

(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
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

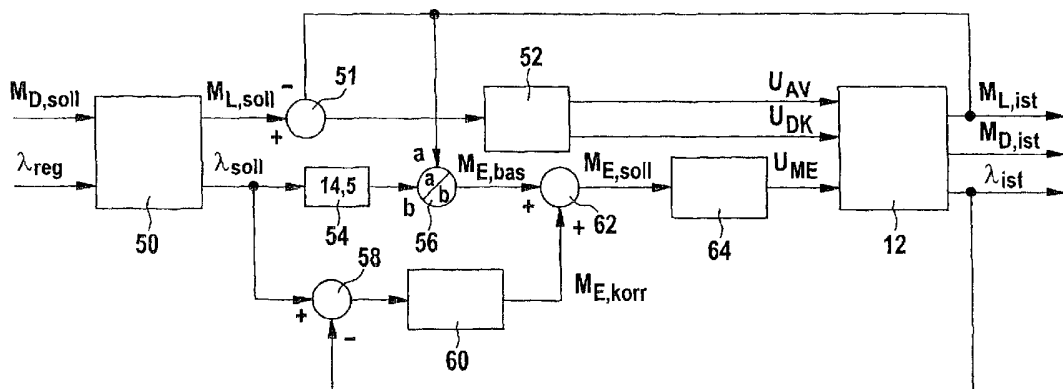
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/016929 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/30, 41/14, 41/40, 41/02
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002098
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juni 2003 (24.06.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 34 849.9 31. Juli 2002 (31.07.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MICHALSKE, Andreas [DE/DE]; Glorstr. 12, 71229 Leonberg (DE). KIENZLE, Ralf [DE/DE]; Roesleinsbergstr. 22, 74653 Kuenzelsau (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD, COMPUTER PROGRAM, AND CONTROL DEVICE AND/OR REGULATING DEVICE FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, COMPUTERPROGRAMM UND STEUER- UND/ODER REGELGERÄT ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE, SOWIE BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: Disclosed is a method for operating an internal combustion engine comprising a catalytic converter, in which the internal combustion engine is switched from a first mode of operation into a second mode of operation and vice versa according to specific operating conditions thereof. The modes of operation differ by a predefined lambda value (Lreg) of the fuel-air mixture in the combustion chamber. In order to ensure that the fuel-air mixture can be adjusted with high accuracy while preventing undesired stepwise torque changes during disturbances, a setpoint air mass (MDsoll) that is to be fed to the combustion chamber is determined from a desired torque (MDsoll) and the predefined lambda value (Lreg), and a setpoint fuel quantity (MEsoll) that is to be fed to the combustion chamber is determined by taking into account a setpoint lambda value (Lsoll) such that respecting the desired torque (MDsoll) has priority over respecting the predefined lambda value (Lreg). In order to determine the setpoint fuel quantity (MEsoll), the setpoint lambda value (Lsoll) is compared with an actual lambda value (List), wherefrom a correcting fuel quantity (MEkorr) is determined.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Katalysator wird abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine von einer ersten in eine zweite Betriebsart und umgekehrt gewechselt. Die Betriebsarten unterscheiden sich u.a. durch einen vorgegebenen Lambdawert (Lreg) des Kraftstoff-Luftgemisches im Brennraum. Um sicher zu stellen, dass das Kraftstoff-Luftgemisch mit hoher

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/016929 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.

Genauigkeit eingestellt werden kann, und gleichzeitig bei Störungen keine ungewünschten Drehmomentsprünge auftreten, dass aus einem gewünschten Drehmoment. (MDsoll) und dem vorgegebenen Lambdawert (Lreg) eine dem Brennraum zuzuführende Soll-Luftmasse (MDsoll) und unter Berücksichtigung eines Soll-Lambdawerts (Lsoll) eine dem Brennraum zuzuführende Soll-Kraftstoffmenge (MEsoll) ermittelt wird, derart, dass die Einhaltung des gewünschten Drehmoments (MDsoll) Priorität vor der Einhaltung des vorgegebenen Lambdawerts (Lreg) hat, und dass zur Ermittlung der Soll-Kraftstoffmenge (MEsoll) der Soll-Lambdawert (Lsoll) mit einem tatsächlichen Lambdawert (List) verglichen und hieraus eine Korrektur-Kraftstoffmenge (MEkorr) ermittelt wird.

5

10 Verfahren, Computerprogramm und Steuer- und/oder Regelgerät
zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie
Brennkraftmaschine

15 Stand der Technik

Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben
einer Brennkraftmaschine mit Katalysator, insbesondere mit
Kraftstoff-Direkteinspritzung, bei dem abhängig von
20 bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine von
einer ersten in eine zweite Betriebsart und umgekehrt
gewechselt wird, wobei sich die Betriebsarten mindestens
durch einen vorgegebenen Lambdawert des Kraftstoff-
Luftgemisches im Brennraum unterscheiden.

25

Ein derartiges Verfahren ist vom Markt her bekannt. Es wird
bei Brennkraftmaschinen mit Benzin-Direkteinspritzung
eingesetzt. Bei derartigen Brennkraftmaschinen wird ein
NOx-Speicherkatalysator zur Reduktion der
30 Schadstoffemissionen eingesetzt. Normalerweise arbeitet die
Brennkraftmaschine in einer Betriebsart, in der das im
Brennraum vorhandene Kraftstoff-Luft-Gemisch mager ist. Die
in dieser Betriebsart entstehenden Stickoxide werden von
dem NOx-Speicherkatalysator aufgenommen und
35 zwischengespeichert.

Der NOx-Speicher-katalysator wird also mit den Stickoxiden beladen. Bevor der NOx-Speicher-katalysator vollständig mit den Stickoxiden beladen ist, wird von der ersten mageren Betriebsart in eine zweite Betriebsart der Brennkraftmaschine umgeschaltet, in der das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum insgesamt eher fett ist.

In dieser fetten Betriebsart gelangen unverbrannte Kohlenwasserstoffe sowie Kohlenmonoxid und Wasserstoff zu dem NOx-Speicher-katalysator. Die in ihm abgespeicherten Stickoxide reagieren dann mit den Kohlenwasserstoffen, dem Kohlenmonoxid und dem Wasserstoff und können unter anderem als molekularer Stickstoff sowie Kohlendioxid und Wasser an die Atmosphäre abgegeben werden. Die fette Betriebsart der Brennkraftmaschine wird solange beibehalten, bis der NOx-Speicher-katalysator wieder möglichst vollständig von den Stickoxiden entladen ist. Dieses Entladen der Stickoxide wird auch als „Regenerieren“ des NOx-Speicher-katalysators bezeichnet.

Für den Betrieb der Brennkraftmaschine mit dem NOx-Speicher-katalysator ist es also erforderlich, von Zeit zu Zeit von der ersten „mageren“ Betriebsart in die zweite „fette“ Betriebsart und umgekehrt zu wechseln. Beim Wechsel von einer Betriebsart in die andere und umgekehrt darf aber keine Änderung des von der Brennkraftmaschine geleisteten Drehmoments entstehen.

In der DE 100 30 936 A1 wird ein entsprechendes Verfahren vorgeschlagen, bei dem aus den Eingangsgrößen Kraftstoffmasse im Magerbetrieb, Luftmasse im Magerbetrieb, für das Renegerieren vorteilhaftes Lambda, und tatsächliche Luftmasse eine Soll-Luftmasse und eine Soll-Kraftstoffmasse bestimmt werden. Hierzu werden in drei unterschiedlichen

Verarbeitungsblöcken Lambdawerte in Wirkungsgradwerte und umgekehrt umgewandelt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs
5 genannten Art so weiter zu bilden, dass das Kraftstoff-
Luft-Gemisch in allen Betriebsbedingungen und Betriebsarten
mit möglichst hoher Präzision eingestellt werden kann, ohne
dass es zu ungewollten Abweichungen des tatsächlichen
Drehmoments von dem vom Benutzer gewünschten Drehmoment
10 kommt.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs
genannten Art dadurch gelöst, dass aus einem gewünschten
Drehmoment und dem vorgegebenen Lambdawert eine dem
15 Brennraum zuzuführende Soll-Luftmasse und unter
Berücksichtigung eines Soll-Lambdawerts eine dem Brennraum
zuzuführende Soll-Kraftstoffmenge ermittelt wird, derart,
dass die Einhaltung des gewünschten Drehmoments Priorität
vor der Einhaltung des vorgegebenen Lambdawerts hat, und
20 dass zur Ermittlung der Soll-Kraftstoffmenge der Soll-
Lambdawert mit einem tatsächlichen Lambdawert verglichen
und hieraus eine Korrektur-Kraftstoffmenge ermittelt wird.

Vorteile der Erfindung

25
Dadurch, dass die Einhaltung des gewünschten Drehmoments
Priorität vor der Einhaltung des vorgegebenen Lambdawerts
hat, wird gewährleistet, dass es weder beim Umschalten von
einer Betriebsart in die andere noch bei Abweichungen der
30 tatsächlich dem Brennraum zugeführten Luftmasse von der
Soll-Luftmasse zu ungewünschten Drehmomentschwankungen
kommt. Hierzu wird der Soll-Lambdawert entsprechend
eingestellt. Es kann also, beispielsweise bei instationären
Bedingungen, durchaus sein, dass der Soll-Lambdawert von
35 dem vorgegebenen Lambdawert abweicht. Darüber hinaus wird

jedoch auch sichergestellt, dass die Soll-Kraftstoffmenge mit sehr hoher Präzision eingestellt werden kann, da der Soll-Lambda wert kontinuierlich mit dem tatsächlichen Lambda wert verglichen und die Soll-Kraftstoffmenge
5 entsprechend korrigiert wird.

