



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 203 875 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**26.07.2006 Patentblatt 2006/30**

(51) Int Cl.:  
**F02D 35/02<sup>(2006.01)</sup> F02D 41/34<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **00123808.8**

(22) Anmeldetag: **02.11.2000**

(54) **Verfahren zum Schutz eines Verbrennungsmotors vor Überdruck**

Method for overpressure protection of internal combustion engine

Procédé pour la protection d'un moteur à combustion interne contre surpression

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.05.2002 Patentblatt 2002/19**

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC.**  
**Dearborn MI 48126 (US)**

(72) Erfinder:  
• **Lee, Hether**  
**W. Bloomfield, MI 48322 (US)**  
• **Chevalier, Alain Marie Roger**  
**4880 Aubel (BE)**

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten et al**  
**Ford-Werke Aktiengesellschaft,**  
**Patentabteilung NH/DRP**  
**50725 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 19 705 463 DE-C- 19 736 131**  
**US-A- 4 984 546**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 10, 31. Oktober 1996 (1996-10-31) & JP 08 158926 A (YOSHIDA OSAMU), 18. Juni 1996 (1996-06-18)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 017 (M-109), 30. Januar 1982 (1982-01-30) & JP 56 135750 A (HITACHI ZOKEN CORP), 23. Oktober 1981 (1981-10-23)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 070 (M-367), 30. März 1985 (1985-03-30) & JP 59 201943 A (HINO JIDOSHA KOGYO KK), 15. November 1984 (1984-11-15)**

**EP 1 203 875 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schutz eines Verbrennungsmotors vor Überdruck, wobei der Druck in mindestens einem Zylinder des Verbrennungsmotors gemessen wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

**[0002]** In den vergangenen Jahren haben die zunehmenden Forderungen nach verbesserter Leistungsfähigkeit und besserer Kraftstoffausnutzung dazu geführt, dass die spezifische Leistung von Verbrennungsmotoren immer weiter zugenommen hat. Die spezifische Leistung ist definiert als das Verhältnis zwischen der Leistung und dem Gewicht des Verbrennungsmotors. Als Konsequenz aus dieser Zunahme sind die Drücke in den Zylindern enorm gestiegen und erreichen Werte, bei denen die mechanische Belastung die Grenzen des Materials erreicht. Es ist daher wichtig, die Verbrennungsmotoren so auszulegen, dass auch der im ungünstigsten Fall auftretende Druck innerhalb eines Zylinders in sicheren Grenzen bleibt.

**[0003]** Dies wird üblicherweise durch eine sorgfältige Kalibrierung der Strategie zur Kraftstoffversorgung erreicht. Solche herkömmlichen Steuerungsstrategien für den Spitzendruck müssen mit erheblichen Sicherheitsfaktoren ange-  
setzt werden. Ein Grund hierfür liegt darin, dass die bei der Motorherstellung auftretenden Toleranzen zu erheblichen Streuungen führen, die zum Beispiel für Dieselmotoren einen Unterschied von 20 bar im maximalen Zylinderdruck bedeuten können. Typischerweise sind diese Variationen von Motor zu Motor das Ergebnis der folgenden Faktoren:

- einem Fehler im oberen Totpunkt aufgrund einer ungenauen Anbringung des Schwungrades;
- Kopfwischenräume;
- Toleranzen des Injektionssystems.

**[0004]** Die Druckdifferenz von Motor zu Motor von bis zu 20 bar hat verschiedene negative Konsequenzen. Für den Motorkonstrukteur, der die gewünschte Leistungsfähigkeit erreichen muss, macht die erforderliche 20 bar Spitzendruck-Sicherheitsgrenze die Verwendung von mehr Materialmasse oder von teureren Materialien notwendig, was die Stückkosten des Motors erhöht. Für den Verbraucher kann die 20 bar Differenz in großen Leistungsvariationen von Motor zu Motor resultieren, so dass einige Verbraucher Fahrzeuge erhalten, die sich im Vergleich zu ähnlichen Motoren als leistungsschwach erweisen.

**[0005]** Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Schutz eines Verbrennungsmotors vor Überdruck in den Zylindern bei verringerten Herstellungskosten sicherzustellen und gleichzeitig die Leistungsschwankungen zwischen gleichen Motoren zu verringern.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

**[0007]** Verfahren, bei denen der Druck in einem Zylinder gemessen wird, sind für verschiedene Zwecke bekannt. So wird der gemessene Druck zum Beispiel bei der US 4 397 285, der US 4 549 513, der US 4 846 128, der US 4 063 238 und der US 5 676 113 dazu verwendet, den Zündzeitpunkt zu kontrollieren, um die Leistungsfähigkeit des Motors zu steigern. Aus der US 5 284 114, der US 4 706 628 und der US 4 732 126 ist es ferner bekannt, den Ort des Spitzendrucks innerhalb der Zylinder zu bestimmen, und in Abhängigkeit hiervon den Zündzeitpunkt und die Kraftstoffparameter zu regeln. Schließlich ist es aus der US 4 516 401 und der US 4 483 146 bekannt, über eine Rückkopplung des Zylinderdruckes den Kompressor von Turbolader-Motoren zu kontrollieren.

**[0008]** Die DE 197 05 463 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, bei dem die Einspritzmenge solange reduziert wird, bis der maximale Brennraumdruck den Schwellwert erreicht.

**[0009]** Die JP 08 158 926 offenbart ein Verfahren zur Verhinderung eines maximalen Gasdrucks im Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei ein Einspritzzeitpunktsignal als Funktion einer Druckdifferenz erzeugt wird.

