

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 436 492 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.12.2006 Patentblatt 2006/52**

(51) Int Cl.:  
**F02D 37/02** <sup>(2006.01)</sup> **F02D 41/14** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **02754402.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2002/002685**

(22) Anmeldetag: **20.07.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2003/033891 (24.04.2003 Gazette 2003/17)**

### (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG SOWIE COMPUTERPROGRAMM ZUR STEUERUNG EINES VERBRENNUNGSMOTORS

METHOD, DEVICE AND COMPUTER PROGRAMME FOR CONTROLLING AN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE

PROCEDE, DISPOSITIF ET PROGRAMME INFORMATIQUE POUR LA COMMANDE D'UN MOTEUR  
A COMBUSTION INTERNE

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

(30) Priorität: **08.10.2001 DE 10149475**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.07.2004 Patentblatt 2004/29**

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **HOCHSTRASSER, Patrick**  
**71732 Tamm (DE)**

- **SAUER, Christina**  
**71726 Benningen (DE)**
- **ESTEGHLAL, Gholamabas**  
**71638 Ludwigsburg (DE)**
- **SCHIEMANN, Juergen**  
**71706 Markgroeningen (DE)**
- **MALLEBREIN, Georg**  
**70825 Korntal-Münchingen (DE)**
- **KLEIN, Eberhard**  
**73207 Plochingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-95/24550 DE-A- 4 239 711**  
**DE-A- 19 545 221 DE-A- 19 849 329**  
**DE-C- 4 318 504**

**EP 1 436 492 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

### Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung sowie ein Computerprogramm zur Steuerung eines Verbrennungsmotors.

**[0002]** Aus der DE 42 39 711 A1 (US-Patent 5,558,178) ist zur Steuerung eines Verbrennungsmotors bekannt, einen Sollwert für ein Drehmoment des Verbrennungsmotors in eine Stellgröße zur Beeinflussung der Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor, zum Einstellen des Zündwinkels und/oder zum Ausblenden bzw. Zuschalten der Kraftstoffzufuhr zu einzelnen Zylindern des Verbrennungsmotors umzusetzen. Darüber hinaus ist aus der WO-A 95/24550 (US-Patent 5,692,471) zusätzlich die Beeinflussung des Kraftstoff-/Luftverhältnisses zur Realisierung des vorgegebenen Drehmomentenwertes bekannt. Ferner wird bei den bekannten Lösungen das Istmoment des Verbrennungsmotors unter Berücksichtigung der aktuellen Motoreinstellung (Füllung, Kraftstoffzumessung und Zündwinkel) berechnet. Dabei werden u.a. Motordrehzahl, Last (Luftmasse, Druck, etc.) und ggf. die Abgaszusammensetzung herangezogen.

**[0003]** Im Rahmen dieser Berechnungen wird ein Momentenmodell für den Verbrennungsmotor verwendet, welches sowohl zur Bestimmung der Stellgrößen als auch zur Bestimmung der Istgrößen eingesetzt wird. Kernpunkt dieses Modells ist, daß betriebspunktabhängig ein optimales Drehmoment des Verbrennungsmotors und ein optimaler Zündwinkel bestimmt wird, die dann mittels Wirkungsgradwerten entsprechend der aktuellen Einstellung des Verbrennungsmotors korrigiert werden.

**[0004]** Zur Optimierung dieses Modells ist aus der DE 195 45 221 A1 (US-Patent 5,832,897) vorgesehen, den Wert für den optimalen Zündwinkel abhängig von den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine beeinflussenden Größen wie Abgasrückführrate, Motortemperatur, Ansauglufttemperatur, Ventilüberschneidungswinkel, etc. zu korrigieren.