Grundsätzlich ist eine Lambda regelung zwar schon bekannt, überraschend bei der vorliegenden Erfindung ist jedoch, dass als Eingangsgröße für die Lambda regelung nicht einfach
10 die Differenz aus dem tatsächlichen Lambda wert und dem vorgegebenen Lambda wert sondern aus dem tatsächlichen Lambda wert und modifizierten Soll-Lambda wert verwendet wird. Erst hierdurch ist es möglich, einerseits das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum der Brennkraftmaschine
15 mit hoher Präzision einzustellen, andererseits jedoch beispielsweise bei einer Abweichung der tatsächlich dem Brennraum zugeführten Luftmasse von der Soll-Luftmasse Drehmomentsprünge zu vermeiden.

20 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die Differenz aus Soll-Lambda wert und Ist-Lambda wert in einen
25 Lambda regler eingespeist wird, dessen Stellgröße die einzuspritzende Korrektur-Kraftstoffmenge ist, und dass diese zu einer Basis-Kraftstoffmenge addiert und so die einzuspritzende Kraftstoffmenge bestimmt wird. Dies ist einfach zu programmieren und führt zu einem guten
30 Verfahrensergebnis.

Dabei ist es möglich, dass die pro Arbeitsspiel einzuspritzende Kraftstoffmenge in eine Mehrzahl von Einzelmengen aufgeteilt wird und die Einzelmengen durch
35 eine Mehrzahl von entsprechenden Einzeleinspritzungen in

den Brennraum eingebracht werden. Durch derartige Einzeleinspritzungen kann die Gemischbildung, das Verbrennungsgeräusch, sowie das Emissionsverhalten verbessert werden.

5

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Soll-Lambda wert nach unten durch einen Minimalwert begrenzt wird. Unter bestimmten Betriebsbedingungen, beispielsweise bei einer plötzlichen Zunahme des vom Benutzer der Brennkraftmaschine gewünschten Drehmoments, kann es aufgrund der Trägheit der Einstellung der dem Brennraum zuzuführenden Luftmenge zu einer kurzfristigen ungewollten Anfettung des Kraftstoff-Luftgemisches kommen. Ein zu niedriger Lambda wert führt jedoch zu einer unerwünscht starken Rußemission. Ferner kann bei einem derartig fetten Kraftstoff-Luft-Gemisch die Verbrennung instabil werden. Dem wirkt die erfindungsgemäße Begrenzung des Lambda werts nach unten entgegen.

Vorgeschlagen wird ferner, dass der Soll-Lambda wert bei Vorliegen bestimmter Betriebsbedingungen gleich dem vorgegebenen Lambda wert gesetzt wird. Üblicherweise wird der Soll-Lambda wert auf der Basis der dem Brennraum tatsächlich zugeführten Luftmenge ermittelt. Solange jedoch die Abweichungen der tatsächlich zugeführten Luftmenge von der Soll-Luftmenge und die entsprechenden Drehmomentschwankungen so klein sind, dass der Fahrer sie nicht fühlt, ist es nicht erforderlich, dass der Soll-Lambda wert jeder Änderung der Ist-Luftmenge folgt. Unter gewissen Stationaritätsbedingungen ist es daher nicht nur zulässig, sondern vorteilhaft, den Soll-Lambda wert auf den vorgegebenen Lambda wert umzuschalten. Dies beruhigt insgesamt den Sollwertverlauf.

Die Betriebsbedingungen, bei denen der Soll-Lambda wert gleich dem vorgegebenen Lambda wert gesetzt wird, liegen

35

dann vor, wenn der nach unten durch einen Minimalwert begrenzte Soll-Lambda wert und der vorgegebene Lambda wert jeweils höchstens gleich eins sind. Unter diesen Bedingungen kann man davon ausgehen, dass die Drehmomentschwankungen so klein sind, dass die Annahme stationärer Verhältnisse gerechtfertigt ist. Auf diese Weise lassen sich eine für die Regeneration des Katalysators erforderliche stationäre Genauigkeit und gutes Fahrverhalten miteinander kombinieren.

10

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird bevorzugt, wenn das Computerprogramm auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory abgespeichert ist.

15

Ferner betrifft die Erfindung ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Bei diesem wird vorgeschlagen, dass es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

20

Auch eine Brennkraftmaschine ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Sie umfasst einen Brennraum, eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung, eine Einrichtung zur Einstellung der in den Brennraum gelangenden Luftmasse, einen Luftmassensensor im Ansaugbereich, einen NO_x-Speicherkatalysator, und ein Steuer- oder Regelgerät, welches die Brennkraftmaschine so steuert bzw. regelt, dass Kraftstoff in einer ersten Betriebsart und in einer zweiten Betriebsart in einen Brennraum gelangt, wobei sich ein vorgegebener Lambda wert in der zweiten Betriebsart von jenem in der ersten Betriebsart unterscheidet.

35

Bei einer solchen Brennkraftmaschine ist es vorteilhaft, wenn sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

5 Zeichnungen

Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im Detail
10 erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine;

15 Figur 2 ein schematisches Blockschaltbild eines Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine von Figur 1, mit dem eine Soll-Luftmasse und eine Soll-Kraftstoffmasse bestimmt wird, und der Verwendung dieser Größen;

20 Figur 3 ein Diagramm mit zwei Kurven, welche eine Soll-Kraftstoffmasse mit einer Soll-Luftmasse bei jeweils konstantem Drehmoment verknüpfen;

25 Figur 4 ein Diagramm mit zwei Kurven, welche ein Luftmassenverhältnis mit einem Lambdawert bei jeweils konstantem Drehmoment verknüpfen;

30 Figur 5 ein Diagramm, in dem eine Ist- und eine Soll-Luftmasse über der Zeit dargestellt sind;

Figur 6 ein Diagramm, in dem ein Lambdawert bei konstantem Drehmoment und ein vorgegebener Lambdawert über der Zeit dargestellt sind;

35

- Figur 7 ein Diagramm, in dem eine einzuspritzende Basis-Kraftstoffmasse über der Zeit bei unterschiedlichen Soll-Lambda-Werten dargestellt ist;
- 5
- Figur 8 ein Diagramm, in dem ein Drehmoment über der Zeit bei unterschiedlichen Soll-Lambda-Werten dargestellt ist;
- 10
- Figur 9 ein schematisches Blockschaltbild ähnlich dem von Figur 2 eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine von Figur 1;
- 15
- Figur 10 ein schematisches Blockschaltbild einer Detaillierung des Verfahrens von Figur 2; und
- Figur 11 ein schematisches Blockschaltbild ähnlich Figur 10 einer alternativen Ausführungsform der
- 20
- Detaillierung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Eine Brennkraftmaschine trägt in Figur 1 insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst mehrere Zylinder, von denen in Figur 1 nur einer dargestellt ist. Er trägt insgesamt das Bezugszeichen 12. Der Zylinder 12 umfasst einen Brennraum 14, dem Verbrennungsluft über ein Einlassventil 16 und ein Ansaugrohr 18 zugeführt wird. Im Ansaugrohr 18 ist eine Drosselklappe 20 und ein Luftmassenmesser 22 angeordnet. Letzterer wird auch als „HFM-Sensor“ bezeichnet.

Die heißen Verbrennungsabgase gelangen aus dem Brennraum 14 über ein Auslassventil 24 in ein Abgasrohr 26. In diesem

ist ein Katalysator 28 mit zwei Lambdasonden angeordnet, welche nur schematisch dargestellt und insgesamt mit dem Bezugszeichen 30 bezeichnet sind. Von den Lambdasonden 30 ist die eine vor dem Katalysator 28 und die andere hinter dem Katalysator 28 angeordnet. Stromabwärts vom Katalysator 28 kann auch ein kombinierter NOx-O2 Sensor eingesetzt werden. Kraftstoff wird dem Brennraum 14 über ein Einspritzventil 32 direkt zugeführt, welches mit einem Kraftstoffsystem 34 verbunden ist. Eine Anlage 36 steuert eine Glüheinrichtung 38.

Ein nicht dargestellter Kolben des Zylinders 12 arbeitet auf eine Kurbelwelle 40, deren Drehzahl von einem Drehzahlsensor 42 abgegriffen wird. Der Betrieb der Brennkraftmaschine 10 wird von einem Steuer- und Regelgerät 44 gesteuert bzw. geregelt. Insbesondere werden die Drosselklappe 20, die Anlage 36 mit der Glüheinrichtung 38 sowie das Einspritzventil 32 vom Steuer- und Regelgerät 44 angesteuert. Signale erhält das Steuer- und Regelgerät 44 vom HFM-Sensor 22, den Lambdasonden 30 sowie dem Drehzahlsensor 42.

Bei der vorliegenden Brennkraftmaschine 10 handelt es sich um eine Diesel-Brennkraftmaschine (grundsätzlich kann das nachfolgend beschriebene Verfahren aber auch bei einer Benzin-Brennkraftmaschine angewendet werden). Die Brennkraftmaschine 10 umfasst auch ein Abgasrückführventil 46, mit dem Abgase aus dem Abgasrohr 26 in das Ansaugrohr 18 stromabwärts von der Drosselklappe 20 geleitet werden können. Ein Wärmetauscher 48 dient zur Kühlung der rückgeführten Abgase. Die Menge des rückgeführten Abgases kann mit dem Abgasrückführventil 46 eingestellt werden. Gerade bei einer Diesel-Brennkraftmaschine wird die in den Brennraum 14 gelangende Luftmasse oft vorrangig mit einem solchen Abgasrückführventil 46 beeinflusst. Auch ein

Abgasturbolader kann vorhanden sein. Dieser wiederum kann eine variable Turbinengeometrie aufweisen.

