

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 712 763 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
18.10.2006 Patentblatt 2006/42

(51) Int Cl.:  
F02D 41/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 06007772.4

(22) Anmeldetag: 13.04.2006

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: 15.04.2005 DE 102005017348

(71) Anmelder: DaimlerChrysler AG  
70567 Stuttgart (DE)  
(72) Erfinder:  
• Gärtner, Uwe, Dr.  
73630 Remshalden (DE)  
• Kozuch, Peter, Dr.  
71549 Auenwald (DE)

(54) **Einrichtung und Verfahren zum Ermitteln eines Emissionswerts einer Einspritzbrennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Einspritzbrennkraftmaschine mit einer Emissionsermittlungseinrichtung (1) zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei der Kraftstoffverbrennung gebildete Abgas sowie ein Verfahren zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei einer Kraftstoffverbrennung in einem Brennraum eines Zylinders einer Einspritzbrennkraftmaschine gebildete Abgas.

Erfindungsgemäß ist von der Emissionsermittlungseinrichtung (1) in Abhängigkeit vom Einspritzdruck ( $p_E$ ) und von der Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung als Emissionswert wenigstens ein Rußemissionswert ermittelbar; für das Verfahren ist vorgesehen, dass aus dem erfassten Einspritzdruck ( $p_E$ ) und der ermittelten Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung wenigstens ein Rußemissionswert ermittelt wird.

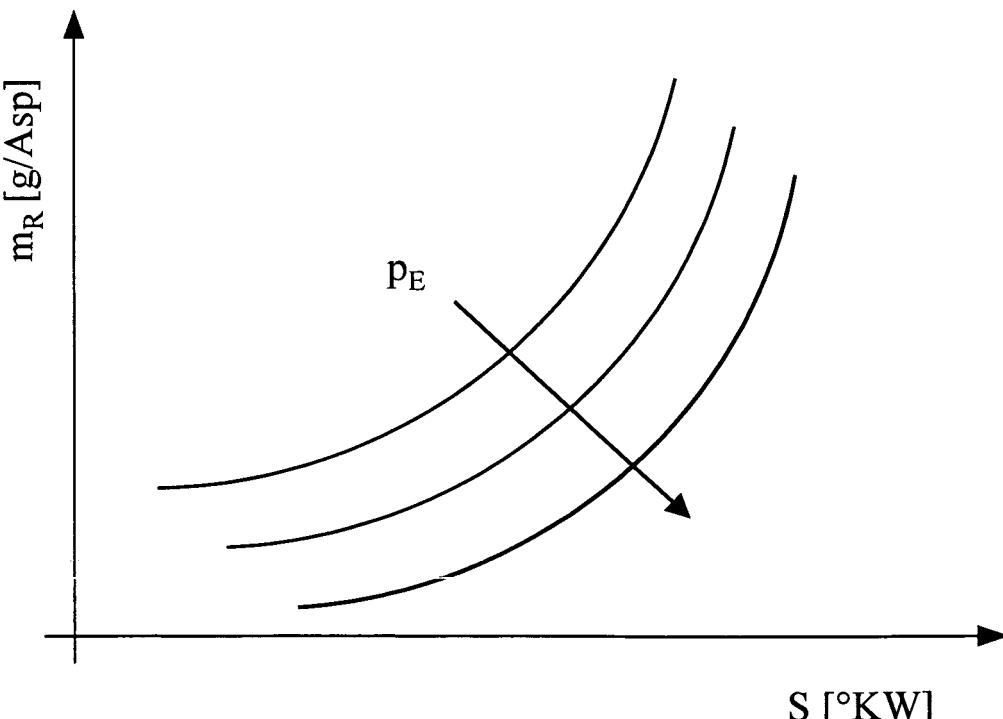


Fig. 3

EP 1 712 763 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Einspritzbrennkraftmaschine mit einer Emissionsermittlungseinrichtung zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei der Kraftstoffverbrennung gebildete Abgas gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei einer Kraftstoffverbrennung in einem Brennraum einer Einspritzbrennkraftmaschine gebildete Abgas gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

**[0002]** Es ist bekannt, dass der Brennverlauf einer Luft-Kraftstoffmischung maßgeblich die bei der Verbrennung in einer Brennkraftmaschine entstehenden Emissionen beeinflusst. Der Brennverlauf ist jedoch in komplizierter Weise von einer Vielzahl von Betriebsparametern abhängig und der Zusammenhang zwischen den Betriebsparametern und dem Brennverlauf und den resultierenden Emissionswerten wird auch von aufwändigen Simulationsmodellen häufig nur unzureichend beschrieben. Für die Realisierung eines schadstoffarmen Betriebs ist eine Kenntnis dieser Zusammenhänge jedoch wünschenswert, um den Verbrennungsprozess zu optimieren und beispielsweise durch Veränderungen von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine deren Emissionen gezielt beeinflussen zu können. In Einzelfällen ist es gelungen, durch vergleichsweise einfache Rechnungen oder Korrelationen Stickoxid-Emissionswerte zu modellieren. So offenbart die DE 100 43 383 A1 ein Verfahren zur rechnerischen Bestimmung des Stickoxidgehalts in sauerstoffhaltigen Abgasen von Brennkraftmaschinen. In dem Verfahren wird der Stickoxidgehalt aus den bei der im Zylinder eingesetzten Luftmasse und Kraftstoffmasse sowie aus der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung bestimmt. Die Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung wird wiederum durch eine Messung und Auswertung des Brennraumdruckverlaufs bestimmt. Es sind jedoch auch andere Methoden zur Bestimmung der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung bekannt. Für andere Emissionswerte, insbesondere betreffend die Rußemission, sind dergleichen einfache Modelle jedoch nicht verfügbar.