**[0010]** Die Lösung der vorstehend genannten Aufgabe erfolgt gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0011]** Unter dem Spitzendruck wird nachfolgend der während eines Motortaktes auftretende größte Zylinderinnen-  
druck verstanden.

**[0012]** Durch das Verfahren wird sichergestellt, dass ein für den Verbrennungsmotor als Belastungsgrenze anzusehender Maximalwert des Zylinderdruckes nicht überschritten wird, indem der Spitzendruck in mindestens einem Zylinder ständig überwacht und bei Überschreiten des vorgegebenen Schwellwertes durch den Spitzendruck die von der Motorsteuerung vorgegebene Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung in geeigneter Weise modifiziert wird. Der Schwellwert, ab dem das Verfahren aktiv wird, liegt 5 bis 20 %, vorzugsweise ca. 10% unter dem noch zulässigen Maximalwert des Zylinderinnendruckes.

**[0013]** Die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung können insbesondere dadurch modifiziert werden, dass die dem Verbrennungsmotor zugeführte Kraftstoffmenge, der Zündzeitpunkt des Luft-Kraftstoff-Gemisches und/

oder der Kraftstoffinjektionszeitpunkt modifiziert werden. Über die genannten Steuerungsgrößen kann gezielt Einfluss auf die Druckentwicklung im Zylinderraum genommen werden. So tritt zum Beispiel bei einer Verringerung der zugeführten Kraftstoffmenge eine entsprechende Minderung des Spitzendrucks im entsprechenden Zylinder ein.

**[0014]** Vorzugsweise besteht die Modifikation der Kraftstoffmenge nur aus einer Verringerung der von der Motorsteuerung berechneten, zuzuführenden Kraftstoffmenge. Das heißt, dass das erfindungsgemäße Verfahren die "normalerweise" von der Motorsteuerung für die Zuführung vorgesehene Kraftstoffmenge allenfalls verringern, niemals jedoch erhöhen kann. Eine solche Verringerung der Kraftstoffmenge genügt dem angestrebten Zweck, den Überdruck im Zylinderraum zu begrenzen.

**[0015]** In der einfachsten Variante des Verfahrens wird der Druck in nur einem Zylinder eines mehrzylindrigen Verbrennungsmotors gemessen und als stellvertretend für alle Zylinder des Motors angenommen. Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens kann jedoch auch der Druck in mehreren Zylindern, insbesondere in jeder Zylinderbank des Verbrennungsmotors und/oder in jedem Zylinder des Verbrennungsmotors gemessen werden. Hierdurch lässt sich die Genauigkeit und die Sicherheit des Schutzes vor Überdruck weiter erhöhen.

**[0016]** Des Weiteren kann das Verfahren auch hinsichtlich der Modifikation der Kraftstoffeinleitung und/oder der Kraftstoffverbrennung zwischen den Zylindern differenzieren. Im einfachsten Fall wird die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung für alle Zylinder des Motors in gleicher Weise modifiziert. Vorzugsweise werden die genannten Größen jedoch für jede Zylinderbank und/oder für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors separat modifiziert. Auf diese Weise können auf bestimmte Zylinder begrenzte kritische Drücke gezielt in diesen Zylindern bekämpft werden ohne dass die Leistungsfähigkeit der nicht betroffenen Zylinder unnötigerweise beeinträchtigt würde.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren greift grundsätzlich nur ein, wenn von der Motorsteuerung eine Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung vorgegeben wird, welche im Motor zu einem Druck führt, die einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Mit Überschreiten des Schwellwertes wird das erfindungsgemäße Verfahren aktiv und beeinflusst die Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung im Sinne einer Verminderung der Druckwerte. Um dabei dennoch den von der Motorsteuerung angestrebten Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, wird vorteilhafterweise versucht, den Spitzendruck im Zylinder möglichst nahe an der maximal zulässigen Grenze des Maximalwertes zu halten. Sobald jedoch die Motorsteuerung eine Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung vorgibt, welche zu niedrigeren Druckwerten führen würde, werden sofort diese neuen Vorgaben ausgeführt.

**[0018]** Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens der oben erläuterten Art, welche einen Spitzendruckregler enthält, der eingangsseitig mit mindestens einem in einem Zylinder des Verbrennungsmotors angeordneten Drucksensor und ausgangseitig mit einer Steuerungsvorrichtung für die Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung verbunden ist. Der Spitzendruckregler ist weiterhin so eingerichtet, dass er die Kraftstoffeinleitung und/oder Kraftstoffverbrennung modifiziert, wenn der Spitzendruck im Zylinder einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wobei die Modifikation so erfolgt, dass der Spitzendruck im Zylinder unter einem Maximaldruck bleibt, wobei der Schwellwert 5 bis 20 % kleiner als der Maximalwert ist und die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung so modifiziert werden, dass der Spitzendruck im Zylinder möglichst nahe am Maximalwert ( $P_{max}$ ) liegt, solange nicht von der Motorsteuerung niedrigere Druckwerte angesteuert werden. Mit einer derartigen Vorrichtung lassen sich die oben erläuterten Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens erzielen.