Das Abgasrückführventil 46 wird ebenfalls vom Steuer- und Regelgerät 44 angesteuert. Eine Drosselklappe ist bei einer Diesel-Brennkraftmaschine standardmäßig nicht vorhanden; sie ist jedoch, wie im vorliegenden Ausführungsbeispiel, zusätzlich vorzusehen, wenn ein NOx-Speicherkatalysator 28 zum Einsatz kommt. Eine weiter unten noch im Detail dargelegte Betriebsart „fett“ erfordert hohe Abgasrückführraten, die sich in der Regel nur mit einer Drosselklappe darstellen lassen.

Beim Katalysator 28 handelt es sich um einen NOx-Speicherkatalysator. Normalerweise arbeitet die Brennkraftmaschine 10 in einer Betriebsart „mager“, in der das Kraftstoff-Luftgemisch im Brennraum 14 eher einen Luftüberschuss aufweist. In dieser entstehen als Verbrennungsabgase u.a. Stickoxide, welche von dem NOx-Speicherkatalysator 28 aufgenommen und zwischengespeichert werden. Der NOx-Speicherkatalysator 28 wird also im mageren Normalbetrieb mit den Stickoxiden beladen.

Bevor der NOx-Speicherkatalysator 28 vollständig mit den Stickoxiden beladen ist, wird die Brennkraftmaschine 10 in eine Betriebsart „fett“ umgeschaltet. In dieser „fetten“ Betriebsart ist im Brennraum 14 der Brennkraftmaschine 10 ein Kraftstoff-Überschuss vorhanden ($\lambda < 1$). Das entsprechende Abgas enthält nun unverbrannte Kohlenwasserstoffe, sowie Kohlenmonoxid und Wasserstoff, welche über das Abgasrohr 26 zu dem NOx-Speicherkatalysator 28 gelangen. Die dort abgespeicherten Stickoxide reagieren mit den Kohlenwasserstoffen, dem Kohlenmonoxid und dem Wasserstoff und können nun u.a. als Stickstoff sowie als Kohlendioxid und Wasser an die Atmosphäre abgegeben werden.

Die fette Betriebsart der Brennkraftmaschine 10 wird solange beibehalten, bis der NO_x-Speicherkatalysator 28 wieder möglichst vollständig von den Stickoxiden entladen ist. Dieses Entladen von Stickoxiden wird auch als
5 „Regenerieren“ des NO_x-Speicherkatalysators 28 bezeichnet.

Für den vorstehenden Betrieb der Brennkraftmaschine ist es also erforderlich, zwischen einer Betriebsart „mager“ und
10 einer Betriebsart „fett“ hin- und herzuschalten. Es versteht sich, dass das vom Benutzer der Brennkraftmaschine geforderte bzw. eingestellte Drehmoment, welches von der Brennkraftmaschine 10 geleistet werden soll bzw. geleistet wird, von den Umschaltvorgängen nicht beeinflusst werden
15 darf. Insbesondere darf bei diesen Umschaltvorgängen kein Momentensprung auftreten.

Ein Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine von Figur 1 wird nun unter Bezugnahme auf die Figuren 2 bis 8
20 im Detail erläutert. Dieses Verfahren ist in Form eines Computerprogramms auf einem Speicher des Steuer- und Regelgeräts 44 abgespeichert.

Die beiden Eingangsgrößen für die Steuerung der
25 Brennkraftmaschine 10 sind einerseits das vom Benutzer der Brennkraftmaschine gewünschte Drehmoment MD_{soll} sowie ein vorgegebener Lambdawert λ_{reg} . Letzterer hängt u.a. von den Betriebsbedingungen und der Betriebsart der Brennkraftmaschine ab. Im Normalbetrieb der
30 Brennkraftmaschine hat der vorgegebene Lambdawert λ_{reg} einen Wert, der einem mageren Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum 14 der Brennkraftmaschine 10 entspricht.

Für die Regenerierung des NO_x-Katalysators 28 wird die
35 Brennkraftmaschine 10 jedoch von Zeit zu Zeit in eine fette

Betriebsart umgeschaltet, in welcher der vorgegebene
Lambdawert λ_{reg} einen Wert annimmt, welcher einem eher
fetten Kraftstoff-Luft-Gemisch im Brennraum 14 der
Brennkraftmaschine 10 entspricht. Die beiden Eingangsgrößen
5 Soll-Drehmoment $M_{D_{soll}}$ und vorgegebener Lambdawert λ_{reg}
werden in einen Steuerungsblock 50 eingespeist. Dieser ist
in Figur 2 nicht weiter detailliert (eine detaillierte
Erläuterung findet sich weiter unten im Zusammenhang mit
den Figuren 10 und 11).

10

Im Steuerungsblock 50 werden eine Soll-Luftmasse $M_{L_{soll}}$ und
ein Soll-Lambdawert λ_{soll} bestimmt. Aus diesen werden
letztlich die Ansteuersignale UDK für die Drosselklappe 20,
UAV für das Abgasrückführventil 46, und UME für das
15 Einspritzventil 32 bestimmt. Hierzu wird die Soll-Luftmasse
 $M_{L_{soll}}$ zunächst in einen Differenzblock 51 eingespeist, in
dem die tatsächliche Luftmasse M_{List} von ihr abgezogen
wird. Die Differenz wird dann einem AGR-Regler 52 (AGR =
Abgasrückführung) zugeführt. Dieser steuert das
20 Abgasrückführventil 46 und/oder die Drosselklappe 20 an,
welches, wie bereits oben beschrieben wurde, durch die
Einstellung des Anteils der rückgeführten Abgasmenge die
dem Brennraum 14 zugeführte Frischluftmenge einzustellen
hilft. Das Ergebnis ist eine tatsächliche dem Brennraum 14
25 zugeführte Luftmasse M_{List} , welche vom Luftmassenmesser 22
erfasst wird.

Der Soll-Lambdawert λ_{soll} wird mittels der
stöchiometrischen Konstanten im Block 54 umgerechnet und
30 das Ergebnis im Divisionsblock 56 für die Division der
tatsächlichen Luftmasse M_{List} verwendet. Das Ergebnis ist
eine einzuspritzende Basis-Kraftstoffmasse $M_{E_{bas}}$. In 58
wird die Differenz zwischen dem Soll-Lambdawert λ_{soll} und
einem tatsächlichen Lambdawert λ_{List} , welcher von den
35 Lambdasonden 30 des Katalysators 28 erfasst wird, gebildet.

Die Differenz wird in einen Lambdaregler 60 eingespeist, der eine einzuspritzende Korrekturkraftstoffmasse ME_{korr} ausgibt. Diese wird in 62 zu der einzuspritzenden Basis-Kraftstoffmasse ME_{bas} addiert, was eine einzuspritzende Soll-Kraftstoffmasse ME_{soll} ergibt. Diese wird in einen Zumessblock 64 eingespeist, der ein entsprechendes Steuersignal UME ausgibt, mit dem das Einspritzventil 32 des Zylinders 12 angesteuert wird.

10 Die Wirkungsweise des in Figur 2 dargestellten Verfahrens wird nun unter Bezugnahme auf die Diagramme der Figuren 3 bis 8 erläutert:

Es wird ein Fall betrachtet, bei dem der vorgegebene Lambdawert L_{reg} gleich einem für das Regenerieren des Katalysators 28 erforderlichen fetten Lambdawert L_{fett} und konstant ist. Gleichzeitig wird ein sog. "positiver Luftmassenfehler" angenommen. Hierunter wird verstanden, dass kurzzeitig die tatsächlich dem Brennraum 14 zugeführte Luftmasse M_{list} die Soll-Luftmasse M_{soll} übersteigt (vgl. Figur 5). Wie aus Figur 3 hervorgeht, würde, ohne entsprechende Gegenmaßnahmen, durch eine solche Störung der tatsächliche Lambdawert vom Wert L_{fett} auf einen magereren Wert L_1 ansteigen, und entsprechend würde das Drehmoment von einem Wert MD_1 auf einen Wert MD_2 ansteigen (vgl. Pfeile 64 in den Figuren 3 und 4).

Würde nun zusätzlich der Lambdaregler 60 als Eingangsgröße nicht die Differenz aus dem tatsächlichen Lambdawert L_{list} und dem Soll-Lambdawert L_{soll} , sondern die Differenz aus dem tatsächlichen Lambdawert L_{list} und dem vorgegebenen Lambdawert L_{reg} verwenden (dies entspräche einer Regelung auf den Regenerierwert L_{fett}), käme es zu einer proportionalen Erhöhung der Einspritzmasse und das tatsächliche Drehmoment würde noch weiter steigen

(gestrichelte Pfeile 66 in den Figuren 3 und 4). Ein positiver Luftmassenfehler würde also - ohne entsprechende Gegenmaßnahmen - zu einer vom Benutzer der Brennkraftmaschine 10 nicht gewünschten und deutlich spürbaren Erhöhung des Drehmoments führen.

