



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.12.2008 Patentblatt 2008/49

(51) Int Cl.:
F02D 35/02 (2006.01) **F02D 41/14** (2006.01)
F02D 41/24 (2006.01) **F23N 5/08** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08103645.1**

(22) Anmeldetag: **22.04.2008**

(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 MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(71) Anmelder: **AVL List GmbH**
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder: **Winklhofer, Ernst**
8565 St. Johann (OB) (AT)

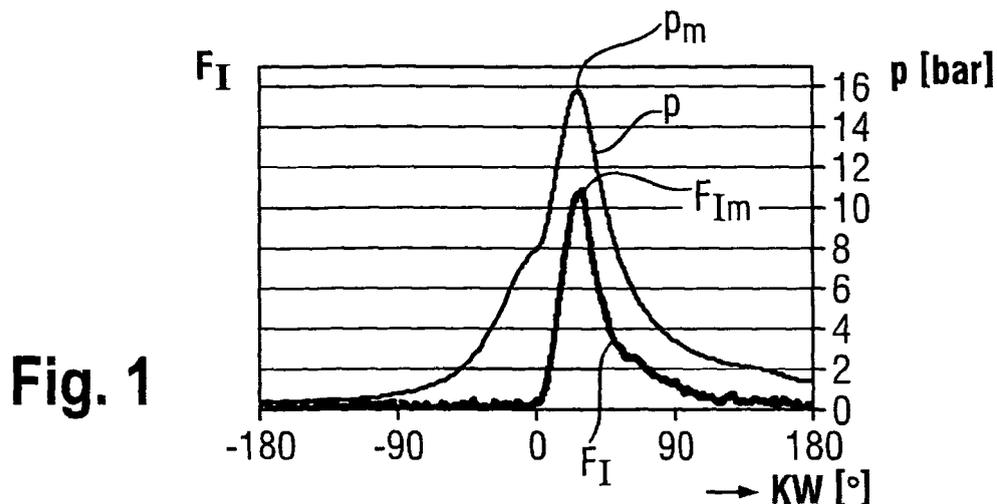
(30) Priorität: **31.05.2007 AT 8592007**

(74) Vertreter: **Babeluk, Michael**
Patentanwalt
Mariahilfer Gürtel 39/17
1150 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Bewertung des Zustandes eines Kraftstoff/Luft-Gemisches**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bewertung des Zustandes eines Kraftstoff/Luft-Gemisches und/oder der Verbrennung in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei in einer Datenbank Muster-signale von Flammlichtsignalen, vorzugsweise die Flammenintensität (F_I), mit zugeordneten Gemischzuständen abgelegt werden, wobei Flammlichtsignale, vorzugsweise die Flammenintensität (F_I), der Verbrennung im

Brennraum erfasst und so mit den abgelegten Muster-signalen verglichen werden, und wobei bei Übereinstimmung zwischen gemessenen und abgelegten Signalmustern auf den Zustand des Gemisches im Brennraum geschlossen wird. Um eine genaue und einfache Überwachung des Gemischzustandes und der Verbrennung zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass gleichzeitig mit der Erfassung der Flammlichtsignale auch eine Druckmessung im Zylinder durchgeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zur Bewertung des Zustandes eines Kraftstoff/Luft-Gemisches und/oder der Verbrennung in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei in einer Datenbank Mustersignale von Flammlichtsignalen, vorzugsweise die Flammenintensität, mit zugeordneten Gemischzuständen abgelegt werden, wobei Flammlichtsignale, vorzugsweise die Flammenintensität, der Verbrennung im Brennraum erfasst und so mit den abgelegten Mustersignalen verglichen werden, und wobei bei Übereinstimmung zwischen gemessenen und abgelegten Signalmustern auf den Zustand des Gemisches im Brennraum geschlossen wird.

[0002] Der Entwicklung von ottomotorischen Brennkraftmaschinen und der Kalibrierung von Motor-Aktuatoren kommt die genaue Kenntnis von zylinder- und zylinderspezifischen Emissionen und Abgastemperaturen zu Gute. Im Fahrbetrieb können abwechselnde Hochlast- und Teillastsequenzen bewirken, dass reaktives Gas in den Katalysator strömt, was zu einer Überhitzung und schließlich zu einer Beschädigung des Katalysators führen kann.

