

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. April 2003 (03.04.2003)

PCT

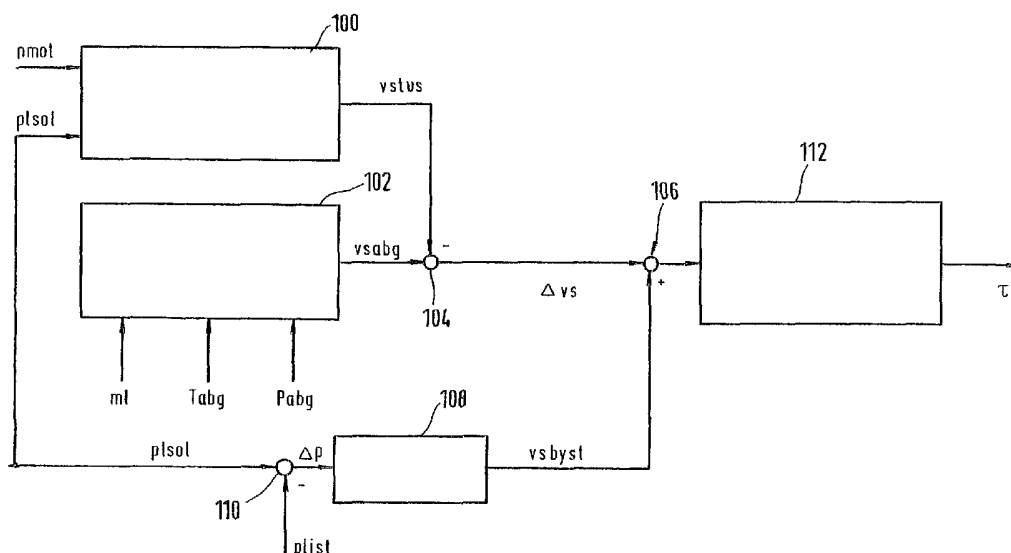
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/027464 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 23/00, (72) Erfinder; und  
F02B 37/18, 37/013 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WILD, Ernst [DE/DE];  
Wernerstrasse 20/6, 71739 Oberriexingen (DE). WE-  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02683 GENER, Sabine [DE/DE]; Bruehlstrasse 16, 71679  
Asperg (DE). HILD, Rainer [DE/DE]; Raitestrasse 40,  
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. Juli 2002 (20.07.2002) 71696 Moeglingen (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).  
(30) Angaben zur Priorität: 101 45 038.9 13. September 2001 (13.09.2001) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von Veröffentlicht:  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 — mit internationalem Recherchenbericht  
20, 70442 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AT LEAST ONE TURBOCHARGER ON AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN WENIGSTENS EINES LADERS EINES VERBRENNUNGSMOTORS



(57) Abstract: A method and a device for operating at least one turbocharger on an internal combustion engine are disclosed, whereby the control signal for at least one adjustment element on the turbocharger (wastegate adjuster, electrical auxiliary compressor), is generated, based on the volumetric flow of exhaust gas in the exhaust manifold of the internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben wenigstens eines Laders eines Verbrennungsmotors vorgeschlagen, wobei das Ansteuersignal für wenigstens ein Stellelement des Laders (Waste-Gate-Steller, elektrischer Zusatzkompressor) abhängig vom Abgasvolumenstrom im Abgastrakt des Verbrennungsmotors gebildet wird.



WO 03/027464 A1



---

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

5

10 Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben wenigstens eines La-  
ders eines Verbrennungsmotors

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung  
zum Betreiben wenigstens eines Laders eines Verbrennungsmo-  
tors.

Zur Leistungssteigerung von Motoren werden in einigen Anwen-  
20 dungsfällen Abgasturbolader verwendet. Dabei treibt der Ab-  
gasvolumenstrom eine Turbine an, die über eine Welle mit ei-  
nem Verdichter verbunden ist, der die Ansaugluft verdichtet.  
Das Verdichtungsverhältnis ist eine Funktion des durch die  
Turbine fließenden Gasvolumenstroms. Der Abgasturbolader ist  
25 bei den bestehenden Lösungen dabei so ausgelegt, dass schon  
bei kleinen Gasströmen eine hohe Verdichtung zustande kommt.  
Damit es bei hohen Gasdurchsätzen nicht zu Verdichtungsver-  
hältnissen und Turbinendrehzahlen kommt, die Schäden am Mo-  
tor bzw. am Abgasturbolader verursachen können, ist ein By-  
30 pass um die Turbine gelegt, der „Waste-Gate“ genannt wird.  
In diesem Bypass ist eine Klappe oder ein Ventil vorgesehen,  
welches den Öffnungsquerschnitt des Bypasses verändert. Die  
Klappe oder das Ventil wird bei einer bekannten Lösung von  
einem Gestänge betätigt, das von einer Membrandose bewegt  
35 wird. Die Membrane der Dose ist mit dem Gestänge verbunden.  
Eine Feder in der Dose drückt die Membrane nach oben. Gegen

die Federkraft wirkt der Ladedruck, der über eine Schlauchleitung der Membrandose aus dem Saugrohr zugeführt wird. Bei hohen Ladedrücken hat der Ladedruck die Oberhand, das Waste-Gate öffnet. Diese Anordnung wirkt wie eine mechanisch-pneumatische Regelung. Abhängig vom Abgasvolumenstrom stellen sich bestimmte Ladedrücke im Saugrohr ein. Um den Ladedruck auch unabhängig von diesen physikalischen Verhältnissen variieren zu können, ist in die Schlauchleitung zur Membrandose ein Taktventil eingebaut. Aufgabe der Ladedruckregelung der Motorsteuerung ist es, dieses Taktventil so anzusteuern, dass sich ein gewünschter Ladedruck einstellt. Mit Vergrößerung des Taktverhältnisses wird immer mehr Luft aus der Schlauchleitung ins Freie abgeblasen. Damit sinkt der Gegendruck gegen die Feder, das Waste-Gate schließt, der Ladedruck steigt (vgl. z. B. Bosch, Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 22. Auflage, Seiten 475 und 476).