Dies wird im vorliegenden Fall jedoch durch zwei Maßnahmen verhindert: Zum einen erfolgt im Steuerungsblock 50 die Bildung des Soll-Lambda werts L_{soll} derart, dass die Einhaltung des vom Benutzer gewünschten Drehmoments MD_{soll} Priorität vor der Einhaltung des vorgegebenen Lambda werts L_{reg} hat. Ferner wird für die Bildung der Eingangsgröße des Lambda reglers 60 nicht der vorgegebene Lambda wert L_{reg} , sondern der Soll-Lambda wert L_{soll} verwendet. Bei einem positiven Luftmassenfehler wird also der Soll-Lambda wert L_{soll} in Figur 3 auf einen Lambda wert L_2 überhöht und so das Drehmoment schnellstmöglich wieder auf den ursprünglich vom Benutzer gewünschten Wert MD_1 korrigiert. Während die Luftmasse ML eingeregelt wird, wird dann der Soll-Lambda wert L_{soll} wieder abgesenkt.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass der Fall eines negativen Luftmassenfehlers von untergeordneter Bedeutung ist. In diesem Fall spielt es praktisch kaum eine Rolle, ob die Lambda regelung nach dem Soll-Lambda wert L_{soll} oder nach dem vorgegebenen Lambda wert L_{reg} erfolgt. Zwar wird hierdurch ein Zustand erzeugt, bei dem der Soll-Lambda wert L_{soll} kleiner als der vorgegebene Lambda wert L_{reg} ist, aber diese zusätzlich Anfettung würde wegen des herrschenden Luftmangels ohnehin zu keiner nennenswerten Korrektur des Drehmoments führen. Darüber hinaus ist ein negativer Fehler des Drehmoments (also ein Abfall des tatsächlichen Drehmoments gegenüber dem gewünschten Drehmoment) weniger kritisch als ein positiver. Hinzu kommt noch, dass einer weiteren Anfettung emissionsbedingte

Grenzen gesetzt sind.

In den Figuren 5 bis 8 sind die Verläufe verschiedener Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 10 bei dem positiven Luftmassenfehler dargestellt. Figur 5 zeigt die tatsächlich dem Brennraum 14 zugeführte Luftmasse M_{List} (durchgezogene Linie) und die Soll-Luftmasse M_{Lsoll} (gestrichelte Linie). Man sieht, dass zum Zeitpunkt Null eine kurzzeitige Störung der Luftmasse beginnt, durch die dem Brennraum 14 mehr Luft zugeführt wird, als an sich erforderlich ist.

In Figur 6 ist gestrichelt der vorgegebene Lambdawert L_{reg} aufgetragen. Dieser ändert sich durch den positiven Luftmassenfehler nicht. Mit einer durchgezogenen Linie ist ein Lambdawert L_{MD} aufgetragen, der jenem Lambdawert entspricht, bei dem das Drehmoment der Brennkraftmaschine dem gewünschten Drehmoment M_{Dsoll} entspricht. Dieser Lambdawert wird also gegenüber dem vorgegebenen Lambdawert deutlich überhöht.

20

In Figur 7 ist die einzuspritzende Basis-Kraftstoffmasse M_{Ebas} aufgetragen, und zwar mit einer durchgezogenen Linie für den Fall, dass der Soll-Lambdawert L_{soll} gleich dem Lambdawert L_{MD} von Figur 6 ist und gestrichelt für den Fall, dass der Soll-Lambdawert L_{soll} gleich dem vorgegebenen Lambdawert L_{reg} ist. Wenn der Soll-Lambdawert L_{soll} gleich dem Lambdawert L_{MD} gesetzt wird, der für ein konstantes Drehmoment gilt, nimmt die einzuspritzende Basis-Kraftstoffmenge M_{Ebas} trotz der zusätzlichen dem Brennraum 14 zugeführten Luftmenge M_{List} ab. Dies führt jedoch, wie aus Figur 8 ersichtlich ist, zu dem mit einer durchgezogenen Linie dargestellten konstanten Drehmomentverlauf M_D . Dagegen wäre in jenem Fall, in dem der Soll-Lambdawert L_{soll} gleich dem vorgegebenen Lambdawert L_{reg} gesetzt werden würde (gestrichelte Linie in

35

Figur 7), eine kurzzeitige und unerwünschte Erhöhung des Drehmoments MD der Brennkraftmaschine 10 zu verzeichnen.

In Figur 9 ist eine Variante zu dem in Figur 2
5 dargestellten Verfahrensablauf aufgezeigt (in Figur 9 tragen solche Blöcke, welche äquivalente Funktionen zu den Blöcken von Figur 2 aufweisen, die gleichen Bezugszeichen; sie sind nicht nochmals im Detail erläutert).

10 Bei dem in Figur 9 dargestellten Verfahren wird vom Steuerungsblock 50 anstelle eines Soll-Lambdawerts eine einzuspritzende Basis-Kraftstoffmasse ME_{bas} ausgegeben. Diese wird dann in 54 mit der stöchiometrischen Konstante
15 Division der vom Luftmassenmesser 22 erfassten tatsächlichen Luftmasse M_{List} verwendet. Das Ergebnis ist dann der Soll-Lambdawert L_{soll}, von dem in 58 der tatsächliche Lambdawert List abgezogen wird. Dieses Ergebnis wird dann wieder in den Lambdaregler 60
20 eingespeist, welcher eine einzuspritzende Korrektur-Kraftstoffmasse ME_{korrr} erzeugt, die in 62 zur einspritzenden Basis-Kraftstoffmasse ME_{bas} addiert wird, was als Ergebnis die einzuspritzende Kraftstoffmasse ME_{soll} liefert.

25 In Figur 10 ist eine Detaillierung der Bereitstellung des Sollwerts der dem Brennraum 14 zuzuführenden Luftmasse M_{Lsoll} und der dem Brennraum 14 zuzuführenden Kraftstoffmasse ME_{soll} des in Figur 2 dargestellten
30 Verfahrens aufgezeigt:

Das Verfahren geht dabei davon aus, dass die Brennkraftmaschine 10 "luftgeführt" betrieben wird. Dies bedeutet, dass die Drosselklappe 20 und das
35 Abgasrückführventil 46 vom Steuer- und Regelgerät 44

entsprechend dem vom Benutzer gewünschten Drehmoment MD_{soll} eingestellt werden. Vom HFM-Sensor 22 wird dann die durch das Ansaugrohr 18 in den Brennraum 14 gelangende tatsächliche Luftmasse M_{List} bestimmt. Abhängig von dieser tatsächlichen Luftmasse M_{List} wird das Einspritzventil 32 so angesteuert, dass eine dem Drehmoment MD_{soll} und, im Stationärbetrieb, eine der vorgegebenen Gemisch-Zusammensetzung L_{reg} entsprechende Kraftstoffmenge ME_{soll} in den Brennraum 14 der Brennkraftmaschine 10 gelangt.

5
10 Weitere Details hierzu sind in der DE 100 30 936 beschrieben, deren Lehre hiermit ausdrücklich einbezogen wird.

Ausgangspunkt bei dem in Figur 10 dargestellten Verfahren ist eine Luftmasse M_{Lmager} und die oben genannte Luftmasse M_{List} . Die Luftmasse M_{Lmager} wird vom Steuer- und Regelgerät 44 vorgegeben und entspricht der bei der gegenwärtigen Drehzahl (Drehzahlsensor 42) und dem gegenwärtigen Drehmoment gewünschten Luftmasse in der Betriebsart "mager" der Brennkraftmaschine 10.

15
20

Da die Brennkraftmaschine 10 über ein Abgasrückführventil 46 verfügt, wird die Größe M_{Lmager} in erheblichem Umfang von einer Regelung für diese Abgasrückführung erzeugt. Bei der Größe M_{List} handelt es sich dagegen um die vom HFM-Sensor 22 erfasste tatsächlich über das Ansaugrohr 18 und das Einlassventil 16 in den Brennraum 14 gelangenden Luftmasse (grundsätzlich ist es möglich, dass das Signal des HFM-Sensors 22 mittels weiterer Messgrößen korrigiert wird).

25
30

Über den vorgegebenen Lambdawert L_{reg} wird ein Luftmassenverhältnis μ_{reg} bestimmt. Die Bestimmung erfolgt in einem Kennlinienblock 68. Mit dessen Hilfe kann zu jedem vorgegebenen Lambdawert L_{reg} jenes Luftmassenverhältnis

35

preg angegeben werden, bei dem das Drehmoment MD konstant bleibt. Der Kennlinienblock 68 verarbeitet verschiedene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 10. Zu diesen gehören im vorliegenden Fall die Drehzahl n der Kurbelwelle 40
5 sowie die in der Betriebsart "mager" einzuspritzende Kraftstoffmasse MEmager.

In 70 wird das Luftmassenverhältnis μ_{reg} mit der Luftmasse M_{Lmager} multipliziert, was eine Soll-Luftmasse M_{Lsoll}
10 ergibt. Abhängig von dieser Soll-Luftmasse M_{Lsoll} wird vom Steuer- und Regelgerät 44 die Drosselklappe 20 und das Abgasrückführventil 46 angesteuert.

In 72 wird die vom HFM-Sensor 22 erfasste Ist-Luftmasse M_{List} durch die in der Betriebsart "mager" gewünschte Luftmasse M_{Lmager} dividiert, was ein tatsächliches Luftmassenverhältnis μ_{ist} ergibt. Dieses wird in einen Kennlinienblock 74 eingespeist, mit welchem aus dem Luftmassenverhältnis μ_{ist} jener Lambdawert L_{soll} bestimmt
20 wird, bei dem das Drehmoment der Brennkraftmaschine 10 unverändert bleibt. Auch die Funktion des Kennlinienblocks 74 hängt von der Drehzahl n und der in der Betriebsart "mager" in den Brennraum 14 einzuspritzenden Kraftstoffmasse MEmager ab.