**[0005]** In der Praxis hat es sich jedoch gezeigt, daß diese bekannte Lösung noch optimiert werden kann, insbesondere hinsichtlich der Einfachheit der Applikation, der Optimierung der Rechenzeit und/oder der Berücksichtigung der Arbeitspunktabhängigkeit der Korrektur des optimalen Zündwinkels, insbesondere der Abhängigkeit von der Inertgasrate. Insbesondere zeigt das bekannte Momentenmodell in einigen Betriebszuständen nicht zufriedenstellende Ergebnisse. Derartige Betriebszustände sind insbesondere Zustände mit hohen Inertgasraten im Brennraum, d.h. Zustände mit einem großen Anteil von Inertgas (durch externe oder innere Abgasrückführung), die durch Überschneidung von Ein- und Auslaßventilöffnungszeiten hervorgerufen werden und vor allem bei kleinen bis mittleren Frischgasfüllungen auftreten. Außerdem sind es Betriebszustände mit hoher Ladungsbewegung. Die berechneten Basisgrößen führen dazu, daß mit der bekannten Vorgehensweise eine

genaue Momentberechnung nicht erreicht wird, da diese Effekte nicht ausreichend berücksichtigt sind.

### Vorteile der Erfindung

**[0006]** Durch die Berücksichtigung der Lage des Verbrennungsschwerpunktes, d.h. des Kurbelwellenwinkels, an dem ein bestimmter Teil (z.B. die Hälfte) der Verbrennungsenergie umgesetzt ist, im Rahmen der Modellberechnungen wird die Genauigkeit des mit dem Modell berechneten Motormoments bei hohen Inertgasraten und kleinen Füllungen verbessert, die Applizierbarkeit vereinfacht und das Momentenmodell auf Motoren mit magerer Verbrennung oder Motoren mit Ladungsbewegungsklappe oder Motoren mit steuerbaren Ein- und Auslaßventilen angepaßt.

**[0007]** Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

### Zeichnung

**[0008]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. In den Figuren 1 bis 4 sind Ablaufdiagramme für eine bevorzugte Ausführung eines Momentenmodells mit Berücksichtigung des Verbrennungsschwerpunktes dargestellt. Figur 5 zeigt ein Übersichtsbild einer Motorsteuerung, bei der das skizzierte Modell Anwendung findet.

### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0009]** In den Figuren 1 bis 4 sind Ablaufdiagramme dargestellt, welche ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zur Optimierung eines Momentenmodells für einen Verbrennungsmotor darstellen. Die einzelnen Blöcke stellen dabei Programme, Programmteile oder Programmschritte eines Mikrocomputers einer elektronischen Motorsteuereinheit dar, während die Pfeile den Informationsfluß repräsentieren.

**[0010]** Dieses Modell ist insbesondere auf Systeme mit variabler Ventilsteuerung zugeschnitten, bei denen hohe Inertgasraten, insbesondere interne Inertgasraten, bei nennenswerter Ventilüberschneidung vorkommen können. Wesentlich bei diesem Momentenmodell ist der Verbrennungsschwerpunkt, welcher als der Kurbelwellenwinkel bezeichnet wird, an dem eine bestimmte Menge der Verbrennungsenergie umgesetzt ist, vorzugsweise die Hälfte der Verbrennungsenergie. Es hat sich gezeigt, daß die Lage des Verbrennungsschwerpunktes einen entscheidenden Einfluß auf die Umsetzung der chemischen Verbrennungsenergie in indiziertes Motormoment hat. Messungen zeigen, daß es einen allgemeinen Zusammenhang zwischen Verbrennungsschwerpunkt und indiziertem Moment gibt, der im Wesentlichen unabhängig ist von Motordrehzahl, Motorlast und Restgasgehalt. Dabei hat sich ergeben, daß eine vollständige

Information über den Verlauf der Momentencharakteristik in einer Kennlinie des Verbrennungsschwerpunktes über dem Zündwinkel enthalten ist. Diese Kennlinien lassen sich mit einer mathematischen Näherungsfunktion beschreiben, die nur wenige Parameter enthält, beispielsweise mit einem Polynom zweiter Ordnung:

$$vbs = a \cdot zw^2 + b \cdot zw + c$$

(vbs Verbrennungsschwerpunkt [°KW], zw Zündwinkel [°KW], a, b, c Koeffizienten)

