

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51023/2017
(22) Anmeldetag: 07.12.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2019

(51) Int. Cl.: **F02D 35/02** (2006.01)
F02B 77/08 (2006.01)
G01L 23/22 (2006.01)
G01L 23/16 (2006.01)
G01J 1/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 3108460 A1
DE 4042025 A1
AT 515732 A2
EP 2461009 A1
DE 19955619 A1

(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

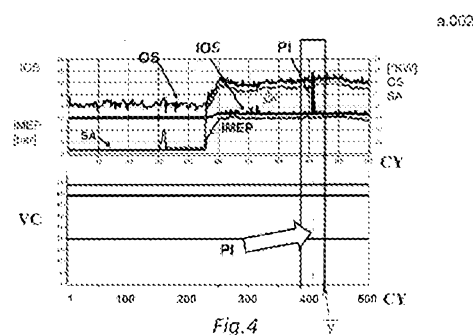
(72) Erfinder:
Winklhofer Ernst Dipl.Ing. Dr.
8565 St. Johann (AT)
Hirsch Alois Dipl.Ing. Dr.
8010 Graz (AT)
Philipp Harald Dipl.Ing. Dr.
8071 Hausmannstätten (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR ERKENNUNG UND DETEKTION VON VORZÜNDUNGSEREIGNISSEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Detektion von Vorzündungsereignissen in zumindest einem Brennraum (3) einer Brennkraftmaschine (1), wobei Flammlicht von Entflammungen im Brennraum (3) über eine definierte Anzahl an Arbeitszyklen (CY) optisch erfasst und die optischen Flammlichtsignale (I) analysiert werden.

Um auf möglichst einfache Weise irregulärer Verbrennungsereignisse rasch und mit hoher Genauigkeit zu erkennen werden aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale (I) jene Flammlichtsignale herausgefiltert, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind. Die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale werden irregulären Verbrennungen zugeordnet.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Detektion von Vorzündungsereignissen in zumindest einem Brennraum (3) einer Brennkraftmaschine (1), wobei Flammlicht von Entflammungen im Brennraum (3) über eine definierte Anzahl an Arbeitszyklen (CY) optisch erfasst und die optischen Flammlichtsignale (I) analysiert werden.

Um auf möglichst einfache Weise irregulärer Verbrennungseignisse rasch und mit hoher Genauigkeit zu erkennen werden aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale (I) jene Flammlichtsignale herausgefiltert, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind. Die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale werden irregulären Verbrennungen zugeordnet.

Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung und Detektion von Vorzündungsereignissen in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei Flammlicht im Brennraum über eine definierte Anzahl an Arbeitszyklen optisch erfasst und die optischen Flammlichtsignale analysiert werden.

Irreguläre Verbrennung, also Vorentflammung durch Selbstzündung und das damit oft verbundene Superklopfen bei hoch aufgeladenen Brennkraftmaschinen, wird bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen nicht durch den Zündfunken eingeleitet, sondern vorzeitig durch andere Zündquellen im Brennraum oder Gaswechselsystem. Die Ursachen der irregulären Verbrennung reichen von verzögerter Verbrennung, Zündfehlfunktion, Restgas, heiße Stellen bis zu Motoröl und Kraftstoffansammlungen und -ablagerungen. Die entstehenden Druckspitzen führen zu extremer Materialbelastung von Zylinder, Kolben, Pleuel und Lagern und verursachen frühzeitigen Verschleiß und Motorschäden. Um teure Motorreparaturen zu vermeiden müssen irreguläre Verbrennungsphänomene so früh wie möglich erkannt und die Ursachen dafür festgestellt werden.

Das Auftreten von Frühzündungs- und Superklopfzyklen zu vermeiden, ist zunächst einmal eine Aufgabe, die in der Motorentwicklungsphase durchgeführt wird. Da jedoch einige RDE-Testsituationen (RDE=Road Driving Emission) außerhalb des Rahmens von vorausschauenden Motortests liegen, besteht ein gewisses Restrisiko dass im RDE-Betrieb von Fahrzeugen irreguläre Verbrennungsereignisse auftreten können. Um mögliche Motorschäden zu vermeiden, ist es notwendig, das Auftreten von frühzeitigen Verbrennungsereignissen genau festzustellen und zu protokollieren.

Insbesondere beim Kaltstart der Brennkraftmaschine bei niedrigen Umgebungstemperaturen können Fehlzündungen auftreten, welche nicht nur den Startvorgang und die Abgasemissionen beeinträchtigen, sondern auch in nachfolgenden Arbeitszyklen zu Vorzündungen führen können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem auf möglichst einfache Weise irreguläre Verbrennungsereignisse rasch und mit hoher Genauigkeit erkannt werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, dass aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale jene Flammlichtsignale herausgefiltert werden, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind und die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale irregulären Verbrennungen zugeordnet werden. Auf der Basis der verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale wird zumindest ein Arbeitszyklus mit irregulärer Verbrennung identifiziert.

