



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 24 024 T2** 2005.05.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 017 930 B1**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/14**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 24 024.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE98/01654**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 945 692.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/015769**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.09.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **01.04.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.07.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.05.2005**

(30) Unionspriorität:
9703395 22.09.1997 SE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Volvo Personvagnar AB, Göteborg, SE

(72) Erfinder:
**NOVAK, Peter, S-413 18 Göteborg, SE; ERIKSSON,
Soren, S-418 76 Göteborg, SE**

(74) Vertreter:
**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,
80801 München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER TEMPERATURWERTE IN EINER
BRENNKRAFTMASCHINE**

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

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von Temperaturwerten in einem Verbrennungsmotor gemäß dem Oberbegriff des beigefügten Patentanspruchs 1. Insbesondere ist die Erfindung für die Verwendung in Verbindung mit Kraftfahrzeugen zum Ableiten von Temperaturwerten zum Gebrauch bei der Steuerung des Fahrzeugmotors vorgesehen. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung mit einer solchen Steuerung eines Verbrennungsmotors gemäß dem Oberbegriff des beigefügten Patentanspruchs 9.

STAND DER TECHNIK

[0002] In Verbindung mit Fahrzeugen, die von einem Verbrennungsmotor angetrieben werden, gibt es einen allgemeinen Wunsch, den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs so weit als möglich zu reduzieren. Diesem liegen seinerseits Umwelt bezogene Forderungen zu Grunde, die auf die Reduzierung des Betrags von schädlichen Einleitungen in die Atmosphäre zielen, sowie Forderungen, die eine gute Kraftstoffausnutzung des Fahrzeugs betreffen.

[0003] In derzeitigen Kraftfahrzeugen wird die Luft- und Kraftstoffzufuhr normalerweise mittels einer auf Computer basierenden Motorsteuereinheit gesteuert. Diese Steuereinheit ist in einer bekannten Weise zum Abtasten von Signalen eingerichtet, die eine Zahl von verschiedenen Betriebsvariablen des Fahrzeugs darstellen, zum Beispiel Motordrehzahl, Belastung, Temperatur des Motorkühlmittels, Geschwindigkeit des Fahrzeugs und dergleichen. Aus diesen Signalen wird die Menge an Kraftstoff fortlaufend festgelegt, die dem Motor zugeführt werden soll, und die Zufuhr erfolgt dann mittels einer Einspritzeinrichtung.

[0004] Die Steuereinheit kann zum Zweck der Begrenzung des Kraftstoffverbrauchs eines Fahrzeugs in einer bekannten Art und Weise so eingerichtet sein, dass dem Motor bei Betrieb ein stöchiometrisches Kraftstoff-/Luftgemisch (zum Beispiel ein Gemisch, bei dem gilt: $\lambda = 1$) zugeführt wird. Dieser Richtwert kann jedoch nicht für alle Betriebspunkte erreicht werden, was auf die Einschränkungen zurückzuführen ist, die die maximal zulässige thermische Belastung der Bauteile des Motors und der Abgasanlage betreffen. Zum Beispiel muss die Temperatur des Zylinderkopfs des Motors und die der Abgasanlage und in jeder vorhandenen Turboladereinheit innerhalb bestimmter, vorher festgelegter maximalen Grenzen eingehalten werden. Sollten diese Grenzen überschritten werden, könnte ein Schadensrisiko an diesen Bauteilen auftreten.

[0005] Das Risiko für hohe thermische Belastung

des Motorsystems und seiner Bauteile tritt besonders bei hohen Belastungen und hohen Motordrehzahlen auf. Für solche Betriebsfälle muss die Abgastemperatur des Motors so begrenzt werden, dass sie nicht zu hoch wird, damit kein Risiko für Schäden am Motor und an seinen mit ihm verbundenen Bauteilen wie oben erläutert entsteht.

[0006] Gemäß dem Stand der Technik wird dieser Kühleffekt erreicht, indem eine bestimmte Überschussmenge an Kraftstoff dem Motor während der oben beschriebenen Betriebszustände zugeführt wird, so wie wenn beispielsweise der Fahrer des Fahrzeugs das Gaspedal beim Überholen vollständig durchtritt. Dies hat somit zur Folge, dass das Kraftstoffgemisch so gesteuert wird, dass es von dem stöchiometrischen Gemisch abweicht. Genauer gesagt wird diese Zunahme der Kraftstoffzufuhr gesteuert um ein bestimmtes Niveau zu erreichen, welches zu der Abgastemperatur korrespondiert, die niedriger bleibt als ein vorher festgelegter Grenzwert. Die Größe dieses Grenzwerts kann auf empirischen Kriterien beruhen, welche ihrerseits durch Motortests festgelegt würden, und würde eine Grenze anzeigen, oberhalb der ein Risiko für Schäden an bestimmten empfindlichen Bauteilen im Motor und in der Abgasanlage entsteht.

[0007] Ein hauptsächlichlicher Nachteil dieses bekannten Verfahrens bezieht sich auf die Tatsache, dass es nicht immer notwendig ist, den Kraftstoffüberschuss so schnell als möglich bei einem Lastwechsel des Motors zuzuführen, da die Erhöhung von Motor- und Abgasanlagentemperaturen in jedem Fall nicht so schnell wie die Lastwechsel erfolgen. Dieses kann seinerseits auf die thermische Trägheit beziehungsweise Wärmeträgheit der verschiedenen Teile des Motorsystems zurückzuführen sein. Das zieht häufig die Zufuhr von Kraftstoffüberschuss zum Motor bei hohen Belastungen und hohen Motordrehzahlen nach sich, was einen Nachteil darstellt, da es den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs erhöht.

[0008] In dem betreffenden technischen Bereich ist ein System zum Steuern der Kraftstoffzufuhr zu einem Verbrennungsmotor eines Fahrzeugs aus der Patentschrift US 5103791 vorbekannt. Dieses System weist Einrichtungen zum Abtasten der Motorbelastung und der Kühlmitteltemperatur des Motors auf. Ein Temperaturwert in der Abgasanlage wird basierend auf diesen Werten von Belastung und Temperatur abgeschätzt. Diese Temperatur ist die Basis für eine Korrektur der dem Motor zugeführten Kraftstoffmenge. Auf diese Weise kann die Temperatur der Abgasanlage begrenzt werden, wodurch sich das Schadensrisiko reduziert.

[0009] Ein weiteres System zum Steuern der Kraftstoffzufuhr zu einem Verbrennungsmotor wird in der Patentschrift US 5158063 beschrieben. Dieses Sys-

tem weist Einrichtungen zum Abschätzen der Temperatur von mindestens einem Bauteil in dem Motorsystem als eine Funktion der laufenden beziehungsweise vorhandenen Motorbetriebszustände auf. Das dem Motor zugeführte Kraftstoff-/Luftgemisch kann dann als eine Funktion dieser abgeschätzten Bauteiltemperatur gesteuert werden.

[0010] Ein gemeinsames Merkmal der zwei vorbekannten Systeme besteht darin, dass sie relativ einfache Modelle für die Motorsystemtemperatur aufweisen, insbesondere schaffen sie eine Steuerung, die die thermische Trägheit der jeweiligen Temperatur empfindlichen Bauteile nicht in Betracht zieht, zum Beispiel während eines plötzlichen Lastwechsels.

[0011] Folglich besteht eine Notwendigkeit darin, Temperaturwerte zu schaffen, die in einer besseren Art und Weise verwendet werden können, wenn das Motorsystem gekühlt wird.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines verbesserten Verfahrens zum Bestimmen von Temperaturwerten, die für diese Steuerung angewendet werden können. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, dessen Merkmale in dem beigefügten Anspruch 1 aufgeführt sind. Die Aufgabe wird ebenfalls mittels einer Vorrichtung gelöst, deren Merkmale in dem beigefügten Anspruch 9 aufgeführt sind.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ist für die Verwendung mit einer Steuerung eines Verbrennungsmotors in einem Fahrzeug vorgesehen und weist folgende Verfahrensschritte auf: Bestimmen von Daten, welche vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors und des Fahrzeugs betreffen, Ableiten von Temperaturwerten des Werkstoffs in mindestens einem Bauteil, das in Verbindung mit dem Motor oder innerhalb des Motors angeordnet ist, als eine Funktion der Variablen, wodurch die Steuerung der thermischen Belastung des Motors in Abhängigkeit von wenigstens diesen Temperaturwerten ausgeführt werden kann. Gemäß der Erfindung werden die Temperaturwerte in Abhängigkeit von der spezifischen Wärmeträgheit des Bauteils abgeleitet, wenn sich die Drehzahl und/oder die Belastung des Motors ändert, wobei die die Temperaturwerte jeweils die Temperaturen im Werkstoff eines Zylinderkopfes des Motors und einer mit dem Motor gekoppelten Turboladervorrichtung darstellen.

