

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

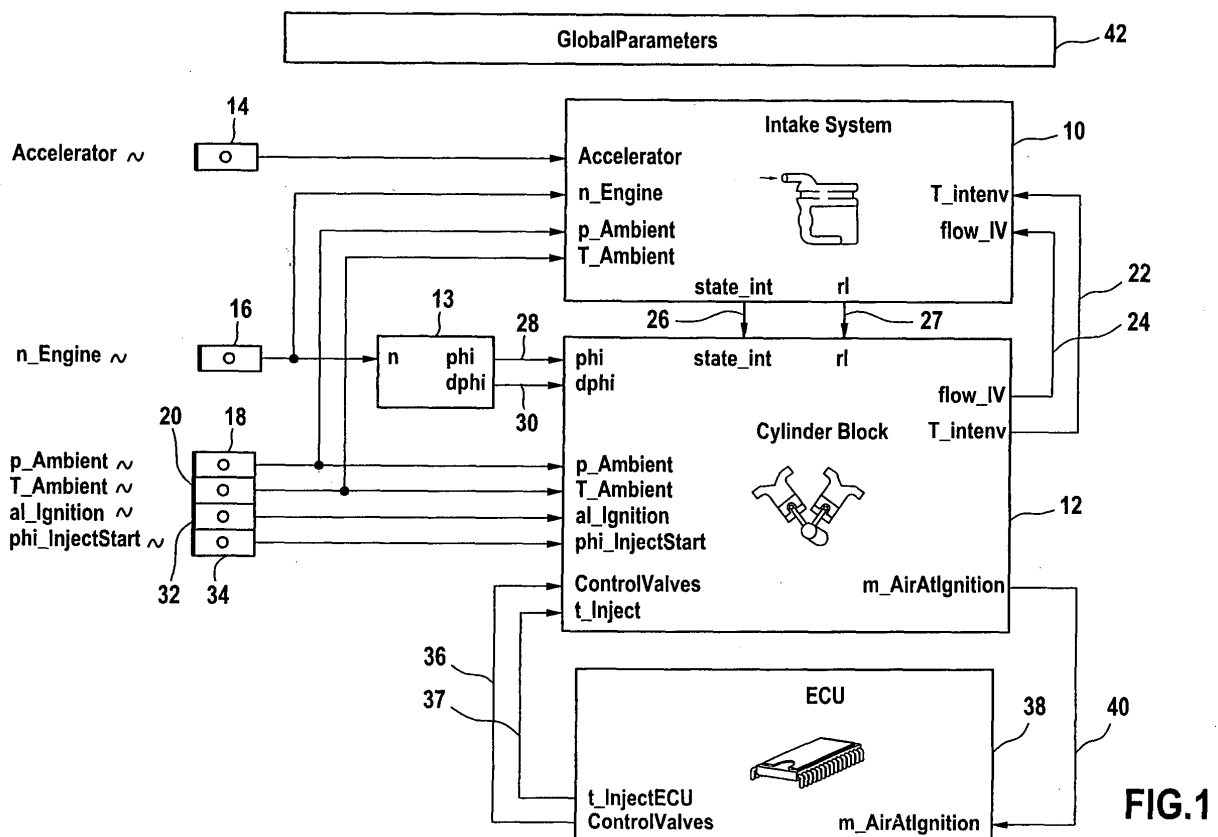
EP 1 667 043 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(43) Veröffentlichungstag:
07.06.2006 Patentblatt 2006/23(51) Int Cl.:
G06F 17/50 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **05107364.1**(22) Anmeldetag: **10.08.2005**(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)(72) Erfinder:
• **Sieber, Udo**
74321, Bietigheim (DE)
• **Casal Kulzer, Andre-Franci**
71032, Boeblingen (DE)
• **Eismann, Wolfgang**
70567, Stuttgart (DE)(30) Priorität: **16.09.2004 DE 102004044814**(54) **Verfahren zur Simulation einer Brennkraftmaschine**

(57) Verfahren zur Simulation des Verbrennungsvorgangs in einer Brennkraftmaschine, wobei ein thermodynamisches Motorsimulationsmodell unter Berücksichtigung der Energiebilanz, der Massenbilanz und der Gas-

zustandsgleichung in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine sowie im Einlaß- und Auslaßsystem erstellt wird, wobei unter Eingabe wenigstens eines Eingabeparameters wenigstens ein Ausgabeparameter ausgegeben wird.

**FIG.1****EP 1 667 043 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Simulation des Verbrennungsvorgangs in einer Brennkraftmaschine, wobei ein thermodynamisches Motorsimulationsmodell erstellt wird.