Vorzugsweise werden alle Flammlichtsignale, die innerhalb eines Arbeitszyklus nach einem definierten Zündzeitpunkt auftreten, einer regulären Verbrennung zugeordnet.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn Flammlichtsignale durch mehrere optische Sensoren, vorzugsweise optische Ein- und Mehrkanalsensoren, erfasst werden, wobei vorzugsweise gleichzeitig mit den Flammlichtsignalen auch ein Zündsignal des jeweiligen Brennraums aufgezeichnet wird. Günstigerweise kann weiters vorgesehen sein, dass zumindest zwei optische Sensoren verschiedene Brennraumbereiche optisch erfassen.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass von zumindest zwei optischen Sensoren die optischen Flammlichtsignale, die einer irregulären Verbrennung in zumindest einem Arbeitszyklus zuordenbar sind, miteinander verglichen werden und aus dem zeitlichen Verlauf der Intensität der Signale eine Aussage über den Ausgangspunkt der irregulären Verbrennung getroffen wird.

Eine rasche und genaue Identifizierung von irregulären Verbrennungseignissen lässt sich realisieren, wenn die Flammlichtsignale von zumindest einem optischen Sensor, die zumindest zwischen dem oberen Totpunkt des Gaswechsels und dem Zeitpunkt der Vorentflammung auftreten, aufintegriert bzw. aufsummiert werden, und dass auf der Basis des aufintegrierten bzw. aufsummierten Flammlichtsignals eine Klassifizierung der möglichen Ursache der Vorentflammung vorgenommen wird.

Die Erfindung wird im Folgenden an Hand des in den nicht einschränkenden Figuren gezeigten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Darin zeigen:

Fig. 1 einen Verbrennungsverlauf in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine für einen Arbeitstakt,

Fig. 2 eine nach Sensorkanälen aufgelöste visuelle Erfassung einer irregulären Verbrennung bei einem Arbeitstakt,

Fig. 3 eine kanalaufgelöste visuelle Erfassung einer normalen Verbrennung bei einem Arbeitstakt,

Fig. 4 eine kanalaufgelöste visuelle Erfassung der Verbrennung über mehrere Arbeitszyklen, unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer ersten Ausführungsvariante,

Fig. 5 das Detail V der kanalaufgelösten visuelle Erfassung der Verbrennung aus Fig. 4,

Fig. 6 eine kanalaufgelöste visuelle Erfassung der Verbrennung über drei Arbeitszyklen,

Fig. 7 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 8a – Fig. 8c einen optischen Ein- und optische Mehrkanalsensoren in verschiedenen Schrägansichten.

Fig. 1 zeigt den kurbelwinkelaufgelösten Verlauf der Verbrennungs- und Flammsignale im Bereich des oberen Totpunktes der Verbrennung in einem Brennraum 3 einer Brennkraftmaschine 1, wobei die Wärmefreisetzung dQ , der Zylinderdruck p , und die Lichtintensität I mehrerer in den Brennraum mündenden optischen Mehrkanalsensoren 4 (s. Fig. 7, 8) über dem Kurbelwinkel KW aufgetragen ist. Dabei werden vorgemischte Flammlichtsignale I_V und Diffusions-Flammsignale I_D erfasst.

Fig. 2 zeigt die visuelle Erfassung einer irregulären Verbrennung in einem Brennraum in einem Arbeitstakt, wobei die Flammlichtsignale I (Lichtintensität) der optischen Mehrkanalsensoren 4 über dem Kurbelwinkel KW aufgetragen sind. Im oberen Teil der Fig. 2 und 3 ist jeweils der Verlauf des Zündspulenstroms IGN dargestellt. Mit OS ist der Beginn der optischen Erkennung der Flammenfront

bezeichnet, welche deutlich vor dem Zündzeitpunkt SA liegt. Die Flammenfront ist somit auf eine Vorentflammung PI des Gemisches durch Selbstzündung zurückzuführen. Zum Vergleich ist in Fig. 3 ein normaler Verbrennungsverlauf ohne irregulärer Verbrennung gezeigt – der Beginn OS der visuellen Erfassung der Flammenfront liegt deutlich nach dem Zündzeitpunkt SA. Im unteren Teil der Fig. 2 und 3 sind die kanalaufgelösten Flammlichtsignale I der mehrere Messkanäle VC bedienenden optischen Mehrkanalsensoren 4 über dem Kurbelwinkel KW dargestellt.

Das Auftreten einer Vorentflammung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zündverzug ID, welcher als Differenz zwischen Beginn OS der Entflammung und dem Zündzeitpunkt SA definiert ist, negativ wird:

$$ID = OS - SA$$

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale I jene Flammlichtsignale herausgefiltert werden, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind. Diese sind alle Signale, welche von den optischen Ein- oder Mehrkanalsensoren 4 in einem Arbeitstakt nach dem Zündzeitpunkt SA erfasst werden. Die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale I werden irregulären Verbrennungen zugeordnet.

Auf der Basis der verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale I wird zumindest ein Arbeitszyklus mit irregulärer Verbrennung identifiziert.

