen das erste Steuerelement in der Warm- laufphase der Brennkraftmaschine vollständig ver- schlossen wird.

[0059] Vorteilhaft sind Verfahrensvarianten, bei denen das erste und ausgehend vom Leerlaufbetrieb der Brenn- kraftmaschine geschlossene Steuerelement mit zuneh- mender Last und/oder Drehzahl in Richtung Offenstel- lung betätigt wird. Diese Vorgehensweise trägt dem Um- stand Rechnung, dass in der Regel die Rückführrate mit zunehmender Last und/oder Drehzahl gesteigert wird.

[0060] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 und 2 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 schematisch eine erste Ausführungsform der Brennkraftmaschine, und

Fig. 2 schematisch eine zweite Ausführungsform der Brennkraftmaschine.

[0061] Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform der Brennkraftmaschine 1 am Beispiel eines VierZylinder- Reihenmotors, der vier entlang der Zylinderkopflängs- achse, d. h. in Reihe angeordnete Zylinder 2 aufweist.

[0062] Die Brennkraftmaschine 1 verfügt über ein An-

saugsystem 4, über welches den Zylindern 2 Frischge- misch bzw. rückgeführtes Abgas zugeführt wird und über ein Abgasabführsystem 3 zum Abführen der Verbren- nungsgase aus den Zylindern 2.

[0063] Die Brennkraftmaschine 1 ist mit zwei Abgas- rückführungen 5, 9 ausgestattet, nämlich einer gekühlten Abgasrückführung 5 und einer ungekühlten, d. h. heißen Abgasrückführung 9, mit denen Abgas aus dem Abgas- abführsystem 3 in das Ansaugsystem 4 zurückgeführt wird.

[0064] Die erste Abgasrückführung 5 umfaßt eine er- ste Leitung 6 zur Abgasrückführung 5, die aus dem Ab- gasabführsystem 3 abzweigt und in das Ansaugsystem 4 mündet und in der eine Kühlvorrichtung 8 vorgesehen ist, um das rückzuführende Abgas zu kühlen. Um die Abgasmenge einzustellen, die mit der ersten Abgasrück- führung 5 zurückgeführt wird, ist ein erstes Steuerele- ment 7 in der ersten Leitung 6 stromaufwärts der Kühl- vorrichtung 8 angeordnet, welches mit einer Flüssigkeits- kühlung ausgestattet ist (nicht dargestellt) und gemäß dem Schaltungszustand in Figur 1 geschlossen ist, so dass kein gekühltes Abgas zurückgeführt wird.

[0065] Eine zweite Leitung 10 zur Abgasrückführung 9, in der ein zweites Steuerelement 11 vorgesehen ist, bildet die ungekühlte, zweite Abgasrückführung 9. Das zweite Steuerelement 11 ist ungekühlt und dient dazu, die Abgasmenge einzustellen, die mit der zweiten Ab- gasrückführung 9 zurückgeführt wird. Gemäß dem Schaltungszustand in Figur 1 ist das zweite Steuerele- ment 11 geöffnet, so dass ungekühltes, d. h. heißes Ab- gas zurückgeführt wird (doppelt gestrichelte Linie).

[0066] Beide Steuerelemente 7, 11 sind als Tellerven- tile ausgebildet. Die erste Leitung 6 und die zweite Lei- tung 10 zweigen unmittelbar benachbart zueinander, d. h. an derselben Stelle direkt vom Abgasabführsystem 3 ab und münden getrennt voneinander in das Ansaugsy- stem 4.

[0067] Figur 2 zeigt schematisch eine zweite Ausführ- ungsform der Brennkraftmaschine 1. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Ausführ- ungsform erörtert werden, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 1. Für dieselben Bauteile wur- den dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0068] Im Unterschied zu der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform ist das erste Steuerelement 7 strom- abwärts der Kühlvorrichtung 8 in der ersten Leitung 6 angeordnet, so dass die Kühlvorrichtung 8 während des Betriebs der Brennkraftmaschine 1 ständig mit Abgas beaufschlagt wird und zwar auch dann, wenn kein ge- kühltes Abgas zurückgeführt wird.