[0002] Die thermodynamischen Zusammenhänge zur Simulation des Verbrennungsvorganges in Brennkraftmaschinen sind bekannt.

[0003] Bei Betrieb von Brennkraftmaschinen werden in der Regel elektronische Steuerungsverfahren eingesetzt. Mit der zunehmenden Komplexität von Motoren werden derartige Steuerverfahren immer aufwendiger. Es ist in diesem Zusammenhang bekannt, zum Vorgeben von Steuersignalen thermodynamische Computermodelle zu verwenden.

[0004] Herkömmlicherweise werden für die Steuerung von Brennkraftmaschinen Softwarepakete zur Motormodellierung eingesetzt, bei denen die Ansätze thermodynamischer Natur sind. Hierdurch kann bspw. bei einem Einspritzen auf einen elektromotorischen Starter verzichtet werden, wenn bspw. die Steuerung die einzuspritzende Menge Kraftstoff exakt berechnen kann und in den Brennraum, dessen zugehöriger Kolben im Arbeitstakt oder Kompressionstakt steht, einspritzt. Derartige Verfahren sind bspw. aus der DE 197 43 492 A1 und der DE 100 20 104 A1 bekannt.

[0005] Herkömmliche Modelle sind nicht in der Lage, einen Verbrennungsvorgang in einer Brennkraftmaschine bei Drehzahlen $n = 0$ oder $n < 0$, d.h. entgegengesetzte Drehrichtung, zu berücksichtigen, sie sind lediglich für Drehzahlen $n > 0$ einsetzbar.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Simulation von Verbrennungsvorgängen bereitzustellen, das durch Berücksichtigung aller wichtigen physikalischen Parameter eine genaue Abbildung der physikalischen Abläufe beim Verbrennungsvorgang insbesondere für alle Drehzahlen wiedergibt und dabei einen im Hinblick auf den benötigten Zeit- und Rechenkapazitätsaufwand effektiven Einsatz in Forschung und Entwicklung ermöglicht.

[0007] Vor diesem Hintergrund werden mit der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Simulation eines Verbrennungsvorganges, weiterhin eine Vorrichtung, die dieses Verfahren verwendet sowie schließlich ein entsprechendes Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt gemäß den unabhängigen Patentansprüchen vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Simulation des Verbrennungsvorgangs in einer Brennkraftmaschine, wird ein thermodynamisches Motorsimulationsmodell unter Berücksichtigung der Energiebilanz, der Massenbilanz und der Gaszustandsgleichung in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine sowie im Einlaß- und Auslaßsystem erstellt, wobei unter Eingabe wenigstens eines Eingabeparameters wenigstens ein Ausgabepara-

meter ausgegeben wird. Durch dieses Verfahren wird es möglich, für alle Drehzahlen $n < 0$, $n = 0$ und $n > 0$ Verbrennungen in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine zu simulieren. Dadurch kann insbesondere eine genaue Simulation des Motorstarts erstellt werden.

[0009] Vorteilhafterweise umfasst das Verfahren folgende Schritte:

- Durchflussberechnung durch ein Drosselklappe der Brennkraftmaschine,
- thermodynamische Berechnung von Druck und Temperatur in einem Saugrohr und im Auslasssystem der Brennkraftmaschine,
- Durchflussberechnung durch die Steuerventile der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung von kurbelwinkelabhängigen Ventil-Erhebungskurven oder freier Ansteuerung der Ventile,
- thermodynamische Berechnung von Druck und Temperatur im Brennraum der Brennkraftmaschine mit kontinuierlicher Berechnung des resultierenden Moments an der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine,
- Berechnung der Temperatur der Brennkraftmaschine.

[0010] Diese Verfahrensschritte ermöglichen eine genaue Wiedergabe der physikalischen Abläufe bei einem Verbrennungsvorgang, wobei gleichzeitig der notwendige Zeit- und Rechenkapazitätsaufwand in einem handhabbaren Rahmen bleibt.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zusätzlich wenigstens einer der folgenden Schritte durchgeführt:

- Berechnung der aktuellen Einspritzzeiten auf Basis eines einstellbaren Verbrennungsluftverhältnisses,
- Berechnung des momentanen Kraftstoffverbrauchs,
- Berechnung der Reibleistung,
- Berechnung der inneren Arbeit in den Zylindern der Brennkraftmaschine.

[0012] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens setzt in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Ein-oder Zwei-Zonen-Modell zur Simulation der Verbrennung ein. Dieses Ein- oder Zwei-Zonen-Modell erweist sich als in der Praxis besonders leicht handhabbar.