Fig. 4 ist für eine Abfolge von beispielsweise 500 Arbeitszyklen CY der indizierte Zylindermitteldruck IMEP, der Zündzeitpunkt SA, der Beginn OS der Entflammung und das integrale optische Flammlichtsignal IOS aller optischer Mehrkanalsensoren 4 vor dem Beginn der Entflammung OS über den Arbeitszyklen CY aufgetragen. Erkennt wird eine Vorentflammung durch den Umstand, dass der Beginn der Entflammung OS vor dem Zündzeitpunkt SA festgestellt wird. Dies ist in den Fig. 4 bis 6 im Zyklus CY = 407 der Fall. Für den Fall, dass die Entflammung, wie in einem regulären Verbrennungszyklus üblich, erst nach dem Zündzeitpunkt auftritt, wird ein eventuell vorhandenes Lichtsignal des Zündfunkens im integralen Signal IOS ausgeblendet.

Durch die Aufsummierung der optischen Flammlichtsignale I aller optischen Mehrkanalsensoren 4 bzw. aller Messkanäle VC im Kurbelwinkelintervall von Gaswechsel OT bis zum Zeitpunkt der Entflammung (OS) - zum integralen optischen Flammlichtsignal IOS - lässt sich feststellen, ob in einzelnen Arbeitszyklen CY Leuchtsignale auftreten, bevor die Entflammung OS beginnt. Das Signal IOS liefert damit einen Hinweis auf mögliche Ursachen für das Auslösen der aus dem Signal des Zündverzugs $ID = OS - SA$ erkannten Frühzündung.

Im in Fig. 4 dargestellten Anwendungsbeispiel weist der Arbeitszyklus $CY=407$ irreguläre Verbrennungseignisse auf, wie mit dem Pfeil angedeutet ist. In der kanalaufgelösten Darstellung im unteren Bereich der Fig. 4 lassen sich die Vorentflammungseignisse durch punktförmige oder strichförmige Signalspuren erkennen. Fig. 5 zeigt den Ausschnitt V aus Fig. 4 in einer vergrößerten Darstellung. Als Ursache für die Vorentflammung ist daraus das Vorhandensein von glühenden Ablagerungen interpretierbar. Im Beispiel ist für den Arbeitszyklus $CY = 407$ in Fig. 4 und Fig. 5 ist somit erkennbar:

- Frühzündung, weil OS vor SA auftritt;
- Im Arbeitszyklus 406 und 407 sind Signale erkennbar, die auf glühende Fremtteile im Brennraum hinweisen, welche als Ursache für die Frühzündung in Zyklus 407 in Frage kommen.

Auf der Basis des aufintegrierten Flammlichtsignals IOS kann eine Klassifizierung der möglichen Ursache der Vorentflammung vorgenommen werden. Die Klassifizierung der möglichen Ursachen erfolgt aus der Beobachtung, dass Fremtteile im Brennraum zu Glühspuren führen. Diese werden mit dem Signal IOS erkannt. Somit lassen sich folgende Ursachen der Vorentflammung identifizieren:

1. Ablagerungen
2. Öleintrag
3. Thermodynamische Ursachen: Wärmeeintrag durch
 - a. Temperatur der Ladeluft
 - b. Wandwärme im Hochlastbetrieb
 - c. Mangelhafte Kühlung der Zündkerze, Auslassventile, Kolben
 - d. Restgas (EGR)

In Fig. 6 sind für die aufeinanderfolgenden Arbeitszyklen $CY=406$, $CY=407$ und $CY=408$ die Flammlichtsignale I in einer kanalaufgelösten Darstellung gezeigt. Der flammlichtlose Bereich ist mit A bezeichnet. Rechts vom im jeweiligen Messkanal VC identifizierten Beginn OS_{VC} der Entflammung ist der Flambereich B eingezeichnet. Im Arbeitszyklus $CY=406$ beträgt die Differenz $ID=0$ zwischen dem Beginn OS der Entflammung und dem Zündzeitpunkt SA, es handelt sich somit um einen Grenzfall. Im Arbeitszyklus $CY=407$ ist die Differenz ID negativ und das integrierte optische Flammlichtsignal IOS weist einen Maximalwert auf. Im Arbeitszyklus $CY=408$ ist die Verbrennung wieder regulär.