**[0011]** Die Koeffizienten eines solchen Polynoms enthalten dabei die charakteristische Information des im Brennraum sich befindlichen Gemisches hinsichtlich Gasmasse, Zusammensetzung, Temperatur und Ladungsbewegung. Wird, wie oben beschrieben, der Verbrennungsschwerpunkt als Zwischengröße eingeführt, so ergeben sich für den Zündwinkelwirkungsgrad zwei Abhängigkeiten: zum einen für alle Lasten, Drehzahlen und Restgasraten eine feste Beziehung zum Verbrennungsschwerpunkt und zum anderen eine betriebspunktabhängige Beziehung des Verbrennungsschwerpunktes in Abhängigkeit des Zündwinkels. Es läßt sich also durch Einführung des Verbrennungsschwerpunktes als Zwischengröße der Zusammenhang des Zündwinkelwirkungsgrades über dem Zündwinkel ermitteln.

**[0012]** Da das Modell sowohl für die Bestimmung von Steuergrößen aus Sollgrößen als auch zur Bestimmung von Istgrößen aus gemessenen Betriebsgrößen eingesetzt wird, hat sich das Polynom zweiter Ordnung wegen seiner einfachen Invertierbarkeit als eine geeignete Beschreibung der Beziehung zwischen Verbrennungsschwerpunkt und Zündwinkel herausgestellt. In anderen Anwendungen werden jedoch auch Polynome höherer Ordnung oder andere mathematische Funktionen zur näherungsweisen Beschreibung der Beziehung herangezogen, wenn diese sich im jeweiligen Umfeld als geeignet erweisen (z.B. erhöhte Genauigkeit, etc.).

**[0013]** Die Ablaufdiagramme der Figuren 1 bis 4 zeigen ein Realisierungsbeispiel, wie diese Erkenntnis hinsichtlich des Verbrennungsschwerpunktes umgesetzt wird.

**[0014]** Figur 1 zeigt dabei die Bestimmung des indizierten Istmomentes miist. In einem ersten Kennfeld 200 wird abhängig von Motordrehzahl nmot und Last rl der optimale Momentenwert gebildet. Dieser wird in einer Korrekturstelle 202 mit dem Wirkungsgrad etarri korrigiert, vorzugsweise korrigiert. Dieser ist drehzahl- und restgasratenabhängig und wird im Kennfeld 204 ermittelt. Der Wirkungsgrad etarri beschreibt die Abweichung bezüglich der Ventilüberschneidung vom Normwert. Der Wirkungsgradwert etarri wird im Kennfeld 204 in Abhängigkeit von Signalen gebildet, die eine Inertgasrate durch interne und externe Abgasrückführung repräsentieren.

**[0015]** Als geeignet hat sich ein Signal rri für die interne und externe Inertgasrate erwiesen, welches in Abhän-

gigkeit der Stellung des Abgasrückführventils und der Ein- und Auslaßventilstellung berechnet wird. Die Inertgasrate beschreibt dabei den Anteil des Inertgases an der gesamten angesaugten Gasmasse. Eine andere Art der Berechnung der Inertgasrate beruht auf der Temperatur des rückgeführten Abgasstromes, Lambda, der aktuellen Luftfüllung und dem Abgasdruck. In Abhängigkeit dieses Signals rri und der Motordrehzahl nmot wird der Wirkungsgrad etarri aus dem Kennfeld 204 ausgelesen. Zur Berücksichtigung der Ladungsbewegung hat sich ein Signal wnw als geeignet erwiesen, welches den Öffnungswinkel (bezogen auf Kurbelwelle oder Nockenwelle) des Einlaßventils repräsentiert. In anderen Ausführungsbeispielen wird die Stellung einer Ladungsbewegungsklappe oder eine Größe herangezogen, die den Hub und die Phase der Öffnung der Einlaßventile repräsentiert.

**[0016]** Der auf diese korrigierte optimale Momentenwert wird dann in einer weiteren Korrekturstufe 205 mit dem Lambdawirkungsgrad etalam korrigiert (vorzugsweise multipliziert), der in einer Kennlinie 206 abhängig von dem gemessenen Lambdawert ermittelt wird. Der optimale Momentenwert wird dann in der Korrekturstufe 208 mit dem Zündwinkelwirkungsgrad etazwist korrigiert (multipliziert), welcher in einer nachfolgend beschriebenen Vorgehensweise (210) in Abhängigkeit von Last rl, Motordrehzahl nmot, Inertgasrate rri und dem eingestellten Zündwinkel zwist ermittelt wird. Wird anstelle des Istzündwinkels der Basiszündwinkel eingesetzt, so wird als Ausgangsgröße der Korrekturstufe 208 nicht das indizierte Istmoment miist, sondern wie oben das Basismoment mibas erscheinen.