[0003] Beim Motorstart und bei stationärem, insbesondere aber auch bei transientem Fahrbetrieb kann es infolge von verzögerten Verdampfungsvorgängen und Speichereffekten dazu kommen, dass das Kraftstoff-Luftgemisch nicht ausreichend aufbereitet ist und dadurch erhöhte Emissionen, irreguläre Verbrennungsvorgänge oder Zündaussetzer auftreten. Das Erkennen und Korrigieren derartiger Betriebszustände ist Voraussetzung für einen emissionsarmen und sicheren Motorbetrieb.

[0004] Es ist daher von Bedeutung, den Gemischzustand innerhalb des Brennraumes frühzeitig festzustellen und die Ursache von erhöhten Anteilen von reaktiven Gaskomponenten zu diagnostizieren.

[0005] Aus der US 3,978,720 A ist ein Verbrennungsdetektor für Brennkraftmaschinen bekannt, wobei innerhalb eines Zylinders die Flammstrahlung im sichtbaren und/oder infraroten Bereich mittels eines Quarzfensters in der Zylinderwand oder im Zylinderkopf gemessen wird. Die Erfassung der Strahlung wird zur Steuerung des Zündzeitpunktes oder zur Erfassung der Drehzahl oder von Zündaussetzern verwendet.

[0006] Die WO 97/31251 offenbart einen faseroptischen Drucksensor zur Erfassung des Klopfens und von Zündaussetzern bei einer Brennkraftmaschine. Dabei sind optische Drucksensoren in eine Zündkerze integriert.

[0007] Die US 5,659,133 A beschreibt einen optischen Hochtemperatursensor für den Brennraum einer Brennkraftmaschine, mit welchem Variable für eine Regelung des Verbrennungssystems bereitgestellt werden können. Die optischen Signale werden in einem Transducer verarbeitet, um in Echtzeit Ereignisse wie Zündfunken, Verbrennungsbeginn und Verbrennungsende, Fehlzündungen und Klopferscheinungen zu erfassen. Die erhal-

tenen Informationen werden zur Regelung der Rauigkeit des Motors und der Zyklusstabilität verwendet. Weiters können über spezifische Flammenfarben Aussagen über die Verbrennungstemperatur und die erzeugten Emissionen gemacht werden.

[0008] Die EP 0 412 578 A2 offenbart ein Verfahren zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine mittels dem Brennraum zugeordneten optischen Verbrennungssensoren. Mit den Verbrennungssensoren wird die Flammintensität der Verbrennung oder die Verbrennungstemperatur innerhalb des Zylinders gemessen. Beim Verfahren zur Klopferkennung wird dabei das Verbrennungslicht in den entsprechenden Brennräumen erfasst, wobei die Signale mit einem definierten Schwellwert verglichen werden. Eine Klopferscheinung wird als solche erkannt, wenn das durch den optischen Sensor bereitgestellte Signalniveau unterhalb des Schwellwertes liegt.

[0009] Weiters offenbart die JP 63-105262 A ein Verfahren zur Steuerung des Luft/ Kraftstoff-Verhältnisses in einer Brennkraftmaschine, wobei das Flammlicht in einer Brennkammer durch einen optischen Sensor erfasst und die einem Vergaser zugeführte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit des mit dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis korrespondierenden erfassten Messwert des optischen Sensors geregelt wird.

[0010] Aus den Druckschriften FR 2 816 056 A1 und JP 2005-226893 A ist jeweils ein Verfahren zur Bewertung des Zustandes eines verbrennbaren Gemisches bekannt, wobei während der Verbrennung gemessene Flammlichtsignale mit in einer Datenbank abgelegten Mustersignalen verglichen werden und bei Übereinstimmung zwischen gemessenen und abgelegten Signalmustern auf den Zustand des Gemisches im Brennraum geschlossen wird. In bestimmten Fällen kann allerdings der Zustand des brennbaren Gemisches nicht genau genug bewertet werden.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer Brennkraftmaschine eine genaue Überwachung des Gemischzustandes und der Verbrennung auf einfache Weise zu ermöglichen.