Fig. 7 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit mehreren Zylindern 2, wobei in jedem Zylinder 2 eine Flammlichtmessung durchgeführt wird. Zu diesem Zwecke mündet in den Brennraum 3 jedes Zylinders 2 ein optischer Mehrkanalsensor 4 ein, welcher beispielsweise in eine Zündkerze integriert sein kann. Jeder Sensor 4 steht mit einer Mehrkanal-Signalauswerteeinrichtung 5 in Verbindung, welche Zugriff auf eine Datenbank 6 hat, in welcher Mustersignale von Flammlichtsignalen abgelegt sind. Der Mehrkanalsensor 4 weist einen im Wesentlichen fächerartigen Erfassungsbereich mit zylindersegment- oder kegelsegmentförmigen Messsegmenten 8, 9 auf, wobei vorzugsweise acht Messsegmente 8 fächerartig in Umfangsrichtung um den Sensor 4 und ein Messsegment 9 in axialer Richtung, also in Richtung des Kolbens 10, angeordnet sind, wie insbesondere in den Fig. 8a, 8b und 8c gezeigt ist. Jedes Messsegment 8, 9 ist dabei einem Messkanal zugeordnet. Dadurch ist es möglich, Informationen über die Lichtintensität aus unterschiedlichen Bereichen des Brennraumes 3 zu gewinnen und auszuwerten.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erkennung und Detektion von Vorzündungsereignissen in zumindest einem Brennraum (3) einer Brennkraftmaschine (1), wobei Flammlicht von Entflammungen im Brennraum (3) über eine definierte Anzahl an Arbeitszyklen (CY) optisch erfasst und die optischen Flammlichtsignale (I) analysiert werden, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale (I) jene Flammlichtsignale herausgefiltert werden, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind und die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale irregulären Verbrennungen zugeordnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Flammlichtsignale (I), die innerhalb eines Arbeitszyklus (CY) nach einem definierten Zündzeitpunkt (SA) auftreten, einer regulären Verbrennung zugeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Basis der verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale (I) zumindest ein Arbeitszyklus (CY) mit irregulärer Verbrennung identifiziert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Flammlichtsignale (I) durch verschiedene optische Sensoren, vorzugsweise optische Ein- und Mehrkanalsensoren (4), erfasst werden, wobei besonders vorzugsweise gleichzeitig mit den optischen Flammlichtsignalen (I) auch ein Zündsignal des jeweiligen Brennraums aufgezeichnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass von zumindest zwei optischen Sensoren die optischen Flammlichtsignale (I), die einer irreguläre Verbrennung in zumindest einem Arbeitszyklus (CY) zuordenbar sind, miteinander verglichen werden und aus dem zeitlichen Verlauf der Intensitätsverlauf der optischen Flammlichtsignale (I) eine Aussage über den Ausgangsort der irregulären Verbrennung getroffen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Flammlichtsignale (I) von zumindest einem optischen Sensor, die zumindest zwischen dem oberen Totpunkt eines Gaswechsels und dem Zeitpunkt der

Vorentflammung (OS) auftreten, aufintegriert werden, und dass auf der Basis des aufintegrierten Flammlichtsignals (I) eine Klassifizierung der möglichen Ursache der Vorentflammung vorgenommen wird.