**[0017]** Die Bestimmung des Zündwinkelwirkungsgrades etazwist unter Berücksichtigung des Verbrennungsschwerpunktes ist im Ablaufdiagramm der Figur 3 an einem Beispiel dargestellt. Das dort gezeigte Beispiel zeigt einen Näherungsansatz über ein Polynom zweiter Ordnung. Zunächst werden in 250 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen wie Last, Motordrehzahl und Inertgasrate die Faktoren A, B und C des Polynoms bestimmt. Dies erfolgt im Rahmen von vorgegebenen Kennfeldern. Daraufhin wird der eingestellte Istzündwinkel in einer Multiplikationsstufe 252 mit dem Parameter B multipliziert. In einer Multiplikationsstufe 254 wird das Quadrat des Istzündwinkels gebildet, welches dann in der Multiplikationsstufe 256 mit dem Koeffizienten A multipliziert wird. Die Ergebnisse der Multiplikationsstufen 252 und 256 werden in 258 addiert. Die Summe wird in 260 zum Koeffizienten C addiert. Ergebnis ist der Winkel des Verbrennungsschwerpunktes, der mittels einer Kennlinie 262 in den Zündwinkelwirkungsgrad etazwist umgewandelt wird. Die Kennlinie 262 ist dabei vorgegeben und stellt die allgemein gültige Kennlinie des Zündwinkelwirkungsgrades über dem Winkel des Verbrennungsschwerpunktes dar.

**[0018]** Das gezeigte Momentenmodell eignet sich nicht nur zur Bestimmung von Istgrößen aus Betriebsgrößen, sondern auch umgekehrt zur Bestimmung von

Stellgrößen aus Sollgrößen. Diese Vorgehensweise ist anhand der Ablaufdiagramme der Figuren 2 und 4 dargestellt. Figur 2 zeigt dabei ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung des Sollfüllungswertes, der dann unter Berücksichtigung eines Saugrohrmodells in einen Sollwert für die Drosselklappenstellung der Brennkraftmaschine umgesetzt wird. Dieser wird dann im Rahmen einer Lageregelung eingestellt. Der vorgegebene Sollmomentenwert  $m_{\text{oll}}$  wird in der Divisionsstufe 300 durch den Lambdawirkungsgrad  $\eta_{\text{lam}}$ , der entsprechend der Vorgehensweise nach Figur 1 bestimmt wird, dividiert. Der auf diese Weise korrigierte Sollmomentenwert wird in einer weiteren Divisionsstufe 302 durch den Wirkungsgrad des Sollzündwinkels  $\eta_{\text{zwsoll}}$  dividiert. Dieser Sollzündwinkelwirkungsgrad wird dabei vorgegeben, beispielsweise als Momentenreserve im Leerlauf, als Momentenreserve zum Katalysatorheizen, etc. Das in 302 korrigierte Sollmoment wird dann in einem Kennfeld 304 nach Maßgabe der Motordrehzahl  $n_{\text{mot}}$  in den Füllungsollwert  $r_{\text{oll}}$  umgerechnet, der dann zur Einstellung der Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine dient.

[0019] Die Bestimmung des einzustellenden Sollzündwinkels ist in Figur 4 dargestellt. Dabei wird als Zwischengröße wieder der Verbrennungsschwerpunkt verwendet, wobei die Annäherung mittels des bereits aus Figur 3 bekannten Polynomansatzes abgeleitet ist. Die Berechnung des Sollzündwinkels wird bei gegebenem Sollzündwinkelwirkungsgrad, Motordrehzahl und gegebener Frischgas- und Restgasfüllung durchgeführt, wobei eine Umkehrung der Polynomfunktion verwendet wird. Ferner wird eine Kennlinie verwendet, die den Winkel des Verbrennungsschwerpunktes über dem Zündwinkelwirkungsgrad darstellt.