[0012] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass gleichzeitig mit der Erfassung der Flammlichtsignale auch eine Druckmessung im Zylinder durchgeführt wird

[0013] Die Mustersignale können aus Messungen unter bekannten Betriebs- und Emissionsbedingungen aufgezeichnet oder aus theoretischen Überlegungen zu Gemischbildung und Verbrennung hergeleitet werden. Es ist aber auch möglich, dass Mustersignale aus einer rechnerischen Verknüpfung von Flammlichtsignalen und Zylinderdrucksignalen oder daraus abgeleiteten Signalen, wie zum Beispiel dem Verlauf der Wärmefreisetzung, erzeugt werden.

[0014] Weiters ist es vorteilhaft, wenn ein Zeitsignal, vorzugsweise ein Kurbelwinkelsignal, erfasst wird und die Flammlichtsignale dem Zeitsignal zugeordnet werden. Dadurch ist es möglich, dass aus der Lage und dem

Verlauf des Flammlichtsignals auf Gemischzustand, Zündzeitpunkt, Verbrennungsbeginn und -ende, Fehlzündungen und Klopferscheinungen, sowie die Art der Verbrennung geschlossen wird.

[0015] Durch Vergleichen der erfassten Flammlichtsignale mit den in einer Datenbank abgespeicherten Mustersignalen kann unmittelbar eine Aussage über den Gemischzustand getroffen werden. Die gleichzeitige und zyklustreue Druckmessung erhöht die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Aussagequalität und bewirkt somit eine Verfeinerung des Messverfahrens. Durch die kombinierte Auswertung des Zylinderdruckes und des Flammlichtes ist eine höhere Genauigkeit und Treffsicherheit bei Aussagen über den Gemischzustand des Luft/Kraftstoff-Gemisches möglich.

[0016] Insbesondere ist es dabei vorteilhaft, wenn die Zylinderdruckspitzen mit den Flammlichtsignalspitzen innerhalb zumindest eines Zyklus verglichen werden, wodurch aus einer Abweichung zwischen den Zylinderdruckspitzen und den Lichtsignalspitzen auf eine irreguläre Verbrennung, insbesondere bei transientem Motorbetrieb, geschlossen wird.

[0017] Aufgrund der Messergebnisse kann in weiterer Folge eine Optimierungsprozedur für die Parametrierung der Einspritzung und/oder der Luftdrosselung gestartet werden.

[0018] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass die Informationen zyklusgetreu für jeden Zylinder vorliegen. Dies gestattet eine besonders genaue Regelung der Verbrennung in Echtzeit, wodurch die Abgasemissionen wesentlich verbessert werden können.

[0019] Um motorenübergreifende Aussagen treffen zu können, ist es vorteilhaft, wenn auf Basis der Flammlichtsignale und/oder der Druckmesssignale dimensionslose Kennwerte gebildet werden und die Kennwerte der Bewertung des Gemischzustandes und/oder der Verbrennung zu Grunde gelegt werden.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm für Zylinderdruck und Flammenintensität über dem Kurbelwinkel für die Verbrennung homogen vorgemischter Ladung (Vormischverbrennung);

Fig. 2 ein Flammenintensität/Druck-Diagramm für Vormischverbrennung;

Fig. 3 ein Diagramm für Zylinderdruck und Flammenintensität über dem Kurbelwinkel für die Verbrennung heterogener Ladung (heterogene Verbrennung);

Fig. 4 ein Flammenintensität/Zylinderdruck-Diagramm für heterogene Verbrennung;

Fig. 5 ein Diagramm für Zylinderdruck und Flammen-

intensität über dem Kurbelwinkel für die Verbrennung nach einer unkontrollierten Frühzündung (Verbrennung nach irregulärer Zündung); und

Fig. 6 ein Flammenintensität/Zylinderdruck-Diagramm für Verbrennung nach irregulärer Zündung.