25

Die weitere Verarbeitung des Soll-Lambdawerts L_{soll} entspricht jener, wie sie in Figur 2 dargestellt ist. Dabei wird durch den Einsatz des Lambdareglers 60 eine sehr genaue Einstellung der in Brennraum 14 der
30 Brennkraftmaschine 10 einzuspritzenden Kraftstoffmasse M_{Esoll} gewährleistet, ohne dass im Störfall (positiver Luftmassenfehler) unerwünschte Drehmomentabweichungen zu befürchten sind.

35 In Figur 11 ist eine Abwandlung des in Figur 10

dargestellten Verfahrens aufgezeigt. Dabei tragen in Figur 11 solche Funktionsblöcke, deren Funktionen äquivalent zu den entsprechenden Blöcken von Figur 10 sind, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert.

5

Bei dem in Figur 11 dargestellten Verfahren wird der Sollwert L_{soll} nach unten hin durch einen Minimalwert L_{min} begrenzt. Dies geschieht folgendermaßen: Der im Kennlinienblock 74 erzeugte Lambdawert (dieser gilt für ein dem vom Benutzer gewünschtes Drehmoment entsprechendes Drehmoment M_D und wird daher als LMD bezeichnet) wird in einen Vergleichsblock 76 eingespeist. In diesem wird der Lambdawert LMD mit dem vorgegebenen und konstanten Minimalwert L_{min} verglichen.

10

15

Der Block 76 gibt den jeweils größeren der beiden Werte LMD bzw. L_{min} als begrenzten Lambdawert L_{bg} weiter. Dieser wird in einen Schalter 78 eingespeist, der in seiner Ruhestellung den Lambdawert L_{bg} als Soll-Lambdawert L_{soll} für die Blöcke 54 und 58 weitergibt. In einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine 10, in dem der begrenzte Lambdawert L_{bg} und der vorgegebene Lambdawert L_{reg} jeweils höchstens den Wert 1 haben, wird der Schalter 78 jedoch in seine geschaltete Stellung gebracht, in der statt dessen der vorgegebene Lambdawert L_{reg} als Soll-Lambdawert L_{soll} weitergegeben wird.

20

25

Im Block 76 wird der Wert des Soll-Lambdawerts L_{soll} auf den vorgegebenen Minimalwert L_{min} begrenzt. Dies bedeutet, dass der Soll-Lambdawert L_{soll} in keinem Betriebszustand einen kleineren Wert als L_{min} annehmen kann. Dem liegt folgender Gedanke zugrunde. Das Luftmassenverhältnis μ_{ist} , welches dem Quotienten M_{List}/M_{Lmager} entspricht, kann dadurch abnehmen, dass die tatsächliche Luftmasse M_{List} abnimmt oder aber dass die Luftmasse M_{Lmager} zunimmt.

30

35

Eine plötzliche Zunahme des vom Benutzer der Brennkraftmaschine 10 gewünschten Drehmoments äußert sich in einer sehr raschen Zunahme der Luftmasse M_{Luft} ,
5 wohingegen sich die tatsächliche Luftmasse M_{tats} aufgrund der Trägheit des Luftmassensystems der Brennkraftmaschine 10 nur langsam ändert. In der Folge kann der Quotient μ vorübergehend sehr kleine Werte annehmen, was im Kennlinienblock 74 zu einem vergleichsweise sehr fetten
10 Gemisch, also einem sehr kleinen Lambdawert λ führt. Würde dieser niedrige Lambdawert als Sollwert weitergegeben, könnte dies zu Problemen mit der Rußemission und zu einer Verbrennungsinstabilität führen. Durch die Begrenzung des Lambdawerts λ_{Soll} mittels des Minimalwerts
15 λ_{min} im Block 76 wird dem vorgebeugt.

Wenn das Luftmassenverhältnis μ dagegen abnimmt, weil beispielsweise die tatsächliche Luftmasse M_{tats} abnimmt, so bedeutet dies, dass bei unverändertem gewünschten
20 Drehmoment des Benutzers das Gemisch angefettet werden muss. Dies kann gewollt sein (beispielsweise bei einer Änderung des vorgegebenen Lambdawerts λ_{reg} zur Durchführung einer Katalysatorregeneration) oder ungewollt (negativer Luftmassenfehler). In beiden Fällen erfolgt die gleiche
25 gewünschte Reaktion. Zusätzliche Funktionsblöcke sind für diesen Fall einer Abnahme des Luftmassenverhältnisses μ nicht erforderlich.

Es sei darauf hingewiesen, dass anstelle des
30 Vergleichsblocks 76 im Kennlinienblock 74 auch eine Kennlinie verwendet werden könnte, welche bei Erreichen des minimalen Lambdawerts λ_{min} abknickt und parallel zur Ordinate verläuft.

35 Die Umschaltung im Block 78 wiederum beruht auf folgendem

Gedanken: Solange die durch die Gemischeinstellung verursachten Veränderungen des Drehmoments der Brennkraftmaschine 10 so klein bleiben, dass der Benutzer der Brennkraftmaschine 10 sie nicht spürt, ist es nicht erforderlich, dass der Soll-Lambdawert L_{soll} jeder Änderung der tatsächlichen Luftmasse M_{List} folgt. Unter gewissen Stationaritätsbedingungen ist es daher zulässig und vorteilhaft, den Soll-Lambdawert auf den vorgegebenen Lambdawert L_{reg} umzuschalten. Dies beruhigt den Verlauf des Soll-Lambdawerts L_{soll} .

5

Ansprüche

10

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) mit Katalysator (28), insbesondere mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, bei dem abhängig von bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine (10) von einer ersten in eine zweite Betriebsart und umgekehrt gewechselt wird, wobei sich die Betriebsarten mindestens durch einen vorgegebenen Lambdawert (L_{reg}) des Kraftstoff-Luftgemisches in einem Brennraum (14) unterscheiden, dadurch gekennzeichnet, dass aus einem gewünschten Drehmoment (M_{Dsoll}) und dem vorgegebenen Lambdawert (L_{reg}) eine dem Brennraum (14) zuzuführende Soll-Luftmasse (M_{Lsoll}) und unter Berücksichtigung eines Soll-Lambdawerts (L_{soll}) eine dem Brennraum (14) zuzuführende Soll-Kraftstoffmenge (M_{Esoll}) ermittelt wird, derart, dass die Einhaltung des gewünschten Drehmoments (M_{Dsoll}) Priorität vor der Einhaltung des vorgegebenen Lambdawerts (L_{reg}) hat, und dass zur Ermittlung der Soll-Kraftstoffmenge (M_{Esoll}) der Soll-Lambdawert (L_{soll}) mit einem tatsächlichen Lambdawert (L_{ist}) verglichen und hieraus eine Korrektur-Kraftstoffmenge (M_{Ekor}) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz (58) aus Soll-Lambdawert (L_{soll}) und Ist-Lambdawert (L_{ist}) in einen Lambdaregler (60)

eingespeist wird, dessen Stellgröße die einzuspritzende Korrektur-Kraftstoffmenge (ME_{korr}) ist, und dass diese zu einer Basis-Kraftstoffmenge (ME_{bas}) addiert (62) und so die einzuspritzende Kraftstoffmenge (ME_{soll}) bestimmt wird.

- 5 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die pro Arbeitsspiel einzuspritzende Kraftstoffmenge in eine Mehrzahl von Einzelmengen aufgeteilt wird und die Einzelmengen durch eine Mehrzahl von entsprechenden Einzeleinspritzungen in
10 den Brennraum eingebracht werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Lambdawert (L_{soll}) nach unten durch einen Minimalwert (L_{min}) begrenzt wird (76).
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Lambdawert (L_{soll}) unter bestimmten Betriebsbedingungen gleich dem vorgegebenen Lambdawert (L_{reg}) gesetzt wird (78).
- 20 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsbedingungen, bei denen der Soll-Lambdawert (L_{soll}) gleich dem vorgegebenen Lambdawert (L_{reg}) gesetzt wird (78), dann vorliegen, wenn der nach unten begrenzte Soll-Lambdawert (L_{bg}) und der vorgegebene Lambdawert (L_{reg}) jeweils höchstens gleich 1 sind.
- 25 7. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.
- 30 8. Computerprogramm nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

9. Steuer- und/oder Regelgerät (44) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), dadurch gekennzeichnet, dass es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 7 oder 8 abgespeichert ist.

- 5 10. Brennkraftmaschine (10), mit einem Brennraum (14), mit einer Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (32), mit einer Einrichtung (20) zur Einstellung der in den Brennraum (14) gelangenden Luftmasse, mit einem Luftmassensensor (22) im Ansaugbereich (18), mit einem NOx-Speicherkatalysator (28),
10 und mit einem Steuer- und/oder Regelgerät (44), welches die Brennkraftmaschine (10) so steuert bzw. regelt, dass Kraftstoff in einer ersten Betriebsart und in einer zweiten Betriebsart in einen Brennraum (14) gelangt, wobei sich ein vorgegebener Lambdawert (λ_{reg}) in der zweiten Betriebsart
15 von jenem in der ersten Betriebsart unterscheidet, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät (44) nach Anspruch 9 umfasst.