Bezugszeichen

[0069]

- 1 Brennkraftmaschine
- 2 Zylinder
- 3 Abgasabführsystem

- 4 Ansaugsystem
- 5 erste Abgasrückführung
- 6 erste Leitung zur Abgasrückführung
- 7 erstes Steuerelement
- 8 Kühlvorrichtung
- 9 zweite Abgasrückführung
- 10 zweite Leitung zur Abgasrückführung
- 11 zweites Steuerelement

AGR	Abgasrückführung
m_{AGR}	Masse an zurückgeführtem Abgas
$m_{Frischluf}$	Masse an zugeführter Frischluft bzw. Verbrennungsluft
T_{AGR}	Temperatur des rückgeführten Abgases, Temperatur der insgesamt zurückgeführten Abgasmenge
T_{Grenz}	Grenztemperatur
T_{Zyl}	Temperatur der Zylinderfrischladung
X_{AGR}	Abgasrückführrate

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine (1) mit mindestens einem Zylinder (2), mindestens einer Abgasleitung zum Abführen der Verbrennungsgase via Abgasabfuhrsystem (3) aus dem mindestens einen Zylinder (2) und mindestens einer Ansaugleitung zum Zuführen von Frischluft bzw. Frischgemisch via Ansaugsystem (4) in diesen mindestens einen Zylinder (2), die mit mindestens einer Abgasrückführung (5) ausgestattet ist, wobei

- eine erste Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, die aus dem Abgasabfuhrsystem (3) abzweigt und in das Ansaugsystem (4) mündet,
- eine Kühlvorrichtung (8) in dieser ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, um das rückzuführende Abgas zu kühlen, und
- ein erstes Steuerelement (7) in der ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) vorgesehen ist, um die Menge an mittels erster Abgasrückführung (5) rückzuführendem Abgas einzustellen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- eine zweite Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) vorgesehen ist, und
- ein zweites Steuerelement (11) in der zweiten Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) vorgesehen ist, um die Menge an mittels zweiter Abgasrückführung (9) rückzuführendem Abgas einzustellen.

2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch**

gekennzeichnet, dass das erste Steuerelement (7) stromabwärts der Kühlvorrichtung (8) in der ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) angeordnet ist.

3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Steuerelement (7) mit einer Kühlung ausgestattet ist.

4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Steuerelement (11) ein ungekühltes Steuerelement ist.

5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) wärmeisoliert ist.

6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) stromaufwärts der Kühlvorrichtung (8) von der ersten Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) abzweigt.

7. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leitung (10) zur Abgasrückführung (9) stromabwärts der Kühlvorrichtung (8) in die erste Leitung (6) zur Abgasrückführung (5) mündet.

8. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Steuerelement (7) und das zweite Steuerelement (11) in der Weise betätigt werden, dass die Temperatur T_{Zyl} der Zylinderfrischladung eine vorgebbare Grenztemperatur T_{Grenz} nicht überschreitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Steuerelement (11) in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine (1) vollständig verschlossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und ausgehend vom Leerlaufbetrieb der Brennkraftmaschine (1) geschlossene Steuerelement (11) mit zunehmender Last und/oder Drehzahl in Richtung Offenstellung betätigt wird.