[0013] Vorteilhafterweise wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Simulation der Verbrennung in jedem Zylinder ein quasi-dimensionales Modell eingesetzt. Dadurch ist es möglich, die Abhängigkeit der Flammenfläche von der Brennraumgeometrie in rechnerisch besonders einfacher Weise zu berücksichtigen.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden Wandwärmeverluste mittels einer Reynolds-Analogie berücksichtigt. Diese Art der Berücksichtigung der Wandwärmeverluste erweist sich in der Praxis als besonders zuverlässig.

[0015] Vorteilhafterweise werden in dem Verfahren

Leckage-Verluste und Ladungswechsel mit einer isentropischen Durchflußgleichung berücksichtigt, wobei die Massen und Enthalpien in jedem Zylinder und in dem Ein- und Auslaßsystemen mit Einbeziehung des Luft-, Kraftstoff- und Restgasanteils in Abhängigkeit des jeweiligen Temperatur- und Druckwertes berücksichtigt werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in der Drehmomentenbilanz das Gasfederelement jedes Zylinders und die Motorreibung in Abhängigkeit des Kurbelwinkels, der Drehzahl und des Brennraumdruckes berücksichtigt. Dies erhöht die Genauigkeit des Verfahrens.

[0017] Besonders bevorzugt ist für das Verfahren, dass mittels einer Arbeitsprozeßrechnung unter Verwendung des 2-Zonen-Modells der Brennraumdruck in jedem Zylinder berechnet wird, wobei aus dem berechneten Brennraumdruck das innere Moment der einzelnen Zylinder berechnet und in die Drehmomentenbilanz eingesetzt wird, wobei die Reibung abgezogen wird.

[0018] Vorteilhafterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren aus der Drehmomentenbilanz die Kurbelbeschleunigung bestimmt und daraus durch Integration die Drehzahl und daraus durch Integration die Kolbenposition, die in der Arbeitsprozeßrechnung eingesetzt wird, berechnet. Hiermit sind sehr zuverlässige Berechnungen der Drehzahl und der Kolbenposition möglich.

[0019] Erfindungsgemäß wird ein weiteres Verfahren zur Steuerung und/oder Einstellung einer Brennkraftmaschine durch Festlegung von wenigstens einem Steuerungs- und/oder Einstellungsparameter bereitgestellt, wobei der wenigstens eine Steuerungs- und/oder Einstellungsparameter als Ausgabeparameter einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen ersten Verfahrens gewonnen wird. Beispielsweise kann die Kraftstoffmenge als Steuerungs- und/oder Einstellungsparameter gewonnen werden, die optimal geeignet ist, die Brennkraftmaschine bzw. den Motor unter Einsatz von gezielt bewirkten Verbrennungen in Vorwärtsrichtung zu starten. Zweckmäßigerweise wird eine erste Verbrennung hierbei im Arbeitstakt eingeleitet.

[0020] Es ist jedoch auch möglich, eine erstmalige Verbrennung in einem Kompressionstakt zu bewerkstelligen, um eine Rückwärtsdrehung zu erzeugen, welche eine Vorverdichtung des Gemisches im Arbeitstakt verursacht. Mit einer derartigen Vorverdichtung kann dann erst anschließend im Arbeitstakt die Verbrennung einsetzen, wobei die größten Vorteile einer Verbrennung mit vorverdichtetem Gemisch im Arbeitstakt ausgenutzt werden können.

[0021] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung führt alle Schritte eines oder beider erfindungsgemäßen Verfahren durch.

[0022] Das erfindungsgemäße Computerprogramm mit Programmcodemitteln ist dazu ausgelegt alle Schritte eines oder beider erfindungsgemäßen Verfahren durchzuführen, wenn dieses Computerprogramm auf einem

Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, durchgeführt wird.

[0023] Das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, ist zur Durchführung eines oder beider erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, wenn dieses Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, durchgeführt wird.

[0024] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0025] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0026] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung ausführlich beschrieben.

Figurenbeschreibung

[0027]

Figur 1 zeigt den Grundaufbau einer Steuerung mit Softwareeinheiten und

Figur 2 das Grundschemata des im Grundaufbau verwendeten Motorsimulationsmodells.