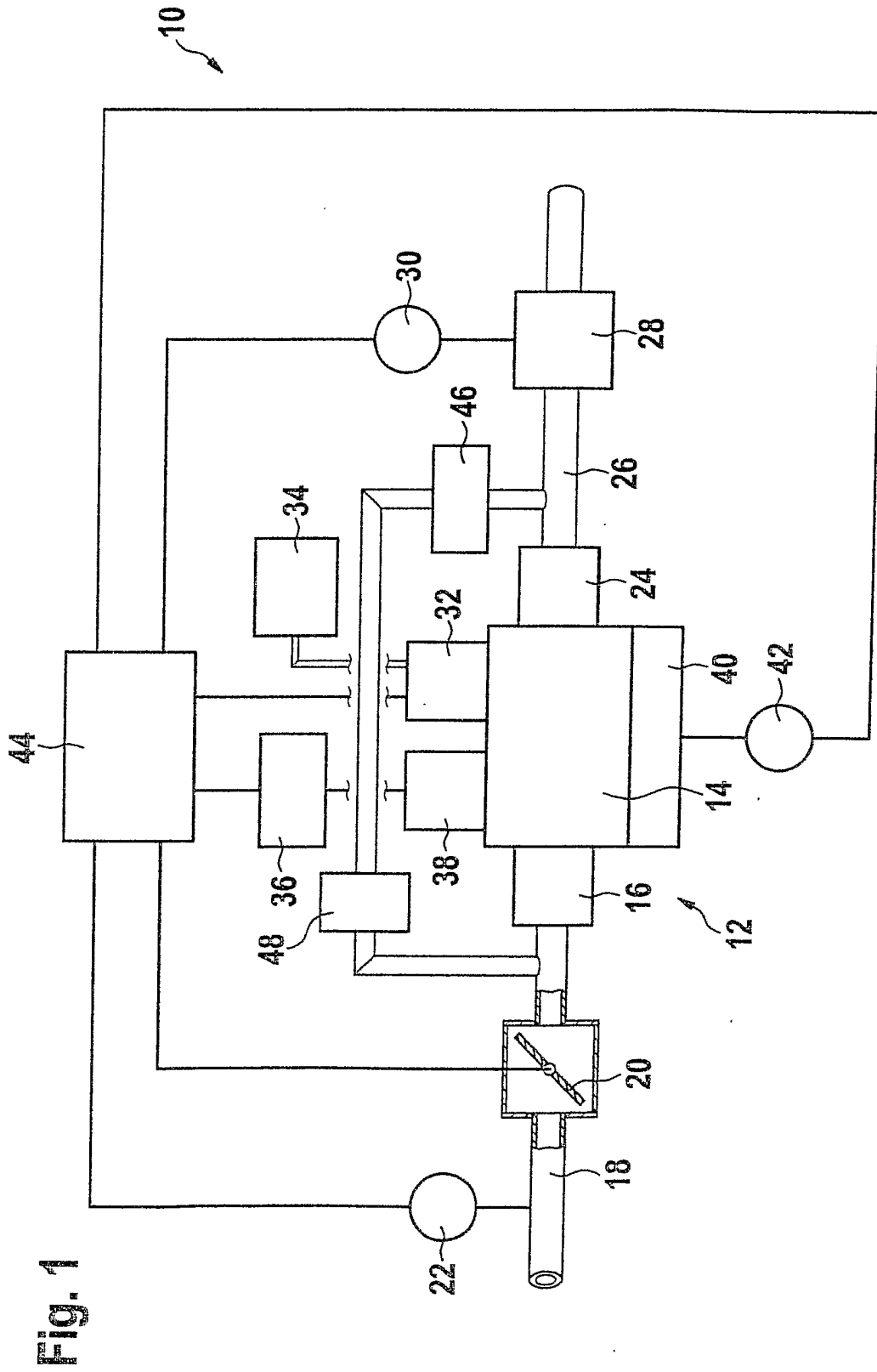
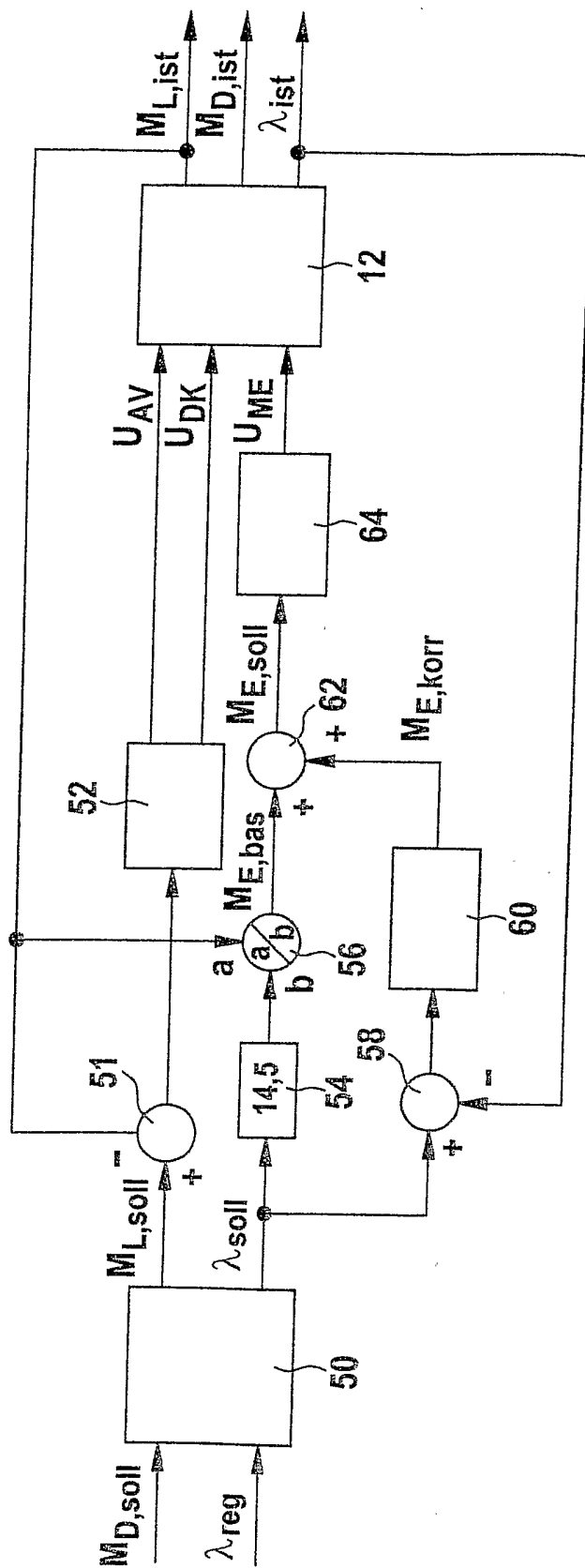


Fig. 1

Fig. 2



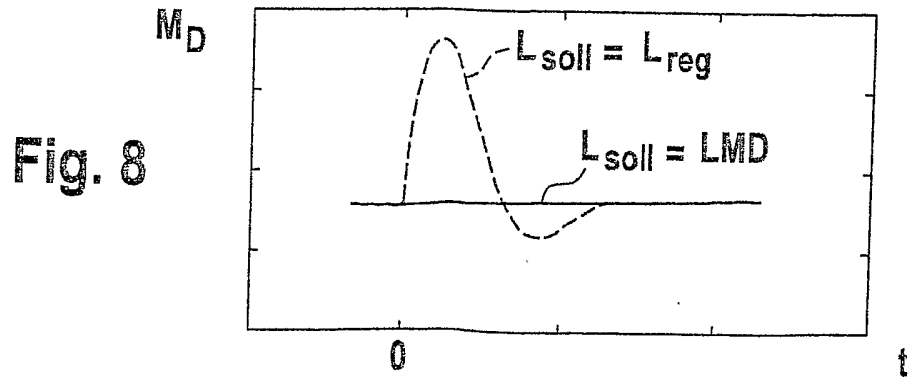
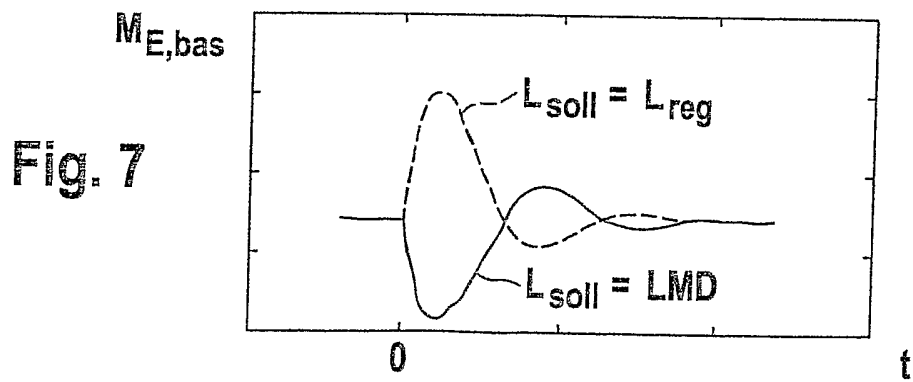
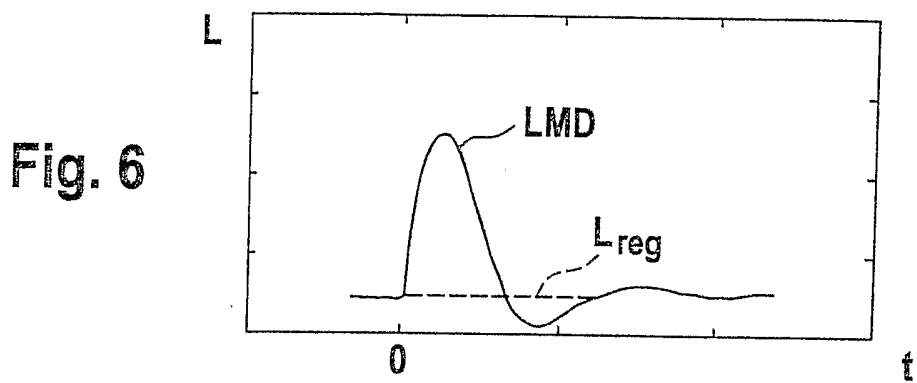
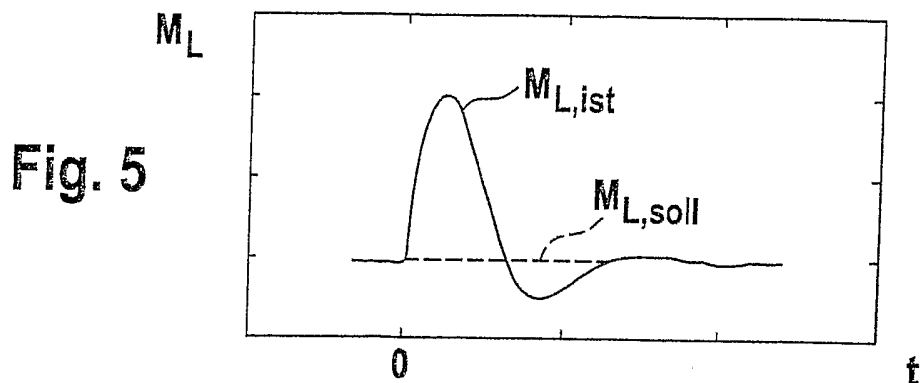