**[0019]** Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch das erfindungsgemäße Verfahren an einem Vierzylindermotor;

Fig. 2a-f sechs verschiedene Anordnungsmöglichkeiten für Sensoren und Regeleinrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3 ein Flussdiagramm des Verfahrensablaufes;

Fig. 4 Kraftstofffluss und zugehörigen Druck im Zylinder beim Stand der Technik;

Fig. 5 Kraftstofffluss, zugehörigen Druck im Zylinder und Regelungsmodi bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0020]** In Figur 1 ist schematisch das erfindungsgemäße Regelungssystem für eine Brennkraftmaschine dargestellt, bei der es sich sowohl um einen Ottomotor als auch einen Dieselmotor handeln kann. Insbesondere Dieselmotoren profitieren von dem erfindungsgemäßen Verfahren, da sie größeren Druckvariationen innerhalb des Zylinders ausgesetzt sind und die maximalen Spitzendrücke weit höher liegen als bei Benzinmotoren.

**[0021]** Figur 1 zeigt vier in bekannter Weise hintereinander angeordnete Zylinder 1 eines Verbrennungsmotors. In jedem Zylinder 1 ist ein Drucksensor 3 angeordnet, über welchen der in dem Zylinder herrschende Druck gemessen und an einen Spitzendruckregler C gemeldet wird. Derartige Spitzendruckregler C, C', C'', C''' sind für alle Zylinder des

Motors separat vorgesehen.

**[0022]** Der Ausgang des Reglers C wirkt auf Aktuatoren des Kraftstoffeinspritzsystems ein. Hierzu zählen die Injektoren 2 und gegebenenfalls auch die Kraftstoffpumpe. Die hauptsächlich geregelte Variable ist die Menge des eingespritzten Kraftstoffes  $F_q$  für jeden Zylinder. Diese Variable kann für jeden Zylinder individuell oder für mehrere beziehungsweise für alle Zylinder gemeinsam geregelt werden. Alternativ kann auch die Zeitsteuerung der Injektion ( $F_{tim}$  für einen Dieselmotor) oder die Zündzeitpunktvorlaufsteuerung (für einen Ottomotor) anstelle oder zusammen mit der Menge des eingespritzten Kraftstoffes  $F_q$  gesteuert werden.

**[0023]** Die von der Regeleinrichtung verwendeten Sensoren können jede Art von Sensor sein, welcher eine Anzeige des Druckes  $P_{cyl}$  innerhalb einiger oder aller Zylinder geben kann. Diese Sensoren werden daher nachfolgend als Zylinderinnendrucksensoren bezeichnet. Zu typischen Sensoren gehören direkte Zylinderinnendrucksensoren wie zum Beispiel piezoelektrische oder optische Sensoren, die direkt in der Verbrennungskammer angebracht sind, oder indirekte Zylinderinnendrucksensoren wie piezoelektrische Sensoren, die in einer Zünd- oder Glühkerze angebracht sind, oder Beschleunigungsmesser, die außerhalb der Verbrennungskammer angebracht sind. Die Ausgangssignale der Sensoren können in bekannter Weise nach entsprechender Vorverarbeitung und Kalibrierung in Drucksignale umgewandelt werden. Je größer die Genauigkeit dieser Drucksignale ist, um so besser kann die erfindungsgemäße Regelung ausgeführt werden, und um so höher ist der Nutzen der Erfindung.

**[0024]** Während in Figur 1 ein System gezeigt ist, bei dem ein Zylinderinnendrucksensor 3 pro Zylinder und ein Spitzendruckregler C, C', C'', C''' pro Sensor vorhanden ist, kann die Erfindung auch auf Motoren angewendet werden, bei denen nicht alle Zylinder mit Sensoren ausgestattet sind. Zum Beispiel kann nur ein Zylinder pro Motor oder ein Zylinder pro Zylinderbank bei V-Motoren mit einem Sensor ausgestattet sein. Die verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten sind in Figur 2 dargestellt und umfassen folgende Varianten:

- a) ein Sensor pro Zylinder 1, ein Regler pro Zylinder;
- b) ein Sensor pro Zylinder, ein Regler pro Zylinderbank;
- c) ein Sensor pro Zylinder, ein Regler pro Motor;
- d) ein Sensor pro Bank, ein Regler pro Bank;
- e) ein Sensor pro Bank, ein Regler pro Motor;
- f) ein Sensor pro Motor, ein Regler pro Motor.

**[0025]** Dabei wird eine bessere Leistung erreicht, wenn ein Sensor in jedem Zylinder angebracht ist. Tabelle 1 zeigt, welche Produktionstoleranzen in Abhängigkeit von der gewählten Sensorkonfiguration kompensiert werden können.

1 Sensor pro ...	Totpunkt-Ort	Kopf-dichtungszwischenräume	Injektorencharakteristik	Verbrennungskammer bezogene Giess- / Bearbeitungstoleranzen
Zylinder	X	X	X	X
Zylinderbank	X	X		
Motor	X			

**[0026]** Figur 3 zeigt ein Flussdiagramm eines möglichen Regelalgorithmus. In Block 17 wird von der Motorsteuerung aufgrund der vom Fahrer vorgegebenen Gaspedalstellung 11 sowie anderer Sensorsignale 10 eine übliche Kraftstoffzuführungsstrategie berechnet. Ergebnis dieser Berechnung ist die in den Zylinder zu injizierende Kraftstoffmenge  $F_q^d$ .

**[0027]** Parallel hierzu wird von einem Spitzendruckdetektor 13, welcher die Daten 12 des Zylinderinnendruckes  $P_{cyl}$  erhält, der Spitzendruck  $P_{peak}$  detektiert. Dieser Spitzendruck  $P_{peak}$  ist als maximaler Druck während eines Motortaktes definiert. Die Bestimmung geschieht einmal pro Motorzyklus. Der Wert  $P_{peak}$  wird in einem Puffer 14 solange zwischengespeichert, bis ein neuer Wert ihn überschreibt. Dies kann einmal pro Zyklus, einmal pro Takt oder mit jeder anderen geeigneten Schrittfolge in Abhängigkeit von der Konfiguration der Drucksensoren und der Anzahl der Spitzendruckregler erfolgen.