[0020] Der vorgegebene Sollzündwinkelwirkungsgrad wird also in der Kennlinie 350 in einen Sollwinkel für den Verbrennungsschwerpunkt  $w_{\text{vbsoll}}$  umgesetzt. Entsprechend der Darstellung in Figur 3 werden in 352 in Abhängigkeit von Betriebsgrößen wie Last, Drehzahl und Inertgasrate  $r_{\text{ri}}$ , die Koeffizienten C, B und A der Polynomfunktion nach Maßgabe von Kennfeldern, Kennlinien oder Tabellen ermittelt. Der Koeffizient C wird in der Verknüpfungsstelle 354 mit dem Sollwert des Verbrennungsschwerpunktes verknüpft. Vorzugsweise wird der Sollwert des Verbrennungsschwerpunktes vom Koeffizienten abgezogen. In der Divisionsstufe 356 wird dann das Ergebnis dieser Verknüpfung durch den Koeffizienten A dividiert. Letzterer wird in einer Multiplikationsstufe 358 mit dem Faktor -2 multipliziert. In der darauf folgenden Divisionsstufe 360 wird der Koeffizient B durch den mit dem Wert -2 multiplizierten Koeffizienten A dividiert. Das Ergebnis wird dann durch die Multiplikationsstufe 362 quadriert und der Verknüpfungsstelle 364 zugeführt. Dort wird der quadrierte Ausdruck mit dem Ergebnis der Divisionsstufe 356 verknüpft, insbesondere wird letzterer Wert von ersterem abgezogen. In 366 wird die Wurzel aus dem Ergebnis gezogen und diese einer weiteren Verknüpfungsstelle 368 zugeführt. Dort wird die Wurzel von dem Ergebnis der Divisionsstelle 360 abgezogen und

auf diese Weise den einzustellenden Sollzündwinkel  $z_{\text{wsoll}}$  gebildet.

[0021] Bei der Bestimmung der Koeffizienten A bis C werden außer den genannten Betriebsgrößen auch weitere Betriebsgrößen, insbesondere die Ventilüberschneidungswinkel bzw. die Öffnungswinkel der Einlaßventile oder die Stellung einer Ladungsbewegungsklappe oder Hub und Phase des Einlaßventils mit einbezogen.

[0022] Die zur Berechnung des Modells verwendeten Kennfelder und Kennlinien werden im Rahmen der Applikation für jeden Motortyp ggf. unter Verwendung des oben erwähnten Softwaretool, bestimmt.