[0014] Die in Übereinstimmung mit der Erfindung abgeleiteten Temperaturwerte können zur Steuerung des Motors so verwendet werden, dass er in einer optimalen Weise gekühlt wird, bei beispielsweise plötzlichen Erhöhungen von Belastung und Drehzahl. Die-

ses gewährleistet seinerseits wiederum, dass bestimmte vorher festgelegte kritische Werkstofftemperaturwerte niemals überschritten werden. Diese Kühlung, das heißt eine Begrenzung der thermischen Belastung auf dem Motorsystem, kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, indem die abgeleiteten Temperaturwerte zur Steuerung des dem Motor zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches zur Anwendung kommen, wodurch eine zusätzliche Kraftstoffmenge als eine Funktion der abgeleiteten Temperaturwerte zugeführt wird. Auf diese Art und Weise kann besonders die Anreicherung des Kraftstoff-/Luftgemisches verzögert werden, bis seine Kühlwirkung wirklich benötigt wird. Dieses führt zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch des Motors im Vergleich zum bekannten Stand der Technik.

[0015] Das erfindungsgemäße Ableiten ist innerhalb eines bestimmten „kritischen Bereichs“ des Motorbetriebs aktiv, der durch hohe Belastungen und hohe Drehzahlen gekennzeichnet ist. Innerhalb dieses „kritischen Bereichs“ gibt es ein Risiko, dass irgendein Motorbauteil eine Temperatur durchlaufen könnte, welche einen kritischen Wert übersteigt, wodurch Schaden an diesem Bauteil auftreten kann. Dieser „kritische Bereich“ wird in dieser Beschreibung als der Bereich definiert, in dem der Motor normalerweise mit einem Kraftstoff-/Luftgemisch gesteuert wird, das von der stöchiometrischen Beziehung abweicht.

[0016] Die gemäß der Erfindung abgeleiteten Temperaturwerte ermöglichen es dem Verbrennungsmotor so gesteuert zu werden, dass die thermische Belastung auf dem Motorsystem begrenzt wird. Dieses kann dadurch erreicht werden, indem die abgeleiteten Temperaturwerte zur Steuerung des Kraftstoff-/Luftgemisches verwendet werden, das dem Motor zugeführt wird, wodurch eine zusätzliche Kraftstoffmenge als eine Funktion der abgeleiteten Temperaturwerte zugeführt wird. Auf diese Art und Weise kann besonders die Anreicherung des Kraftstoff-/Luftgemisches verzögert werden, bis seine Kühlwirkung wirklich benötigt wird. Als eine Alternative kann die thermische Belastung auf dem Motorsystem begrenzt werden, indem Wasser oder ein korrespondierendes Kühlmittel direkt in einen oder mehrere der Motorzylinder eingespritzt wird. Dieses schafft auf die Umwelt bezogene und Kraftstoff sparende Vorteile. Außerdem kann die thermische Belastung auf dem Motorsystem durch Steuerung durch einen Thermostat begrenzt werden, der zu dem Kühlsystem des Motors gehört. Gemäß einer weiteren Alternative, die besonders vorteilhaft für Motoren ist, die mit einer Turboladereinheit ausgerüstet sind, kann die thermische Belastung dadurch begrenzt werden, indem der Ladedruck des Turboladers gesteuert wird. Dieses kann seinerseits durch Regeln eines Bypass-Ventils in der Turboladereinheit ermöglicht werden.

[0017] Die Erfindung schafft eine im Vergleich zu den bekannten Systemen verbesserte Motorsteuerung, die es ermöglicht, dass der Kraftstoffverbrauch des Motors reduziert wird, insbesondere für Betriebsbedingungen mit hoher Belastung und hoher Drehzahl. Trotzdem gewährleistet die Erfindung, dass kein temperaturkritisches Motorbauteil eine Temperatur erreicht, die einen kritischen Grenzwert übersteigt, bei dem Schaden auftreten könnte.

[0018] Vorzugsweise ist die Erfindung als eine ergänzende Softwarefunktion in einer als solchen bekannten Motorsteuereinheit realisiert. Vorhandene Fahrzeugbauteile werden auf diese Weise in einem hohen Maß in Kombination mit Hilfssoftwarefunktionen benutzt, ohne dass irgendwelche zusätzlichen Hardwarekomponenten eingeführt werden müssen.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den beigefügten Unteransprüchen beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Die Erfindung wird unten mit Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform und die beigefügten Zeichnungen im Detail beschrieben. Es zeigt dabei:

[0021] [Fig. 1](#) eine prinzipielle Anordnung in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor, in welcher die vorliegende Erfindung eingesetzt werden kann;

[0022] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm, das die Funktion der erfindungsgemäßen Steuerung darstellt;

[0023] [Fig. 3](#) ein Diagramm, das ebenfalls die Funktion der Erfindung und ihre Wirkung auf den Kraftstoffverbrauch einer Verbrennungsmaschine darstellt;

[0024] [Fig. 4](#) eine prinzipielle Anordnung in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0025] [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm, das die Funktion der Steuerung gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt;

[0026] [Fig. 6](#) eine prinzipielle Anordnung in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung; und

[0027] [Fig. 7](#) ein Flussdiagramm, das die Funktion der Steuerung gemäß der zweiten Ausführungsform darstellt.

AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0028] [Fig. 1](#) zeigt eine prinzipielle Anordnung in

Verbindung mit einem Verbrennungsmotor, in welcher die vorliegende Erfindung eingesetzt werden kann. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist diese Anordnung in einem Fahrzeug in Verbindung mit dem Fahrzeugmotor **1** vorgesehen, welcher vorzugsweise aus einem üblichen Verbrennungsmotor besteht. Der Motor **1** wird in herkömmlicher Weise mit einströmender Luft durch einen Luftkanal **2** gespeist. Der Motor **1** ist weiterhin mit einem Zylinderkopf **3** und einem Motorblock mit einer Anzahl von Zylindern und einer korrespondierenden Anzahl von Kraftstoffeinspritzeinrichtungen **4** ausgerüstet, von denen jede an eine zentrale Steuereinheit **5** angeschlossen ist. Die Steuereinheit **5** ist vorzugsweise mit einem Computer ausgerüstet und weist eine bekannte Funktionsweise auf, um jeweils jede Einspritzeinrichtung **4** so zu steuern, dass dem Motor **1** zu jedem Zeitpunkt ein geeignetes Kraftstoff-/Luftgemisch zugeführt wird.

[0029] Während des Betriebs des Motors **1** besteht die Arbeitsweise der Steuereinheit **5** zum Steuern des Kraftstoff-/Luftgemisches für den Motor **1** darin, dass das Kraftstoffgemisch zu jedem Zeitpunkt den laufenden Betriebsbedingungen angepasst ist. Die dem Motor **1** zuzuführende Luftmenge wird durch eine Drossel beziehungsweise Drosselklappe **6** gesteuert, und die Kraftstoffzufuhr erfolgt als eine Funktion von verschiedenen Parametern, die die laufenden Betriebsbedingungen des Motors **1** und des zugehörigen Fahrzeugs darstellen. Zum Beispiel kann die Motorsteuerung abhängig von der aktuellen Drosselstellung, der Motordrehzahl, der in den Motor eingeblasenen Luftmenge und der Sauerstoffkonzentration der Abgase ausgebildet sein. Die Drossel **6** kann durch eine Verbindung mit der Steuereinheit **5** elektrisch gesteuert werden, wie durch eine gestrichelte Linie in der Figur dargestellt ist. In diesem Fall wird die Drosselklappe **6** durch einen Antriebsmotor (nicht dargestellt) gesteuert, dessen Stellung von der Steuereinheit **5** gesteuert werden kann.

[0030] Der Motor **1** gemäß der Ausführungsform ist mit dem Einspritztyp „Multi-Point“ beziehungsweise „Multipunkt“ ausgerüstet, der es ermöglicht, dass dem Motor **1** die richtige Kraftstoffmenge individuell mittels der jeweiligen Einspritzeinrichtungen **4** zugeführt wird. Die Erfindung kann im Prinzip auch für so genannte „Single-Point“- beziehungsweise „Einzelpunkt“-Einspritzung benutzt werden, bei der eine einzelne Einspritzeinrichtung im Einlasskrümmer beziehungsweise im Ansaugrohr des Motors angeordnet ist.

[0031] Der in der Figur dargestellte Motor weist vier Zylinder auf. Es ist jedoch selbstverständlich, dass die Erfindung bei Motoren mit unterschiedlicher Anzahl von Zylindern und unterschiedlichen Zylinderkonfigurationen verwendet werden kann.

[0032] Die Abgase aus dem Motor **1** werden durch einen Abgasauslass in der Form eines Abgaskrümmers beziehungsweise Abgassammelrohrs **7** ausgelesen. Weiterhin ist der dargestellte Motor **1** in der Ausführung, die mit einer Turboladereinheit **8** ausgerüstet ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Typ von Motor beschränkt, sondern sie kann auch für Motoren ohne eine Turboladereinheit verwendet werden. Gemäß der Ausführungsform werden die Abgase durch das Abgassammelrohr **7** und weiter durch ein Abgasrohr **9** befördert, das an das Abgassammelrohr und eine Turbine angeschlossen ist, die zu der Turboladereinheit **8** gehört. Von der Turbine **10** werden die Abgase weiter durch ein zusätzliches Abgasrohr **11** zu einem katalytischen Konverter beziehungsweise Katalysator **12** und dann nach draußen in die Atmosphäre geleitet.

[0033] In einer bekannten Art weist die Turboladereinheit **8** einen Kompressor **13** auf, der drehbar auf einer Welle **14** angeordnet ist, auf welcher ebenfalls die Turbine angeordnet ist. Die Funktionsweise des Kompressors **13** besteht darin, die durch einen Lufteinlass **15** einströmende Luft zu verdichten. Gemäß der oben stehenden Erläuterung wird die einströmende Luft jedem Zylinder durch den Luftkanal **2** zugeführt.