**[0028]** In einem ersten Zweig des Algorithmus wird der Spitzendruck  $P_{peak}$  dann an einen Summierer geleitet, in welchem er von dem in Block 15 gespeicherten Wert des maximal zulässigen Drucks  $P_{max}$  im Zylinder subtrahiert wird.

Die so gebildete Differenz wird einem  $P_{\max}$ -Folgeregler 16 zugeleitet. Die Aufgabe dieses Reglers besteht darin, die zu injizierende Kraftstoffmenge derart zu berechnen, dass der Spitzendruck  $P_{\text{peak}}$  auf den maximal zulässigen Druck  $P_{\max}$  geregelt wird. Typischerweise handelt es sich bei diesem Regler um einen Proportional/Integral (PI) oder Proportional/Integral/Differential (PID) Regler mit einer "Anti-Windup"-Eigenschaft, um einen sprunghaften Übergang von beziehungsweise zu der ursprünglichen Kraftstoffversorgungsstrategie (Blöcke 18 und 19) zu gewährleisten. Der Regler sollte so kalibriert sein, dass er jeglichen Drucküberschuss vermeidet. Die Ausgabe des Reglers 16 besteht aus einem Wert  $F_{q^c}$  für die Kraftstoffeinleitung.

**[0029]** Im Block 18 wird der Spitzendruck  $P_{\text{peak}}$  mit einem vorgegebenen Schwelldruck  $P_{\text{th}}$  verglichen, welcher einige bar unterhalb des Maximaldruckes  $P_{\max}$  gewählt wird. Wenn der Spitzendruck unter dem Schwelldruck bleibt, wird die ursprüngliche Motorsteuerungsstrategie nicht verändert. Das heißt, dass gemäß Block 20 die Kraftstoffmenge  $F$  gleich der von der Motorsteuerung vorgegebenen Kraftstoffmenge  $F_{q^d}$  gesetzt wird. Der Motor arbeitet dabei sicher weit unterhalb des Maximaldruckes  $P_{\max}$ , so dass der Druckbegrenzer deaktiviert bleiben kann.

**[0030]** Wenn der Spitzendruck  $P_{\text{peak}}$  den vorgegebenen Schwelldruck  $P_{\text{th}}$  in Block 18 dagegen überschreitet, nähert sich der Motor dem Maximaldruck  $P_{\max}$  an. Gemäß Block 19 können daraufhin verschiedene Maßnahmen ergriffen werden. Der Grund, warum  $P_{\text{peak}}$  mit  $P_{\text{th}}$  und nicht direkt mit  $P_{\max}$  verglichen wird, besteht darin, dass dem Spitzendruckregler erlaubt werden soll, seine Regelungsaktionen voraus zu planen und dementsprechend die Drucküberschüsse zu unterdrücken, welche andernfalls bei den großen Zeitverzögerungen in dem System unvermeidbar sein würden.

**[0031]** Im bereits erwähnten Block 19 wird die Größe des von der Motorsteuerung vorgegebenen Kraftstoffflusses  $F_{q^d}$  mit dem vom Folgeregler 16 vorgegebenen Kraftstofffluss  $F_{q^c}$  verglichen. Wenn  $P_{\text{peak}}$  in die Nähe von  $P_{\max}$  kommt (das heißt  $P_{\text{peak}} > P_{\text{th}}$ ) und  $F_{q^d} > F_{q^c}$  ist, ist ein Schutz vor einem Überdruck notwendig, und der Motor wird gemäß Block 21 mit einer Kraftstoffmenge  $F$  betrieben, die gleich der vom  $P_{\max}$ -Folgeregler berechneten Menge  $F_{q^c}$  ist. Falls der Fahrer jedoch bremst, fällt  $F_{q^d}$  unterhalb von  $F_{q^c}$  ab, und der Fahrer erlangt die volle Kontrolle zurück (Block 20:  $F = F_{q^d}$ ). Hierbei handelt es sich um ein Sicherheitskriterium, da die Menge des injizierten Kraftstoffes niemals die Kraftstoffmenge der ursprünglichen Kraftstoffzuführungsstrategie überschreiten kann. Mit anderen Worten hat der Fahrer immer die Kontrolle über die maximale Kraftstoffzufuhr.

**[0032]** In Block 19 könnte die Verzweigungsbedingung auch mit jeder anderen verfügbaren und mit dem Drehmoment in Beziehung stehenden Größe anstelle der Kraftstoffmenge ausgewertet werden.

**[0033]** Die in Figur 3 dargestellte Regelungsstrategie für den Spitzendruck im Zylinderinnenraum wurde an einem herkömmlichen Vierzylinder 2.0-Liter Dieselmotor getestet. Der Maximaldruck  $P_{\max}$  wurde im Regler auf 120 bar und der Schwelldruck  $P_{\text{th}}$  auf 10 bar unterhalb des Maximaldruckes (das heißt auf 110 bar) gesetzt. Zu Vergleichszwecken wurde der Motor zunächst bei ausgeschaltetem Spitzendruckregler betrieben.