Es hat sich gezeigt, dass auch andere Verstellmechanismen zur Steuerung des Öffnungsquerschnitts des Bypasses einsetzbar sind, beispielsweise die Betätigung des Gestänges der Klappe durch einen elektrischen Steller. Damit entfällt die pneumatische Gegenkopplung über den Ladedruck, die den Abgasturbolader eigenstabil macht. Die pneumatische Gegenkopplung vergrößert mit steigendem Ladedruck den Öffnungsquerschnitt und verhindert somit ein Überdrehen der Turbine. Ohne pneumatische Gegenkopplung ist der Abgasturbolader mitkoppelnd und daher instabil. Andere Verstellmechanismen sind beispielsweise eine variable Turbinengeometrie, eine variable Schieberturbine oder eine Klappe im Waste-Gate, die mit einem Stellmotor bewegt wird. Auch diesen Stellern fehlt zumindest teilweise die Gegenkoppelleigenschaft. Es besteht daher ein Bedarf an einer Ladedruckregelung, die universell einsetzbar ist und die Stabilität des Abgasturboladers sicherstellt.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass zur Verbesserung des Ansprechverhaltens eines Abgasturboladers ein in Reihe geschalteter elektrischer Kompressor eingesetzt wird. Dieser wird beispielsweise unterhalb einer vorgegebenen Motordrehzahl bei einer Beschleunigungsanforderung durch den Fahrer eingestellt (vgl. z. B. US-Patent 6 029 452). Eine Ladedruckregelung sollte auch bei einer solchen Anordnung einsetzbar sein.

#### 10 Vorteile der Erfindung

Durch die Steuerung des Ladersystems abhängig vom Abgasvolumenstrom wird die regelungstechnische Beherrschbarkeit eines Abgasturboladersystems durch eine elektronische Ladedruckregelung sichergestellt. In vorteilhafter Weise wird dabei die Verwendung des gleichen Regelalgorithmus für verschiedene Stellertypen ermöglicht. Dies deshalb, weil die bei der Verwendung anderer Steller am Abgasturbolader fehlenden Gegenkoppeligenschaften durch den Aufbau einer elektrischen Vorsteuerung des Stellers in Abhängigkeit des Abgasvolumenstroms nachgebildet wird. Dadurch werden auch Beschädigungen des Ladersystems bei der Applikation der Ladedruckreglerparameter wirksam vermieden.

Die genannten Vorteile werden auch beim Einsatz eines elektrischen Ladersystems, insbesondere eines elektrischen Hilfs-laders in Verbindung mit einem Abgasturbolader erreicht. Auch hier wird durch die abgasvolumenstromabhängige Vorsteuerung das gegenkoppelnde Verhalten nachgebildet.

In vorteilhafter Weise wird auf der Basis des Abgasvolumenstroms der Einschaltzeitpunkt und die Einschaltdauer des elektrischen Zusatzkompressors abgeleitet, indem der Zusatzkompressor nur so lange eingeschaltet ist, bis der Abgasvolumenstrom den Turbinenbedarfsvolumenstrom erreicht hat. In vorteilhafter Weise wird dadurch die Einschaltdauer des e-

lektrischen Zusatzkompressors und damit die Batteriebelastung minimiert.

5 Vorteilhaft ist ferner, dass der Zusatzkompressor nur dann eingeschaltet, wenn ein Solladedruck gefordert wird, der den Grundladedruck übersteigt.

10 Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

#### Zeichnung

15 Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Figur 1 zeigt eine Übersichtsdarstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasturbolader, dessen Steuerung in Figur 2 anhand eines Ablaufdiagramms dargestellt ist. Figur 3 zeigt ein Übersichtsbild einer Brennkraftmaschine mit Abgasturbolader und elektrischem Zusatzlader, deren Steuerung in Figur 20 4 anhand eines weiteren Ablaufdiagramms dargestellt ist.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

25 Im Übersichtsbild der Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, welche ein Ansaugsystem 12 mit einer Drosselklappe 14 und ein Abgassystem 16 umfaßt. Im Abgassystem 16 ist die Turbine 18 eines Abgasturboladers angeordnet, welche über eine mechanische Verbindung 20 mit dem Saugrohr angeordneten Verdichter bzw. Kompressor 22 verbunden ist. In einem Umgehungs kanal 24 um die Turbine 18 des Abgasturboladers herum ist ein elektrisch betätigbares Ventil 26 vorgesehen. Zur Erfassung verschiedener Betriebsgrößen im Bereich der Brennkraftmaschine sind verschiedene Sensoren eingesetzt. 30 Eine Auswahl dieser Sensoren ist mit Blick auf die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise in Figur 1 dargestellt: ein

Luftmassenmesser 28, ein Saugrohrdruckfühler 30, ein Motor-  
drehzahlfühler 32, ein Abgasdruckfühler 34 und ein Abgastem-  
peratursensor 36. Ferner ist ein elektronisches Steuergerät  
38 dargestellt, dem von den genannten Sensoren Leitungen zu-  
5 geführt werden: eine Leitung 40 vom Luftmassenmesser 28, ei-  
ne Leitung 42 vom Saugrohrdrucksensor 30, eine Leitung 44  
vom Drehzahlsensor 32, eine Leitung 46 vom Abgasdrucksensor  
34 und eine Leitung 48 vom Abgastemperatursensor 36. Ferner  
weist die Steuereinheit 38 eine Ausgangsleitung 50 auf, die  
10 zur Steuerung des elektrisch betätigbaren Ventils 26 dient.  
Neben den dargestellten Eingangs- und Ausgangsleitungen sind  
weitere Eingangs- und Ausgangsleitungen vorgesehen, die zur  
Steuerung der Brennkraftmaschine notwendig sind. Diese sind  
in Figur 1 mit den Leitungen 52 bis 56 bzw. 58 bis 62 symbo-  
15 lisiert und nicht näher ausgeführt, da sie in Verbindung mit  
der nachfolgend beschriebenen Vorgehensweise zum Betreiben  
des Laders von nur zweitrangiger Bedeutung sind. Die Ein-  
gangsleitungen 52 bis 56 verbinden die Steuereinheit 38 mit  
Sensoren wie Lambdasensoren, Temperatursensoren, etc., wäh-  
20 rend die Ausgangsleitungen 58 bis 62 auf Einspritzventile,  
Zündungsendstufen, Drosselklappensteller, Abgasrückführven-  
tile, etc. geführt sind.

Im Nachfolgenden wird eine Vorgehensweise beschrieben, mit  
25 deren Hilfe das Ventil 26 im Rahmen des Betriebs des Abgas-  
turboladersystems betätigt wird. Im bevorzugten Ausführungs-  
beispiel handelt es sich bei dem Stellelement 26 um einen  
Stellmotor, der an der Stelle der Membrandose und des Takt-  
ventils das Gestänge bewegt, das den Bypassquerschnitt der  
30 Bypassleitung 24 verstellt. Die nachfolgend beschriebene  
Vorgehensweise läßt sich jedoch auch bei Systemen anwenden,  
die eine andere Struktur des Stellers aufweisen, beispiels-  
weise auch auf elektrisch betätigbare Ventile.