07.12.2017

FU

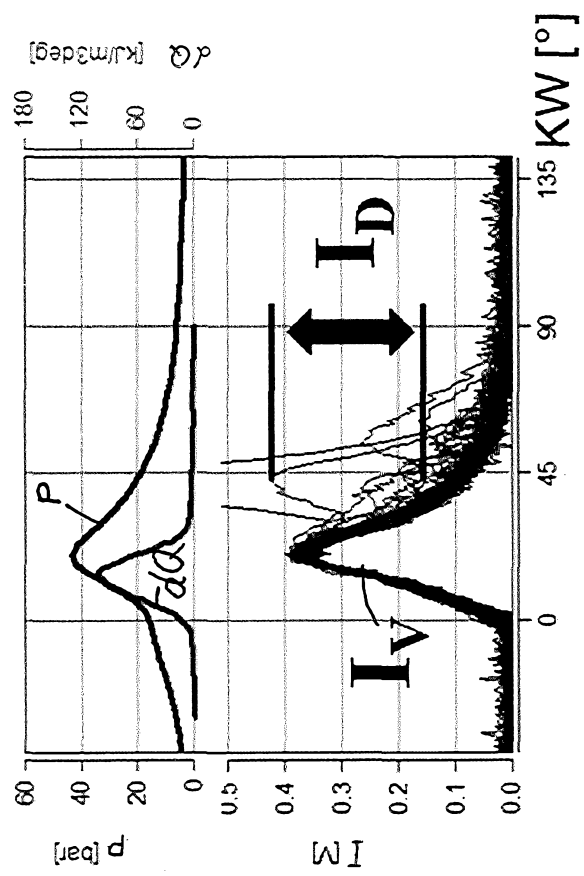


Fig.1

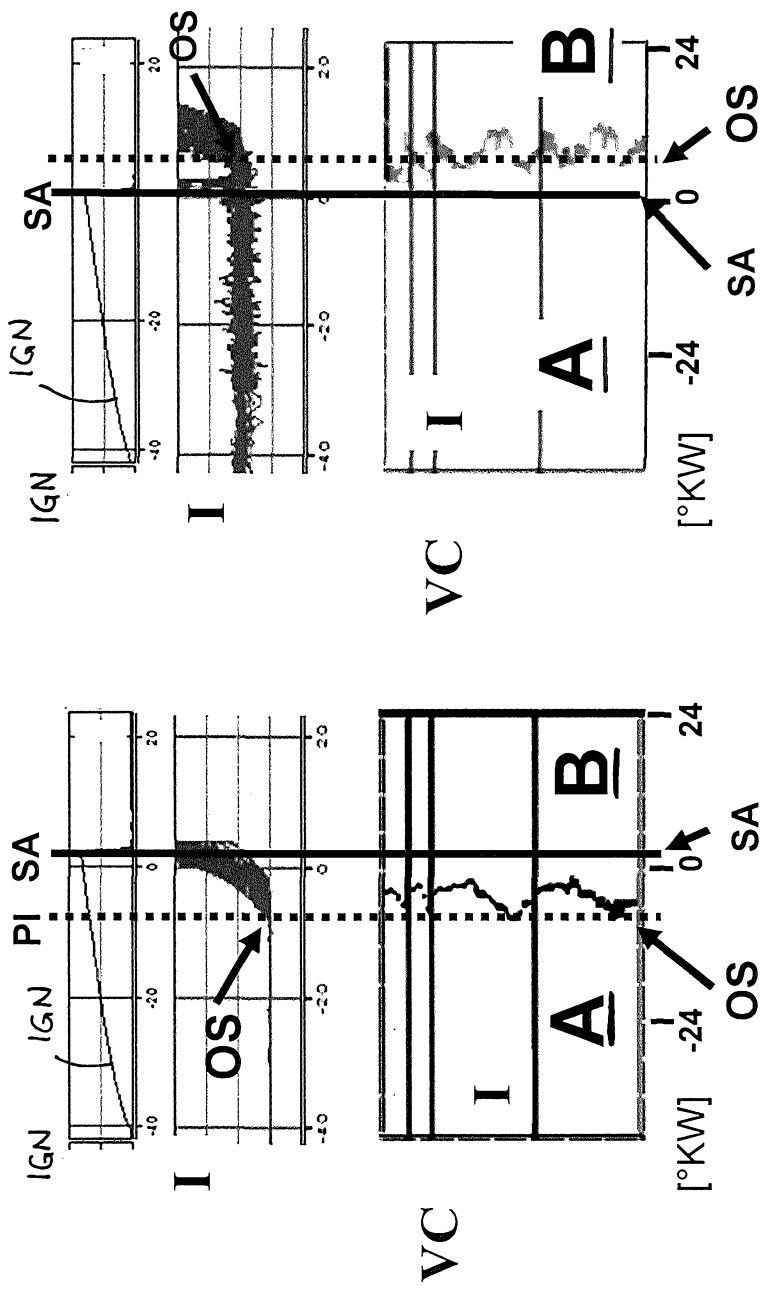


Fig.2