[0021] In zumindest einem Brennraum einer ottomotorischen Brennkraftmaschine wird über einen optischen Sensor die Flammenintensität gemessen und gleichzeitig ein Signal, beispielsweise ein Kurbelwinkelsignal für eine zeitliche Zuordnung erfasst. Aus der Lage und dem Verlauf Flammenintensitätskurve F_I können bereits grobe Aussagen darüber gemacht werden, ob eine homogene oder heterogene Verbrennung vorliegt. Weiters gibt die einem Zeitsignal zugeordnete Flammenintensitätskurve F_I Informationen über die Phasenlage und über das Vorliegen von irregulärer oder regulärer Verbrennung. Für eine grobe Kalibrierung der Kraftstoffeinspritzung, der Luftdrosselung oder der Zündung liefern diese Informationen bereits wertvolle Richtlinien, die Aussagekraft und Präzision wird aber durch gleichzeitige Messung des Zylinderdrucksignals noch wesentlich gesteigert. Um insbesondere eine detailliertere und exaktere Auswertung zu ermöglichen, wird zusätzlich zur Flammenintensität F_I auch der Zylinderdruck p gemessen. Durch Gegenüberstellen der Flammenintensität F_I und des Zylinderdruckes p , aufgetragen über dem Kurbelwinkel KW , lässt sich eine Verfeinerung des Messverfahrens erreichen.

[0022] Fig. 1 zeigt dazu die Flammenintensität F_I und den Zylinderdruck p , aufgetragen über dem Kurbelwinkel KW . Bei homogener Verbrennung verläuft die Flammenintensität F_I synchron zum Zylinderdruck p , bzw. zum Heizverlauf. Die Maximalwerte $F_{I,m}$, p_m der Flammenintensität F_I und des Zylinderdruckes p liegen dabei bei gleichem Kurbelwinkel KW . In dem in Fig. 2 dargestellten Flammenintensität F_I -Zylinderdruck p -Diagramm verläuft die Kurve 1 mit keiner, bzw. nur geringer Hysterese, wobei die Kurve 1 einen einzigen ausgeprägten Maximalwert 2 für die Flammenintensität F_I und den Zylinderdruck p aufweist. Der Zylinderdruck p steigt während der Kompressionsphase an, nach der Zündung steigt auch die Flammenintensität F_I an. Beide Signale erreichen bei Verbrennung vorgemischter Ladung gleichzeitig ein Maximum und gehen gleichzeitig mit geringer Hysterese wieder zurück. Die Pfeile zeigen die Durchlaufrichtung der Signalschleife an.

[0023] Fig. 3 zeigt ein Messbeispiel für heterogene Verbrennung. Deutlich ist ersichtlich, dass die Messkurven für die Flammenintensität F_I und den Zylinderdruck p phasenverschoben sind und die Maximalwerte für die Flammenintensität $F_{I,m}$ und den Zylinderdruck p_m zeitlich deutlich unterschiedlich sind. Aus der Flammenintensitätskurve F_I geht deutlich der Zündzeitpunkt 3, eine teilhomogene Verbrennung 4 und eine späte Diffusionsver-

brennung 5 hervor. Aufgetragen in einem aus Fig. 4 ersichtlichen Flammenintensitäts F_f -Zylinderdruck p -Diagramm ist ersichtlich, dass die Maximalwerte für die Flammenintensität F_f und den Zylinderdruck p auf der Kurve 6 nicht zusammenfallen und dass eine deutliche Hysterese ausgebildet ist. Der Zylinderdruck p steigt bei der Kompression an. Die Flammenkernbildung erfolgt bei absinkendem Zylinderdruck p , erst durch die Verbrennung steigt der Zylinderdruck p wieder an. Dabei erreicht die Flammenintensität F_f ein erstes Maximum M1. Ein zweites Maximum M2 wird am Ende der Expansion durch die Verbrennung von fetten Gemischzonen erzielt. Die Pfeile zeigen die Durchlaufrichtung der Signalschleife an.

[0024] Fig. 5 zeigt ein Messbeispiel für eine Verbrennung bei unkontrollierter Frühzündung. Die Zündung erfolgt durch hier nicht näher beschriebene Glühvorgänge bereits während der frühen Kompressionsphase bei geringem Zylinderdruck p . Aus dem Verlauf des Flammenintensitätssignals ist ersichtlich, dass die Verbrennung zu einem überwiegenden Teil bereits vor dem oberen Totpunkt der Kompression erfolgt. Eine Druckentwicklung über das Ausmaß der Kompression hinaus ist nicht erkennbar. In dem in Fig. 6 dargestellten Flammenintensität F_f -Zylinderdruck p -Diagramm erfolgt der Anstieg der Flammenintensität F_f deutlich früher als der Druckanstieg. Die Signalschleife wird gegenüber regulärer Verbrennung in umgekehrter Abfolge durchlaufen. Die Verbrennung beginnt durch eine unkontrollierte (irreguläre) Frühzündung bei geringem Druck. Dabei steigt zunächst die Flammenintensität F_f an, erst danach erfolgt die Drucksteigerung. Die Signalschleife 7 wird im Vergleich zu regulärer Zündung in umgekehrter Abfolge durchlaufen. Dies ist durch die Pfeilrichtungen unterstrichen. Auch hier fallen die Maxima der Flammenintensität F_f und des Zylinderdruckes nicht zusammen.