35 Grundprinzip der Vorgehensweise ist, dass abhängig vom Ab-  
gasvolumenstrom die Betätigung des Stellelements 26 erfolgt,

und somit eine Vorsteuerung für die Ladedruckregelung erzeugt wird, die die Gegenkopplungseigenschaften nachbildet. Im konkreten Ausführungsbeispiel wird abhängig von Motordrehzahl und Solladedruck der Abgasvolumenstrom berechnet, bei dem sich der Solladedruck einstellt. Dies erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel mittels eines Kennfeldes, in dem Parameter abgelegt sind, die die mechanischen und geometrischen Eigenschaften des Turboladersystems berücksichtigen. Ferner wird der vom Motor erzeugte Abgasvolumenstrom berechnet. Dies erfolgt beispielsweise mittels eines Modells, in welchem abhängig vom zur Brennkraftmaschine geführten Luftmassenstrom  $m_l$  (gemessen durch den Luftmassenmesser 28), der Abgastemperatur und dem Abgasdruck der Abgasvolumenstrom bestimmt wird. Die Differenz zwischen dem Sollabgasvolumenstrom und dem aktuellen Abgasvolumenstrom ergibt den Abgasvolumenstrom, der über den Bypass zur Turbine fließen soll. Dieser Volumenstrom wird moduliert durch das Ausgangssignal des Ladedruckreglers, welches als Differenzvolumenstrom interpretiert wird. Der aus der Abweichung zwischen Soll- und Istvolumenstrom zuzüglich dem vom Ladedruckregler berechneten Volumenstrom wird zur Bestimmung der Stellung des elektrischen Stellers ausgewertet. Dabei ist beispielsweise eine Kennlinie vorgesehen, in welcher der Volumenstrom in ein Stellsignal umgesetzt wird.

Die dargestellte Vorsteuerung über dem Abgasvolumenstrom hat Gegenkopplungseigenschaft, die dadurch zustande kommt, dass der vom Motor erzeugte Abgasvolumenstrom berücksichtigt wird. Wenn der Sollvolumenstrom über die Turbine geleitet wird, erhöht sich die Turbinendrehzahl und damit auch die Drehzahl des auf der Saugseite sitzenden Verdichters. Damit erhöht sich der Ladedruck und der Abgasvolumenstrom. Die Berechnung und Auswertung des Abgasvolumenstroms in der Steuerung berücksichtigt dies, da die Vorsteuerung dann den Öffnungsquerschnitt des Bypasses erhöht. Das Abgasturboladersystem bleibt somit stabil.



Der Ladedruckregler selber führt nur noch Korrekturen an einem stabilen System durch. In vorteilhafter Weise genügt daher als Ladedruckregler ein gebräuchlicher, robuster und leicht applizierbarer Regler beispielsweise ein Regler mit Proportional-, Integral- und Differenzialverhalten, der auch bei Stellern mit Gegenkoppelleigenschaften wie eingangs erwähnt zum Einsatz kommt.

Die Vorsteuerung selbst arbeitet derart, dass auch bei ausgeschaltetem Regler bei steigendem Abgasvolumenstrom der Öffnungsquerschnitt des Bypass nicht konstant ist, sondern sich erhöht.

Die vorstehend beschriebene Vorgehensweise findet im bevorzugten Ausführungsbeispiel ihre Realisierung als Programm eines Mikrocomputers, welcher Teil der Steuereinheit 38 ist. Das Programm des Mikrocomputers umfaßt dabei die zur Durchführung der Vorgehensweise benötigten Befehle.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines solchen Programms, wobei die einzelnen Blöcke Programme, Programmteile oder Programmschritte, insbesondere Befehle oder eine Summe von Befehlen darstellen, während die Verbindungslinien den Informationsfluß repräsentieren.

Zunächst wird in 100 abhängig von Motordrehzahl  $n_{mot}$  und Solladedruck  $p_{sol}$  ein Sollvolumenstrom  $V_{STUS}$  über der Turbine berechnet. Dies erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel nach Maßgabe eines Kennfeldes, in einem anderen Ausführungsbeispiel nach Maßgabe von Berechnungsschritten. Im Wesentlichen wird dabei mit steigendem Solladedruck und steigender Drehzahl der Sollvolumenstrom ansteigen.

Der Solladedruck selbst wird aus einem Solldruckverhältnis zwischen dem Druck vor und dem Druck nach dem Verdichter er-

mittelt, welches wiederum abhängig von der Motordrehzahl ist. In 102 wird der Istabgasvolumenstrom VSABG ermittelt. Dieser Istabgasvolumenstrom wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel nach Maßgabe der zugeführten Luftmasse ml, der Abgastemperatur Tabg und dem Abgasgegendruck Pabg berechnet. Dabei wird die Abgastemperatur und die zugeführte Luftmasse berechnet, während der Abgasgegendruck gemessen oder nach einem Modell berechnet wird. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird eine Gleichung zur Berechnung des Istabgasvolumenstroms eingesetzt, die in etwa das folgende Aussehen hat:

$$VSABG = k \cdot ML \cdot TABG/PABG$$

Wobei k eine Konstante ist.

In der Verknüpfungsstelle 104 wird die Abweichung zwischen Sollvolumenstrom VSTUS und Istabgasvolumenstrom VSABG ermittelt ( $\Delta VS = VSABG - VSTUS$ ). Die Abweichung  $\Delta VS$  wird einer weiteren Verknüpfungsstelle 106 zugeführt.

Ferner ist ein Regelalgorithmus 108 vorgesehen, welcher eine Ausgangsgröße VSBYST in Abhängigkeit seiner Eingangsgröße ermittelt. Die Eingangsgröße ist dabei eine Abweichung  $\Delta P$ , welche in der Verknüpfungsstelle 110 gebildet wird. In dieser wird der Solladedruck und der durch einen Ladedruckfühler gemessene Istladedruck PLIST miteinander verglichen, und die gebildete Abweichung dem Regler zugeführt. Der Regelalgorithmus bildet dann die Ausgangsgröße, welche in der Verknüpfungsstelle 106 die Vorsteuergröße  $\Delta VS$  korrigiert. Die Korrektur ist beispielsweise als Addition ausgeführt. Die korrigierte Vorsteuergröße  $\Delta VS + VSBYST$  wird in 112 in ein Ansteuersignal für den Steller des Abgasturboladers umgesetzt. Dies erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel im Rahmen einer Kennlinie, welche der Eingangsgröße eine Ausgangsgröße  $\tau$  zuordnet.