[0028] Eine erste, in Fig. 1 gezeigte, als *Intake System* bezeichnete Einheit 10, eine Kraftstoffzufuhreinheit, empfängt einen Eingabeparameter 14 *Accelerator* betreffend die Drosselklappenstellung. Dieser Parameter kann durch die Stellung eines Fahrpedals angegeben werden oder von einem Benutzer vorgegebene beliebige zeitlich veränderbare Werte aufweisen. Jeder der in diesem Ausführungsbeispiel angegebenen Eingabeparameter ist der Art, dass er von einer technischen Einrichtung vorgegeben wird oder von einem Benutzer vorgegebene beliebige zeitlich veränderbare Werte aufweist. Daraus werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren Ausgabeparameter bestimmt, die wiederum als Eingabeparameter in anderen Schritten des Verfahrens verwendet werden können.

[0029] Die Einheit 10 empfängt einen Eingabeparameter 16 *n_Engine* betreffend die Motordrehzahl, einen Eingabeparameter 18 *p_Ambient* betreffend einen Umgebungsdruck und einen Eingabeparameter 20 *T_Ambient* betreffend eine Umgebungstemperatur.

[0030] Die erste Einheit 10 empfängt ebenfalls einen Eingabeparameter 22 *T_intenv* betreffend die Innentemperatur der Brennkraftmaschine und einen Eingabepa-

parameter 24 *flow_IV* betreffend die Stellung eines Einlassventils als Ausgabeparameter von der zweiten, als *Cylinder Block* bezeichnete Zylindereinheit 12.

[0031] Aus der ersten Einheit 10 werden ein Ausgabeparameter 26 *state_int* betreffend den Zustand im Saugrohr und ein Ausgabeparameter *r1* betreffend die relative Last im Saugrohr der zweiten Einheit 12 als Eingabeparameter zugeführt.

[0032] Die Einheit 12 empfängt ebenfalls den Parameter 18 betreffend einen Umgebungsdruck und den Parameter 20 betreffend eine Umgebungstemperatur. Weiterhin empfängt sie von einer Einheit 13 bereitgestellte Ausgabeparameter 28 *phi* betreffend einen Winkel und 32 *dphi* betreffend eine zeitliche Veränderung des Winkels der Nockenwelle als Eingabeparameter.

[0033] Einheit 13 bestimmt diese Parameter 28 und 30 aus dem erhaltenen Eingabeparameter 16 betreffend die Motordrehzahl.

[0034] Einheit 12 empfängt ferner einen Eingabeparameter 32 *al_Ignition* betreffend den Zündwinkel, einen Eingabeparameter 34 *phi_InjectStart* betreffend die Vorgabe des Einspritzbeginns und von einer vierten Einheit 38, der als *ECU* bezeichneten Steuereinheit, einen Ausgabeparameter 36 *ControlValves* betreffend die Steuerung der Ventile und einen Ausgabeparameter 37 *t_Inject* betreffend die Einspritzzeit als Eingabeparameter.

[0035] Ferner wird der Einheit 12 ein Ausgabeparameter 40 *m_AirAtIgnition* betreffend die Luftmenge bei der Zündung aus der Einheit 38 als Eingabeparameter zugeführt.

[0036] In dem Motormodell werden der Durchfluss durch die Drosselklappe des Motors ermittelt, es werden Druck und Temperatur im Saugrohr thermodynamisch berechnet, ferner wird der Durchfluss durch die Steuerventile berechnet. Die Stellung der Ventile kann frei angesteuert sein. Es kann auch eine sogenannte Ventilerhebungskurve, d.h. die Ortskurve des Ventils als Funktion des Kurbelwinkels, verwendet werden.

[0037] Es findet ferner eine thermodynamische Berechnung von Druck und Temperatur im Brennraum statt, und das resultierende Moment wird kontinuierlich berechnet. Daraus wird die Motortemperatur als ganzes berechnet.

[0038] Berechnungen betreffend die aktuellen Einspritzzeiten auf Basis des einstellbaren Verbrennungsluftverhältnisses können angestellt werden. Der momentane Kraftstoffverbrauch, die Reibleistung und die innere Arbeit im Zylinder können berechnet werden.

[0039] In diesem Verfahren wird eine Vielzahl von Parametern verwendet, die mechanische und thermodynamische Größen betreffen.

[0040] Schematisch sind diese Größen in Fig. 2 dargestellt. Es werden in einem Block 210 eine Energiebilanz und eine Massenbilanz erstellt, wobei die Gaszustandsgleichungen verwendet werden. In einem Block 211 erfolgt eine Arbeitsprozessrechnung aufgrund eines thermodynamischen Ein- oder Zwei-Zonen-Modells. Dabei spielen Flammenfläche und Brennraumgeometrie ei-

ne Rolle. Wandwärmeverluste werden berücksichtigt. Dieses Verfahren wird erfindungsgemäß in jedem Zylinder 212 durchgeführt. Als Ausgabeparameter wird der Brennraumdruck p auf den Kolben in jedem Zylinder bereitgestellt. Daraus wird das innere Moment M_i 214 in jedem Zylinder bestimmt.