[0023] Figur 5 zeigt eine Steuereinheit 400, welche eine Eingangsschaltung 402, eine Ausgangsschaltung 404 und einen Mikrocomputer 406 umfasst. Diese Komponenten sind mit einem Bussystem 408 verbunden. Über Eingangsleitungen 410 und 412 bis 416 werden die zur Motorsteuerung auszuwertenden Betriebsgrößen, die von Messeinrichtungen 418, 420 bis 424 erfasst werden zugeführt. Die zur Modellberechnung notwendigen Betriebsgrößen sind dabei oben dargestellt. Die erfassten und ggf. aufbereiteten Betriebsgrößensignalen werden dann über das Bussystem 408 vom Mikrocomputer eingelesen. Im Mikrocomputer 406 selbst, dort in seinem Speicher sind die Befehle als Computerprogramm abgelegt, die zu Modellberechnung verwendet werden. Dies ist in Figur 5 mit 426 symbolisiert. Die Modellergebnisse, die ggf. noch in anderen, nicht dargestellten Programmen weiterverarbeitet werden, werden dann vom Mikrocomputer über das Bussystem 408 der Ausgangsschaltung 404 zugeführt, welche dann Ansteuersignal als Stellgrößen z.B. zur Einstellung des Zündwinkels und der Luftzufuhr sowie Messgrößen wie z.B. das Istmoment mißt ausgibt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsmotors, wobei ein Momentenmodell des Verbrennungsmotors eingesetzt wird, mit dessen Hilfe wenigstens eine Istgröße berechnet wird und/oder wenigstens eine Stellgröße aus einer Vorgabegröße abgeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Berechnung der Istgröße und/oder der Stellgröße ein Zusammenhang verwendet wird, welcher eine Abhängigkeit eines Verbrennungsschwerpunktes, welcher dem Kurbelwellenwinkel entspricht, an dem ein vorgegebener Anteil der Verbrennungsenergie umgesetzt ist, von Zündwinkel darstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Istgröße nach Maßgabe eines Zusammenhanges zwischen dem Zündwinkelwirkungsgrad und dem Verbrennungsschwerpunkt ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verbrennungsschwerpunkt nach Maßgabe einer vorgegebenen Funktion abhängig von der Zündwinkelleinstellung und Betriebsgrößen wie Last, Motordrehzahl und Inertgasrate ermittelt wird. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die wenigstens eine Stellgröße in Abhängigkeit eines aus einem Sollzündwinkelwirkungsgrad ermittelten Sollverbrennungsschwerpunktes und Betriebsgrößen wie Last, Drehzahl und Inertgasrate bestimmt wird. 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bestimmung des Verbrennungsschwerpunktes ein Polynom zweiter Ordnung eingesetzt wird, welches die Abhängigkeit des Verbrennungsschwerpunktes vom Zündwinkel beschreibt. 15
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bestimmung des Verbrennungsschwerpunktes ein Polynom höherer Ordnung oder ein anderer geeigneter mathematischer Zusammenhang eingesetzt wird, welches die Abhängigkeit des Verbrennungsschwerpunktes vom Zündwinkel beschreibt. 20
7. Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors, mit einer Steuereinheit, in welcher ein Momentenmodell abgelegt ist, mit dessen Hilfe wenigstens eine Istgröße des Verbrennungsmotors ermittelt wird und/oder wenigstens eine Stellgröße ermittelt wird in Abhängigkeit eines Vorgabewertes, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Istgröße und/oder die Stellgröße im Rahmen des Momentenmodells unter Berücksichtigung eines Zusammenhangs ermittelt wird, der die Abhängigkeit des Verbrennungsschwerpunktes, der dem Kurbelwellenwinkel des Verbrennungsmotors entspricht, bei dem ein vorgegebener Anteil der Verbrennungsenergie umgesetzt ist, von Zündwinkel beschreibt. 25
8. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um alle der Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird. 30
9. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um das Verfahren nach jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, wenn das Programmprodukt auf einem Computer ausgeführt wird. 35

## Claims

1. Method for controlling an internal combustion engine, a torque model of the internal combustion engine being used, by means of which torque model at least one actual variable is calculated and/or at least one actuating variable is derived from a predefined variable, **characterized in that**, in order to calculate the actual variable and/or the actuating variable, a relationship is used which illustrates a dependence of a combustion centre of gravity, which corresponds to the crankshaft angle at which a predefined proportion of the combustion energy is converted, on the ignition angle. 40
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the actual variable is determined on the basis of a relationship between the ignition angle efficiency and the combustion centre of gravity. 45
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the combustion centre of gravity is determined, on the basis of a predefined function, as a function of the ignition angle position and operating variables such as load, engine speed and inert gas rate. 50
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one actuating variable is determined as a function of a nominal combustion centre of gravity and operating variables such as load, speed and inert gas rate, said nominal combustion centre of gravity being determined from a nominal ignition angle efficiency. 55
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a second-order polynomial which describes the dependence of the combustion centre of gravity on the ignition angle is used to determine the combustion centre of gravity.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a higher-order polynomial or another suitable mathematical relationship which describes the dependence of the combustion centre of gravity on the ignition angle is used to determine the combustion centre of gravity.
7. Device for controlling an internal combustion engine, having a control unit in which a torque model is stored, by means of which torque model at least one actual variable is calculated and/or at least one actuating variable is derived from a predefined variable, **characterized in that** the actual variable and/or the actuating variable is determined, within the context of the torque model, using a relationship which describes the dependence of the combustion centre of gravity, which corresponds to the crankshaft angle

of the internal combustion engine at which a predefined proportion of the combustion energy is converted, on the ignition angle.