**[0034]** Figur 4 zeigt die Ergebnisse dieses Vergleiches, wobei der Spitzendruck  $P_{\text{peak}}$  mehrere Male um mehr als 10 bar den Grenzwert  $P_{\max}$  von 120 bar übersteigt. Im oberen Diagramm von Figur 4 sind der Spitzendruck im Zylinderinnenraum auf der vertikalen Achse und die Zeitdauer des Versuches auf der horizontalen Achse eingetragen. Im unteren Diagramm ist im Vergleich hierzu auf derselben Zeitachse die Kraftstoffmenge, die an die Zylinder abgegeben wird, eingetragen.

**[0035]** In Figur 5 sind die Ergebnisse dargestellt, wenn der Spitzendruckregler eingeschaltet ist und dasselbe Fahrverhalten (dieselben Gaspedalpositionen) auf den Motor angewendet wird. Der im obersten Diagramm dargestellte Spitzendruck  $P_{\text{peak}}$  des Zylinderinnendruckes überschreitet zu keinem Zeitpunkt den Grenzwert  $P_{\max}$  von 120 bar.

**[0036]** Die durch den Spitzendruckregler vorgenommene Begrenzung der Kraftstoffeinleitung gegenüber der von der Motorsteuerung verfolgten Strategie (vgl. Figur 4 unten) ist aus dem mittleren Diagramm von Figur 5 erkennbar. Ferner ist erkennbar, dass der Spitzendruckregler deaktiviert wird, sobald die Kraftstoffanforderung des Fahrers der vom Spitzendruckregler vorgegebenen Kraftstoffmenge gleich wird. Aufgrund der "Anti-Windup" Eigenschaft wird der vom Spitzendruckregler vorgegebene Kraftstoffmengenwert niemals kleiner als die ursprünglich vorgeschlagene Kraftstoffmenge. Das unterste Diagramm von Figur 5 zeigt auf derselben Zeitachse wie die beiden oberen Diagramme den Modus (0 = ursprüngliche Motorsteuerung oder 1 = Spitzendruckregelung), in welchem die Kraftstoffversorgung gerade betrieben wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Schutz eines Verbrennungsmotors vor Überdruck, wobei der Druck ( $P_{\text{cyl}}$ ) in mindestens einem Zylinder (1) des Verbrennungsmotors gemessen wird, wobei wenn der Spitzendruck ( $P_{\text{peak}}$ ) im Zylinderinnenraum einen vorgegebenen Schwellwert ( $P_{\text{th}}$ ) überschreitet, die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung so modifiziert wird, dass der Spitzendruck nachfolgend unter einem Maximalwert ( $P_{\max}$ ) bleibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwellwert 5 bis 20 % kleiner als der Maximalwert ist und die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung so modifiziert werden, dass der Spitzendruck im Zylinder (1) möglichst nahe am Maximalwert ( $P_{\max}$ ) liegt, solange nicht von der Motorsteuerung niedrigere Druckwerte angesteuert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeführte Kraftstoffmenge, der Zündzeitpunkt und/oder der Kraftstoffinjektionszeitpunkt modifiziert werden.
- 5 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Modifikation der zugeführten Kraftstoffmenge nur aus einer Verringerung der von der Motorsteuerung berechneten zuzuführenden Kraftstoffmenge ( $F_{q^d}$ ) besteht.
- 10 4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in jeder Zylinderbank und/oder in jedem Zylinder (1) des Verbrennungsmotors gemessen wird.
- 15 5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung in jeder Zylinderbank und/oder jedem Zylinder des Verbrennungsmotors separat modifiziert wird.
- 20 6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, enthaltend einen Spitzendruckregler (C, C', C'', C'''), der eingangsseitig mit mindestens einem in einem Zylinder (1) des Verbrennungsmotors angeordneten Drucksensor (3) und ausgangsseitig mit einer Steuerungsvorrichtung (2) für die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung verbunden ist, und welcher so eingerichtet ist, dass er die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung modifiziert, wenn der Spitzendruck ( $P_{peak}$ ) in einem Zylinderinnenraum einen vorgegebenen Schwellwert ( $P_{th}$ ) überschreitet, so dass der Spitzendruck unter einem Maximalwert ( $P_{max}$ ) bleibt, wobei der Schwellwert 5 bis 20 % kleiner als der Maximalwert ist und die Kraftstoffeinleitung und/oder die Kraftstoffverbrennung so modifiziert werden, dass der Spitzendruck im Zylinder (1) möglichst nahe am Maximalwert ( $P_{max}$ ) liegt, solange nicht von der Motorsteuerung niedrigere Druckwerte angesteuert werden.
- 25

## Claims

- 30 1. Method for protecting against overpressure an internal combustion engine, the pressure ( $P_{cyl}$ ) in at least one cylinder (1) of the internal combustion engine being measured, the introduction and/or combustion of fuel being modified, if the peak pressure ( $P_{peak}$ ) in the cylinder interior exceeds a predefined threshold value ( $P_{th}$ ), in such a way that the peak pressure subsequently remains below a maximum value ( $P_{max}$ ), **characterized in that** the threshold value is 5 to 20 % less than the maximum value and the introduction and/or combustion of fuel are modified in such a way that the peak pressure in the cylinder (1) is as close as possible to the maximum value ( $P_{max}$ ) for as long as no lower pressure values are set by the engine controller.
- 35 2. Method according to Claim 1,  
**characterized in that** the supplied quantity of fuel, the ignition time and/or the fuel injection time are modified.
- 40 3. Method according to one of Claims 1 or 2,  
**characterized in that** the modification of the supplied quantity of fuel comprises only a reduction in the fuel quantity to be supplied ( $F_{q^d}$ ) as calculated by the engine controller.
- 45 4. Method according to at least one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the pressure in each cylinder bank and/or in each cylinder (1) of the internal combustion engine is measured.
- 50 5. Method according to at least one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the introduction and/or combustion of fuel in each cylinder bank and/or in each cylinder of the internal combustion engine is modified separately.
- 55 6. Device for carrying out the method according to one of Claims 1 to 5, comprising a peak pressure regulator (C, C', C'', C''') which is connected at the input side to at least one pressure sensor (3) arranged in a cylinder (1) of the internal combustion engine, and at the output side to a control device (2) for the introduction and/or combustion of fuel, and is set up in such a way that, if the peak pressure ( $P_{peak}$ ) in the cylinder interior exceeds a predefined threshold value ( $P_{th}$ ), it modifies the introduction and/or combustion of fuel so that the peak pressure remains below a maximum value ( $P_{max}$ ), the threshold value being 5 to 20 % less than the maximum value and the introduction and/or combustion of fuel being modified in such a way that the peak pressure in the cylinder (1) is as close as possible to the maximum value ( $P_{max}$ ) for as long as no lower pressure values are set by the engine controller.