[0041] Die Momentenbilanz 215 wird aus den einzelnen Momenten 214 in jedem Zylinder erstellt. Dabei wird auch ein Reibungsmoment M_r 216 berücksichtigt. Als Ausgabeparameter wird das effektive Gesamtmoment M_e 217 bereitgestellt.

[0042] In einem Block 218 wird das Gesamtmoment mit der Trägheit in Beziehung gesetzt. Daraus werden die Kurbelbeschleunigung α 219, daraus die

15 Kurbelgeschwindigkeit ω 220 und daraus der Kurbelwinkel ϕ 221 bestimmt. Der Kurbelwinkel ϕ wird der Arbeitsprozessrechnung im Block 211 als Eingabeparameter bereitgestellt. Dieses Verfahren erlaubt die Berechnung eines Verbrennungsvorganges bei allen Drehzahlen n , auch bei $n < 0$, d.h. umgekehrte Drehrichtung, und $n = 0$, d.h. beim Starten der Brennkraftmaschine.

[0043] Im einzelnen:

Die mechanische oder elektronische Drosselklappe wird modelliert, wobei ihre mechanischen Eigenschaften einbezogen werden. Damit wird die effektive freie Querschnittsfläche und die tatsächliche absolute Winkelstellung der Drosselklappe bestimmt.

Es wird der gesamte Massenfluss in das Saugrohrvolumen berechnet. Evtl. werden Steller für Leerlaufsteller, Abgasrückführventil, Tankentlüftungsventil und Einspritzventil einbezogen.

Es wird der gesamte Enthalpiefluss in das Saugrohrvolumen berechnet. Die Zuführung thermodynamischer Größen wie Druck und Temperatur dient diesen Berechnungen.

Der Wärmeübergang aus dem Saugrohrvolumen in die Saugrohrwand wird berechnet, die Wandtemperatur aus der Wärmebilanz wird berechnet.

[0044] Anschließend werden die Steuerventile modelliert. Die freie Querschnittsfläche wird berechnet, danach der Massendurchfluss. Hierbei kann eine Ventilerhebungskurve einbezogen werden, die Ventile können aber auch extern frei angesteuert werden.

[0045] Zusätzlich gibt es ein Modell für die Einspritzventile. Der aktuelle Kurbelwellenwinkel muss dabei berücksichtigt werden sowie der Zylinder-Offset, die Einspritzzeit und der Einspritzbeginn. Es wird der aktuelle Kraftstoff-Fluss durch das Einspritzventil berechnet.

[0046] Zentrales Element des Verfahrens ist das thermodynamische Zylinderdruckmodell, in dem der Massenstrom (durch Einlassventil, Auslassventil und Einspritzventil) in den Brennraum, die Zusammensetzung des Brennrauminhalts (Frischlufte, Kraftstoff und Inertgas bzw. Verbrennungsprodukt), der Enthalpiestrom in den Brennraum unter Berücksichtigung dieser Größen und der Zustand (Druck, Temperatur) berechnet werden. Zylinderwandtemperatur (Bilanzgleichung von zufließender und abfließender Wärme), Wandwärmeverluste

(Verwendung der Hohenbergformel mit Zylinderdurchmesser und Kurbelradius, Kolbenposition etc.) und Kinematik des Kurbeltriebs werden einbezogen. Aus Brennraumdruck und der Kinematik des Kurbeltriebs wird das Drehmoment auf die Kurbelwelle berechnet. Zustandsgrößen im Brennraum werden als Vektor erfasst. Hierzu gehören Kolbenposition, Kolbengeschwindigkeit, das Brennraumvolumen und Hilfsgrößen für die Berechnung des Drehmoments auf die Kurbelwelle und für die Brennraum-Zustandsberechnung.

[0047] Die Berechnung der Verbrennung wird gestartet, wenn der Kurbelwinkel den Zündwinkel überschritten hat.