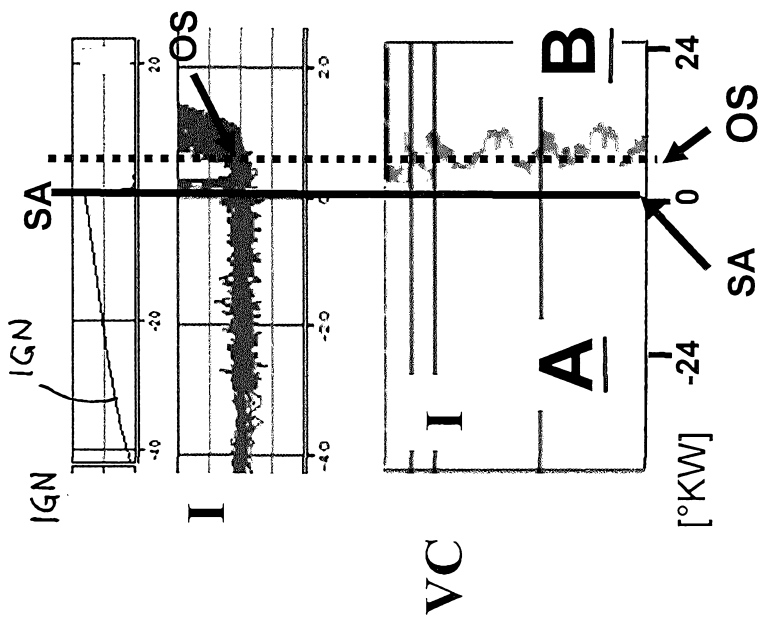


Fig.3

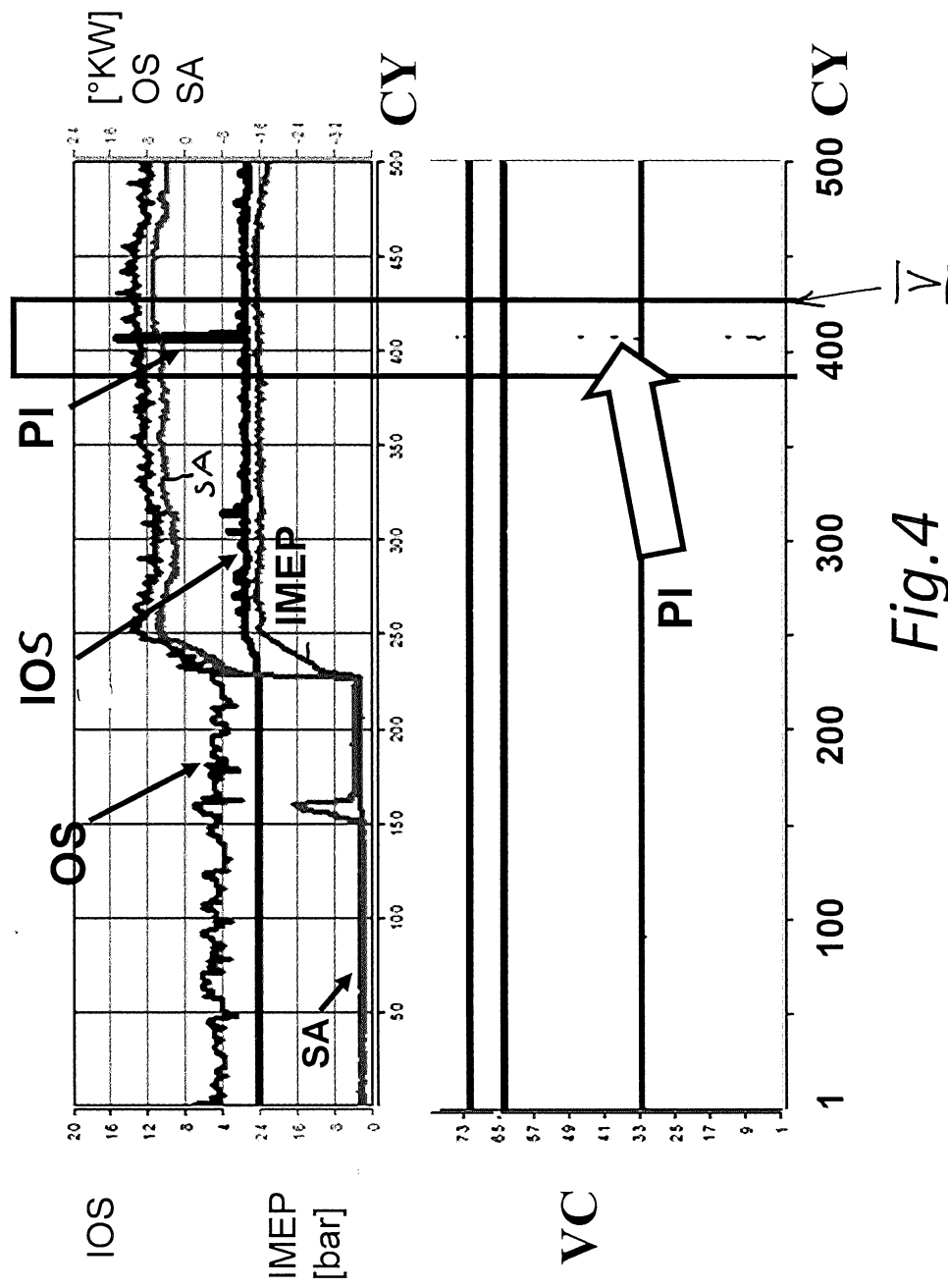


Fig.4

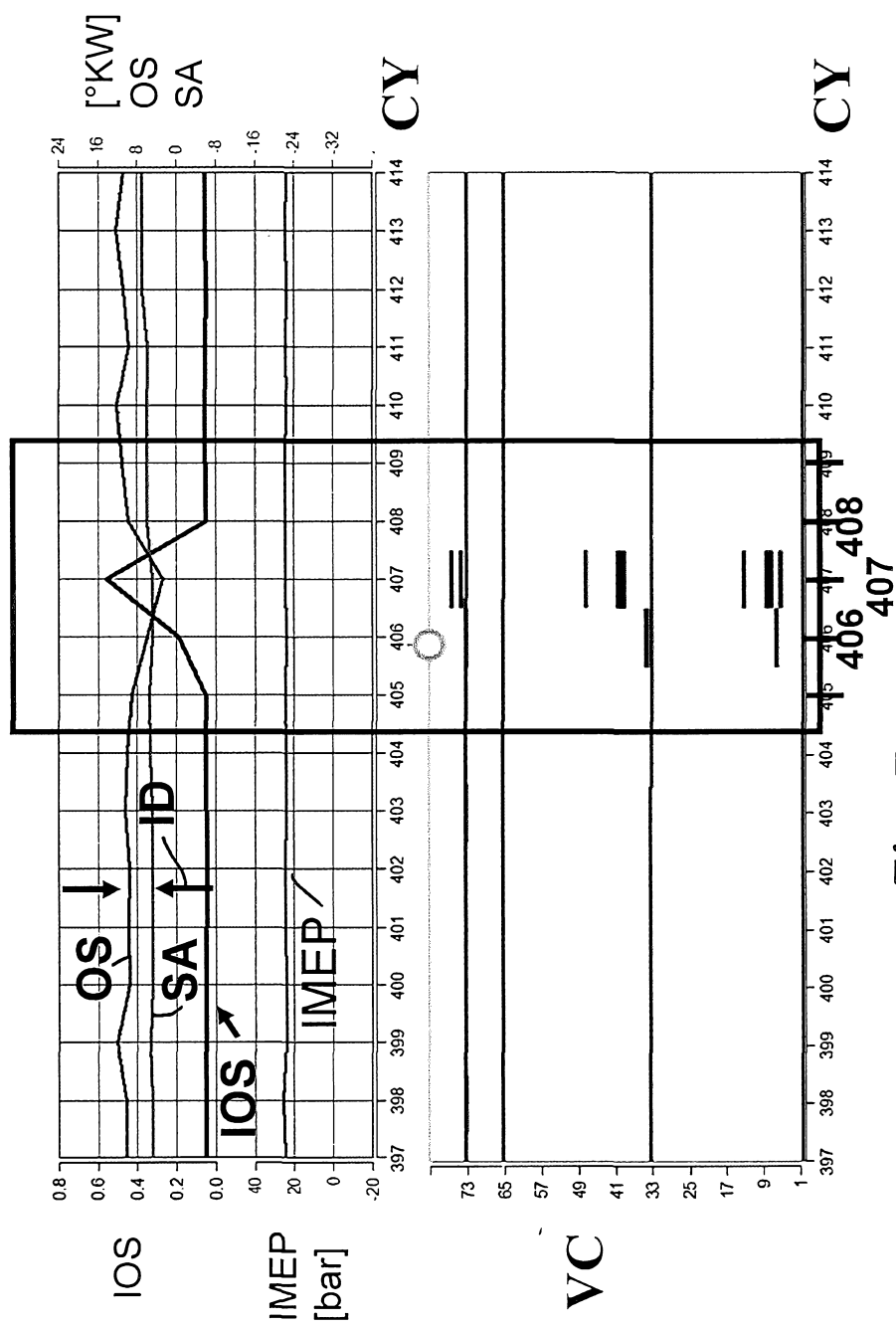