[0025] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Flammenintensität F_f und der Zylinderdruck p auf das jeweilige Signalmaximum ($F_{f_{\max}} = 100\%$ und $P_{\max} = 100\%$) normiert und als dimensionslose Kennwerte dargestellt werden. Dadurch lassen sich Brennkraftmaschinen unterschiedlicher Größe und Type miteinander vergleichen. Insbesondere ist eine motorunabhängige automatisierte Auswertung für eine Regelung des Einspritzzeitpunktes, der Einspritzmenge, der Luftdrosselung oder des Zündzeitpunktes möglich.

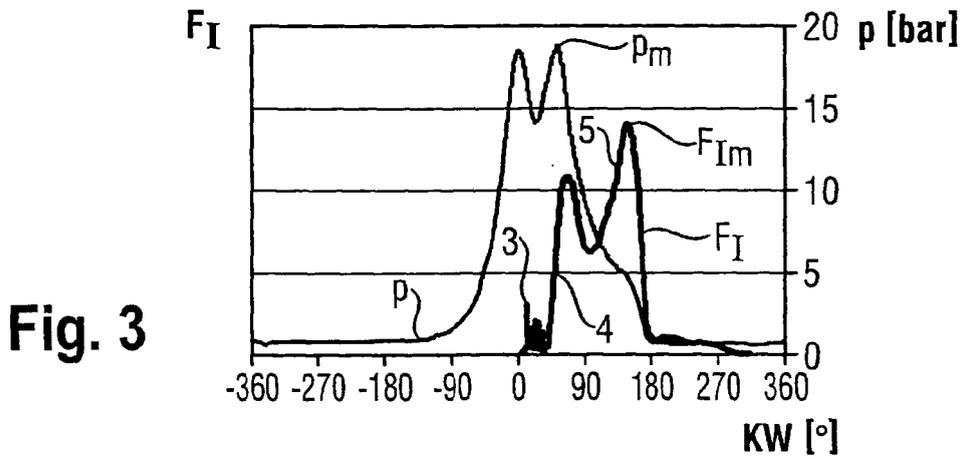
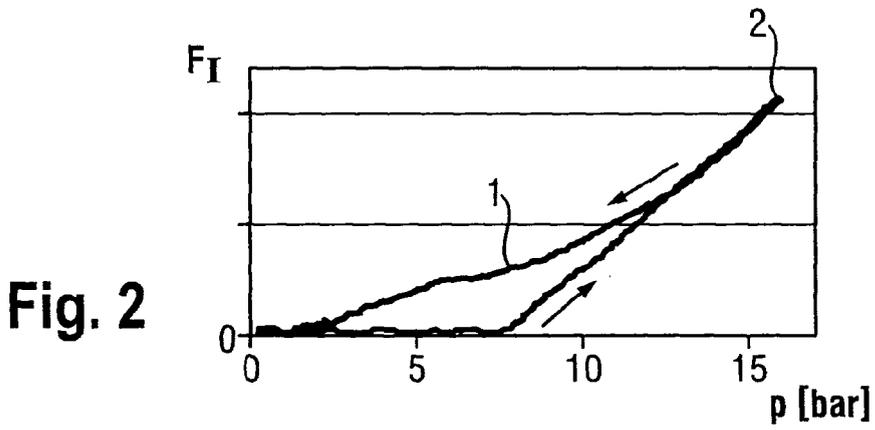
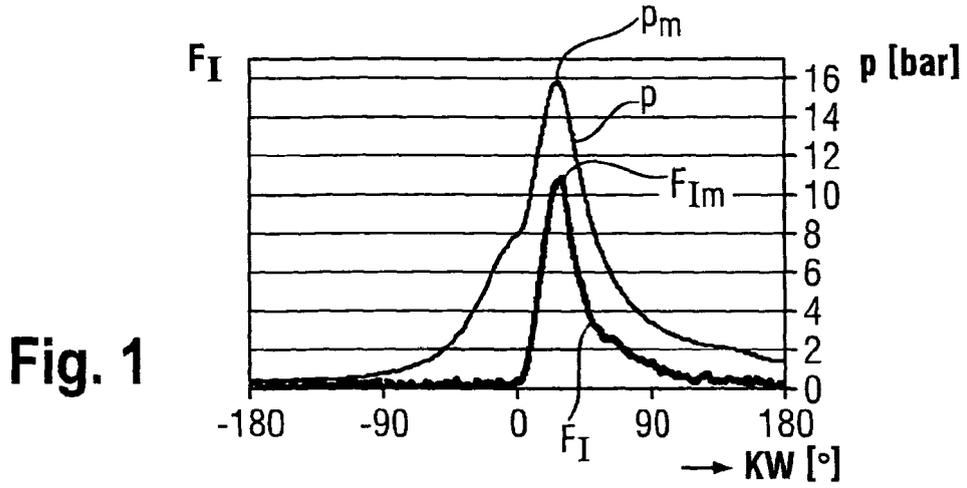
[0026] Eine besonders hohe Genauigkeit kann erreicht werden, wenn Zylinderdruck p und Flammenintensität F_f im Brennraum am gleichen Ort, vorzugsweise durch den gleichen Bauteil, gemessen werden. Dieser Messort sollte möglichst nahe am Zündort liegen. Durch den Einsatz einer Sensor-Zündkerze, in welcher sowohl ein optischer Sensor, als auch ein Drucksensor integriert ist, kann eine besonders hohe Genauigkeit mit dem beschriebenen Verfahren erreicht werden.