## Revendications

- 5 1. Procédé de protection d'un moteur à combustion interne contre les surpressions, dans lequel la pression ( $P_{cyl}$ ) est mesurée dans au moins un cylindre (1) du moteur à combustion interne, où, lorsque la pression de pointe ( $P_{peak}$ ) dans l'espace interne du cylindre dépasse une valeur seuil prédéfinie ( $P_{th}$ ), l'apport de carburant et/ou la combustion de carburant sont modifiées de telle sorte que la pression de pointe reste ensuite en dessous d'une valeur maximale ( $P_{max}$ ), **caractérisé en ce que** la valeur seuil est de 5 à 20% inférieure à la valeur maximale et l'apport de carburant et/ou la combustion de carburant sont modifiées de telle sorte que la pression de pointe dans le cylindre (1) se situe aussi près que possible de la valeur maximale ( $P_{max}$ ), tant que des valeurs de pression inférieures ne sont pas commandées par la commande du moteur.
- 10
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la quantité de carburant introduite, l'instant d'allumage et/ou l'instant d'injection de carburant sont modifiés.
- 20 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la modification de la quantité de carburant introduite consiste uniquement en une réduction de la quantité de carburant ( $F_q^d$ ) à fournir, calculée par la commande du moteur.
- 25 4. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on mesure la pression dans chaque banc de cylindres et/ou dans chaque cylindre (1) du moteur à combustion interne.
- 30 5. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'apport de carburant et/ou la combustion de carburant dans chaque banc de cylindre et/ou dans chaque cylindre du moteur à combustion interne sont modifiés séparément.
- 35 6. Dispositif pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, contenant un régulateur de pression de pointe (C, C', C'', C''') qui est connecté du côté de l'entrée à au moins un capteur de pression (3) disposé dans un cylindre (1) du moteur à combustion interne et du côté de la sortie à un dispositif de commande (2) pour l'apport en carburant et/ou pour la combustion de carburant, et qui est conçu de telle sorte qu'il modifie l'apport de carburant et/ou la combustion de carburant lorsque la pression de pointe ( $P_{peak}$ ) dans un espace interne du cylindre dépasse une valeur seuil prédéterminée ( $P_{th}$ ), de sorte que la pression de pointe reste en dessous d'une valeur maximale ( $P_{max}$ ), la valeur seuil étant de 5 à 20% inférieure à la valeur maximale et l'apport de carburant et/ou la combustion de carburant étant modifiés de telle sorte que la pression de pointe dans le cylindre (1) se situe aussi près que possible de la valeur maximale ( $P_{max}$ ), tant que des valeurs de pression inférieures ne sont pas commandées par la commande du moteur.
- 40
- 45
- 50
- 55