[0048] Das momentane Drehmoment auf die Kurbelwelle ergibt sich als Differenz aus den Momenten, die aus den Gaskräften auf die Kolben (Verbrennung) resultieren, und den Momenten, die aus den Zentrifugalkräften auf den Kurbeltrieb resultieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Simulation des Verbrennungsvorgangs in einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein thermodynamisches Motorsimulationsmodell unter Berücksichtigung der Energiebilanz, der Massenbilanz und der Gaszustandsgleichung in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine sowie im Einlaß- und Auslaßsystem erstellt wird, wobei unter Eingabe wenigstens eines Eingabeparameters wenigstens ein Ausgabeparameter ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, mit folgenden Schritten:
 - Durchflussberechnung durch eine Drosselklappe der Brennkraftmaschine,
 - thermodynamische Berechnung von Druck und Temperatur in einem Saugrohr der Brennkraftmaschine,
 - Durchflussberechnung durch die Steuerventile der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung von kurbelwinkelabhängigen Ventil-Erhebungskurven oder freier Ansteuerung der Ventile,
 - thermodynamische Berechnung von Druck und Temperatur im Brennraum der Brennkraftmaschine mit kontinuierlicher Berechnung des resultierenden Moments an der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine,
 - Berechnung der Temperatur der Brennkraftmaschine
3. Verfahren nach Anspruch 2, zusätzlich mit wenigstens einem der folgenden Schritte:
 - Berechnung der aktuellen Einspritzzeiten auf Basis eines einstellbaren Verbrennungsluftverhältnisses,

- Berechnung des momentanen Kraftstoffverbrauchs,
- Berechnung der Reibleistung,
- Berechnung der inneren Arbeit in den Zylindern der Brennkraftmaschine.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Ein- oder Zwei-Zonen-Modell zur Simulation der Verbrennung eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Simulation der Verbrennung in jedem Zylinder ein quasi-dimensionales Modell eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Wandwärmeverluste mittels einer Reynolds-Analogie berücksichtigt werden.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Leakage-Verluste und Ladungswechsel mit einer isentropischen Durchflußgleichung berücksichtigt werden, wobei die Massen, Enthalpien in jedem Zylinder und in dem Ein- und Auslaßsystemen mit Einbeziehung des Luft-, Kraftstoff- und Restgasanteils in Abhängigkeit des jeweiligen Temperatur- und Druckwertes berücksichtigt werden.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Drehmomentenbilanz das Gasfederelement jedes Zylinders und die Motorreibung in Abhängigkeit des Kurbelwinkels, der Drehzahl und des Brennraumdruckes berücksichtigt wird.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mittels einer Arbeitsprozeßrechnung unter Verwendung des 2-Zonen-Modells der Brennraumdruck in jedem Zylinder berechnet wird, wobei aus dem berechneten Brennraumdruck das innere Moment der einzelnen Zylinder berechnet und in die Drehmomentenbilanz eingespeist wird, wobei die Reibung abgezogen wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus der Drehmomentenbilanz die Kurbelbeschleunigung bestimmt wird, und daraus durch Integration die Drehzahl und daraus durch Integration die Kolbenposition, die in der Arbeitsprozeßrechnung eingesetzt wird, berechnet wird.
11. Verfahren zur Steuerung und/oder Einstellung einer Brennkraftmaschine durch Festlegung von wenig-

stens einem Steuerungs- und/oder Einstellungsparameter **dadurch gekennzeichnet, daß** der wenigstens eine Steuerungs- und/oder Einstellungsparameter als Ausgabeparameter eines Verfahrens nach den vorstehenden Ansprüchen gewonnen wird.

5

12. Vorrichtung um alle Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen.

13. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder einer entsprechenden Rechneinheit ausgeführt wird.

10

15

14. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer oder auf einer entsprechenden Rechneinheit ausgeführt wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