**[0003]** Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren anzugeben, welche mit einfachen Mitteln eine verbesserte Bestimmung eines Emissionswertes ermöglichen.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch eine Einspritzbrennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

**[0005]** Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine verfügt über eine Emissionsermittlungseinrichtung, die zur Ermittlung der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung auf der Basis von erfassten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ausgelegt ist. Erfindungsgemäß ist von der Emissionsermittlungseinrichtung in Abhängigkeit vom Einspritzdruck und von der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung wenigstens ein Rußemissi-

onswert ermittelbar. Überraschend wurde gefunden, dass sich durch eine geeignete Verknüpfung von Einspritzdruck und Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung auf einfache Weise zuverlässige Informationen betreffend zumindest die sich bei der Kraftstoffverbrennung im Brennraum eines Zylinders ergebenden Rußemissionen gewinnen lassen. Die Brennkraftmaschine ist dabei als direkteinspritzende, vorzugsweise mehrzylindrische Hubkolbenmaschine ausgelegt und unter der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung ist wie üblich die Kurbelwinkelposition zu verstehen, bei welcher 50 % der an der Verbrennung in einem Arbeitszyklus des Zylinders teilnehmenden Kraftstoffmenge umgesetzt ist. Vorzugsweise wird als Rußemissionswert die je Arbeitszyklus aus dem Zylinder ausgestoßene Rußmasse ermittelt. Die Emissionsermittlungseinrichtung ist vorzugsweise in der Art eines Mikrocomputers ausgebildet und verfügt über eine Eingabeeinheit für sensorisch oder anderweitig erfasste Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, eine Recheneinheit und eine Speichereinheit. Die Recheneinheit verarbeitet in vorgegebener Weise in der Speichereinheit abgelegte Daten mit einigen oder allen erfassten Betriebsgrößen derart, dass die Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung und daraus zusammen mit dem erfassten Einspritzdruck der Rußemissionswert erhalten wird. Dabei ist der Einspritzdruck typischerweise als sensorisch erfasste Größe der vorzugsweise als Common-Rail-Anlage ausgeführten Kraftstoffeinspritzung verfügbar.

**[0006]** Was das der Ermittlung der Verbrennungsschwerpunktlage zugrunde liegende Prinzip anbetrifft, so ist in Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die Schwerpunktlage der Verbrennung aus dem von einem Drucksensor erfassten Druckverlauf im Brennraum ermittelbar ist. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Schwerpunktlage der Verbrennung aus einem errechneten Brennverlauf der Kraftstoffverbrennung ermittelbar.

**[0007]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird der Rußemissionswert abgespeicherten Kennlinien oder Kennfeldern für die Abhängigkeit der Rußemission von der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung und dem Kraftstoffeinspritzdruck entnommen.

**[0008]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. Dabei sind die vorstehend genannten und nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Merkmalskombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0009]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und zugehörigen Beispielen näher erläutert.

Dabei zeigen:

**[0010]**

- Fig. 1 ein schematisches Blockbild einer vorteilhaften Ausführungsform einer Emissionsermittlungseinrichtung zur Ermittlung eines Emissionswertes,
- Fig. 2a ein schematisches Druckverlaufs-Diagramm für die Abhängigkeit des Zylinderdrucks von der Kolbenposition,
- Fig. 2b ein schematisches Brennverlaufs-Diagramm für die Abhängigkeit eines Brennverlauf von einer Kolbenposition,
- Fig. 2c ein schematisches Summenbrennverlaufs-Diagramm für die Abhängigkeit eines Summenbrennverlaufs von einer Kolbenposition,
- Fig. 3 ein schematisches Kennfeld für die Rußemission in Abhängigkeit von der Schwerpunktlage der Verbrennung und dem Kraftstoffeinspritzdruck,
- Fig. 4 ein schematisches Kennfeld für die Stickoxidenmission in Abhängigkeit von der Schwerpunktlage der Verbrennung und dem Kraftstoffeinspritzdruck und
- Fig. 5 ein schematisches Kennfeld für die Emission unverbrannter Kohlenwasserstoffe in Abhängigkeit von der Schwerpunktlage der Verbrennung und dem Kraftstoffeinspritzdruck.

**[0011]** Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Emissionsermittlungseinrichtung 1 dient zur Ermittlung eines Emissionswertes eines Abgases einer nicht näher dargestellten Brennkraftmaschine. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wird nachfolgend davon ausgegangen, dass es sich bei der Brennkraftmaschine um eine mehrzylindrische direkteinspritzende Diesel-Brennkraftmaschine handelt. Die Brennkraftmaschine verfügt vorzugsweise über eine Common-Rail-Einspritzanlage, eine Aufladeeinheit sowie eine Abgasrückführung. Ferner sind Mittel zur Erfassung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine vorgesehen. Diese können als Sensoren zur Erfassung von Drehzahl, Abgasrückführmenge, Luftmenge, Steuerzeiten der Kraftstoffeinspritzung, Ladeflufttemperatur und dergleichen ausgebildet sein. Insbesondere ist eine Sensor zur Erfassung des Kraftstoffeinspritzdrucks vorgesehen. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, Betriebsgrößen indirekt, beispielsweise durch ein elektronisches Steuergerät der Brennkraftmaschine zu erfassen. Auf die Erläuterung von Einzelheiten wird an dieser Stelle verzichtet, da mit derartigen Betriebsgrößenerfassungsmitteln ausgestattete Brennkraftmaschinen gebräuchlich und dem Fachmann bekannt sind.

**[0012]** Die Emissionsermittlungseinrichtung 1 ist vorzugsweise in der Art eines Mikrocomputers mit einer Recheneinheit R, einer Speichereinheit SP und einer Ein-/Ausgabeeinheit E/A ausgeführt. Dabei ist vorgesehen, dass die einzelnen Bauteile R, SP, E/A über entspre-

chende Datenleitungen Daten austauschen können. Die Ein-/Ausgabeeinheit E/A erhält als Eingangsgrößen E Werte der erfassten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine und stellt diese für Berechnungen der Recheneinheit R zur Verfügung. Die Recheneinheit R kann unter Rückgriff auf diese Werte und auf in der Speichereinheit SP gespeicherte Daten Berechnungen ausführen, die letztlich Emissionswerte von bei der Kraftstoffverbrennung in den Zylindern entstandenen Abgasbestandteilen zum Ergebnis haben. Die ermittelten Emissionswerte können direkt als Ausgabegrößen A über die Ein-/Ausgabeeinheit E/A ausgegeben werden, es kann jedoch auch eine vorgelagerte Umrechnung in Steuergrößen für den Betrieb der Brennkraftmaschine vorgesehen sein. Erfindungsgemäß kann von der Emissionsermittlungseinrichtung 1 in Abhängigkeit vom Einspritzdruck und von der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung als Emissionswert wenigstens ein Rußemissionswert ermittelt werden. Die Ermittlung der Emissionswerte erfolgt dabei vorzugsweise online und in Echtzeit parallel zum laufenden Brennkraftmaschinenbetrieb. Die ermittelten Emissionswerte entsprechen daher den aktuell vorhandenen Emissionswerten. Zentraler Schritt ist hierbei die Ermittlung der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung, worauf nachfolgend näher eingegangen wird.