[0034] In einer Weise, die als solche vorbekannt ist, gibt es eine Zahl von verschiedenen Sensoren (nicht dargestellt), die in Verbindung mit dem Motor **1** und dem zugehörigen Fahrzeug angeordnet sind. Diese Sensoren werden zum Abtasten von verschiedenen Variablen benutzt, welche die Betriebsbedingungen beziehungsweise -zustände des Motors **1** und des Fahrzeugs darstellen. Vorzugsweise wird Folgendes verwendet: eine Lambdasonde **16** (in Strömungsrichtung vor dem Katalysator **12** angeordnet) zum Abtasten der Sauerstoffkonzentration in den Abgasen, ein Sensor **17** für die Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors **1**, ein in dem Lufteinlass **15** angeordneter Belastungssensor in der Ausgestaltung eines Durchflussmessers **18** (zur Messung der in den Motor **1** zugeführten Luftmenge), ein Temperatursensor **19** zum Abtasten der Kühlmitteltemperatur des Motors **1**, einen Temperatursensor **20** für die in den Motor einströmende Luft und einen Sensor **21** für die Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Alle Sensoren sind über elektrische Verbindungen an die Steuereinheit **5** angeschlossen.

[0035] Die Turboladereinheit **8** weist weiterhin in einer bekannten Ausführung ein so genanntes Bypass-Ventil **22** auf, das elektrisch steuerbar ausgebildet ist und kontinuierlich zwischen zwei Positionen gesteuert werden kann. Die erste Position ist eine geschlossene Stellung, in der ein Bypasskanal **23** in der Turboladereinheit blockiert ist, so dass die Abgase aus dem Abgassammelrohr **7** durch die Turbine **10** geführt werden. Die andere Position ist eine offene

Stellung, in welcher der Durchgang durch den Bypasskanal **23** geöffnet ist. Im letzteren Fall werden die Abgase direkt in das Abgasrohr **11** durch den Bypass an der Turbine vorbeigeleitet, ohne durch die Turbine **10** hindurch zu strömen, was den Ladedruck der Turboladereinheit **8** bei Betrieb reduziert. Zur Steuerung des Bypass-Ventils ist dieses an die Steuereinheit **5** angeschlossen. Auf diese Weise kann der Druck des Turboladers durch die Steuerung der Funktion des Bypass-Ventils **22** beeinflusst werden.

[0036] Während des Betriebs des Motors **1** besteht die Funktionsweise der Steuereinheit **5** darin, das Kraftstoff-/Luftgemisch zum Motor **1** so zu steuern, dass es zu jeder Zeit so nahe als möglich am stöchiometrischen Gemisch (das heißt $\lambda = 1$) gehalten wird. Gemäß der einleitenden Beschreibung gibt es jedoch während bestimmter Betriebsbedingungen, insbesondere bei hohen Belastungen ein Risiko, dass die thermische Belastung des Motors **1** und seiner mit ihm verbundenen Bauteile an diesen Bauteilen Schaden und eine verschlechterte Festigkeit verursachen kann. Als Beispiels für besonders empfindliche Bauteile können die folgenden genannt werden: Turboladereinheit **8** und der Zylinderkopf **3**. Folglich gibt es eine Notwendigkeit zur Begrenzung der Temperatur dieser empfindlichen Bauteile, die in Verbindung mit dem Motor **1** angeordnet sind.

[0037] Gemäß dem, was unten noch detaillierter beschrieben wird, wird gemäß der Erfindung ein Temperaturwert in der Steuereinheit **5** von mindestens einem Bauteil abgeleitet, das von einem Temperaturgesichtspunkt aus kritisch ist. Dieser Temperaturwert wird bei der Steuerung des Motors **1** benutzt, das heißt für eine Berechnung der Menge von zusätzlichem Kraftstoff, die dem jeweiligen Zylinder zugeführt werden soll. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann die thermische Belastung des Motorsystems somit durch die Zufuhr von zusätzlichem Kraftstoff in einer solchen Weise gesteuert werden, dass dieser Temperaturwert niemals einen vorher festgelegten Grenzwert übersteigt, der zu dem Vorhandensein eines Schadensrisikos an dem in Frage kommenden Bauteil korrespondiert.

[0038] Gemäß der bevorzugten Ausgestaltung werden zwei Temperaturwerte abgeleitet. Der erste Wert korrespondiert zu der Temperatur des Werkstoffs in dem Zylinderkopf **3**. Der zweite Wert repräsentiert die Temperatur in der Turboladereinheit **8**. Die fraglichen Punkte sind vorzugsweise als Punkte in den jeweiligen Bauteilen ausgewählt, von denen erfahrungsgemäß erwartet wird, dass sie für hohe Temperaturen empfindlich sind.

[0039] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm, welches in einer vereinfachten Weise die Funktion der Erfindung gemäß der ersten Ausführungsform darstellt. Die Motorsteuerung wird einem periodischen Verlauf folgen,

der durch eine Zahl von Daten initialisiert wird, welche die Daten der Betriebszustände des Fahrzeugs repräsentieren, die mittels der Sensoren **16** bis **21** (vergleiche [Fig. 1](#)) abgetastet und in der Steuereinheit **5** (Viereck **25**) registriert werden. Diese Daten enthalten vorzugsweise die Motordrehzahl, die Motorbelastung (das heißt die Luftmenge pro Verbrennung), den Zündwinkel, die Temperatur des Motor Kühlmittels, die Temperatur der einströmenden Luft und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

[0040] Aus den abgetasteten Daten von Motordrehzahl und Belastung werden zwei Werte modelliert, die hier jeweils als Basistemperaturen T_1 und T_2 bezeichnet werden und Anzeigen der Temperaturen der ausgewählten temperaturkritischen Werkstoffpunkte repräsentieren (wobei sie vorzugsweise jeweils aus dem Zylinderkopf und der Turboladereinheit bestehen) (Vierteck **26**). Zu diesem Zweck kann eine Beziehung zwischen den Basistemperaturen T_1 , T_2 und der Motordrehzahl und der Belastung für den in Frage kommenden Motortyp vorher festgelegt werden. Dieses erfolgt im Voraus mittels Temperaturmessungen bei einer Zahl von unterschiedlichen Drehzahlen und Belastungen, wodurch die Beziehungen in Form einer Tabelle in der Steuereinheit **5** gespeichert werden. All anderen Daten, die die Betriebsbedingungen des Fahrzeugs (das heißt die Temperatur der ankommenden Luft, die Einspritzzeit, der Zündwinkel, die Kühlmitteltemperatur und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs) betreffen, werden in diesem Zustand als übereinstimmend mit ihren Nennwerten vorausgesetzt, das heißt mit Werten, die zu einem Betriebszustand des Motorsystems bei einem normalen ununterbrochenen Betrieb korrespondieren.

[0041] Der nächste Verfahrensschritt weist eine statische Korrektur auf, die aus den Basistemperaturen T_1 , T_2 erstellt ist (Vierteck **27**). Hierbei werden Korrekturen ΔT_1 , ΔT_2 in Abhängigkeit zu dem Ausmaß erzeugt, in welchem die aufgezeichneten Daten für die Einspritzzeit und den Zündwinkel, die Kühlmitteltemperatur, Lufttemperatur und Geschwindigkeit des Fahrzeugs von ihren jeweiligen normalen Werten abweichen. Zum Beispiel sind die zwei unterschiedlichen Temperaturen im Zylinderkopf **3** und in der Turboladereinheit in einem unterschiedlichen Ausmaß durch Änderungen der obigen Parameter beeinflusst. Diese Abhängigkeiten können ebenfalls dadurch erzeugt werden, indem in der Steuereinheit gespeicherte Tabellen verwendet werden und ein Modell für die Temperaturen des Zylinderkopfs **3** und der Turboladereinheit definiert wird. Auf diese Weise können statisch korrigierte Werte wie folgt festgelegt werden:

$$T_{1s} = T_1 + \Delta T_1$$

$$T_{2s} = T_2 + \Delta T_2$$

wobei T_{1s} der statisch korrigierte Wert der Zylinder-

kopftemperatur und T_{2s} der statisch korrigierte Wert der Temperaturen der Turboladereinheit ist.

[0042] Die statisch korrigierten Temperaturwerte T_{1s} , T_{2s} werden dann einer dynamischen Korrektur unterzogen (Vierteck **28**). Diese wird vorzugsweise mittels einer Tiefpassfilterung der Temperaturwerte ausgeführt, wobei jeweils dynamisch korrigierte, modellierte Werte T_{1M} und T_{2M} erzeugt werden.