Fig.5

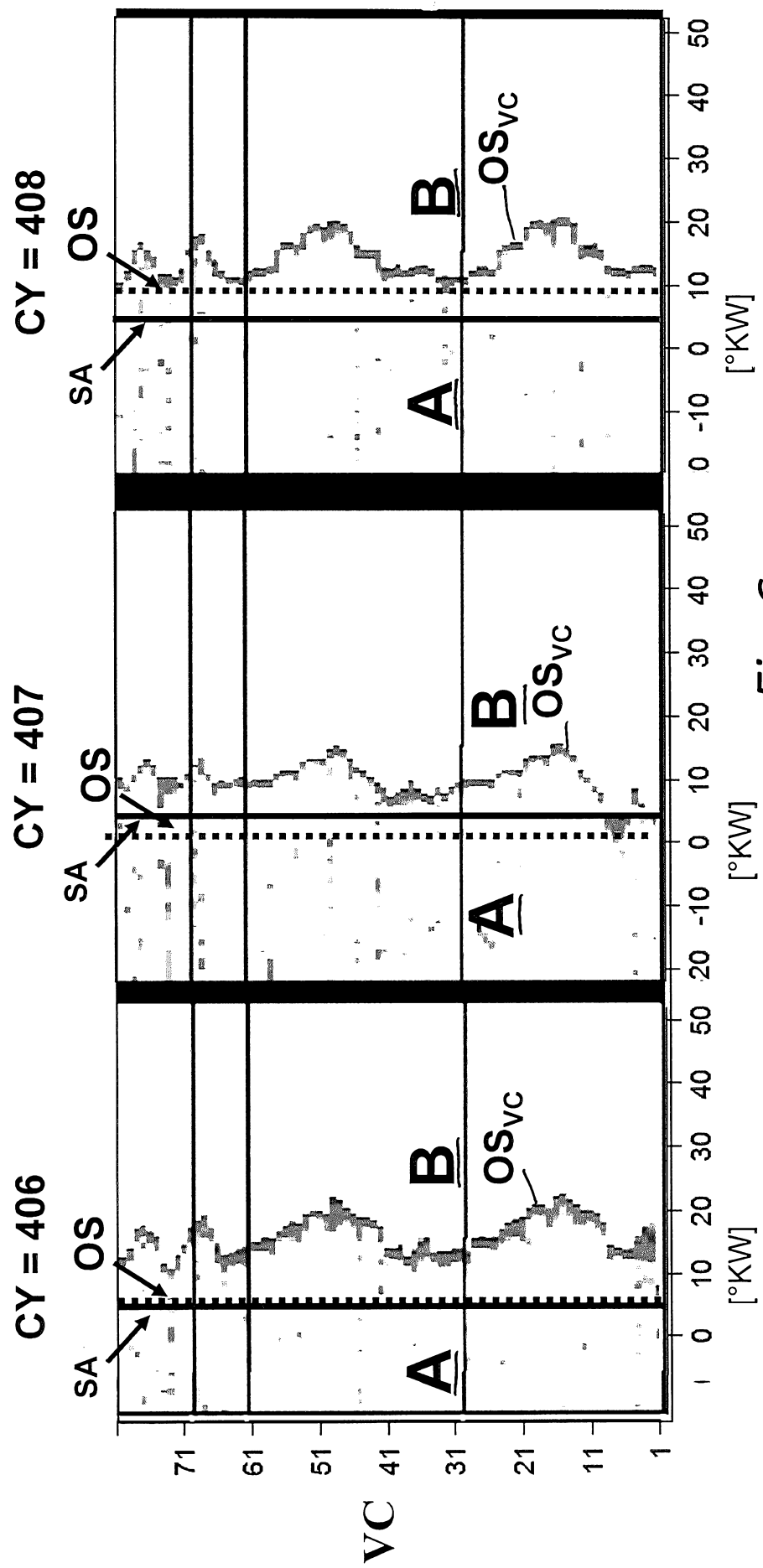
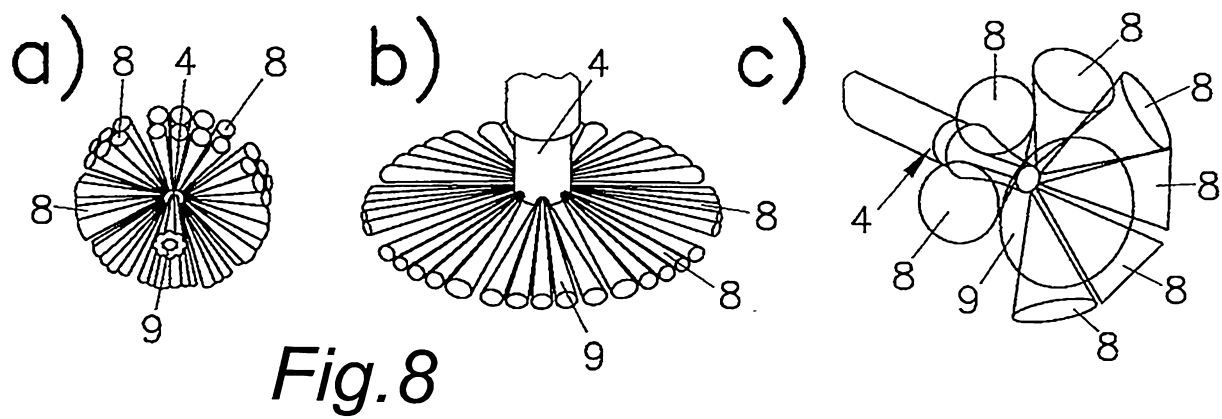
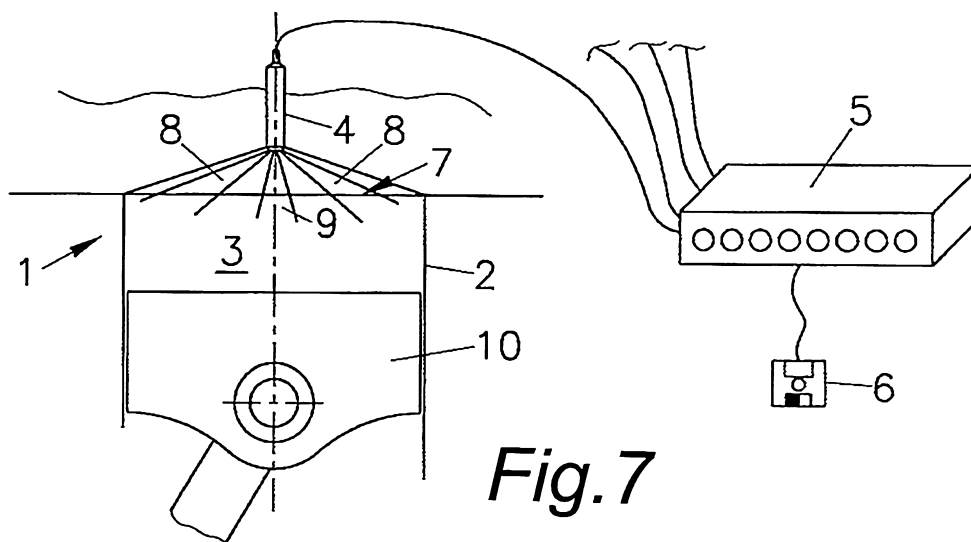