**[0013]** Eine erste vorteilhafte Methode zur Ermittlung der Schwerpunktlage der Kraftstoffverbrennung umfasst zunächst die Durchführung einer rechnerischen Analyse eines Druckverlaufs in einem Brennraum eines jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine durch die Recheneinheit R. Hierzu erhält die Recheneinheit R Messwerte des entsprechenden Brennrauminnendrucks, die über einen Drucksensor erfasst und der Ein-/Ausgabeeinheit E/A zugeführt werden. Die Recheneinheit R verarbeitet diese Messwerte mittels eines in der Speichereinheit SP abgespeicherten Rechenmodells und berechnet daraus zunächst einen Brennverlauf und weiter daraus einen Summenbrennverlauf. Aus letzterem ergibt sich die Lage des Verbrennungsschwerpunkts als die Kolben- oder Kurbelwinkelposition, bei welcher 50 % der an der Verbrennung in einem Arbeitszyklus des Zylinders teilnehmenden Kraftstoffmenge umgesetzt ist. Ein derartiges Rechenmodell ist beispielsweise in Pischinger, R., Krassnig, G., Taucar, G., Sams, Th.; Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine, Springer-Verlag, 1989 beschrieben. Es kann jedoch auch ein beliebiges anderes Rechenmodell eingesetzt werden. Unter Verzicht auf Einzelheiten wird nachfolgend lediglich auf die zum Verständnis nötigen Zusammenhänge eingegangen, wozu auf die Fig. 2a bis 2c Bezug genommen wird.

**[0014]** Fig. 2a zeigt lediglich exemplarisch und schematisch einen sensorisch erfassten Druckverlauf  $p_z = f(\phi)$  des Brennraumdrucks  $p_z$  in Abhängigkeit von der Kurbelwinkelposition  $\phi$  über einen Verdichtungstakt und Arbeitstakt eines Zylinders der Brennkraftmaschine. Unter Berücksichtigung der im wesentlichen aus dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik folgenden und in der Speichereinheit SP abgelegten Gesetzmäßigkeiten er-

mittelt die Recheneinheit R aus diesem Druckverlauf  $p_z = f(\phi)$  den zugehörigen und in Fig. 2b schematisch dargestellten Brennverlauf  $dQ/d\phi = f(\phi)$  der Kraftstoffverbrennung. Dabei gibt der Brennverlauf  $dQ/d\phi = f(\phi)$  die je Kurbelwinkel  $d\phi$  durch die Kraftstoffverbrennung freigesetzte Wärmemenge  $dQ$  in Abhängigkeit von der Kurbelwinkelposition  $\phi$  an. Daraus ergibt sich durch Integration der in Fig. 2c dargestellte, auf 100 % normierte Summenbrennverlauf als Wert des aktuell bei der jeweiligen Kurbelwinkelposition  $\phi$  bereits verbrannten Kraftstoffanteils und die Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung als 50 %-Wert.

**[0015]** Für eine Verbesserung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der solcherart berechneten Schwerpunktlage S kann eine Glättung oder Filterung des erfassten Druckwertes  $p_z$  vorgesehen sein. Zusätzlich oder alternativ kann auch eine Mittelung über mehrere Arbeitsspiele und/oder mehrere Brennräume vorgesehen sein. Für die Berechnungen des Brennverlaufs  $dQ/d\phi = f(\phi)$  ist es vorteilhaft, wenn die Zylinderladung hinsichtlich Frischluftmasse, Restgasmasse, Abgasrückführmenge sowie gegebenenfalls weiter Einflussgrößen wie Wandwärmeverluste, Leckage und dergleichen berücksichtigt werden. Die genannten Größen können dabei als Messgrößen vorliegen und von der Ein-/Ausgabeeinheit E/A eingelesen werden oder als vorab eingespeicherte empirisch ermittelte Werte in der Speichereinheit SP zur Verfügung stehen.

**[0016]** Als weitere Methode zur Ermittlung der Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung kann alternativ oder zusätzlich eine Berechnung auf der Basis eines in der Speichereinheit SP abgelegten empirischen Modells oder eines phänomenologischen Modells vorgesehen sein. Dabei wird bei einem empirischen Modell der Brennverlauf  $dQ/d\phi = f(\phi)$  mittels einer mathematischen Funktion aus aktuellen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt.

**[0017]** Was ein gegebenenfalls eingesetztes empirisches Modell betrifft, so werden hier Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine über eine mathematische Funktion miteinander verknüpft und ergeben einen modellierten Brennverlauf  $dQ/d\phi = f(\phi)$ , der graphisch als Polygonzug entsprechend dem in Fig. 2b dargestellten Kurvenlauf wiedergegeben werden kann. Als Betriebsgrößen können Kraftstofffeinspritzdruck, Drehzahl, Menge und Lage von Kraftstofffeinspritzvorgängen, Zylinderladung, Ladelufttemperatur, Abgasrückführmenge, Zündverzug und gegebenenfalls weitere Größen berücksichtigt werden. Diese Größen können analog zur oben erläuterten Druckverlaufsanalyse als Messwerte oder als abgespeicherte Größen zur Verfügung stehen. Für ein entsprechendes Modell betreffende Einzelheiten wird beispielhaft auf den Fachaufsatzt von Schreiner, K.: Untersuchungen zum Ersatzbrennverlauf und Wärmeübergang bei schnellaufenden Hochleistungsdieselmotoren, MTZ 54, Nr. 11, 1993 verwiesen.