[0043] Gemäß der Ausgestaltung wird eine Tiefpassfilterung der ersten Ordnung für die dynamische Korrektur benutzt. Dynamische Korrekturen der statisch korrigierten Temperaturwerte T_{1s} , T_{2s} werden jetzt nach den folgenden Beziehungen erhalten:

$$T_{1M}[t] = (1 - h_1/\tau_1)T_{1M}[t - 1] + (h_1/\tau_1)T_{1s}[t]$$

$$T_{2M}[t] = (1 - h_2/\tau_2)T_{2M}[t - 1] + (h_2/\tau_2)T_{2s}[t]$$

wobei T_{1M} das Ausgabesignal des Filters ist, welches die abschließende Temperaturabschätzung für den Zylinderkopf **3** aufweist, T_{2M} ist das Ausgabesignal des Filters, welches zu der abschließenden Temperaturabschätzung für die Turboladereinheit korrespondiert, τ_1 und h_1 sind jeweils die Zeitkonstante und das Sampleintervall für den Zylinderkopf **3**, und τ_2 und h_2 sind jeweils die Zeitkonstante und das Sampleintervall für die Turboladereinheit. Vorzugsweise sind die Zeitkonstanten als geeignete Funktionen der Motordrehzahl und Belastung ausgewählt. Durch dieses erfindungsgemäße dynamische Modellieren kann die Wärmeträgheit in Zusammenhang mit der Heizung des Motorsystems ausgenutzt werden. In diesem Kontext wird der Begriff „Wärmeträgheit“ beziehungsweise „thermische Trägheit“ verwendet, um die innewohnende beziehungsweise spezifische dynamische Temperaturfiltration zu beschreiben, das heißt die relativ langsame Anpassung an eine geänderte Temperatur, die zwischen den Abgasen und dem Werkstoff im Motor und in der Abgasanlage existiert. Diese Wärmeträgheit ist ihrerseits zurückzuführen auf die Wärmeübertragung zwischen Gas und Wandwerkstoff, die Wärmekapazität des Werkstoffs und den Kühleffekt des Umgebungsmediums (zum Beispiel Luft, Wasser und Werkstoff).

[0044] Die modellierten Temperaturwerte T_{1M} und T_{2M} repräsentieren somit jeweils die abgeschätzten Temperaturen des Zylinderkopfs und der Turboladereinheit, deren oben erwähnte Wärmeträgheit kompensiert wurde, und welche folglich zur Steuerung des zusätzlichen Kraftstoffs verwendet werden, der dem Motor bei Volllast zugeführt wird. Hierbei wird ein Vergleich zwischen den modellierten Temperaturwerten T_{1M} , T_{2M} und den vorher festgelegten Grenztemperaturen T_{1G} , T_{2G} gemacht, welche kritische Temperaturen repräsentieren, bei welchen jeweils der Zylinderkopf **3** und die Turboladereinheit gemäß dem oben Besprochenem das Risiko einer

Schädigung eingehen (Viereck 29). Die kritischen Temperaturen variieren mit den in Frage kommenden Bauteilen und ebenfalls mit dem in dem Bauteil verwendeten Werkstoff.

[0045] Dann werden aus den obigen Vergleichen korrespondierende Werte für eine Reduktion der in den Motor eingespritzten Kraftstoffmenge festgelegt (korrespondierend zu dem Ausmaß, auf das die Einspritzzeit in Relation zu dem Nennwert reduziert wird), welche zur Steuerung der Einspritzeinrichtungen des Motors zur Anwendung kommen sollen (Viereck 30). Dieses bedeutet, dass zwei verschiedene Werte für die Reduktion der eingespritzten Kraftstoffmenge erhalten werden, das heißt: ein Wert, der die Berechnung $(T_{1G} - T_{1M})$ für den Zylinderkopf 3 repräsentiert, und ein Wert, der die Berechnung $(T_{2G} - T_{2M})$ für die Turboladereinheit repräsentiert. Zur Absicherung, dass die kritische Temperatur des Zylinderkopfs 3, ebenso wie die der Turboladereinheit, niemals überschritten wird, wird die kleinere der beiden Reduktionen für die fortlaufende Motorsteuerung (Viereck 31) ausgewählt. Auf diese Weise wird ein Wert einer korrigierten absoluten Kraftstoffeinspritzmenge erlangt (Viereck 32), der bei der Motorsteuerung zur Regulierung der jeweiligen Einspritzeinrichtung zur Anwendung kommt (Viereck 33). Dieses erzeugte seinerseits eine Begrenzung der Temperatur innerhalb des Systems wie oben erläutert.

[0046] Die korrigierte absolute Kraftstoffeinspritzmenge wird in einem bestimmten Grad von der absoluten Nennmenge abweichen. Die jeweilige Einspritzeinrichtung wird deshalb entsprechend dieser korrigierten Menge gesteuert. Das Verfahren kehrt dann zu Viereck 25 zurück. Wenn das Verfahren dann wieder beginnt, werden Eingangssignale von den verschiedenen Sensoren erneut abgetastet. Hierbei werden die vorher für die Kraftstoffeinspritzmenge berechneten Werte als eine Variable bei dieser Abtastung verwendet (Viereck 25). Dieses deutet eine gestrichelte Linie in Fig. 2 an.

[0047] Durch die oben beschriebene Steuerung wird eine Reduktion der Nennmenge von eingespritztem Kraftstoff erlangt, die ihrerseits eine Kraftstoffersparnis verursacht, aber ohne dass die kritischen Temperaturen für den Zylinderkopf 3 oder die Turboladereinheit überschritten werden. Außerdem wird die korrigierte Kraftstoffmenge vorzugsweise nach unten mittels eines maximalen erlaubten λ -Wertes (vorzugsweise ist $\lambda = 1$) begrenzt.

[0048] Gemäß einer alternativen Ausführungsform kann die Steuerung der zusätzlichen Kraftstoffmenge in dem „kritischen Bereich“ für den individuellen Zylinder ausgeführt werden. Zu diesem Zweck muss der Motor dann separate Einspritzeinrichtungen und Zündwinkelsteuerung für jeden Zylinder aufweisen. Dieses ist in heutigen Fahrzeugen häufig der Fall.

[0049] Die Funktion der Erfindung wird nun weiter erläutert mit Bezugnahme auf Fig. 3, welche ein Diagramm der Menge von zusätzlichem Kraftstoff als eine Funktion der Zeit darstellt. Das Diagramm zeigt einen Betriebsablauf der zu einem bestimmten Zeitpunkt t_1 eine Situation mit einer starken Belastungserhöhung aufweist, das heißt in den „kritischen Bereich“ hinein, der durch solche hohen Belastungen und Drehzahlen gekennzeichnet ist, dass das Kraftstoff-/Luftgemisch normalerweise mehr angereichert würde als das stöchiometrische Gemisch.

[0050] Die zugeführte Kraftstoffmenge, die gemäß der Erfindung zulässig ist (das bedeutet die korrekte absolute Kraftstoffmenge), ist in Fig. 3 mit einer durchgezogenen Linie dargestellt, wohingegen die Kraftstoffmenge gemäß dem Stand der Technik (das bedeutet die absolute Nennmenge an Kraftstoff) mit einer gestrichelten Linie dargestellt ist. Das zur Null der Y-Achse korrespondierende Niveau stellt den Fall dar, in welchem das Kraftstoff-/Luftgemisch stöchiometrisch ist, das heißt, wo gilt $\lambda = 1$.

[0051] In der obigen Situation entsprechend dem Stand der Technik tritt ein plötzlicher Sprung in der zugeführten Kraftstoffmenge bis zu einem Niveau B_N auf, wobei eine Reduktion der Abgastemperatur gemäß dem oben bereits Beschriebenen auftritt. Diese Kraftstoffmenge B_N korrespondiert zu der Abgastemperatur, die auf einen kritischen Grenzwert begrenzt ist. Im Gegensatz zum bekannten Stand der Technik basiert die Erfindung auf der Auffassung, dass ein solch großer Sprung B_N bei der Kraftstoffzufuhr für die obige Belastungserhöhung in t_1 nicht sofort notwendig ist, da die Werkstofftemperaturen (zum Beispiel im Zylinderkopf 3 und in der Turboladereinheit) in keinem Fall so schnell ansteigen wie die Belastungsänderung ansteigt. Dieses ermöglicht für jedes Zeitinkrement eine bestimmte Reduktion der zusätzlichen Kraftstoffmenge, die normalerweise dem Motor zugeführt würde. Diese Reduktion korrespondiert zu einer Abweichung ΔB von der Nennmenge B_N des Kraftstoffs. In Übereinstimmung mit dem in Fig. 3 Dargestellten wird diese Abweichung ΔB sukzessiv auf Null reduziert. Trotz einer relativ kleinen zusätzlichen Kraftstoffmenge, die bei diesem Prozess zugeführt wird, wird die Menge noch groß genug sein um zu verhindern, dass die Werkstofftemperaturen ihre kritischen Werte überschreiten. Dank der Erfindung wird ein geringerer Kraftstoffverbrauch als in dem Normalfall erreicht. Der schraffierte Bereich 34 in Fig. 3 korrespondiert somit zu dem gegenüber dem bekannten Stand der Technik eingesparten Kraftstoff.

[0052] Praktische Versuche haben gezeigt, dass die Erfindung eine wesentliche Reduktion des Kraftstoffverbrauchs bei hohen Belastungen und Motordrehzahlen erreicht. Die Erfindung arbeitet besonders gut bei Autobahnfahrten mit häufigem Überholen bei im Allgemeinen vollständig durchgetretenem Gaspedal.