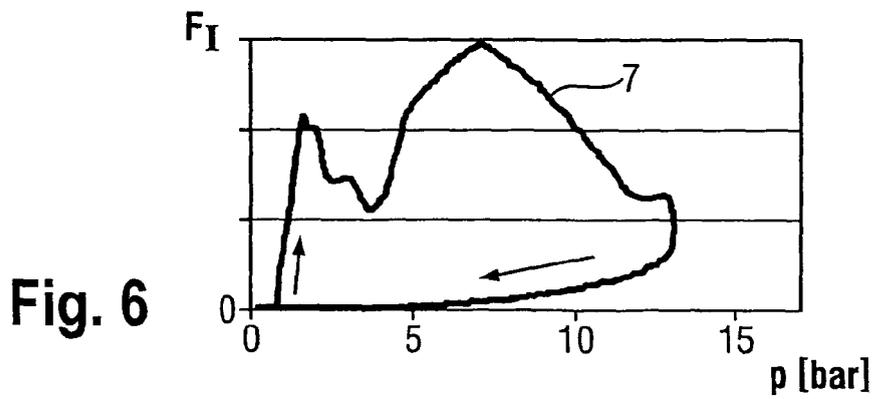
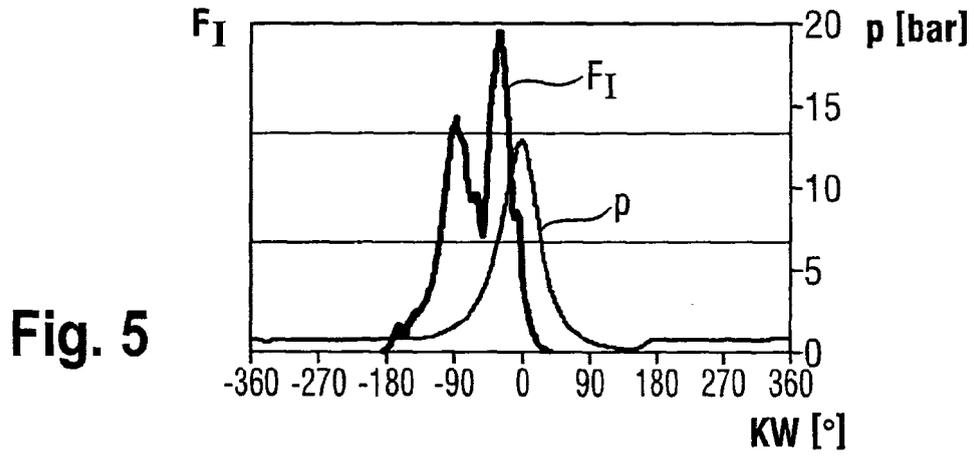
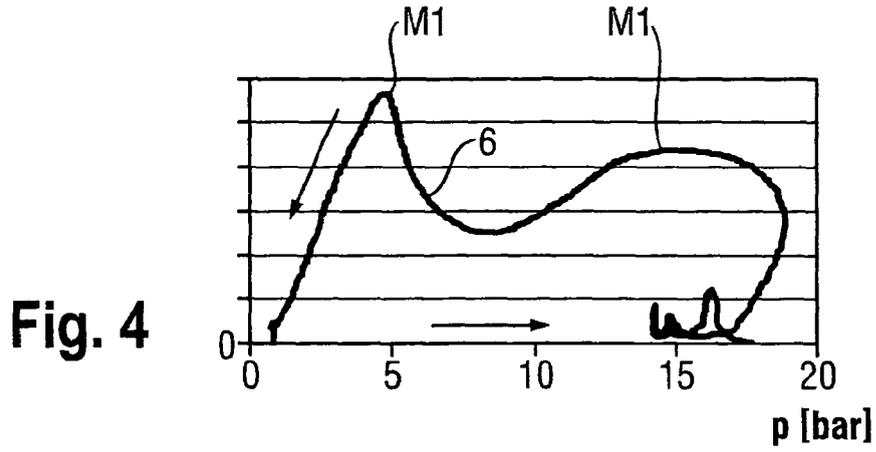
Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewertung des Zustandes eines Kraftstoff/Luft-Gemisches und/oder der Verbrennung in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei in einer Datenbank Mustersignale von Flammlichtsignalen, vorzugsweise die Flammenintensität (F_f), mit zugeordneten Gemischzuständen abgelegt werden, wobei Flammlichtsignale, vorzugsweise die Flammenintensität (F_f), der Verbrennung im Brennraum erfasst und so mit den abgelegten Mustersignalen verglichen werden, und wobei bei Übereinstimmung zwischen gemessenen und abgelegten Signalmustern auf den Zustand des Gemisches im Brennraum geschlossen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** gleichzeitig mit der Erfassung der Flammlichtsignale auch eine Druckmessung im Zylinder durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mustersignale aus Messungen unter bekannten Betriebs- und Emissionsbedingungen aufgezeichnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mustersignale aus theoretischen Überlegungen zu Gemischbildung und Verbrennung hergeleitet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mustersignale aus einer rechnerischen Verknüpfung von Flammlichtsignalen und Zylinderdrucksignalen oder daraus abgeleiteten Signalen, vorzugsweise dem Verlauf der Wärmefreisetzung, erzeugt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zeitsignal, vorzugsweise