**[0018]** Was ein gegebenenfalls eingesetztes phänomenologisches Modell betrifft, so sind eine Viel-

zahl von Modellen bekannt, die im wesentlichen auf einer physikalisch-chemischen Beschreibung des Brennverlaufs, gegebenenfalls unter besonderer Berücksichtigung des Einspritzverlaufs beruhen. Für ein entsprechendes Modell betreffende Einzelheiten wird beispielhaft auf den Fachaufsatzt von Chmela, F., Orthaber, G., Schuster, W.: Die Vorausberechnung des Brennverlaufs von Dieselmotoren mit direkter Einspritzung auf Basis des Einspritzverlaufs, MTZ 59, Nr. 7/8, 1998 verwiesen.

**[0019]** In den genannten Fällen wird jeweils ebenfalls der Brennverlauf bzw. ein Ersatzbrennverlauf  $dQ/d\phi = f(\phi)$  ermittelt, aus welchem sich gemäß den Erläuterungen zur Druckverlaufsanalyse die Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung ergibt.

**[0020]** Die erfundungsgemäße Vorgehensweise zur Ermittlung wenigstens eines Rußemissionswertes beruht auf der Annahme, dass die Rußemission sich im wesentlichen aus einer zweifachen Abhängigkeit von der Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung einerseits und vom Einspritzdruck andererseits ermitteln lässt. Eine solche Abhängigkeit konnte experimentell bestätigt werden und wird bevorzugt vorab empirisch ermittelt und in der Speichereinheit SP in Form geeigneter Kennfelder hinterlegt.

**[0021]** In Fig. 3 ist ein für die genannte Abhängigkeit typisches Kennfeld dargestellt. Wie ersichtlich, ist die hier in Gramm je Arbeitsspiel Asp angegebene emittierte Rußmasse  $m_R$  für konstanten Kraftstofffeinspritzdruck  $p_E$  etwa exponentiell abhängig von der Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung. Eine weitere Abhängigkeit ist, wie durch den entsprechenden Pfeil gekennzeichnet, vom Kraftstofffeinspritzdruck  $p_E$  gegeben. Für zunehmenden Einspritzdruck  $p_E$  ergeben sich, wie durch die untereinander liegenden Kurvenzüge dargestellt, abnehmende Rußemissionswerte  $m_R$ . Insgesamt lässt sich daher die Abhängigkeit der Rußemission  $m_R$  von der Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung einerseits und vom Einspritzdruck  $p_E$  andererseits in Form der in Fig. 3 skizzierten Parameterdarstellung mit dem Kraftstofffeinspritzdruck  $p_E$  als Parameter beschreiben.

**[0022]** Beim Betrieb der Brennkraftmaschine wird von der Emissionsermittlungseinrichtung 1 daher wie vorstehend erläutert die Schwerpunktlage S der Kraftstoffverbrennung ermittelt, der Kraftstofffeinspritzdruck  $p_E$  eingelesen und anhand dieser Daten der kennfeldmäßig abgelegte Rußemissionswert  $m_R$  ausgelesen. Anstelle der in einem Kennfeld abgelegten Rußemissionswerte kann die vorab ermittelte empirische Abhängigkeit jedoch auch durch einen entsprechenden formelmäßigen Zusammenhang beschrieben werden, der in der Speichereinheit SP abgelegt ist und auf den die Recheneinheit R zur Ermittlung des Rußemissionswertes zurückgreift.

**[0023]** Es ist vorgesehen, dass von der Emissionsermittlungseinrichtung 1 zusätzlich zum Rußemissionswert ein Stickoxidemissionswert ermittelbar ist. Es konnte die Annahme bestätigt werden, dass auch die Stickoxidemission im wesentlichen von der Schwerpunktlage

$S$  der Kraftstoffverbrennung einerseits und vom Einspritzdruck  $p_E$  andererseits abhängig ist. Fig. 4 zeigt die ermittelten Verhältnisse in Form eines Kennfelds, analog des in Fig. 3 dargestellten Kennfelds für die Rußemission. Im Gegensatz zur Rußemission  $m_R$  ergibt sich eine umgekehrte Abhängigkeit vom Kraftstoffeinspritzdruck  $p_E$ , d.h. bei konstanter Schwerpunktlage  $S$  tritt bei zunehmendem Einspritzdruck  $p_E$  eine zunehmende Stickoxidemission  $m_{NOx}$  auf. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Stickoxidemission  $m_{NOx}$  ist jedoch analog zur oben erläuterten Vorgehensweise bei der Ermittlung der Rußemission  $m_R$ , weshalb an dieser Stelle nicht nochmals darauf eingegangen wird.

**[0024]** Es konnte weiterhin ermittelt werden, dass auch die Emission von unverbrannten Kohlenwasserstoffen maßgeblich von der Schwerpunktlage  $S$  der Kraftstoffverbrennung einerseits und vom Einspritzdruck  $p_E$  andererseits abhängt. In Fig. 5 sind die ermittelten Zusammenhänge schematisch in einem Kennfeld ähnlich dem der Figuren 3 und 4 dargestellt. Wie dargestellt, ergibt sich bei konstanter Schwerpunktlage  $S$  bei zunehmendem Einspritzdruck  $p_E$  eine abnehmende Emission  $m_{uHC}$  unverbrannter Kohlenwasserstoffe. Es ist erfundungsgemäß vorgesehen, auch die Emission  $m_{uHC}$  unverbrannter Kohlenwasserstoffe in Analogie zur oben beschriebenen Vorgehensweise zur Ermittlung der Rußemission  $m_R$  aus der Schwerpunktlage  $S$  der Kraftstoffverbrennung und dem Einspritzdruck  $p_E$  zu ermitteln, weshalb auf Einzelheiten hierzu an dieser Stelle verzichtet wird.

**[0025]** Es versteht sich, dass die hier lediglich beispielhaft in Gramm je Arbeitsspiel Asp angegebenen Emissionswerte auch durch andere Einheiten ausgedrückt werden können, wobei die grundsätzlichen Abhängigkeiten unverändert bleiben. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Emissionswerte der gasförmigen Emissionen Stickoxid NOx und unverbrannte uHC in Volumenanteilen des Abgases insgesamt ermittelt werden.