[0053] Anstelle eines Vergleichens mit festen Sollwerten (Vergleich Viereck 27, Fig. 2) kann der Modellierungsprozess gemäß der Erfindung selbstanpassend ausgebildet sein. Dieses könnte notwendig sein, da einer der Sensoren 16 bis 21 (siehe Fig. 1) Messwerte liefert, die über die Zeit driften und unterschiedliche Messergebnisse liefern, oder da unterschiedliche Motoren auch sogar unterschiedlich sind, wenn sie vom gleichen Modell sind, wobei individuelle Anpassung notwendig ist. Außerdem kann das Altern des Motors und seiner mit ihm verbundenen Bauteile anpassungsfähige Steuerung erforderlich machen. Ein Abtasten beziehungsweise Feststellen von Änderungen kann mittels separater Sensoren oder durch in Tabellen in der Steuereinheit gespeicherte empirische Beziehungen erfolgen. Solche möglichen Änderungen können zum Beispiel von einem Temperatursensor (nicht dargestellt) zur Messung der Abgastemperatur abgetastet werden. So wie die gemessene Temperatur sich ändert, so wird dann das statische Berechnungsmodell durch Korrekturen aktualisiert. Dieses adaptive Berechnungsmodell (Viereck 35) kann dann in das Flussdiagramm nach Fig. 2 eingeschlossen werden, indem einerseits die Modellierung der Basistemperaturen (Viereck 26) und andererseits das für die statische Korrektur (Viereck 27) verwendete Berechnungsmodell korrigiert wird.

[0054] Folglich können die für die eingespritzte Kraftstoffmenge (siehe Viereck 32, Fig. 2) erlangten Werte zur Steuerung des Motors 1 bei hohen Belastungen und Geschwindigkeiten beziehungsweise Drehzahlen verwendet werden. Gemäß der obigen Erläuterung kann diese Steuerung dadurch erfolgen, dass die zusätzliche Kraftstoffmenge zum Motor reguliert wird. Alternativ kann die Steuerung auch durch eine Regulation der dem Motor zugeführten gesamten Menge an Kraftstoff und Luft durchgeführt werden, wobei in diesem Fall eine niedrigere Motorleistungsabgabe eine Temperatursenkung nach sich zieht. Dieses kann seinerseits mittels der Drossel 6 erfolgen, wenn die letztere als eine elektrisch steuerbare Drossel ausgebildet ist.

[0055] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann auch Kühlen der jeweiligen Verbrennungskammern des Motors mittels eines geeigneten Kühlmittels, zum Beispiel Wasser, die Steuerung der thermischen Belastung des Motors durchführen. Fig. 4 stellt prinzipiell dar, wie ein solches Kühlungssystem angeordnet werden kann. Die Anordnung gemäß Fig. 4 korrespondiert zu der in Fig. 1 gezeigten, mit der Ausnahme eines besonderen Injektors beziehungsweise einer besonderen Einspritzdüse 36 für Wasser, der/die an dem jeweiligen Zylinder des Motors 1 angeordnet ist. Der Injektor 36 ist weiterhin mit einer Wasserpumpe 37 verbunden, deren Funktion darin besteht, Wasser unter hohem Druck bei Betriebsbedingungen zu liefern, die durch hohe Belastungen und Geschwin-

digkeiten beziehungsweise Drehzahlen gekennzeichnet sind.

[0056] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm für das Kühlungssystem gemäß Fig. 4. Die Bezugszeichen 25 bis 29 korrespondieren zu dem was oben in Verbindung mit Fig. 2 beschrieben ist. Wenn der Vergleich zwischen den modellierten Temperaturwerten T_{1M} , T_{2M} und den jeweiligen Grenzwerten T_{1G} , T_{2G} durchgeführt worden ist, wird festgelegt, in welchem Ausmaß eine Wassereinspritzung durch jede Einspritzdüse 36 als notwendig erachtet wird, damit die Werkstofftemperaturen jeweils in dem Zylinderkopf und in der Turboladereinheit begrenzt werden. Folglich wird die jedem Zylinder zuzuführende erforderliche Wassermenge zur Erlangung der erforderlichen Kühlung festgelegt (Viereck 38). Hierbei erhält man zwei unterschiedliche Werte, die jeweils zur Temperatur des Zylinderkopfs 3 und der der Turboladereinheit korrespondieren. Diese Werte basieren auf einer im Voraus durchgeführten Modellierung der Wirkung der Wassermenge auf die jeweiligen Temperaturen als eine Funktion des Betriebspunkts. Zur Sicherstellung, dass die kritische Temperatur des Zylinderkopfs 3 ebenso wie die der Turboladereinheit niemals überschritten wird, wird die größere der zwei Wassermengen für die fortlaufende Steuerung ausgewählt (Viereck 39).

[0057] Daraufhin wird die jeweilige Einspritzdüse 36 für den Zylinder oder die Zylinder aktiviert, wo Kühlung erforderlich ist (40). Wenn das Verfahren erneut beginnt, wird eine Rückkopplung erhalten, die darin besteht, dass der ausgewählte Wert der zugeführten Wassermenge als ein Eingangssignal für die Temperaturmodellierung verwendet wird (Viereck 25).

[0058] Gemäß einer noch weiteren Ausführungsform wird die Kühlung des Motors mittels Steuerung der Kühlmitteltemperatur des Motors gesteuert. Fig. 6 stellt eine Anordnung dar, bei der eine solche Steuerung verwendet werden kann. Die Anordnung gemäß Fig. 6 korrespondiert zu der in Fig. 1, mit der Ausnahme, dass das Kühlsystem des Motors 1 zur Steuerung des Motors als eine Funktion von Belastungs- und Geschwindigkeits- beziehungsweise Motordrehzahländerungen benutzt wird. Der Motor 1 ist in einer bekannten Weise mit einem Radiator 41 für ein auf Wasser basierendes Kühlmittel versehen, das innerhalb des Motors mittels einer Kühlmittelpumpe 42 erzwungen umläuft. In der Figur zeigen Pfeile die Fließrichtung des Kühlmittels an. Ein Thermostat 43 steuert die Strömung des Kühlmittels. Der Thermostat 43 (und vorzugsweise auch die Pumpe 42) wird elektrisch gesteuert und ist an die Steuereinheit 5 angeschlossen. Das System weist in einer bekannten Art weiterhin einen Kühlerventilator 44 auf.

[0059] Das im Motor 1 umlaufende Kühlmittel nimmt Wärme auf. Mittels des Thermostats 43 kann die

Kühlmittelströmung innerhalb des Motors **1** gesteuert werden. Wenn der Motor **1** kalt ist, zirkuliert kein Kühlmittel durch den Radiator **41**, da der Thermostat **43** auf eine bestimmte Grenztemperatur eingestellt ist und die Kühlmittelströmung in den Radiator **41** blockiert, wenn die Motortemperatur niedriger ist als die Grenztemperatur. In Übereinstimmung mit dem, das in [Fig. 6](#) dargestellt ist, wird das Kühlmittel innerhalb des Motors **1** jedoch umlaufen, auch wenn der Thermostat **43** den Fluss in den Radiator **41** blockiert. Wenn der Motor sich bis zu der Grenztemperatur des Thermostats **43** aufgewärmt hat, wird der letztere öffnen und das Kühlmittel in den Radiator strömen lassen. Auf diese Weise kann der Motor gekühlt werden, so dass die temperaturkritischen Bauteile nicht geschädigt werden.

[0060] Gemäß der Ausführungsform kann die Grenztemperatur des Thermostats **43** entsprechend der Kühlerfordernisse eingestellt werden, zum Beispiel wenn eine plötzliche Erhöhung der Belastung und Motordrehzahl auftritt. Dieses wird dann entsprechend des in [Fig. 7](#) gezeigten Flussdiagramms ausgeführt. Die Bezugszeichen **25** bis **29** korrespondieren zu dem, was oben in Verbindung mit [Fig. 2](#) und [Fig. 2](#) beschrieben wurde. Wenn der Vergleich zwischen den modellierten Temperaturwerten T_{1M} , T_{2M} und den jeweiligen Grenzwerten T_{1G} , T_{2G} durchgeführt worden ist, wird festgelegt, welche Kühlmittelströmung durch den Radiator **41** für den erforderlichen Grad an Kühlung notwendig ist (Vierteck **45**). Zur Sicherstellung, dass die kritische Temperatur des Zylinderkopfs **3** ebenso wie die der Turboladereinheit niemals überschritten wird, wird die größere der zwei Wasserströmungsraten für die fortlaufende Steuerung ausgewählt (Vierteck **46**). Folglich wird die Kühlung des Motors in Abhängigkeit von dem ausgewählten Grenzwert des Thermostats durchgeführt. Dieser Wert wird auch in der fortlaufenden Abtastung von Variablen verwendet, die die Betriebsbedingungen des Motors betreffen (Vierteck **25**).

[0061] Gemäß einer noch anderen abweichenden Ausführungsform kann die Motorkühlung durch Regulation des oben erwähnten Bypass-Ventils **22** (siehe [Fig. 1](#)) erreicht werden, welches zu diesem Zweck mittels der Steuereinheit **5** elektrisch gesteuert wird. Im Unterschied zu den oben beschriebenen Verfahren kann das Bypass-Ventil **22** gemäß dieser Ausführungsform reguliert werden, insbesondere dadurch, indem es in einen variablen Betrieb zur Verringerung des Ladedrucks der Turboladereinheit geändert beziehungsweise umgeschaltet wird. Daraus ergibt sich, dass die Temperatur in der Turboladereinheit **8** reduziert wird. Durch Ausnutzung vorher bekannter Beziehungen zwischen dem Ladedruck der Turboladereinheit **8** und den modellierten Werten der jeweiligen Temperaturen T_{1M} , T_{2M} des Zylinderkopfs **3** und der Turboladereinheit kann das Bypass-Ventil so gesteuert werden, dass der erforderliche Ladedruck er-

langt wird.