Fig.6



(neue) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erkennung und Detektion von Vorzündungsereignissen in zumindest einem Brennraum (3) einer Brennkraftmaschine (1), wobei Flammlicht von Entflammungen im Brennraum (3) über eine definierte Anzahl an Arbeitszyklen (CY) optisch erfasst und die optischen Flammlichtsignale (I) analysiert werden, wobei aus der Gesamtmenge aller optischen Flammlichtsignale (I) jene Flammlichtsignale herausgefiltert werden, welche regulären Verbrennungen zuzuordnen sind und die verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale irregulären Verbrennungen zugeordnet werden, dadurch gekennzeichnet, dass alle Flammlichtsignale (I), die innerhalb eines Arbeitszyklus (CY) nach einem definierten Zündzeitpunkt (SA) auftreten, einer regulären Verbrennung zugeordnet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Basis der verbleibenden gefilterten Flammlichtsignale (I) zumindest ein Arbeitszyklus (CY) mit irregulärer Verbrennung identifiziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Flammlichtsignale (I) durch verschiedene optische Sensoren, vorzugsweise optische Ein- und Mehrkanalsensoren (4), erfasst werden, wobei besonders vorzugsweise gleichzeitig mit den optischen Flammlichtsignalen (I) auch ein Zündsignal des jeweiligen Brennraums aufgezeichnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass von zumindest zwei optischen Sensoren die optischen Flammlichtsignale (I), die einer irreguläre Verbrennung in zumindest einem Arbeitszyklus (CY) zuordenbar sind, miteinander verglichen werden und aus dem zeitlichen Verlauf der Intensitätsverlauf der optischen Flammlichtsignale (I) eine Aussage über den Ausgangsort der irregulären Verbrennung getroffen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Flammlichtsignale (I) von zumindest einem optischen Sensor, die zumindest zwischen dem oberen Totpunkt eines Gaswechsels und dem Zeitpunkt der Vorentflammung (OS) auftreten, aufintegriert werden, und dass auf der Basis

des aufintegrierten Flammlichtsignals (I) eine Klassifizierung der möglichen Ursache der Vorentflammung vorgenommen wird.

19.09.2018
FU