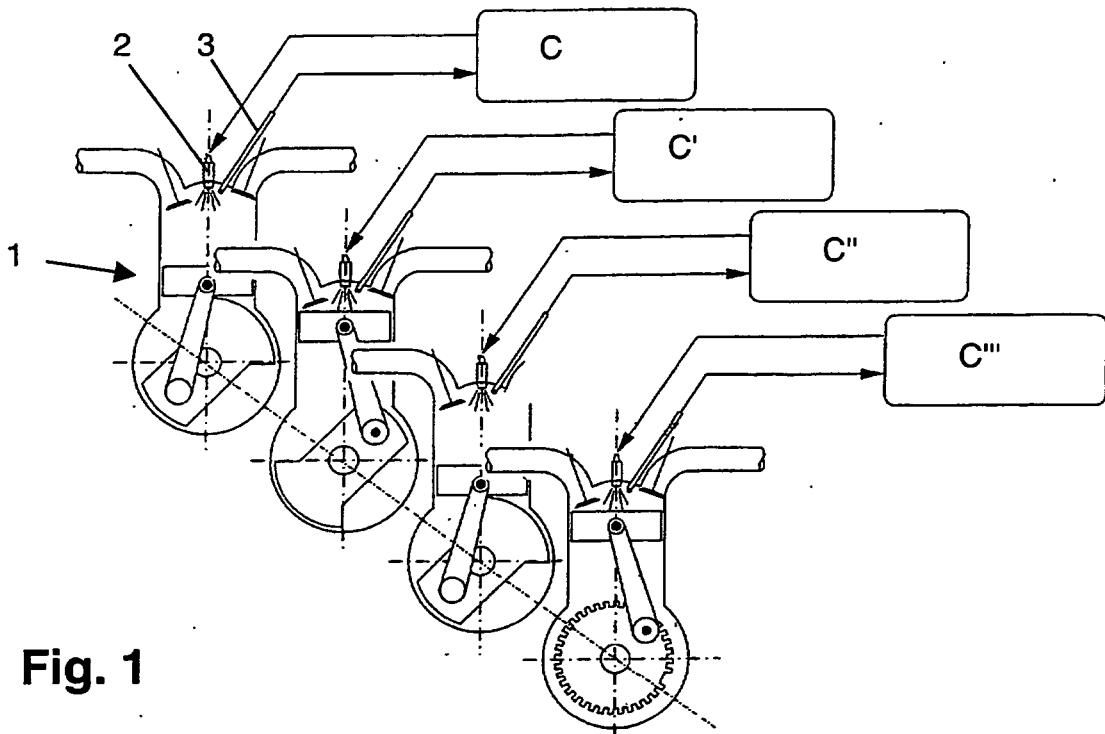


Fig. 1

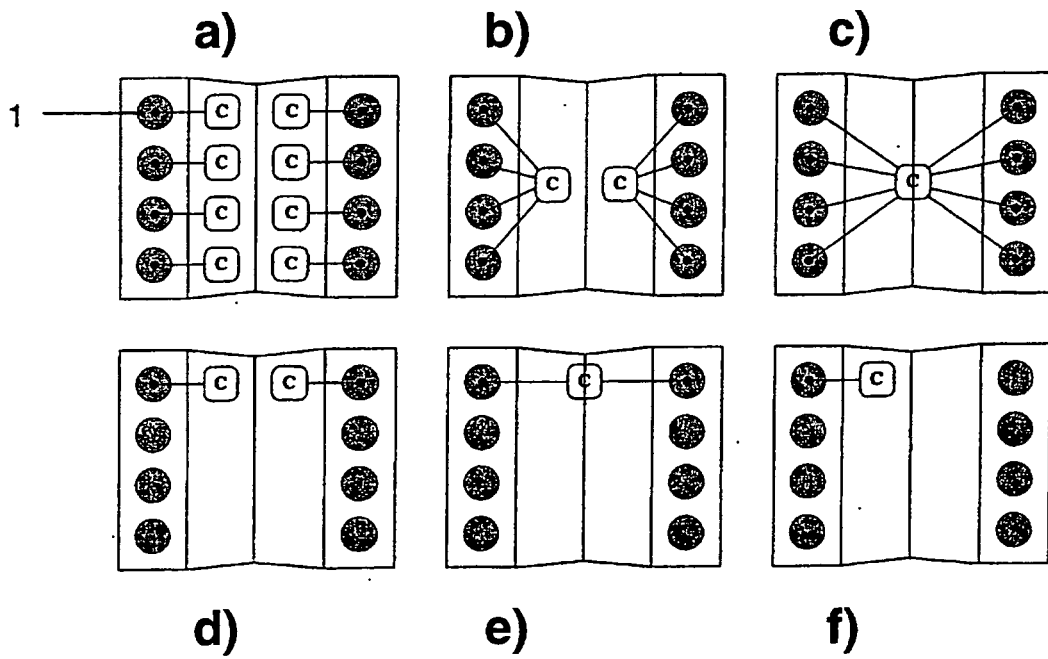


Fig. 2



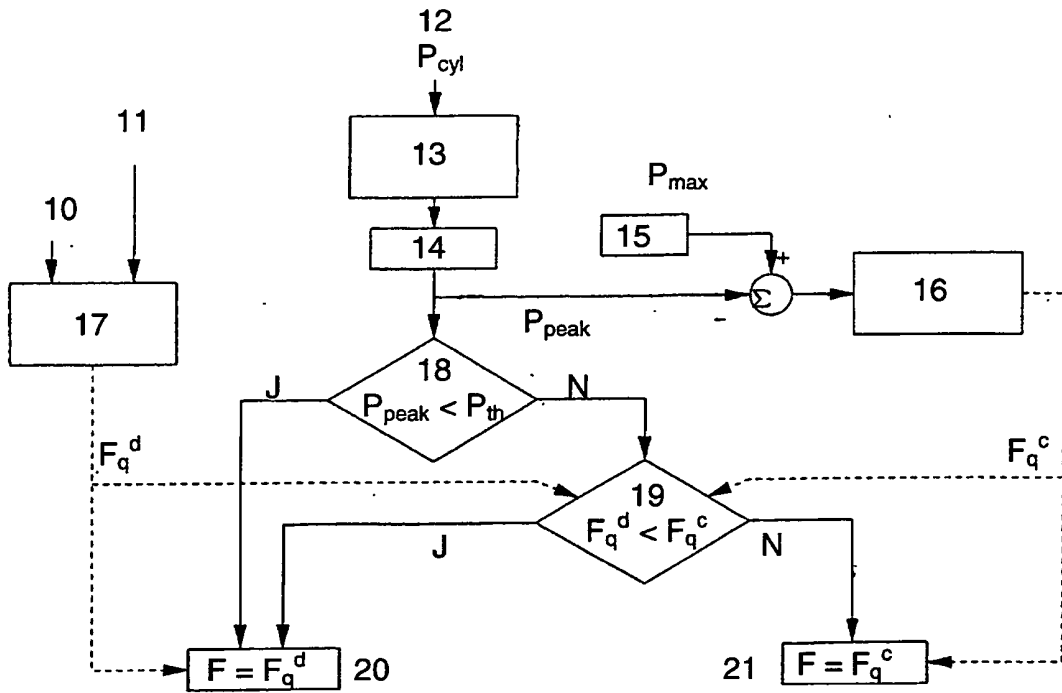