8. Computer program having program code means for carrying out all the steps of any of Claims 1 to 5 if the program is executed on a computer. 5
9. Computer program product having program code means which are stored on a computer-readable data carrier in order to carry out the method steps according to any of Claims 1 to 5 if the program product is executed on a computer. 10

## Revendications

1. Procédé de commande d'un moteur à combustion interne, selon lequel on utilise un modèle de couple du moteur à combustion interne permettant de calculer au moins une grandeur réelle et/ou de déduire d'une grandeur de consigne au moins une grandeur de réglage,  
**caractérisé en ce que**  
pour calculer la grandeur réelle et/ ou la grandeur de réglage, on utilise un rapport qui représente la dépendance d'un centre de gravité de combustion correspondant à l'angle de vilebrequin auquel une partie prédéterminée de l'énergie de combustion est convertie, en fonction de l'angle d'allumage. 20 25 30
2. Procédé selon la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**  
la grandeur réelle est déterminée en fonction d'un rapport entre le rendement de l'angle d'allumage et le centre de gravité de combustion. 35
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que**  
le centre de gravité de combustion est déterminé suivant une fonction prédéfinie en fonction du réglage de l'angle d'allumage et de grandeurs de fonctionnement telles que la charge, le régime du moteur et le taux de gaz inerte. 40 45
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
au moins une grandeur de réglage est déterminée en fonction d'un centre de gravité de combustion de consigne déterminé à partir d'un rendement d'angle d'allumage de consigne, et de grandeurs de fonctionnement telles que la charge, le régime du moteur et le taux de gaz inerte. 50 55
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

## caractérisé en ce que

pour déterminer le centre de gravité de combustion on utilise un polynôme du deuxième ordre qui décrit la dépendance du centre de gravité de combustion de l'angle d'allumage.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,

## caractérisé en ce que

pour déterminer le centre de gravité de combustion on utilise un polynôme d'un ordre supérieur ou un autre rapport mathématique approprié qui décrit la dépendance du centre de gravité de combustion de l'angle d'allumage.

7. Dispositif de commande d'un moteur à combustion interne, comprenant une unité de commande dans laquelle est enregistré un modèle de couple permettant de déterminer au moins une grandeur réelle du moteur à combustion interne et/ou au moins une grandeur de réglage en fonction d'une valeur de consigne,

## caractérisé en ce que

la grandeur réelle et/ou la grandeur de réglage est déterminée dans le cadre du modèle de couple en tenant compte d'un rapport, qui décrit la dépendance du centre de gravité de combustion correspondant à l'angle de vilebrequin du moteur à combustion interne auquel une partie prédéfinie d'énergie de combustion est convertie, en fonction de l'angle d'allumage.

8. Programme informatique comprenant des moyens codés de programme pour réaliser toutes les étapes de chaque revendication 1 à 5 quelconque si le programme est exécuté sur un ordinateur.
9. Produit de programme informatique comprenant des moyens codés de programme enregistrés un support de données lisible par ordinateur pour réaliser le procédé selon chaque revendication 1 à 5 quelconque si le produit de programme est exécuté sur un ordinateur.