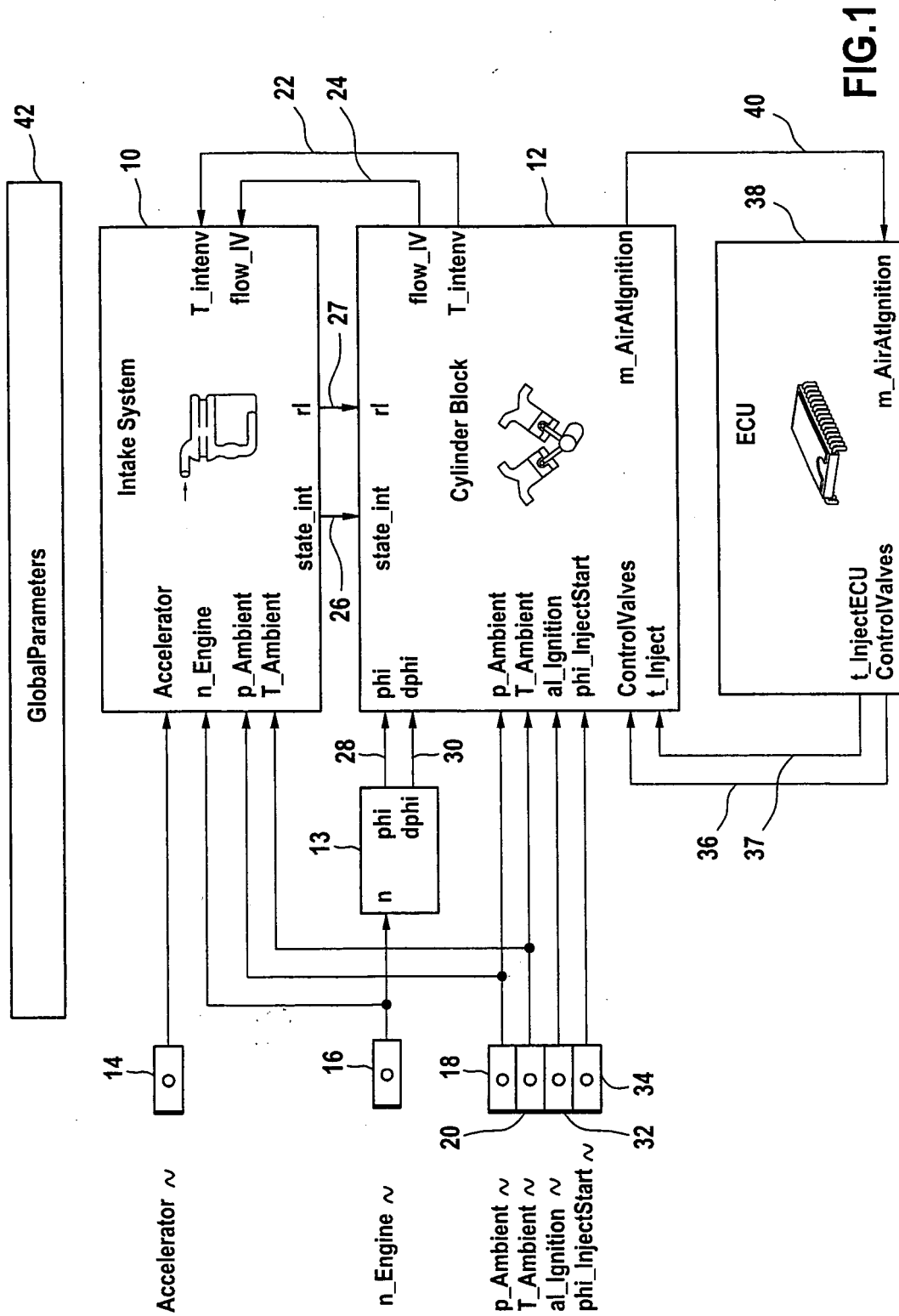


FIG. 1

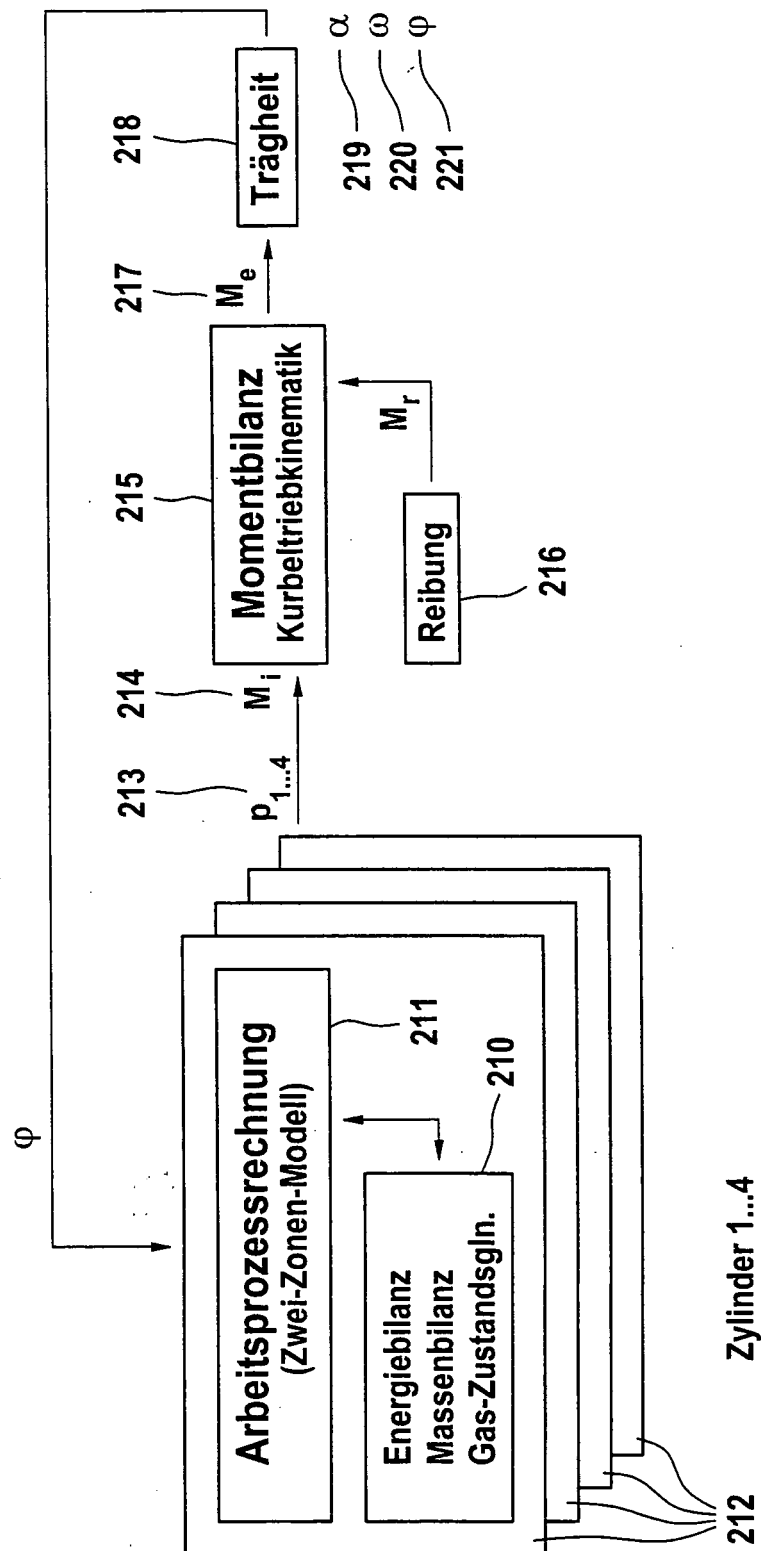


FIG.2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 10 7364

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CHIAVOLA O: "Multi-dimensional CFD-transmission matrix modelling of IC engine intake and exhaust systems" J SOUND VIB; JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION OCT 3 2002, Bd. 256, Nr. 5, 3. Oktober 2002 (2002-10-03), Seiten 835-848, XP002375428	1-10, 12-14	INV. G06F17/50
Y	* das ganze Dokument *	11	
A	A CHOW, M L WYSZYNSKI: "Thermodynamic modelling of complete engine systems" PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, PART D: JOURNAL OF AUTOMOBILE ENGINEERING, Bd. 213, Nr. 4, 1999, XP002376670 insbesondere die Abb. 1	1-10	
	* das ganze Dokument *		
D,Y	DE 100 20 104 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 31. Oktober 2001 (2001-10-31) * Absatz [0026] *	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	JP 2004 239128 A (MAZDA MOTOR CORP) 26. August 2004 (2004-08-26) insbesondere die Abb. 6	1-10	G06F
	* das ganze Dokument *		
	& EP 1 460 568 A (MAZDA MOTOR CORPORATION) 22. September 2004 (2004-09-22) nachveröffentlichtes Familienmitglied zu JP 2004 239128. Wird als Übersetzung der japanischen Anmeldung verwendet.		
	----- -/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. April 2006	Prüfer Lerbinger, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 10 7364

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	STAN C: "SIMULATION STRATEGY FOR COUPLED THERMODYNAMIC PROCESSES IN SPARK IGNITION ENGINES" SAE TECHNICAL PAPER SERIES, SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, WARRENDALE, PA, US, 2003, Seiten 1-14, XP001155401 ISSN: 0148-7191 * das ganze Dokument * -----	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. April 2006	Prüfer Lerbinger, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 10 7364

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-04-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10020104 A1	31-10-2001	WO 0181760 A1	01-11-2001
		EP 1301706 A1	16-04-2003
		JP 2003532006 T	28-10-2003
		US 2002157630 A1	31-10-2002

JP 2004239128 A	26-08-2004	EP 1460568 A2	22-09-2004
		US 2004220716 A1	04-11-2004

EP 1460568 A	22-09-2004	JP 2004239128 A	26-08-2004
		US 2004220716 A1	04-11-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82