Fig. 3

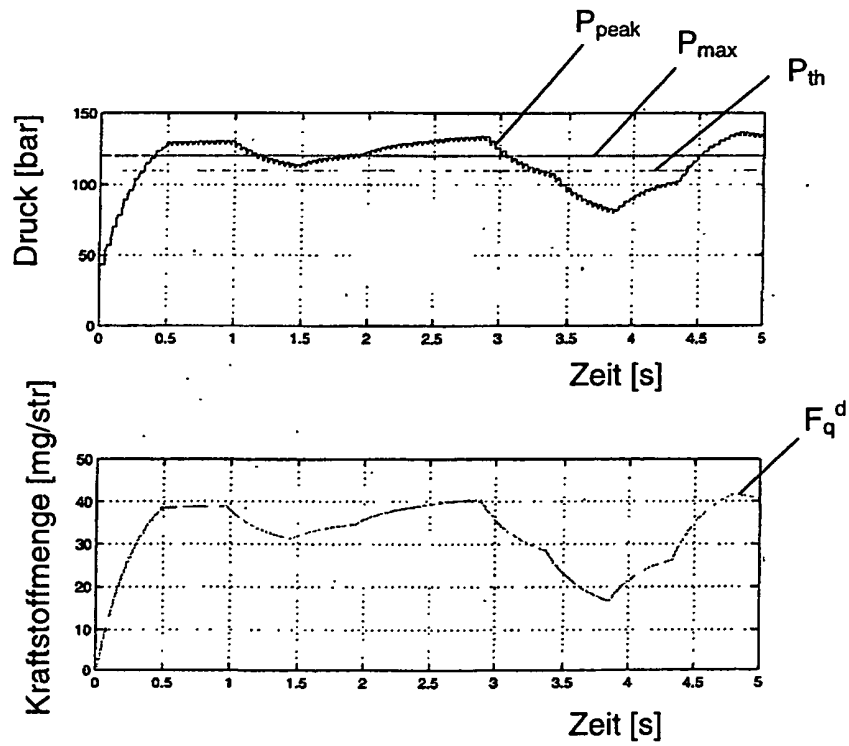
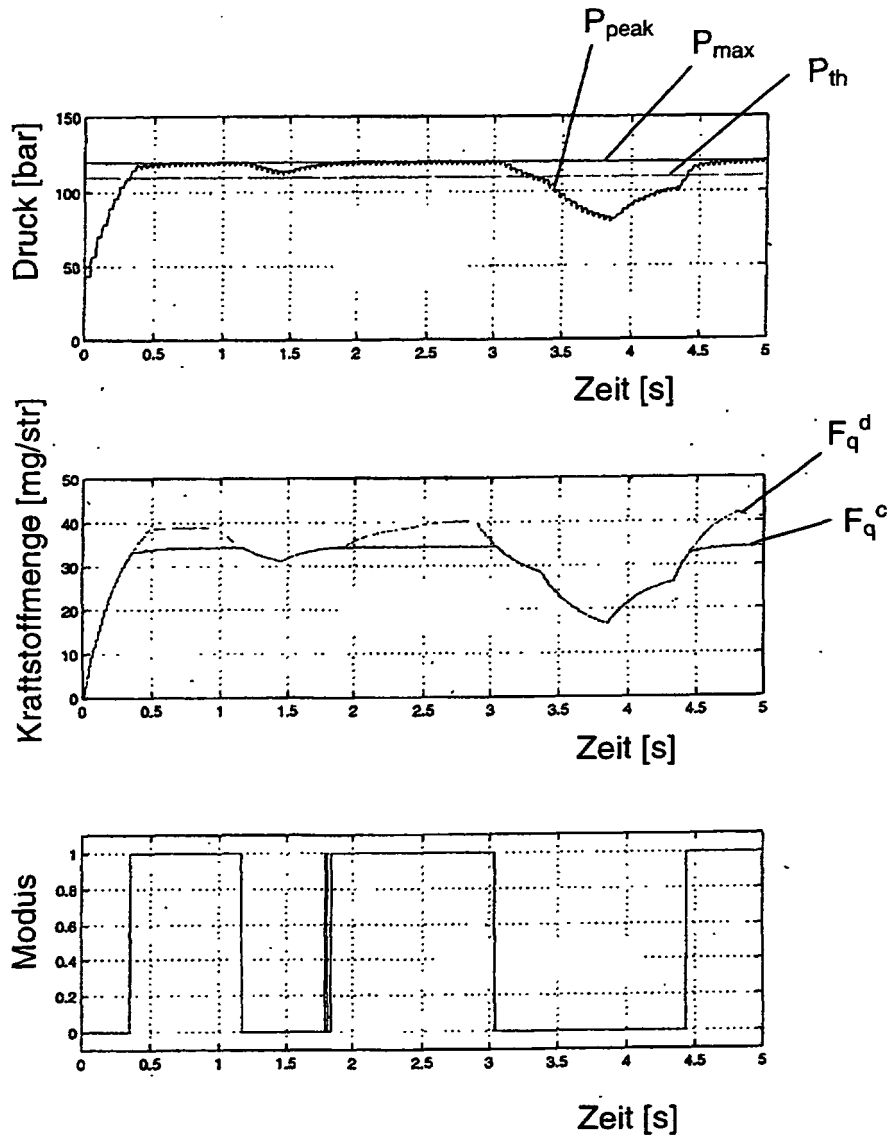


Fig. 4



**Fig. 5**