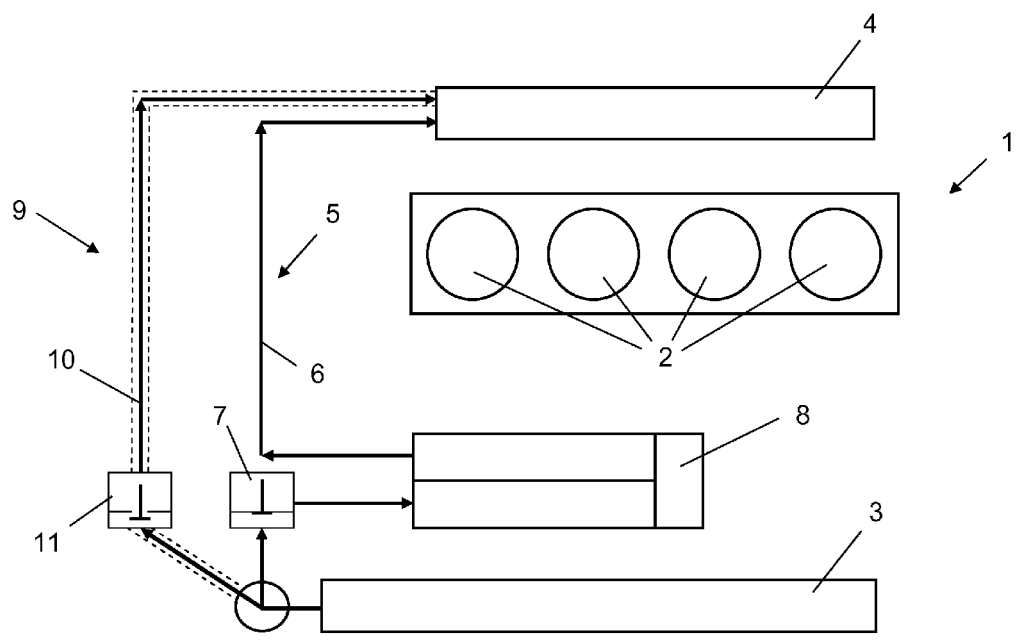


Fig. 1

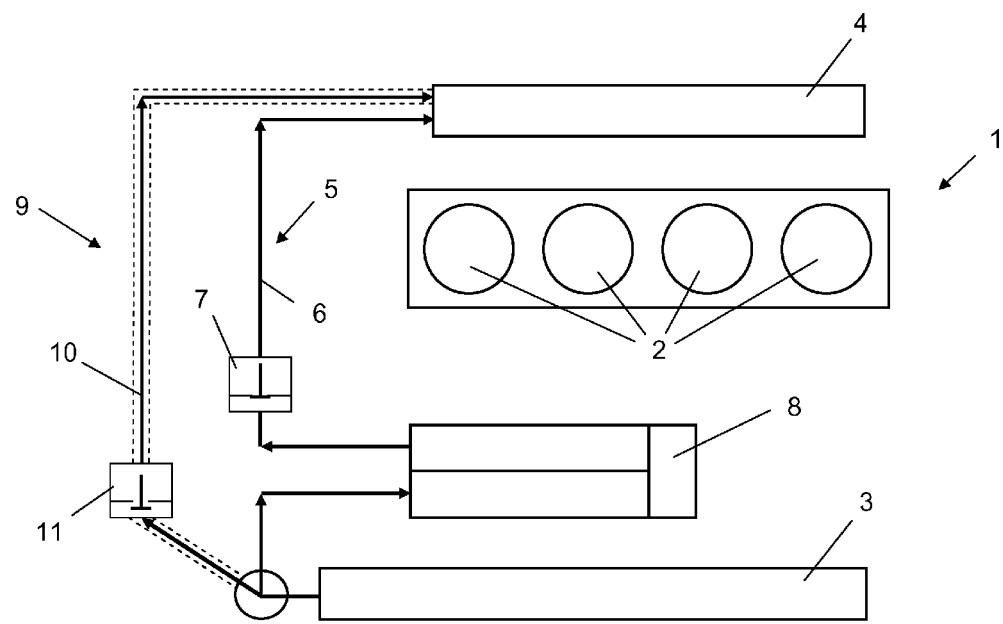


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 16 3475

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2007/056266 A1 (KURTZ ERIC [DE]) 15. März 2007 (2007-03-15)	1-4,6-10	INV. F02M25/07
Y	* Abbildung 1 * * Absätze [0009], [0014], [0031], [0032], [0033] * * Anspruch 12 *	5	
X	EP 0 849 453 A2 (MAZDA MOTOR [JP]) 24. Juni 1998 (1998-06-24) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 20 *	1-4,6-7	
X	DE 199 24 920 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 2, Zeile 45 - Zeile 59 * * Ansprüche 1-4 *	1-4	
X	US 2009/077968 A1 (SUN HAROLD HUIMIN [US]) 26. März 2009 (2009-03-26) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absatz [0015] *	1-4,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	DE 10 2004 057306 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Juni 2006 (2006-06-01) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0003], [0013] *	1-4,6-7	F02M
Y	FR 2 919 026 A1 (RENAULT SAS [FR]) 23. Januar 2009 (2009-01-23) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,3 * * Seite 4, Zeile 16 - Seite 5, Zeile 4 * * Seite 8, Zeile 6 - Zeile 14 *	5	
-/--			
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Dezember 2009	Prüfer Payr, Matthias
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 16 3475

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2008/082540 A2 (CUMMINS INC [US]; MATTHEWS JEFF [US]; SUJAN VIVEK [US]; DALE ADRIAN [U]) 10. Juli 2008 (2008-07-10) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 * * Seite 13, Zeile 11 - Seite 17, Zeile 8 * * Ansprüche 12-15 * -----	8-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Dezember 2009	Prüfer Payr, Matthias
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 16 3475

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

16-12-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007056266 A1	15-03-2007	KEINE	
EP 0849453 A2	24-06-1998	KEINE	
DE 19924920 A1	07-12-2000	KEINE	
US 2009077968 A1	26-03-2009	CN 101397953 A	01-04-2009
		DE 102008031944 A1	09-04-2009
		GB 2453211 A	01-04-2009
DE 102004057306 A1	01-06-2006	EP 1692390 A1	23-08-2006
		WO 2006056511 A1	01-06-2006
		JP 2007503551 T	22-02-2007
		KR 20060069440 A	21-06-2006
		US 2008245348 A1	09-10-2008
FR 2919026 A1	23-01-2009	KEINE	
WO 2008082540 A2	10-07-2008	DE 112007003112 T5	29-10-2009
		US 2008163855 A1	10-07-2008

EPO FORM P0461

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