[0062] Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen und in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern sie kann innerhalb des Rahmens der beigefügten Patentansprüche variiert werden.

[0063] Außer den obigen Ausführungsformen, in denen verschiedene Typen von Motorkühlungen verwendet werden, können weitere Formen von Kühlung ausgenutzt werden. Als ein Beispiel kann zu diesem Zweck der Kühlerventilator gesteuert werden.

[0064] Die abweichende Ausführungsform, die in Verbindung mit den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) beschrieben wurde, könnte in geeigneter Weise so angeordnet sein, dass die Steuerung aktiviert wird, wenn das Kühlmittel eine bestimmte vorher festgelegte Grenztemperatur erreicht.

[0065] Die Temperaturen eines oder mehrerer der temperaturkritischen Bauteile könnte, nicht gemäß der Erfindung, mit der Hilfe eines in Hardware ausgeführten Temperatursensors bestimmt werden, der in Verbindung mit dem in Frage kommenden Bauteil eingebaut werden kann. Folglich können auch direkt gemessene Werte anstelle von modellierten Werten in der zur Kühlung des Motors verwendeten Steuerung benutzt werden.

[0066] Auch weitere als die oben aufgeführten Variablen, die die Betriebsbedingungen beziehungsweise Betriebszustände des Fahrzeugs und des Motors betreffen, können zum Bestimmen der aktuellen Temperaturwerte ausgenutzt und in Betracht gezogen werden. Zum Beispiel kann der in den Abgasen bei erfindungsgemäßer Vollast-Modellierung erlangte λ Wert rückgekoppelt und als eine Eingangsvariable für die Steuereinheit verwendet werden. Außerdem können existierende Systeme zur Abtastung von irrtümlichen Zündungen (so genannte „Fehlzündungen“) des Motors für das Modellieren benutzt werden, da ein unvollständiger Zündungsablauf auch die Abgastemperatur beeinflusst.

[0067] Die Erfindung kann auch für Motoren ohne Turboladereinheiten zur Anwendung kommen. Vorzugsweise, nicht gemäß der Erfindung, würde das Abgassammelrohr darin als ein temperaturkritisches Bauteil Verwendung finden, dessen Temperatur man zu modellieren wünscht.

[0068] Die Kühlung mittels der thermostatischen Steuerung gemäß den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) wird vorzugsweise als ein Komplement zu einer der anderen oben beschriebenen Ausführungen von Kühlung, da sein Einfluss langsamer ist und primär zur Steuerung der Temperatur im Zylinderkopf **3** benutzt wird.

[0069] Schließlich ist es selbstverständlich, dass die Kühlung des Motors durch verschiedene Kombinationen der oben beschriebenen Ausführungsformen realisiert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung (**26, 27, 28**) von Temperaturwerten (T_{1M} ; T_{2M}) im Werkstoff von mindestens einem temperaturkritischen Bauteil (**3; 8**), welches verbunden mit oder innerhalb von einem Verbrennungsmotor (**1**) vorgesehen ist, und welches einer auf einer Wärmeübertragung von den Abgasen aus dem Motor (**1**) beruhenden Erwärmung ausgesetzt ist, mit folgenden Verfahrensschritten:

Bestimmen (**25**) von Daten, welche vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors (**1**) und des Fahrzeugs darstellen;

Ableiten der Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) in Abhängigkeit von diesen Variablen zur Steuerung eines dem Motor (**1**) zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches in Abhängigkeit von den Temperaturwerten (T_{1M} ; T_{2M}); wobei die abgeleiteten Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) abhängig von der spezifischen Wärmeträgheit der Bauteile (**3; 8**) sind, welche auf der Wärmeübertragung von den Abgasen aus dem Motor (**1**) bei Drehzahl- und/oder Lastwechsel des Motors (**1**) beruht;

dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) jeweils die Temperaturen im Werkstoff eines Zylinderkopfes (**3**) des Motors (**1**) und einer mit dem Motor gekoppelten Turboladervorrichtung (**8**) darstellen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ableiten ein dynamisches Modellieren der bestimmten Daten beinhaltet, welche vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors (**1**) und des Fahrzeugs darstellen, wobei ein dynamisch korrigierter Wert (T_{1M} ; T_{2M}) als eine Messung des Temperaturwerts erhalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das dynamische Modellieren eine Tiefpassfilterung beinhaltet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ableiten mittels Tabellen durchgeführt wird, welche in einer mit dem Motor (**1**) gekoppelten Steuereinheit (**5**) gespeichert sind, wobei die Tabellen einen vorher festgelegten Zusammenhang (**23**) benutzen, der zwischen einer Messung (T_1 ; T_2) des Temperaturwerts und den bestimmten Daten besteht, die vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors (**1**) und des Fahrzeugs darstellen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es Messungen der Einspritzzeit und des Zündwinkels des Motors (**1**), der Kühlmitteltemperatur des Motors (**1**),

der in den Motor (**1**) einströmenden Luft, der Drehzahl und der Luftmenge des Motors (**1**) und der Fahrzeuggeschwindigkeit beinhaltet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Anpassung (**35**) beinhaltet, die Änderungen der bestimmten Daten betrifft, die vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors (**1**) und des Fahrzeugs darstellen, wobei das Ableiten in Abhängigkeit dieser Änderungen ausgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es ein wenigstens von den Temperaturwerten (T_{1M} ; T_{2M}) abhängiges Steuern (**33; 40; 46**) der thermischen Belastung des Motors beinhaltet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) zwei Bauteile (**3; 8**) betreffen, die mit dem Motor (**1**) verbunden angeordnet sind, wobei der Temperaturwert für das Steuern verwendet wird, der die größte Reduktion der thermischen Belastung des Motors (**1**) verkörpert.

9. Vorrichtung zur Bestimmung (**26, 27, 28**) von Temperaturwerten (T_{1M} ; T_{2M}) im Werkstoff von mindestens einem temperaturkritischen Bauteil (**3; 8**), welches verbunden mit oder innerhalb von einem Verbrennungsmotor (**1**) vorgesehen ist, und welches einer auf einer Wärmeübertragung von den Abgasen von dem Motor (**1**) beruhenden Erwärmung ausgesetzt ist, mit mindestens einem Sensor (**16-21**) zum Bestimmen von Daten, welche vorher festgelegte Variablen der Betriebsbedingungen des Motors (**1**) und des Fahrzeugs darstellen, und einer Steuereinheit (**5**) zum Steuern eines dem Motor (**1**) zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches in Abhängigkeit von den Werten, wobei die Steuereinheit (**5**) auch für das Ableiten der Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) und zum Steuern des dem Motor (**1**) zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches in Abhängigkeit von den Temperaturwerten (T_{1M} ; T_{2M}) ausgelegt ist, und wobei die Steuereinheit (**5**) für das Ableiten der Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) vorgesehen ist, die von der spezifischen Wärmeträgheit des Bauteils (**3; 8**), beruhend auf der Wärmeübertragung von den Abgasen aus dem Motor (**1**) während Drehzahl- und/oder Lastwechsel des Motors (**1**), abhängig sind, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine temperaturkritische Bauteil (**3; 8**) von einem Zylinderkopf (**3**) des Motors (**1**) und von einer mit dem Motor gekoppelten Turboladervorrichtung (**8**) gebildet ist, wobei die Temperaturwerte (T_{1M} ; T_{2M}) jeweils die Temperaturen im Werkstoff des Zylinderkopfes (**3**) des Motors (**1**) und der mit dem Motor gekoppelten Turboladervorrichtung (**8**) darstellen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