ein Kurbelwinkelsignal (KW), erfasst wird und die Flammlichtsignale dem Zeitsignal zugeordnet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der Lage und dem Verlauf des Flammlichtsignals auf Gemischzustand, Zündzeitpunkt, Verbrennungsbeginn und -ende, Fehlzündungen und Klopferscheinungen, sowie die Art der Verbrennung geschlossen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderdruckspitzen mit den Flammlichtsignalenspitzen innerhalb zumindest eines Zyklus verglichen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus einer Abweichung zwischen den Zylinderdruckspitzen und den Lichtsignalenspitzen auf eine irreguläre Verbrennung, insbesondere bei tran-

sientem Motorbetrieb, geschlossen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit des Gemischzustands und/oder der Abweichung zwischen den Zylinderdruckspitzen von den Lichtsignalspitzen eine Optimierungsprozedur für die Parametrierung der Einspritzung und/oder der Luftdrosselung durchgeführt wird. 5
10
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf Basis der Flammlichtsignale und/oder der Druckmesssignale dimensionslose Kennwerte gebildet werden und die Kennwerte der Bewertung des Gemischzustandes und/oder der Verbrennung zu Grunde gelegt werden. 15
20
25
30
35
40
45
50
55





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

- US 3978720 A [0005]
- WO 9731251 A [0006]
- US 5659133 A [0007]
- EP 0412578 A2 [0008]
- JP 63105262 A [0009]
- FR 2816056 A1 [0010]
- JP 2005226893 A [0010]