Fig. 9

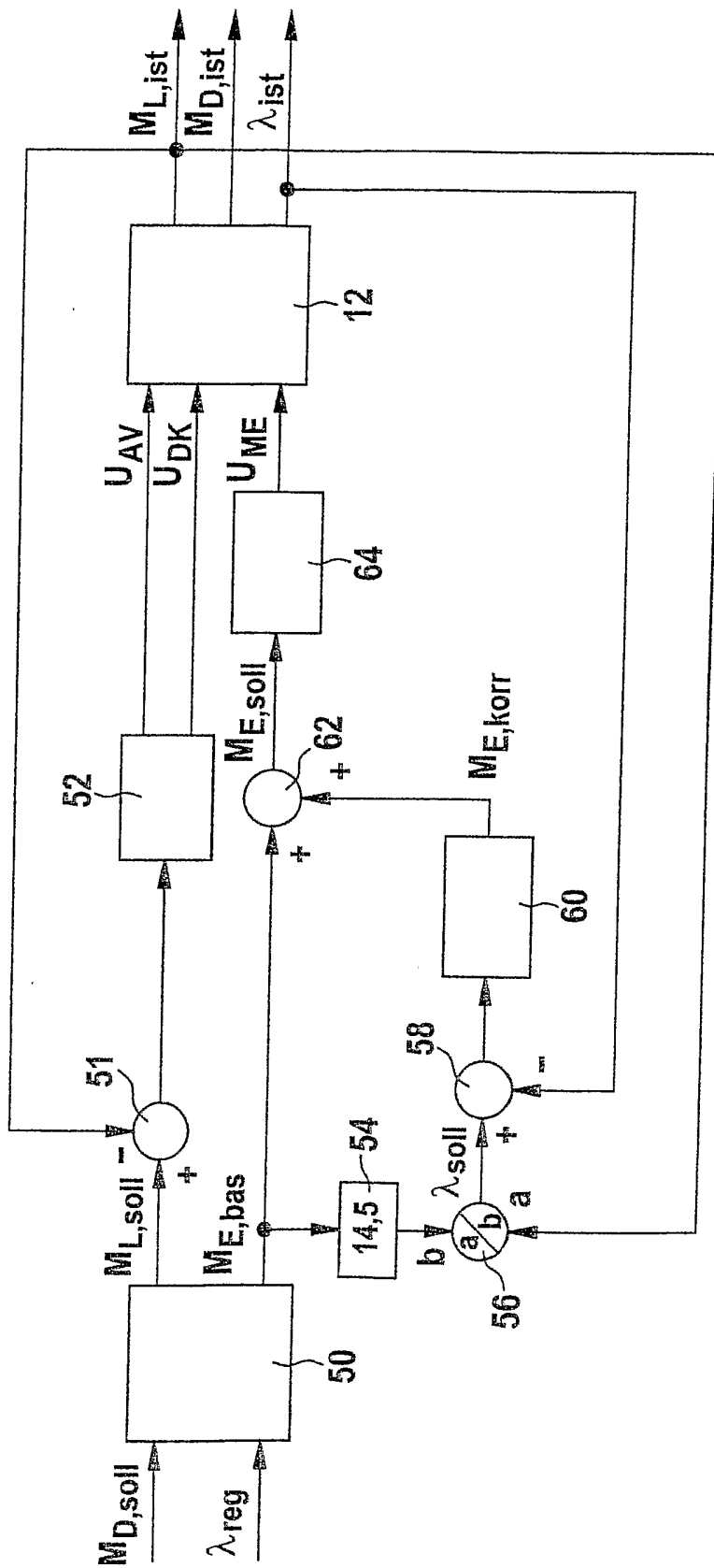


Fig. 10

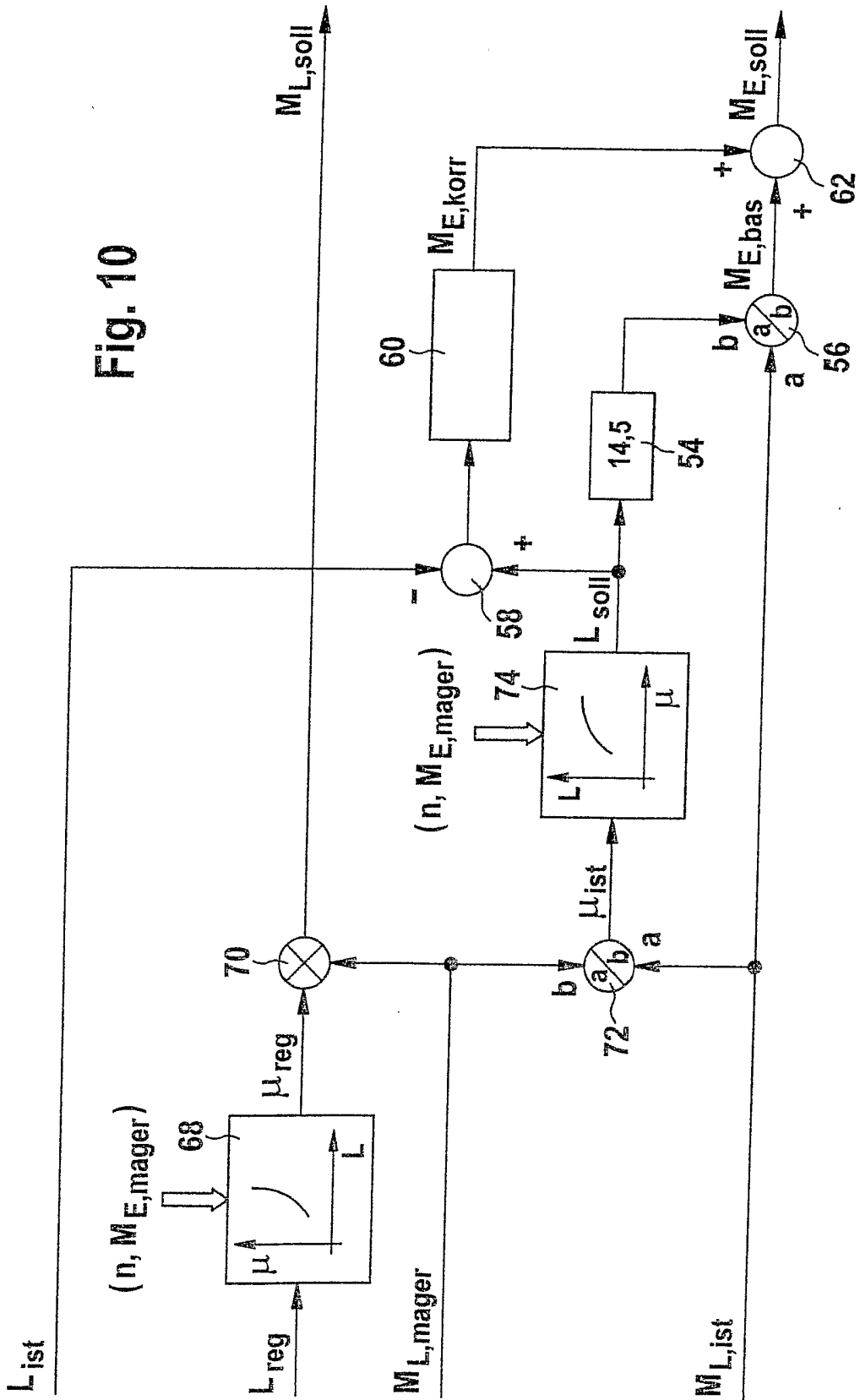
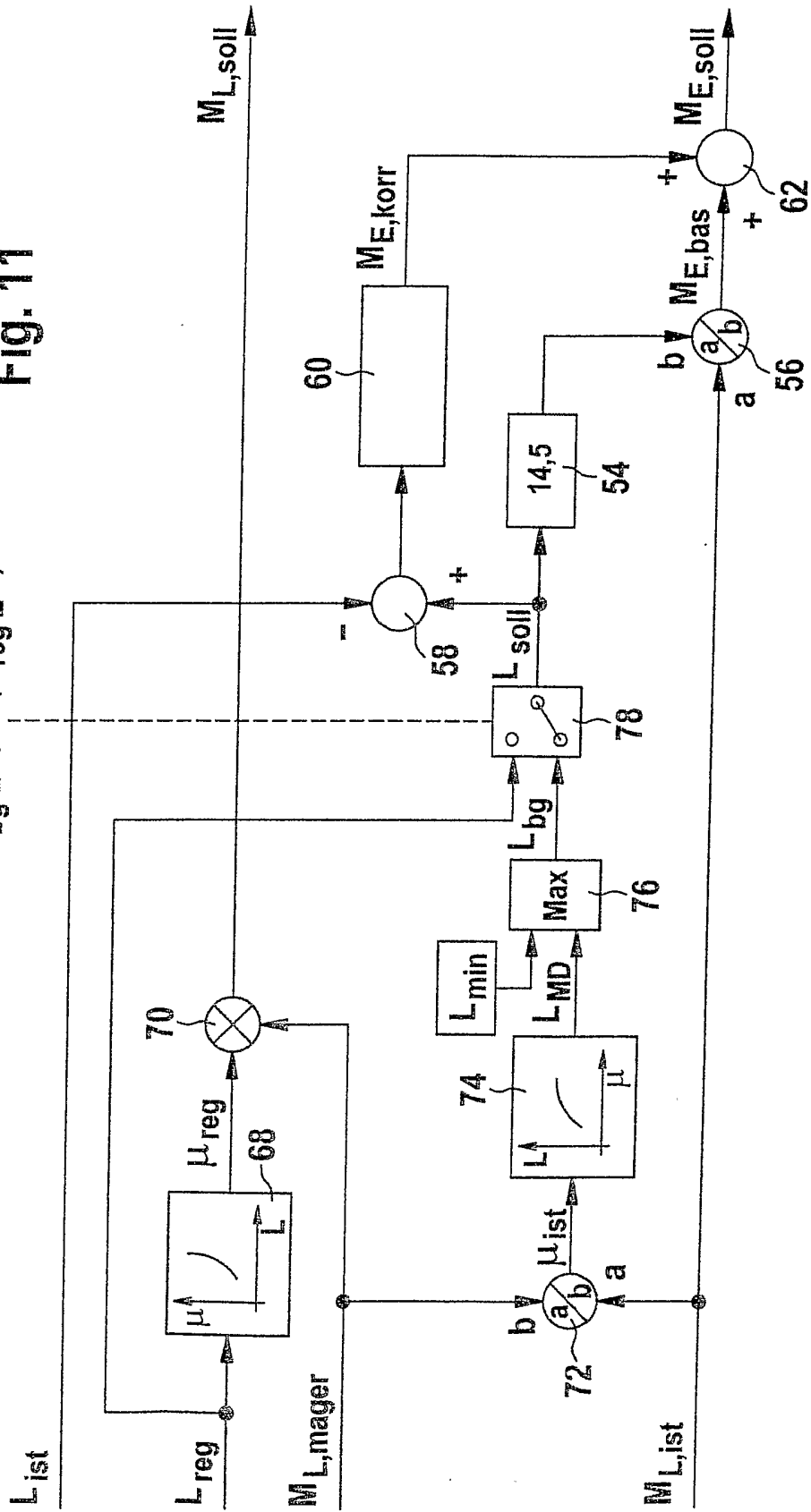