Fig.1

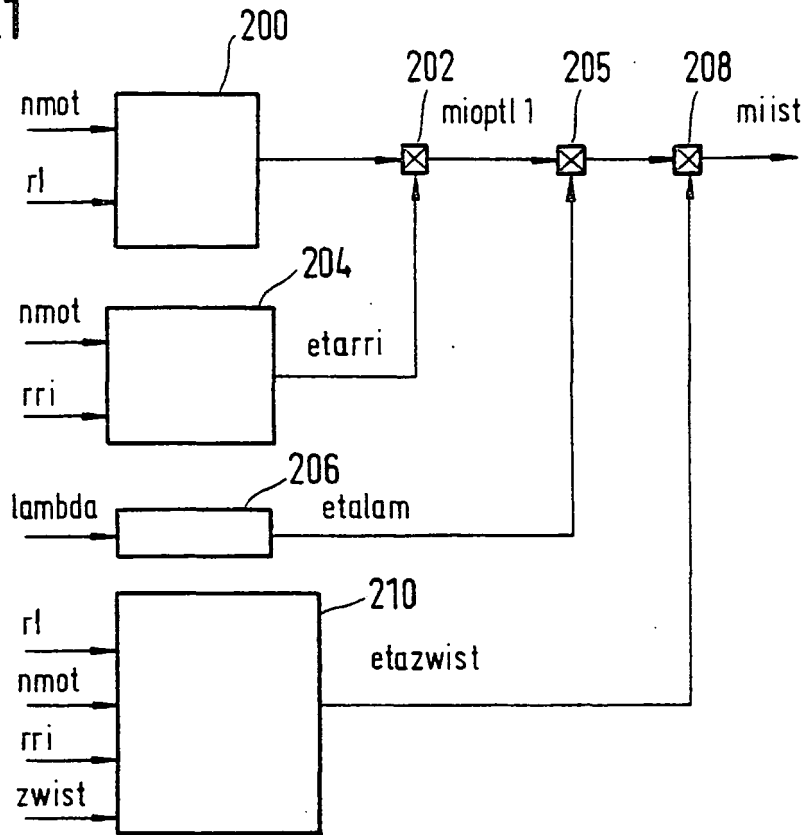


Fig.2

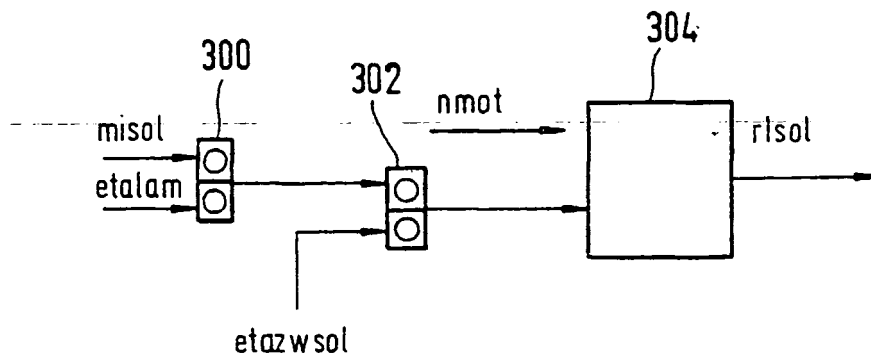


Fig.3

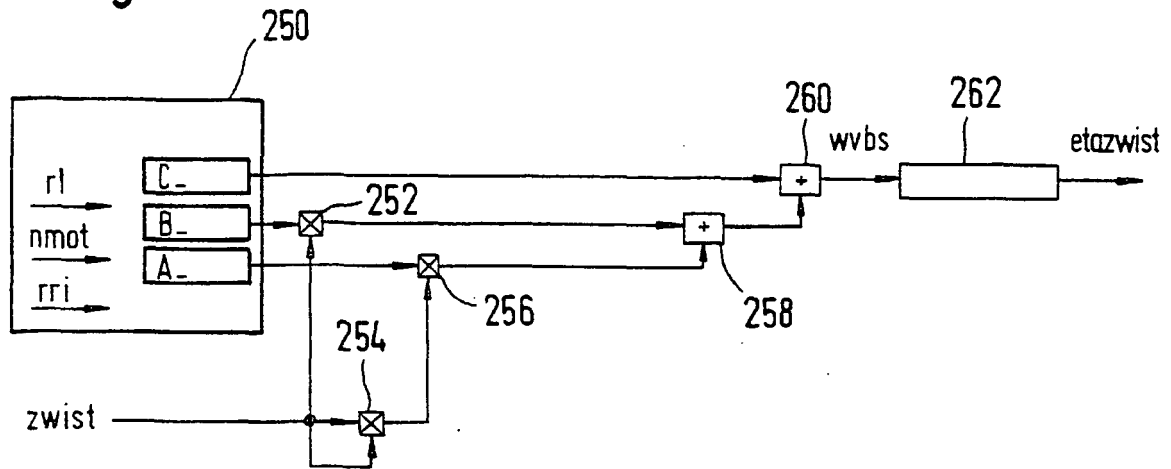


Fig.4