Eine Steuergröße mit der Größe  $\tau$  als Parameter wird vom Mikrocomputer bzw. der Steuereinheit zur Ansteuerung des Ventils oder Stellers des Laders ausgegeben, welches einen Volumenstrom im Bypass der Turbine einstellt. Dieser Volumenstrom entspricht dem Volumenstrom gemäß Vorsteuerung plus Reglerkorrektur.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird die vorstehend beschriebenen Vorgehensweise in Verbindung mit einem Turboladersystem angewendet, welches zusätzlich zum mechanischen Abgasturbolader einen elektrischen Hilfslader aufweist. Ein derartiges System ist im Übersichtsbild der Figur 3 dargestellt. Das in Figur 1 dargestellte System ist dabei ergänzt durch einen elektromotorisch angetriebenen Hilfslader 80, der in Strömungsrichtung nach dem Verdichter 22 und vor der Drosselklappe 14 im Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine 10 angeordnet ist. Dieser Hilfslader wird von einem Elektromotor 82 angetrieben, der über eine Ausgangsleitung 84 vom Steuergerät 38 mit einem Ansteuersignal versorgt wird. Die anderen Komponenten und Leitungen entsprechen den in Figur 1 dargestellten, so dass sie mit denselben Bezugszeichen versehen sind und dieselbe Funktion aufweisen.

Ein derartiger elektrischer Hilfslader wird wegen des verzögerten Ansprechverhaltens des Abgasturboladers zu diesem in Reihe geschaltet und in der Regel dann eingeschaltet, wenn eine Beschleunigungsanforderung vorliegt. Dadurch wird das verzögerte Ansprechverhalten bei Beschleunigung kompensiert und der Betrieb optimiert. Die Betriebsdauer des elektrischen Hilfsladers, der Ressourcen des Fahrzeugs verbraucht, insbesondere die Batterie stark belastet, sollte minimiert sein. Es hat sich gezeigt, dass diese Minimierung erreicht werden kann, wenn der elektrische Kompressor eingeschaltet wird, wenn der aktuelle Abgasvolumenstrom unter dem Turbinenbedarfsstrom liegt. Diese Größen stehen aus der vorge-

nannten Vorsteuerung zur Verfügung. Ein weiteres Kriterium für das Einschalten des elektrischen Zusatzkompressors, welches zusätzlich zu dem obengenannten eingesetzt werden kann, ist, dass ein Solladedruck gefordert wird, der den Grundladedruck übersteigt. Der Grundladedruck ist dabei der Druck, der sich ohne besondere Ansteuerung des Abgasturboladers in Folge der Luftströmung zur Brennkraftmaschine einstellt.

Der Zusatzkompressor wird nur so lange eingeschaltet, bis der aktuelle Abgasvolumenstrom den Turbinenbedarfsstrom erreicht hat. Damit ist die Einschaltdauer des Zusatzkompressors und damit auch die Batteriebelastung minimiert. Grund hierfür ist, dass der Abgasturbolader selbst ein mitkoppelndes Verhalten hat. Wenn der Turbinenbedarfsvolumenstrom überschritten wird, dreht die Turbine schneller, der Verdichter dreht mit und erhöht den Ladedruck. Der Abgasvolumenstrom steigt an, was wieder zu einem schnelleren Drehen der Turbine führt. Wie vorstehend beschrieben, muß mit steigendem Ladedruck immer mehr Abgas um die Turbine herum geleitet werden, damit die Turbine nicht überdreht. Dies wird, wie oben dargestellt, durch die genannte Vorsteuerung erreicht. Ist also der Turbinenbedarfsvolumenstrom erreicht, so ist keine Zusatzverdichtung durch den elektrischen Zusatzkompressor notwendig, da der Abgasturbolader dann durch sein mitkoppelndes Verhalten einen ausreichenden Ladedruck bereitstellt.

Wesentlich sind also geeignete Maßnahmen, die Einschaltbedingung für den elektrischen Zusatzkompressor zu bestimmen. Dies wird aus der oben dargestellten Vorsteuerung des Abgasturboladerstellers abgeleitet. Dort wird der Abgasvolumenstrom aus den gemessenen oder modellierten Größen Luftmassenstrom, Abgastemperatur und Abgasdruck berechnet. Ebenso wird der zum Anspringen des Abgasturboladers benötigte Bedarfsvolumenstrom ermittelt. Dieser ist entweder als Festwert vorgegeben oder wird wie oben dargestellt aus Ladedruck

und Drehzahl ermittelt. Ist der aktuelle Abgasvolumenstrom größer als der Turbinenbedarfsstrom, so wird die Abweichung der beiden Ströme über das Waste-Gate an der Turbine vorbei geschickt. Auf diese Weise wird verhindert, dass die Turbine überdreht. Ist für die Turbine der Bedarf an Volumenstrom jedoch höher als der gelieferte Abgasstrom, so wird eine Einschaltbedingung für den elektrischen Hilfslader gesetzt. Der Zusatzkompressor wird dann angeschaltet und ein Ansteuersignal für den elektrischen Motor 82 generiert. Dadurch erhöht sich der Abgasmassenstrom, und die Turbine springt an. Wenn der Abgasstrom den Turbinenbedarfsstrom um einen Betrag übersteigt, wird der Zusatzkompressor wieder abgeschaltet. In vorteilhafter Weise ist hier eine Schalthysterese vorgesehen.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der Zusatzkompressor nur dann eingeschaltet, wenn zusätzlich zu dem aus der Abgasstrom abgeleiteten Einschaltbedingung eine Forderung nach Aktivierung der Ladedruckregelung vorliegt, d. h. wenn der Solladedruck den Grundladedruck übersteigt.

Durch die vorstehend beschriebene Vorgehensweise schaltet der Zusatzkompressor bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (z. B. Last, Drehzahl) immer beim gleichen Abgasvolumenstrom ab. Die Einschaltdauer des Zusatzkompressors ist optimiert.

Die Realisierung der oben beschriebenen Vorgehensweise erfolgt auch hier analog wie im ersten Ausführungsbeispiel mittels eines Programms des Mikrocomputers der Steuereinheit 38. Ein Ablaufdiagramm für ein derartiges Programm ist in Figur 4 skizziert. Auch hier sind die bereits anhand des Ablaufdiagramms der Figur 2 beschriebenen Teile mit denselben Bezugszeichen versehen und weisen die anhand Figur 2 beschriebene Funktion auf.

In 100 wird also der Sollvolumenstrom bestimmt, der entweder aus Drehzahl und Solladedruck oder als Festwert vorgegeben ist. Dieser wird mit dem Abgasvolumenstrom, der wie oben berechnet wird, verglichen. Die Abweichung ( $\Delta VS = VAABG -$   
5  $VSTUS$ ) der beiden Werte stellt den Volumenstrom dar, der über das Waste-Gate abzuleiten ist. Dieser Wert wird nach Korrektur durch den Ladedruckregler in 106 in ein Ansteuersignal für den Steller des Abgasturboladers, insbesondere für den Steller der Bypassklappe umgerechnet.