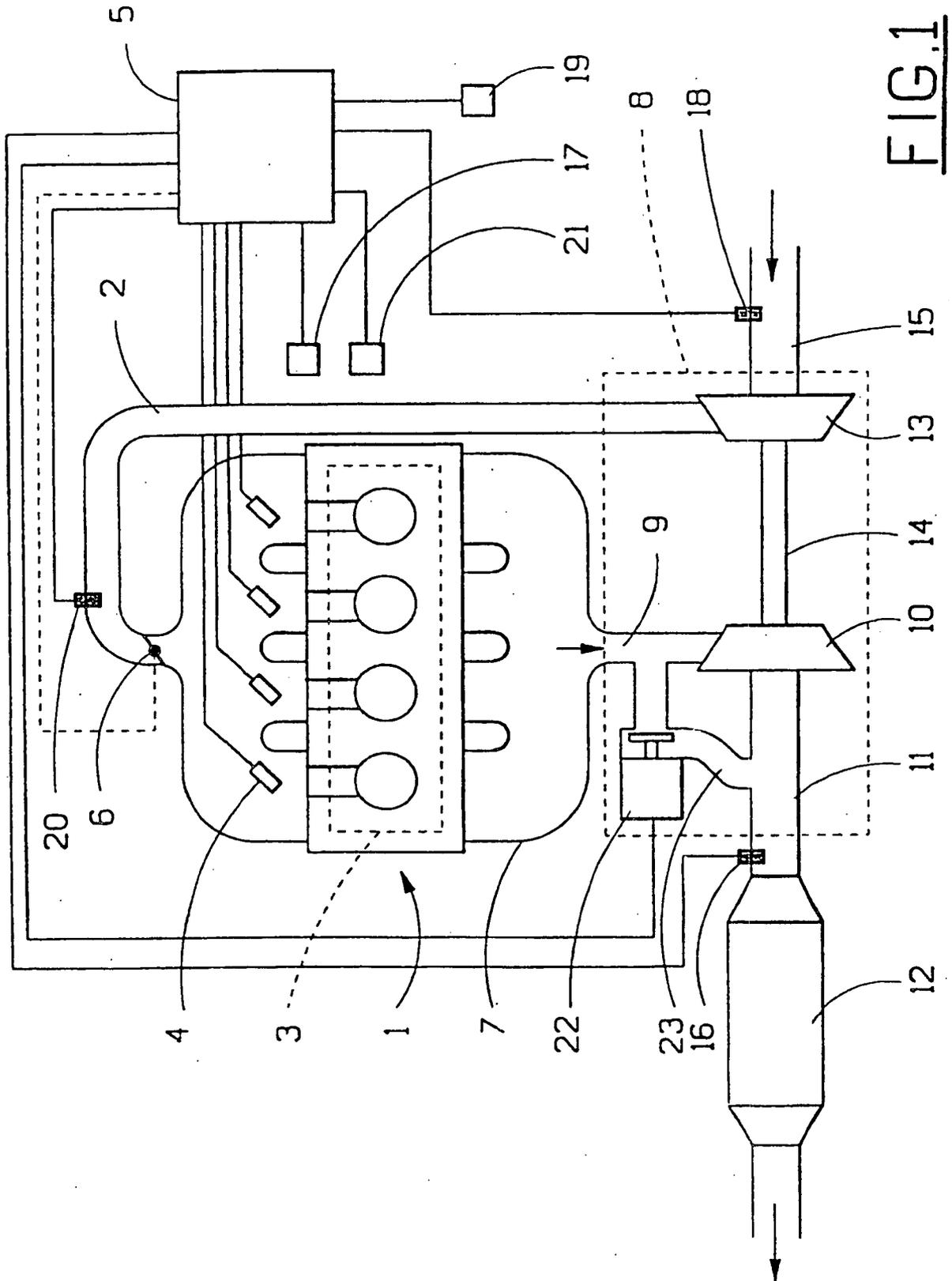


FIG.1

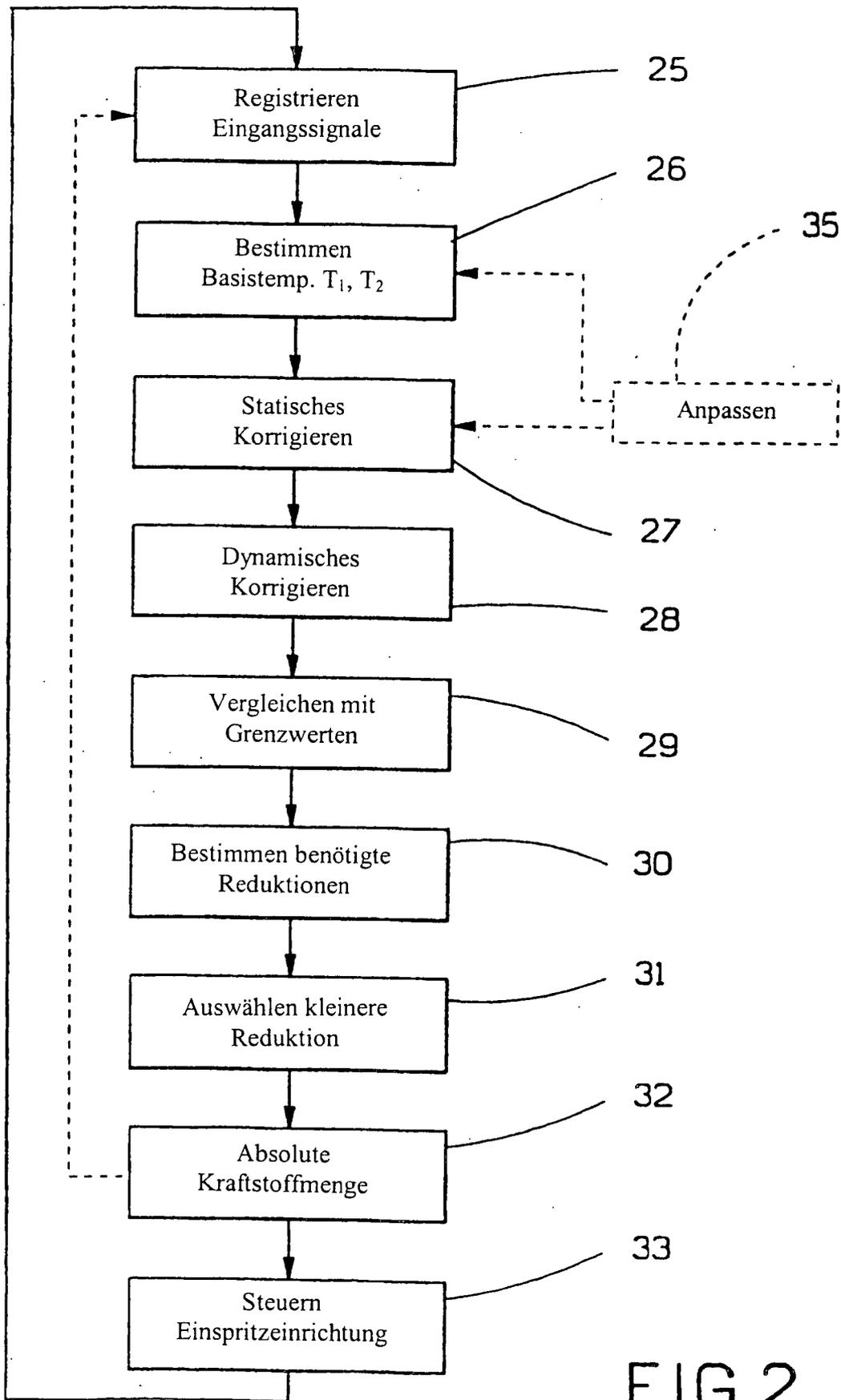


FIG.2

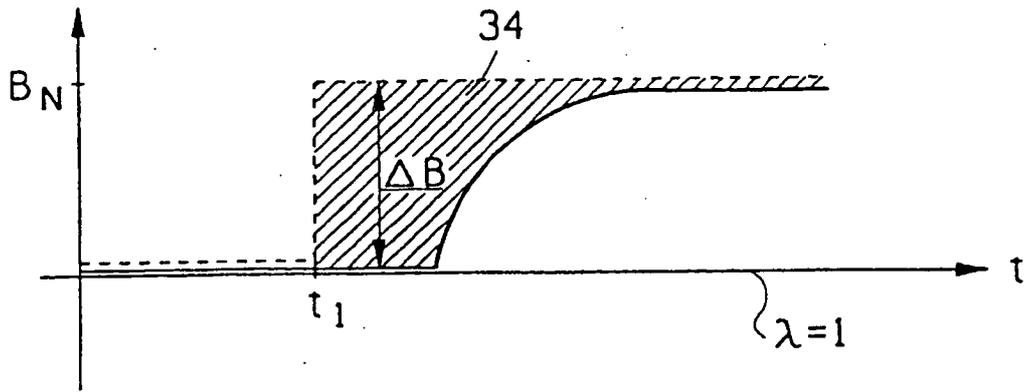


FIG.3