**[0026]** Die von einer Brennkraftmaschine emittierten Partikel bestehen im allgemeinen aus Rußpartikeln, an welche sich unverbrannte Kohlenwasserstoffe angelagert haben. Zur Abschätzung einer Partikelemission ist es daher vorgesehen, aus dem Rußemissionswert und dem Emissionswert unverbrannter Kohlenwasserstoffe einen, vorzugsweise massenbezogenen Partikelemissionswert zu ermitteln. Hierfür können beispielsweise ebenfalls vorab empirisch ermittelte Kennfelder in der Speichereinheit SP abgelegt sein. In diesen sind vorzugsweise für verschiedene Betriebspunkte der Brennkraftmaschine entsprechend gewichtete Summenwerte aus Rußemission und Emission unverbrannter Kohlenwasserstoffe abgelegt. Von der Emissionsermittlungseinrichtung 1 ist daher für jeden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine die aktuelle Partikelemission ermittelbar.

**[0027]** Erfundungsgemäß ist vorgesehen, den nicht unerheblichen Einfluss der Abgasrückführmenge bzw. der Abgasrückführrate auf die Emissionswerte zu berücksichtigen. Hierfür werden bevorzugt Kennfeldsätze ana-

log den in den Figuren 3, 4 und 5 dargestellten Kennfeldern für die Rußemission, die Stickoxidemission und die Emission unverbrannter Kohlenwasserstoffe für unterschiedliche Abgasrückführmengen in der Speichereinheit SP abgelegt. Je nach Abgasrückführmenge, die beispielsweise durch ein Venturisensor erfasst und der Ein-/Ausgabeeinheit E/A zugeführt wird, wird von der Recheneinheit R auf Daten des entsprechenden Kennfeldes zugriffen. Gegebenenfalls wird zwischen den Werten zweier Kennfelder interpoliert.

**[0028]** Wie aus den Kennfeldern der Figuren 3 und 4 hervorgeht, weisen die Rußemission und die Stickoxidemission gegenläufige Abhängigkeiten sowohl von der Schwerpunktlage  $S$  der Kraftstoffverbrennung als auch vom Kraftstoffeinspritzdruck  $p_E$  auf. Zur Beurteilung der Kraftstoffverbrennung ist in vielen Fällen das Verhältnis von Stickoxidemission zur Rußemission von Interesse. Erfundungsgemäß ist daher vorgesehen, einen Verhältniswert aus Stickoxidemission und Rußemission und/oder Partikelemission zu ermitteln.

**[0029]** Die Erfundung erlaubt somit die Ermittlung der wesentlichen Emissionswerte (Ruß, Partikel, Stickoxid und/oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe) einer Brennkraftmaschine. Die in Kennfeldern oder Rechenmodellen in der Speichereinheit SP der Emissionsermittlungseinrichtung 1 abgelegten Abhängigkeiten ermöglichen es daher, den Betrieb der Brennkraftmaschine im Sinne einer Zielwertvorgabe für einen oder mehrere der Emissionswerte zu beeinflussen. Auf diese Weise kann ein hinsichtlich der Emission von Ruß, Partikeln, Stickoxid und/oder unverbrannter Kohlenwasserstoffe optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine eingestellt werden. Hierzu werden eine oder mehrere Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine derart verändert, dass sich eine Verschiebung des jeweiligen Emissionswert in Richtung auf den Zielwert ergibt.

**[0030]** Durch eine andauernde Erfassung des Verhältniswerts aus Stickoxidemission und Rußemission und/oder Partikelemission kann eine beispielsweise verschleißbedingte Änderung von Motorbetriebsparametern beurteilt werden oder umgekehrt auf eingetretene Änderungen von Motorbetriebsparametern korrigierend Einfluss genommen werden, so dass die Reinigungsfunktion einer Abgasreinigungsanlage weitgehend erhalten bleibt. In diesem Zusammenhang ist eine Vernetzung der Emissionsermittlungseinrichtung 1 mit einer Onboard-Diagnoseeinrichtung zur Ermittlung von Fehlfunktionen aller Art vorteilhaft. Wird beispielsweise ein Defekt im Kraftstoffkreislauf der Kraftstoffeinspritzanlage mit Absenkung des Kraftstoffeinspritzdrucks gemeldet, so kann die Auswirkung auf die Schadstoffbildung ermittelt werden und der Betrieb der Abgasreinigungsanlage angepasst werden und/oder andere Motorbetriebsparameter derart verändert werden, dass die entsprechenden Auswirkungen auf die Endrohremissionen möglichst gering bleiben bis der Defekt behoben ist. In ähnlicher Weise kann auf eine Vielzahl von Veränderungen von Brennkraftmaschineneigenschaften reagiert werden, welche

sich auf den Kraftstofffeinspritzdruck und/oder die Schwerpunktlage der Verbrennung auswirken. Insbesondere bei Erfassung des Brennrauminnendrucks können beispielsweise durch Einspritzdüsenverkokung, Ventilsitz- oder Kolbenringverschleiß auftretende Veränderungen der Verbrennungsschwerpunktlage erkannt werden und durch eine Anpassung von Motorbetriebsparametern eine Verschlechterung der Endrohremissionen weitgehend vermieden werden.

**[0031]** Wird umgekehrt von der Onboard-Diagnoseeinrichtung für eine Abgasnachbehandlungskomponente eine Fehlfunktion gemeldet, so kann als gegensteuernde Maßnahme von der Emissionsermittlungseinrichtung 1 ein bezüglich der Emissionswerte ausgleichend wirkender Eingriff in den Brennkraftmaschinenbetrieb veranlasst werden.