10

Zur Aktivierung des elektrischen Hilfsladers ist ein Inverter 200 vorgesehen, der auf ein Schaltelement 202 geführt wird, das vorzugsweise eine Hysterese aufweist. Überschreitet der invertierte Volumenstrom  $\Delta VS$  den vorgegebenen Grenzwert, wird ein Einschaltbedingungssignal  $B\_SCEB$  gebildet.  
15 Unterschreitet der Volumenstrom eine weitere Schwelle, wird dieses Bedingungssignal zurückgesetzt. Die Schwelle ist dabei derart gewählt, dass das Rücksetzen dann erfolgt, wenn der aktuelle Abgasvolumenstrom den Sollvolumenstrom erreicht  
20 oder größer als ein vorgegebenes Maß überschritten hat. Somit wird der Hilfslader eingeschaltet, wenn der Abgasvolumenstrom kleiner als der Sollvolumenstrom ist. Zusätzlich ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine logische UND-Verknüpfung 204 vorgesehen, in dem das wie oben be-  
25 schriebene Bedingungssignal mit einem weiteren Bedingungssignal  $B\_LDR$  verglichen wird. Dieses wird gesetzt, wenn eine Ladedruckregelung angefordert ist, d. h. wenn der Solladedruck den Grundladedruck übersteigt. Liegen beide Signale vor, wird ein Bedingungssignal  $B\_SCE$  ausgegeben, welches zur  
30 Aktivierung des elektrischen Hilfsladers führt. Dieser wird dann entweder mit einem fest vorgegebenen Ansteuersignal angesteuert oder bedarfsabhängig nach Maßgabe von Istladedruck, Luftströmung und/oder Drehzahl des Motors, etc. angesteuert.

35

Dargestellt ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel, bei dem die Berechnungen auf der Basis von Volumenströmen erfolgt. In anderen Ausführung wird anstelle der Volumenströmen Massenströme (Abgasmassenstrom) eingesetzt.

5

## 10 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben wenigstens eines Laders eines  
Verbrennungsmotors, welcher eine Turbine im Abgastrakt  
des Verbrennungsmotors und wenigstens einen Verdichter im  
15 Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors aufweist, wobei ein  
betätigbares Stellelement vorgesehen ist, und ein Ansteu-  
ersignal für dieses Stellelement erzeugt wird, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Ansteuersignal abhängig von ei-  
ner den Abgasstrom repräsentierenden Größe ist.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
das Stellelement ein Stellelement zur Steuerung des Öff-  
nungsquerschnitts eines Bypasskanals um die Turbine des  
Abgasturboladers oder ein elektrischer Zusatzlader ist.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
diese Größe ein Abgasvolumenstrom oder ein Abgasmassen-  
strom ist.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
durch gekennzeichnet, dass der Abgasvolumenstrom nach  
Maßgabe der zugeführten Luftmasse, der Abgastemperatur  
und des Abgasdrucks berechnet wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
durch gekennzeichnet, dass ein Sollstrom vorgegeben wird,



eine Abweichung zwischen dem Sollstrom und dem Iststrom gebildet wird und das Abweichungssignal zur Bestimmung des Ansteuersignals herangezogen wird.

- 5           6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollstrom fest vorgegeben ist oder abhängig von Betriebsgrößen wie Motordrehzahl und Solladedruck bestimmt wird.
- 10          7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ladedruckregler vorgesehen ist, welcher ein Ausgangssignal abhängig von Solladedruck und Istladedruck erzeugt.
- 15          8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ladedruckreglerausgangssignal das abhängig vom Abgasstrom gebildete Vorsteuer-signal korrigiert.
- 20          9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aktivierungssignal für einen Zusatzkompressor abhängig vom Abgasstrom gebildet wird.
- 25          10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivierung des Zusatzkompressors dann erfolgt, wenn der Abgasvolumenstrom kleiner als der Sollvolumenstrom ist.
- 30          11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivierung des Zusatzkompressors erfolgt, wenn der Solladedruck größer als der Grundladedruck ist.
- 35          12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzkompressor abge-

schaltet wird, wenn der Abgasstrom den Sollstrom erreicht oder mit einem bestimmten Maß überschritten hat, oder wenn der Solladedruck kleiner als der Grundladedruck ist.

5 13. Verfahren zum Betreiben wenigstens eines Laders eines  
Verbrennungsmotors, mit einem Ladedruckregler, dessen  
Ausgangssignal ein Ansteuersignal zur Steuerung eines  
Stellelements des Abgasturboladers erzeugt, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass eine Vorsteuerung des Stellelement des  
10 Abgasturboladers vorgesehen ist, welche abhängig vom Ab-  
gasstrom bestimmt wird.

14. Vorrichtung zum Betreiben wenigstens eines Laders ei-  
nes Verbrennungsmotors, mit einer elektrischen Steuerein-  
15 heit, welche wenigstens ein Ansteuersignal zur Steuerung  
wenigstens eines Stellelements des Laders erzeugt, da-  
durch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit Mittel auf-  
weist, welche das Ansteuersignal abhängig von einer den  
Abgasstrom repräsentierenden Größe bestimmen.

20 15. Vorrichtung zum Betreiben wenigstens eines Laders ei-  
nes Verbrennungsmotors, mit einer elektronischen Steuer-  
einheit, die einen Ladedruckregler umfasst, dessen Aus-  
gangssignal ein Ansteuersignal zur Steuerung eines Stell-  
25 elements des Abgasturboladers erzeugt, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die Steuereinheit ferner eine Vorsteuerung  
aufweist, welche das Ansteuersignal für das Stellelement  
des Abgasturboladers abhängig vom Abgasstrom bestimmt.