Fig. 11

$$(L_{bg} \leq 1) \wedge (L_{reg} \leq 1)$$



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/30 F02D41/14 F02D41/40 F02D41/02

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

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, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 752 485 A (MINOWA TOSHIMICHI ET AL) 19 May 1998 (1998-05-19)	1,2,7-10
Y	abstract column 2, line 19-60 column 4, line 45 -column 5, line 10 column 6, line 56-65	3-5
Y	WO 01 77508 A (BOSCH GMBH ROBERT ;MICHALSKE ANDREAS (DE); BIRK MANFRED (DE); SAMU) 18 October 2001 (2001-10-18) page 1, line 31 -page 6, line 35	3-5
X	EP 1 028 243 A (MAZDA MOTOR) 16 August 2000 (2000-08-16) abstract paragraphs '0003!', '0008!', '0039!', '0055!'-'0074! -/--	1-3,5, 7-10

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.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 November 2003

Date of mailing of the international search report

27/11/2003

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

Nicolás, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02098

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 30 936 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3 January 2002 (2002-01-03) cited in the application the whole document ----	1-10
A	US 6 343 585 B1 (OHSUGA MINORU ET AL) 5 February 2002 (2002-02-05) abstract; figure 14 column 7, line 44 -column 8, line 47 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30 April 1997 (1997-04-30) & JP 08 319862 A (TOYOTA MOTOR CORP), 3 December 1996 (1996-12-03) abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02098

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5752485	A	19-05-1998	JP 8004566 A JP 8035440 A US 5979404 A DE 69522379 D1 DE 69522379 T2 EP 0687809 A2 US 5660157 A	09-01-1996 06-02-1996 09-11-1999 04-10-2001 29-05-2002 20-12-1995 26-08-1997
WO 0177508	A	18-10-2001	DE 10017545 A1 WO 0177508 A1 EP 1274929 A1 JP 2003530510 T US 2002134351 A1	11-10-2001 18-10-2001 15-01-2003 14-10-2003 26-09-2002
EP 1028243	A	16-08-2000	JP 2000230452 A EP 1028243 A2 KR 2000057780 A US 2002020373 A1	22-08-2000 16-08-2000 25-09-2000 21-02-2002
DE 10030936	A	03-01-2002	DE 10030936 A1 WO 0201056 A1 EP 1297249 A1	03-01-2002 03-01-2002 02-04-2003
US 6343585	B1	05-02-2002	JP 7189799 A JP 7189767 A US 6148791 A US 5875761 A US 2002069850 A1 US 2003005908 A1 DE 69416502 D1 DE 69416502 T2 DE 69430596 D1 DE 69430596 T2 EP 1136685 A2 EP 0661432 A2 EP 0890725 A2 US 5666916 A	28-07-1995 28-07-1995 21-11-2000 02-03-1999 13-06-2002 09-01-2003 25-03-1999 24-06-1999 13-06-2002 14-11-2002 26-09-2001 05-07-1995 13-01-1999 16-09-1997
JP 08319862	A	03-12-1996	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02098

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F02D41/30 F02D41/14 F02D41/40 F02D41/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F02D

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, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 752 485 A (MINOWA TOSHIMICHI ET AL) 19. Mai 1998 (1998-05-19)	1,2,7-10
Y	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 19-60 Spalte 4, Zeile 45 -Spalte 5, Zeile 10 Spalte 6, Zeile 56-65 ---	3-5
Y	WO 01 77508 A (BOSCH GMBH ROBERT ;MICHALSKE ANDREAS (DE); BIRK MANFRED (DE); SAMU) 18. Oktober 2001 (2001-10-18) Seite 1, Zeile 31 -Seite 6, Zeile 35 ---	3-5
X	EP 1 028 243 A (MAZDA MOTOR) 16. August 2000 (2000-08-16) Zusammenfassung Absätze '0003!', '0008!', '0039!', '0055!'-'0074! --- -/--	1-3,5, 7-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* 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

11. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/11/2003

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

Nicolás, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02098

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 30 936 A (BOSCH GMBH ROBERT) 3. Januar 2002 (2002-01-03) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-10
A	US 6 343 585 B1 (OHSUGA MINORU ET AL) 5. Februar 2002 (2002-02-05) Zusammenfassung; Abbildung 14 Spalte 7, Zeile 44 -Spalte 8, Zeile 47 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30. April 1997 (1997-04-30) & JP 08 319862 A (TOYOTA MOTOR CORP), 3. Dezember 1996 (1996-12-03) Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02098

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5752485	A	19-05-1998	JP	8004566 A	09-01-1996
			JP	8035440 A	06-02-1996
			US	5979404 A	09-11-1999
			DE	69522379 D1	04-10-2001
			DE	69522379 T2	29-05-2002
			EP	0687809 A2	20-12-1995
			US	5660157 A	26-08-1997

WO 0177508	A	18-10-2001	DE	10017545 A1	11-10-2001
			WO	0177508 A1	18-10-2001
			EP	1274929 A1	15-01-2003
			JP	2003530510 T	14-10-2003
			US	2002134351 A1	26-09-2002

EP 1028243	A	16-08-2000	JP	2000230452 A	22-08-2000
			EP	1028243 A2	16-08-2000
			KR	2000057780 A	25-09-2000
			US	2002020373 A1	21-02-2002

DE 10030936	A	03-01-2002	DE	10030936 A1	03-01-2002
			WO	0201056 A1	03-01-2002
			EP	1297249 A1	02-04-2003

US 6343585	B1	05-02-2002	JP	7189799 A	28-07-1995
			JP	7189767 A	28-07-1995
			US	6148791 A	21-11-2000
			US	5875761 A	02-03-1999
			US	2002069850 A1	13-06-2002
			US	2003005908 A1	09-01-2003
			DE	69416502 D1	25-03-1999
			DE	69416502 T2	24-06-1999
			DE	69430596 D1	13-06-2002
			DE	69430596 T2	14-11-2002
			EP	1136685 A2	26-09-2001
			EP	0661432 A2	05-07-1995
			EP	0890725 A2	13-01-1999
US	5666916 A	16-09-1997			

JP 08319862	A	03-12-1996	KEINE		