### Patentansprüche

1. Einspritzbrennkraftmaschine mit einem Brennraum, in dem Kraftstoff zum Antrieb der Brennkraftmaschine verbrannt werden kann und mit

- einer Einspritzeinrichtung zur direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum,
  - Betriebsgrößenerfassungsmitteln zur Erfassung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, die wenigstens einen Einspritzdruck ( $p_E$ ) für den in den Brennraum eingespritzten Kraftstoff umfassen und
  - einer Emissionsermittlungseinrichtung (1) zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei der Kraftstoffverbrennung im Brennraum gebildete Abgas,
- wobei die Emissionsermittlungseinrichtung (1) zur Ermittlung einer Schwerpunktlage (S) für die Kraftstoffverbrennung im Brennraum auf der Basis der erfassten Betriebsgrößen ausgelegt ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**  
von der Emissionsermittlungseinrichtung (1) in Abhängigkeit vom Einspritzdruck ( $p_E$ ) und von der Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung als Emissionswert wenigstens ein Rußemissionswert ermittelbar ist.

2. Einspritzbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ein mit der Emissionsermittlungseinrichtung (1) kommunizierender Drucksensor zur Erfassung eines Druckverlaufs im Brennraum vorgesehen ist und die Schwerpunktlage (S) der Verbrennung aus dem vom Drucksensor erfassten Druckverlauf ermittelbar ist.

3. Einspritzbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Schwerpunktlage (S) der Verbrennung aus einem errechneten Brennverlauf der Kraftstoffverbrennung ermittelbar ist.

5 4. Einspritzbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**

mit der Emissionsermittlungseinrichtung (1) kommunizierende Mittel zur Erfassung einer Abgasrückführmenge vorgesehen sind und ein in Abhängigkeit von der erfassten Abgasrückführmenge korrigierter Rußemissionswert ermittelbar ist.

10 5. Einspritzbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

von der Emissionsermittlungseinrichtung (1) zusätzlich ein Stickoxidemissionswert ermittelbar ist.

15 20 6. Einspritzbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**

von der Emissionsermittlungseinrichtung (1) zusätzlich ein Emissionswert für unverbrannte Kohlenwasserstoffe ermittelbar ist.

25 7. Verfahren zur Ermittlung eines Emissionswertes für das bei einer Kraftstoffverbrennung in einem Brennraum einer Einspritzbrennkraftmaschine gebildete Abgas, bei welchem

- Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird,
- Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, die wenigstens einen Kraftstofffeinspritzdruck ( $p_Z$ ) umfassen, erfasst werden,
- Kraftstoff im Brennraum verbrannt wird und
- aus erfassten Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine eine Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung ermittelt wird,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

aus dem erfassten Einspritzdruck ( $p_Z$ ) und der ermittelten Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung wenigstens ein Rußemissionswert ermittelt wird.

30 40 45 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ein Brennverlauf der Kraftstoffverbrennung im Brennraum ermittelt wird und aus dem Brennverlauf die Schwerpunktlage (S) der Kraftstoffverbrennung ermittelt wird.

50 55 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Brennverlauf aus einem sensorisch erfassten Druckverlauf im Brennraum ermittelt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 der Brennverlauf rechnerisch aus den erfassten Be-  
 triebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt wer-  
 den. 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 der Rußemissionswert abgespeicherten Kennlinien  
 oder Kennfeldern für die Abhängigkeit der Rußemis- 10  
 sion von der Schwerpunktllage (S) der Kraftstoffver-  
 brennung und dem Kraftstoffeinspritzdruck ( $p_E$ ) ent-  
 nommen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, 15  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 eine Abgasrückführmenge ermittelt wird und der er-  
 mittelte Rußemissionswert in Abhängigkeit von der  
 Abgasrückführmenge korrigiert wird. 20
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 zusätzlich ein Stickoxidemissionswert ermittelt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 13, 25  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 zusätzlich ein Emissionswert für unverbrannte Koh-  
 lenwasserstoffe ermittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, 30  
**dadurch gekennzeichnet, dass**,  
 aus dem Rußemissionswert und dem Emissionswert  
 für unverbrannte Kohlenwasserstoffe ein Partikele-  
 missionswert ermittelt wird. 35
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 ein Verhältniswert aus Stickoxidemission und Ruße-  
 mission und/oder Partikelemission ermittelt wird. 40
17. Verfahren nach Anspruch 16,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 ein Zielwert für das Verhältnis von Stickoxidemission  
 und Rußemission und/oder Partikelemission vorge- 45  
 geben wird und eine Betriebsgröße der Brennkraft-  
 maschine derart geändert wird, dass sich eine Ver-  
 schiebung des Verhältnisses von Stickoxidemission  
 und Rußemission und/oder Partikelemission in Rich-  
 tung auf den Zielwert ergibt. 50