30

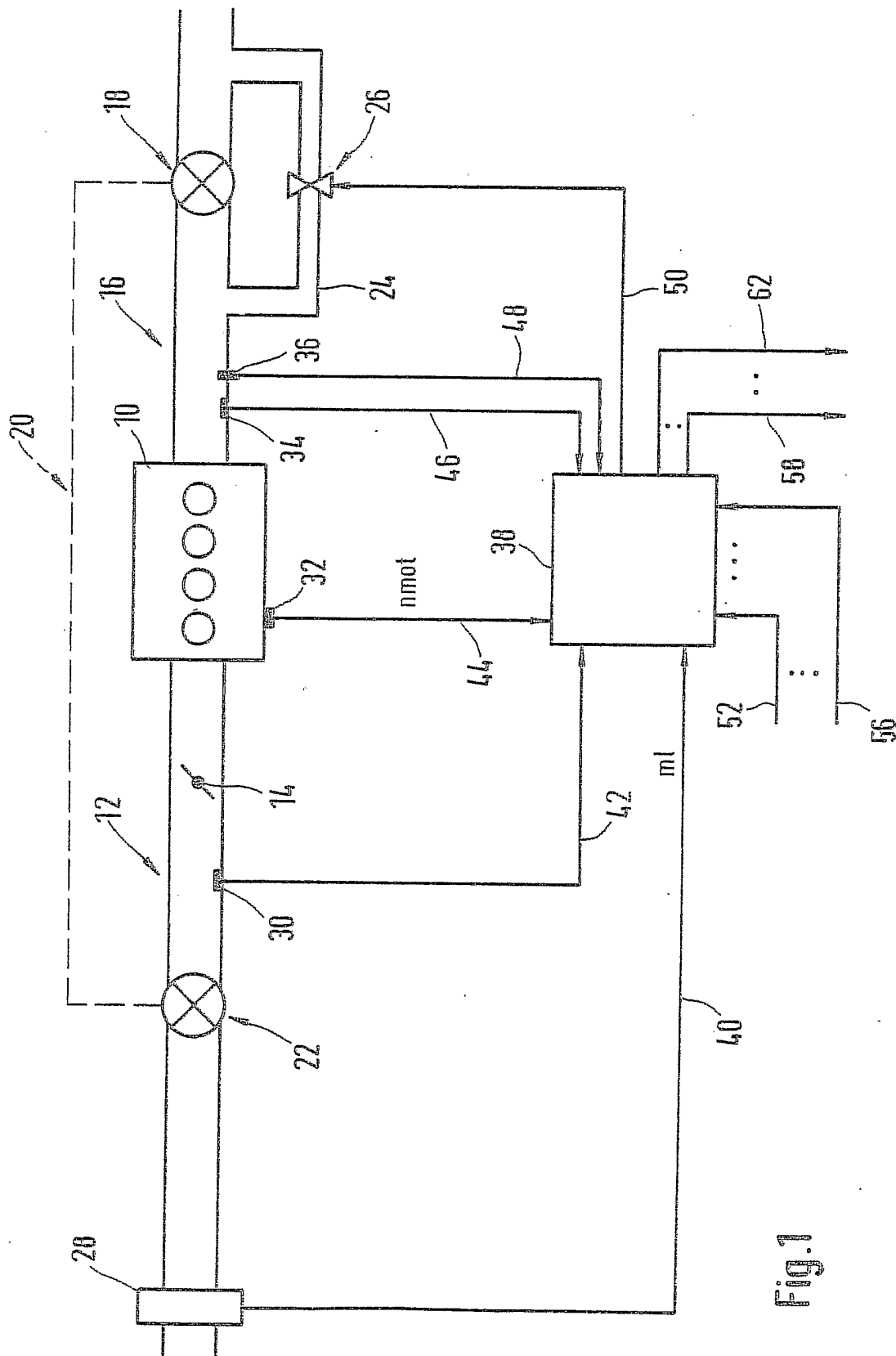


Fig.1

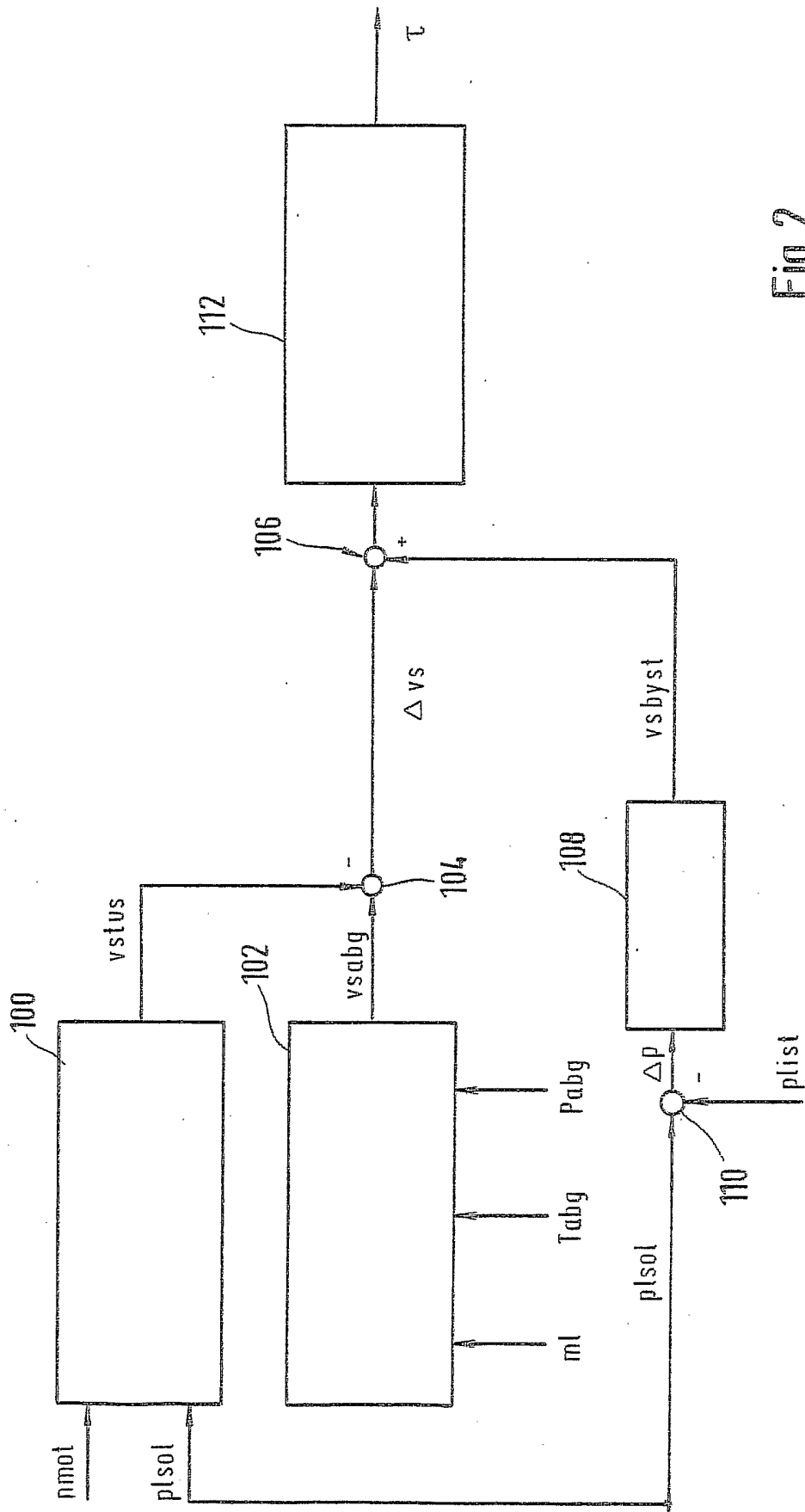


Fig. 2

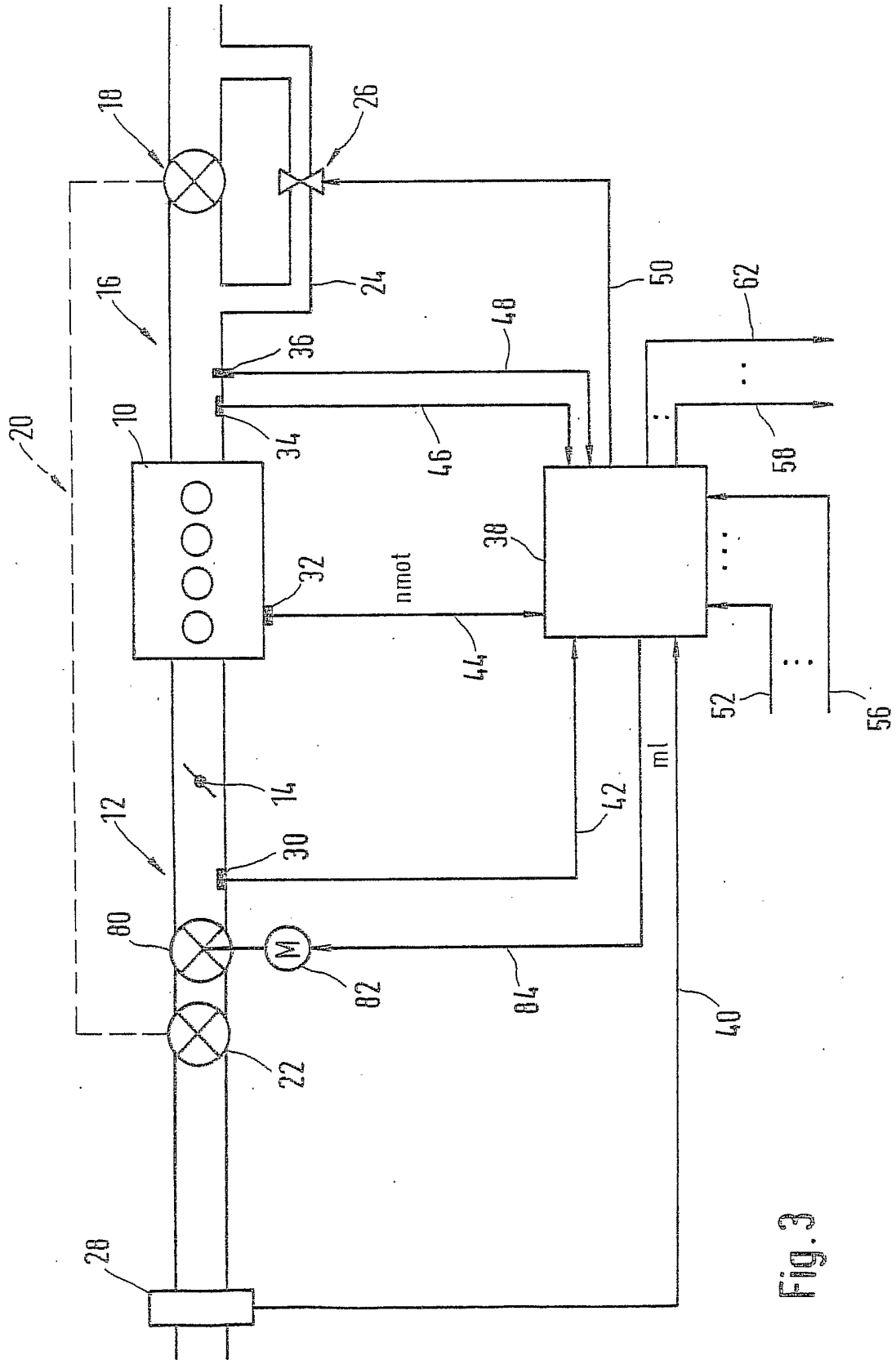


Fig. 3

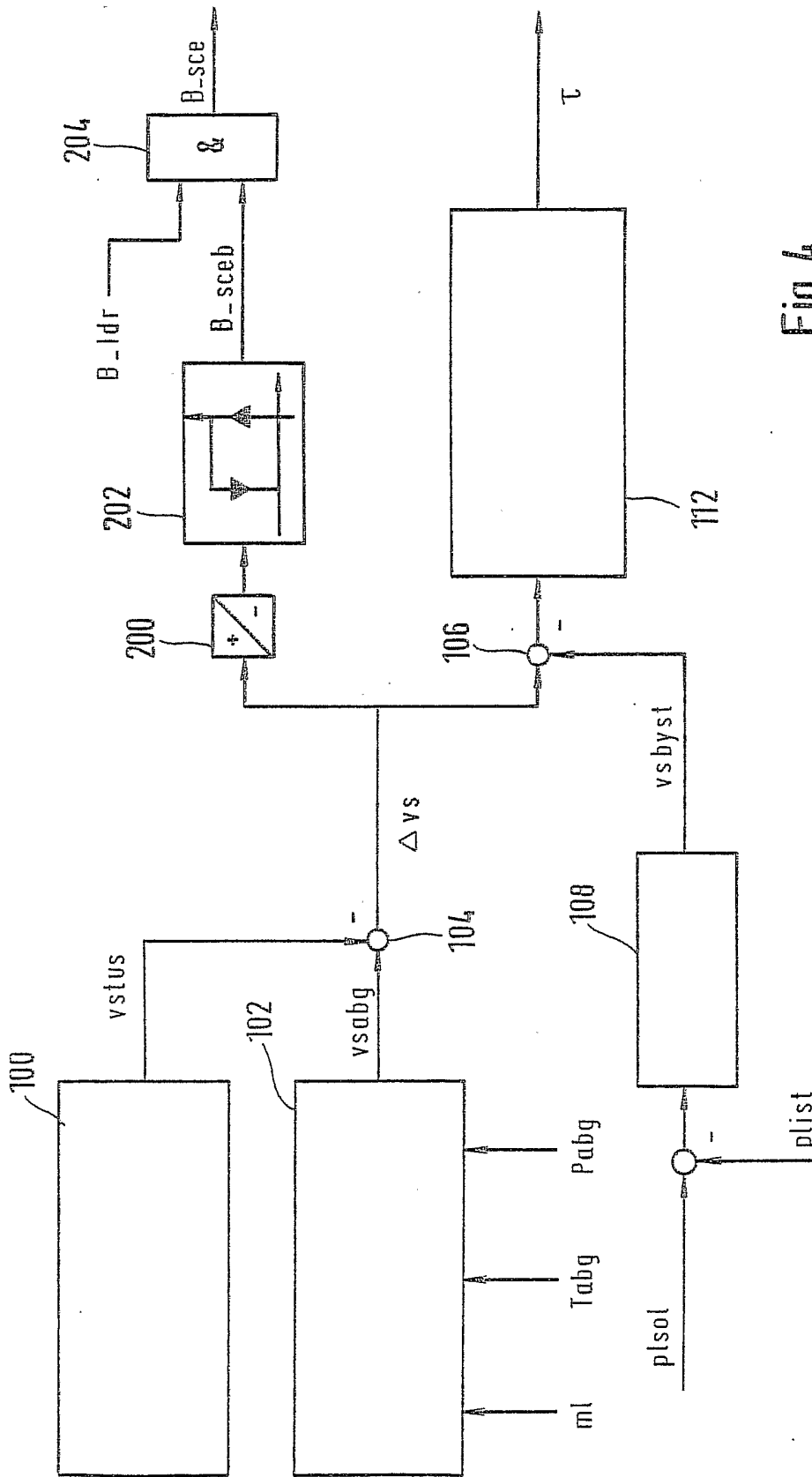


Fig.4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/02683

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 F02D23/00 F02B37/18 F02B39/10 F02B37/013

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	DE 199 35 901 A (ROBERT BOSCH GMBH) 1 February 2001 (2001-02-01) abstract; figures column 1, line 53 -column 7, line 9 ---	1-3,5-8, 13-15 9,11,12 4,10
Y A	DE 197 08 721 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 17 September 1998 (1998-09-17) abstract; figure column 1, line 67 -column 2, line 53 ---	9,11,12 1-8, 13-15
X A	US 6 058 708 A (HEINITZ DIRK; PRZYMUSINSKI ACHIM) 9 May 2000 (2000-05-09) abstract; figures column 2, line 51 -column 4, line 27 --- -/--	1,2,5-7, 13-15 3,4,8-12

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 2002

Date of mailing of the international search report

16/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Döring, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/02683

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ISERMANN R ET AL: "Modellgestützte Reglerentwicklung für einen Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie an einem DI-Dieselmotor" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG, ABTEILUNG TECHNIK. STUTTGART, DE, vol. 61, no. 3, March 2000 (2000-03), pages 184-193, XP000928799 ISSN: 0024-8525	1,13-15
A	the whole document	2-12
A	ZELLBECK HANS ET AL: "Die elektrisch unterstützte Abgasturboaufladung als neues Aufladekonzept" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG, ABTEILUNG TECHNIK. STUTTGART, DE, vol. 60, no. 6, June 1999 (1999-06), pages 386-391, XP000833998 ISSN: 0024-8525 the whole document	1-15
A	VANTINE KATIE J ET AL: "ANALYSIS OF AN EVENT-BASED DIESEL ENGINE MODEL FOR CONTROL PURPOSES" IFAC WORKSHOP ON ADVANCES IN AUTOMOTIVE CONTROL, XX, XX, 28 March 2001 (2001-03-28), pages 361-366, XP001032737 the whole document	1-15
A	DE 199 36 269 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 8 February 2001 (2001-02-08) abstract; figure column 1, line 31 -column 3, line 20	1,8, 13-15
A	EP 1 070 837 A (STEYR-NUTZFAHRZEUGE AG) 24 January 2001 (2001-01-24) abstract; figures column 3, paragraph 11 -column 5, line 16 column 6, line 21 - line 23	1,2,9-15



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/02683

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19935901 A	01-02-2001	DE 19935901 A1	01-02-2001
DE 19708721 A	17-09-1998	DE 19708721 A1	17-09-1998
US 6058708 A	09-05-2000	DE 19732642 A1 FR 2766873 A1	25-02-1999 05-02-1999
DE 19936269 A	08-02-2001	DE 19936269 A1	08-02-2001
EP 1070837 A	24-01-2001	DE 19934606 A1 AU 4875900 A EP 1070837 A2 TR 200002147 A2	25-01-2001 25-01-2001 24-01-2001 21-02-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 F02D23/00 F02B37/18 F02B39/10 F02B37/013

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 IPK 7 F02D F02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	DE 199 35 901 A (ROBERT BOSCH GMBH) 1. Februar 2001 (2001-02-01) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 1, Zeile 53 -Spalte 7, Zeile 9 ---	1-3,5-8, 13-15 9,11,12 4,10
Y A	DE 197 08 721 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 17. September 1998 (1998-09-17) Zusammenfassung; Abbildung Spalte 1, Zeile 67 -Spalte 2, Zeile 53 ---	9,11,12 1-8, 13-15
X A	US 6 058 708 A (HEINITZ DIRK; PRZYMUSINSKI ACHIM) 9. Mai 2000 (2000-05-09) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 2, Zeile 51 -Spalte 4, Zeile 27 --- -/--	1,2,5-7, 13-15 3,4,8-12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Dezember 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/12/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Döring, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ISERMANN R ET AL: "Modellgestützte Reglerentwicklung für einen Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie an einem DI-Dieselmotor" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG, ABTEILUNG TECHNIK. STUTTGART, DE, Bd. 61, Nr. 3, März 2000 (2000-03), Seiten 184-193, XP000928799 ISSN: 0024-8525	1,13-15
A	das ganze Dokument	2-12
A	ZELLBECK HANS ET AL: "Die elektrisch unterstützte Abgasturboaufladung als neues Aufladekonzept" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG, ABTEILUNG TECHNIK. STUTTGART, DE, Bd. 60, Nr. 6, Juni 1999 (1999-06), Seiten 386-391, XP000833998 ISSN: 0024-8525	1-15
A	das ganze Dokument	
A	VANTINE KATIE J ET AL: "ANALYSIS OF AN EVENT-BASED DIESEL ENGINE MODEL FOR CONTROL PURPOSES" IFAC WORKSHOP ON ADVANCES IN AUTOMOTIVE CONTROL, XX, XX, 28. März 2001 (2001-03-28), Seiten 361-366, XP001032737	1-15
A	das ganze Dokument	
A	DE 199 36 269 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 8. Februar 2001 (2001-02-08) Zusammenfassung; Abbildung Spalte 1, Zeile 31 -Spalte 3, Zeile 20	1,8, 13-15
A	EP 1 070 837 A (STEYR-NUTZFAHRZEUGE AG) 24. Januar 2001 (2001-01-24) Zusammenfassung; Abbildungen Spalte 3, Absatz 11 -Spalte 5, Zeile 16 Spalte 6, Zeile 21 - Zeile 23	1,2,9-15

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/02683

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19935901	A	01-02-2001	DE 19935901 A1	01-02-2001
DE 19708721	A	17-09-1998	DE 19708721 A1	17-09-1998
US 6058708	A	09-05-2000	DE 19732642 A1 FR 2766873 A1	25-02-1999 05-02-1999
DE 19936269	A	08-02-2001	DE 19936269 A1	08-02-2001
EP 1070837	A	24-01-2001	DE 19934606 A1 AU 4875900 A EP 1070837 A2 TR 200002147 A2	25-01-2001 25-01-2001 24-01-2001 21-02-2001