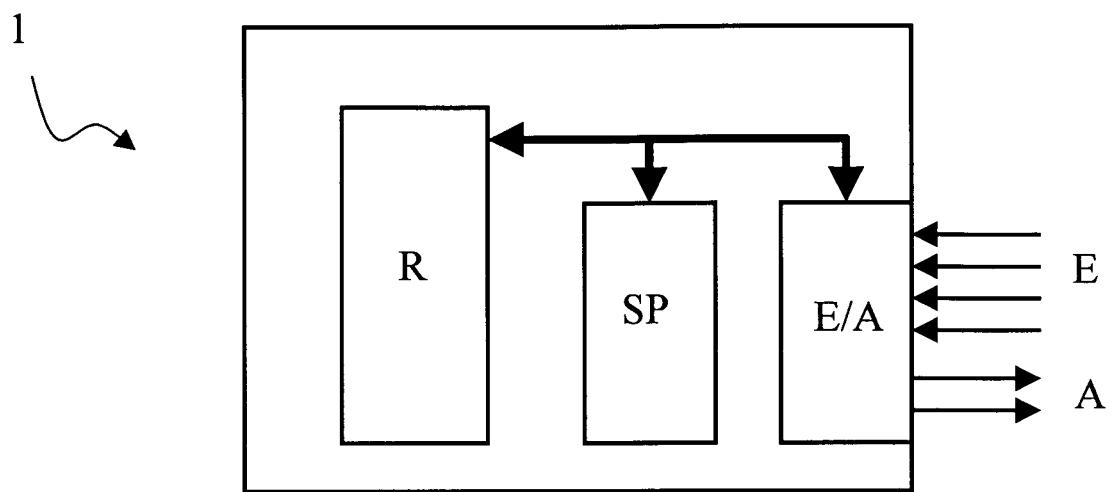


Fig. 1

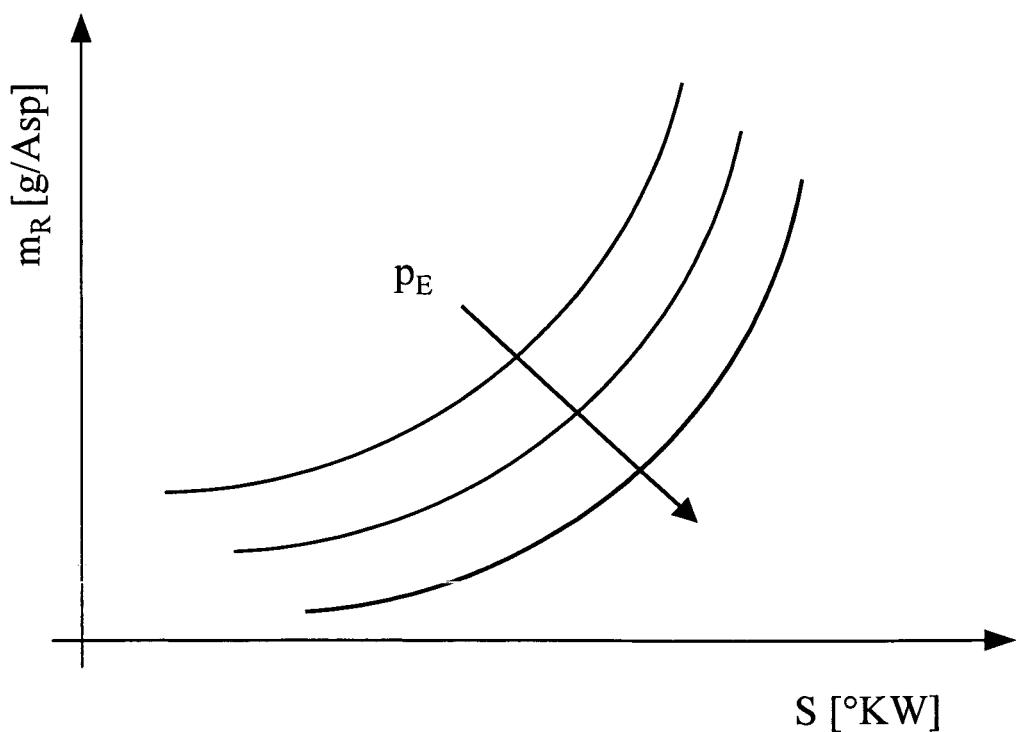


Fig. 3

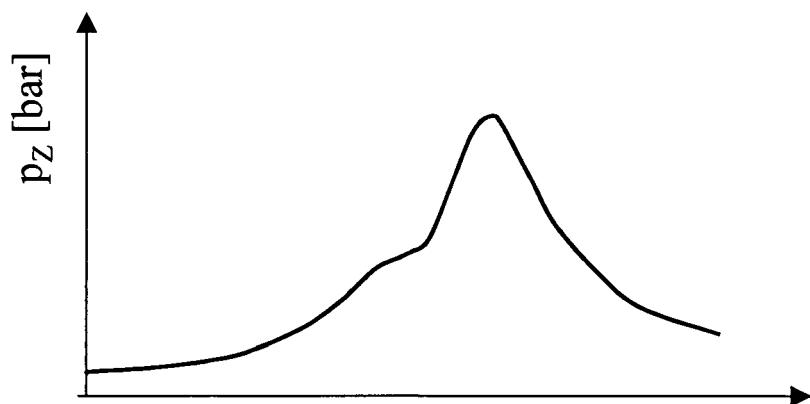


Fig. 2a

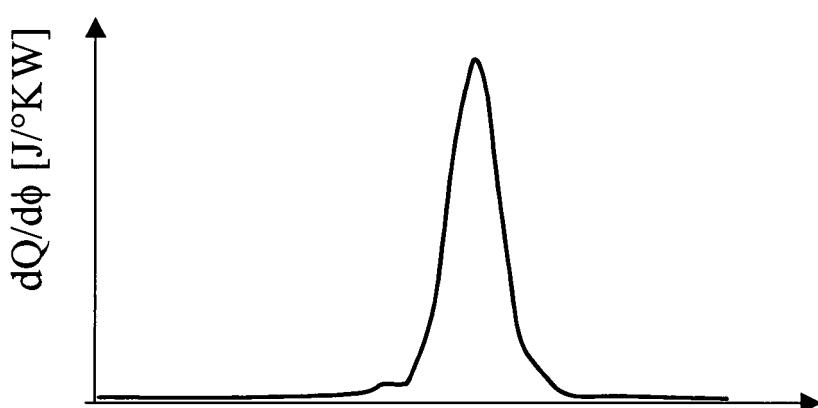


Fig. 2b

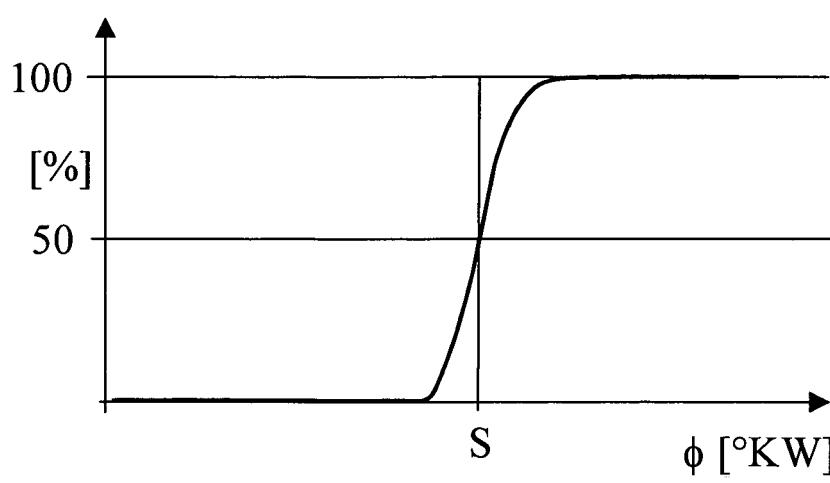


Fig. 2c

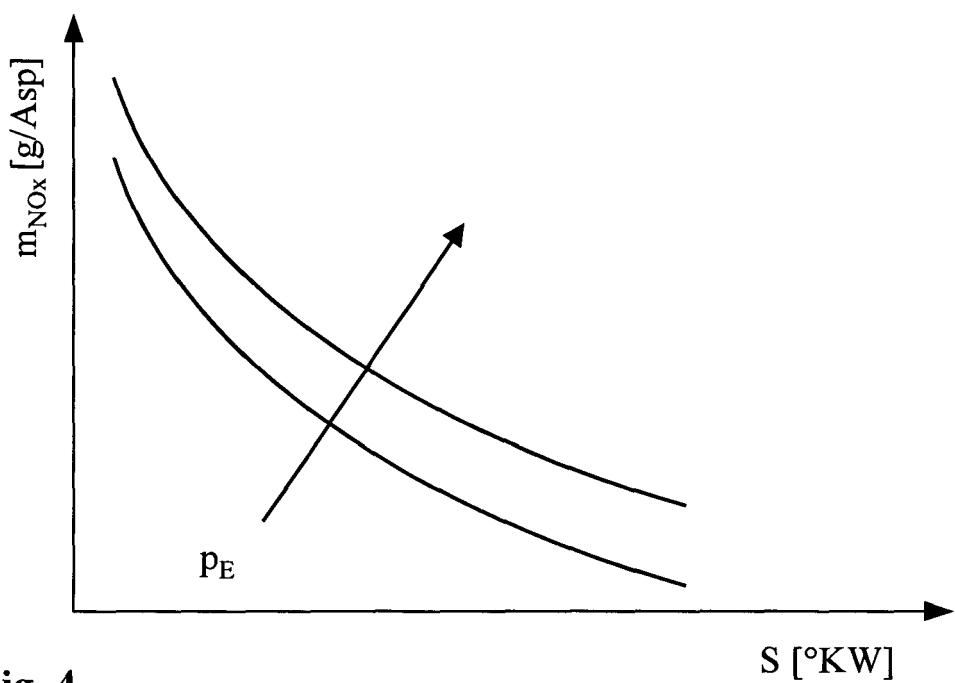


Fig. 4

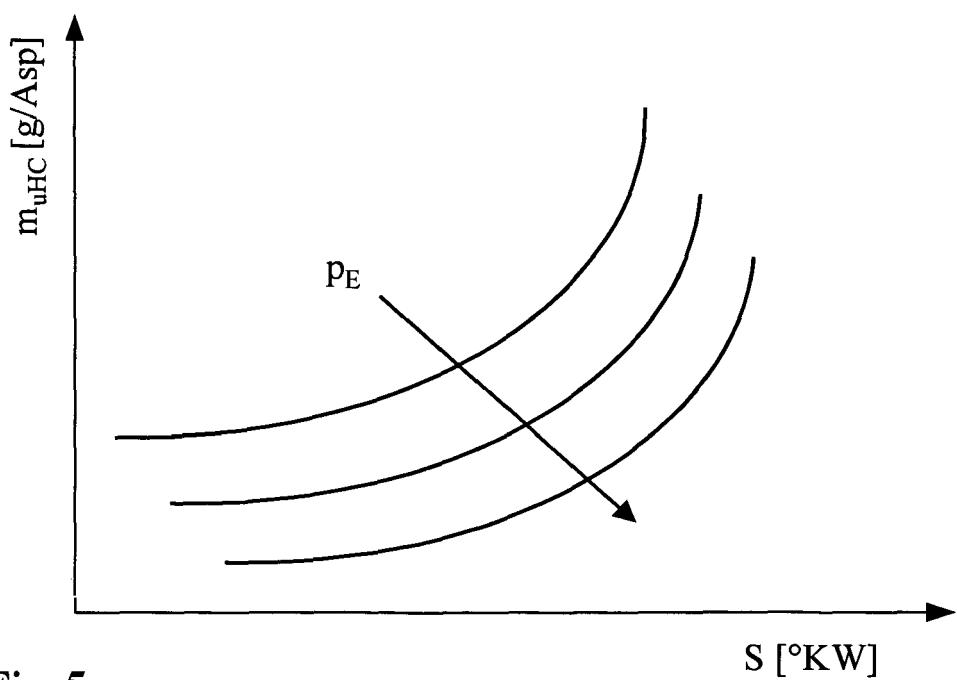


Fig. 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 5 103 789 A (HARTMAN ET AL) 14. April 1992 (1992-04-14) * Spalte 2, Zeile 19 - Spalte 3, Zeile 2 * -----	1-17	INV. F02D41/00
A	US 4 930 478 A (PLEE ET AL) 5. Juni 1990 (1990-06-05) * Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 25 * * Spalte 2, Zeile 32 - Zeile 36 * * Spalte 3, Zeile 47 - Zeile 51 * -----	1-17	
D,A	DE 100 43 383 A1 (DAIMLERCHRYSLER AG) 14. März 2002 (2002-03-14) * das ganze Dokument * -----	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02D F02M
5 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		18. Juli 2006	Jackson, S
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			

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

EP 06 00 7772

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.

18-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5103789	A	14-04-1992	KEINE		
US 4930478	A	05-06-1990	KEINE		
DE 10043383	A1	14-03-2002	WO 0218762 A1 EP 1313935 A1 JP 2004507652 T US 2004050362 A1	07-03-2002 28-05-2003 11-03-2004 18-03-2004	

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10043383 A1 **[0002]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **PISCHINGER, R. ; KRASSNIG, G. ; TAUCAR, G. ; SAMS, TH.** Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine. Springer-Verlag, 1989 **[0013]**
- **SCHREINER, K.** Untersuchungen zum Ersatzbrennverlauf und Wärmeübergang bei schnelllaufenden Hochleistungsdieselmotoren, 1993, vol. MTZ 54 (11) **[0017]**
- **VON CHMELA, F. ; ORTHABER, G. ; SCHUSTER, W.** Die Vorausberechnung des Brennverlaufs von Dieselmotoren mit direkter Einspritzung auf Basis des Einspritzverlaufs, 1998, vol. MTZ 59 (7/8) **[0018]**