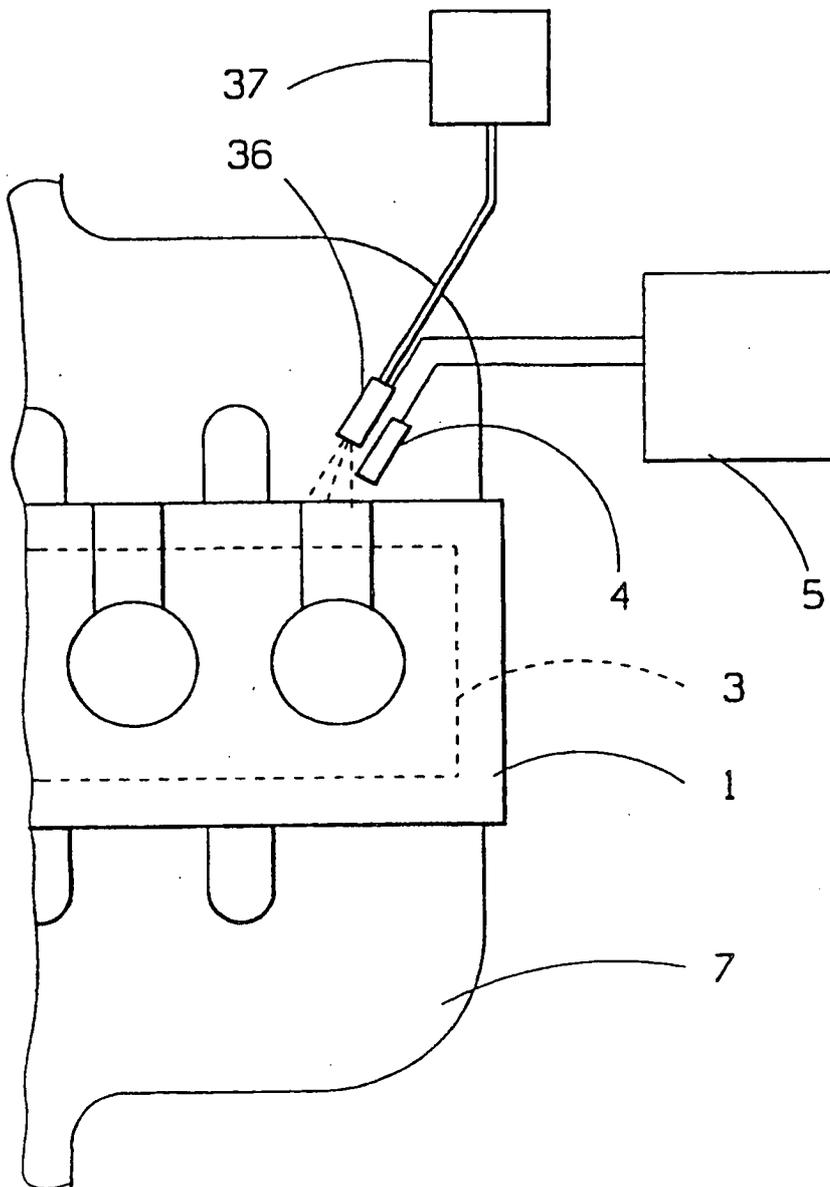


FIG.4

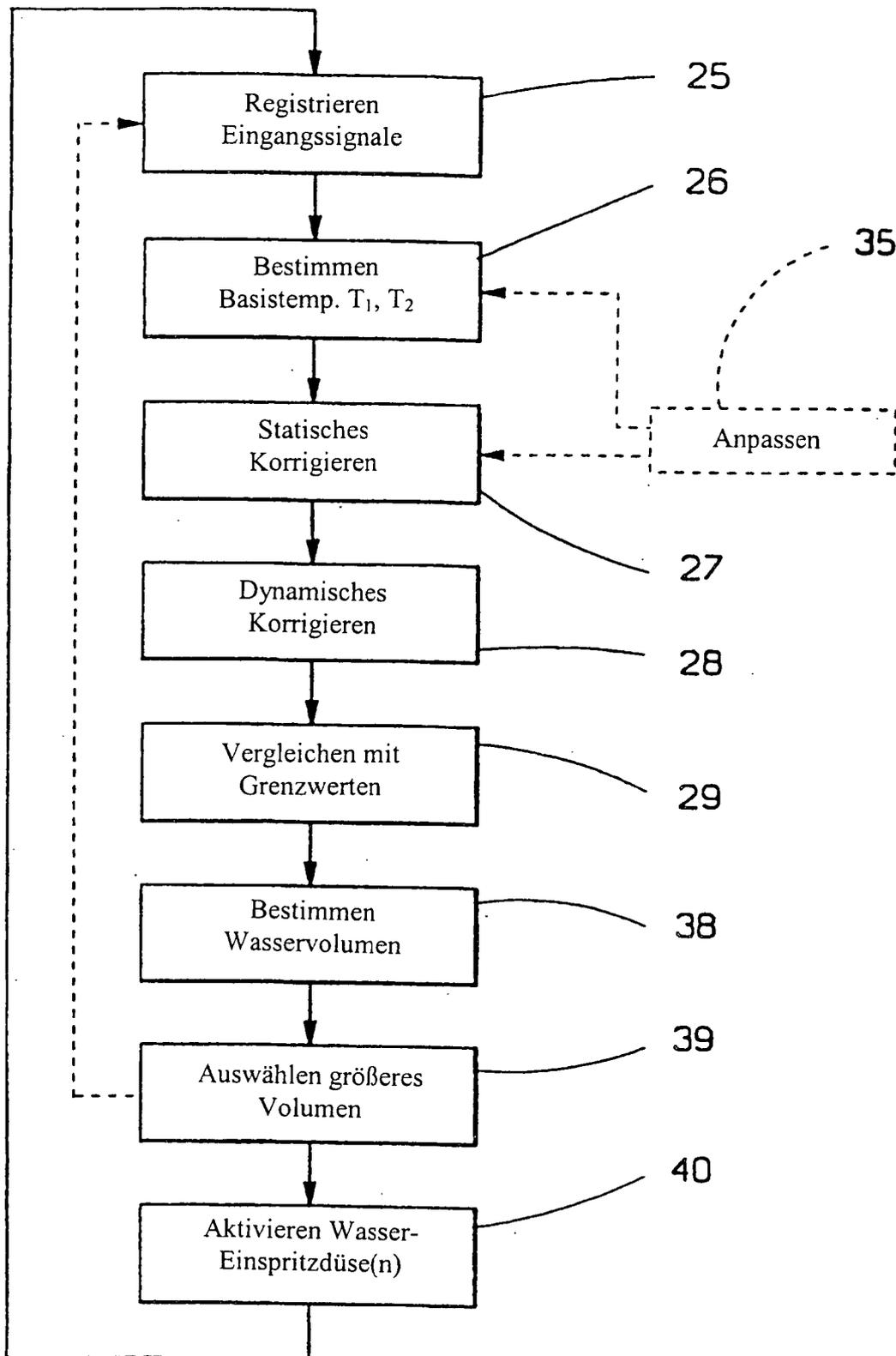


FIG.5

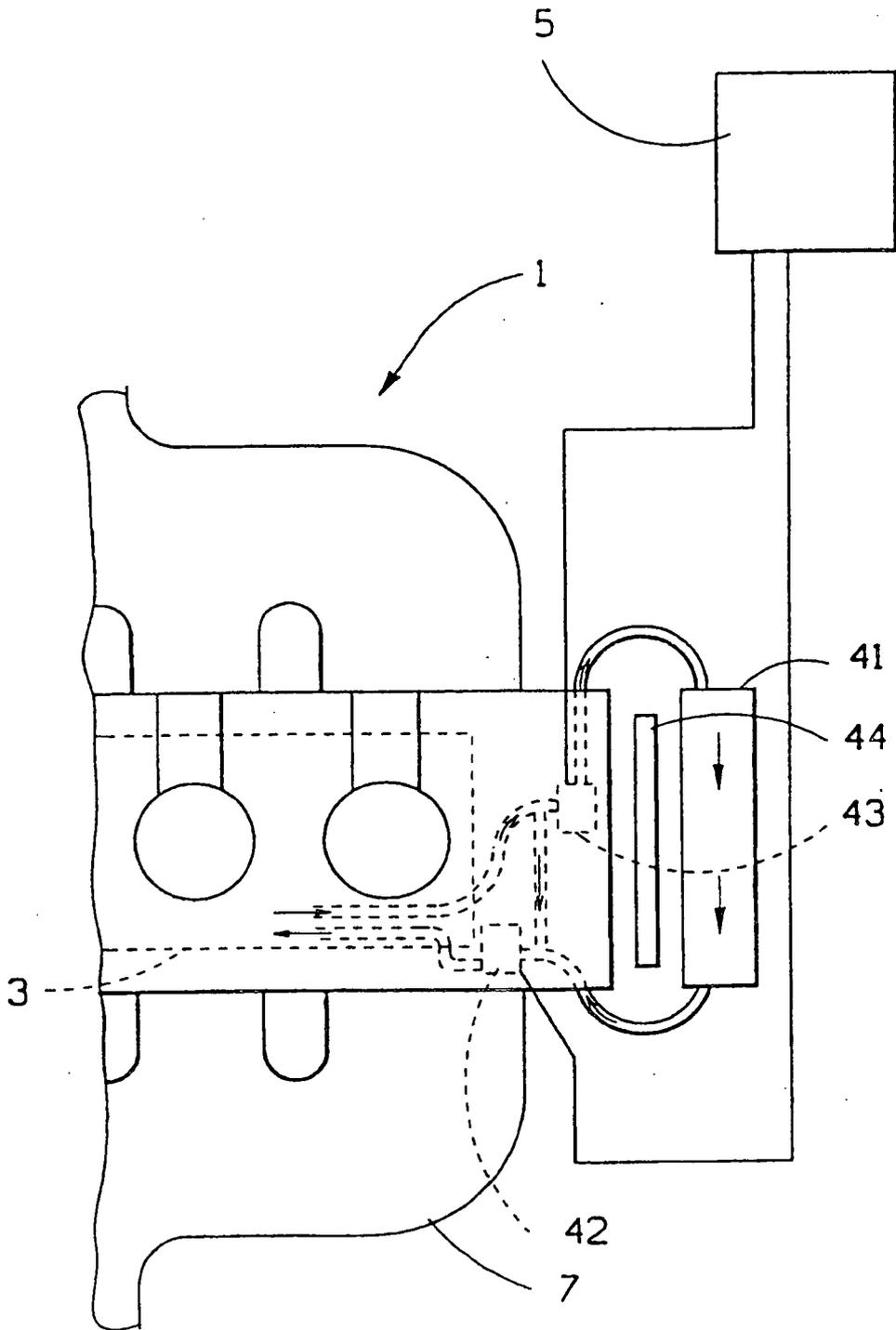


FIG.6

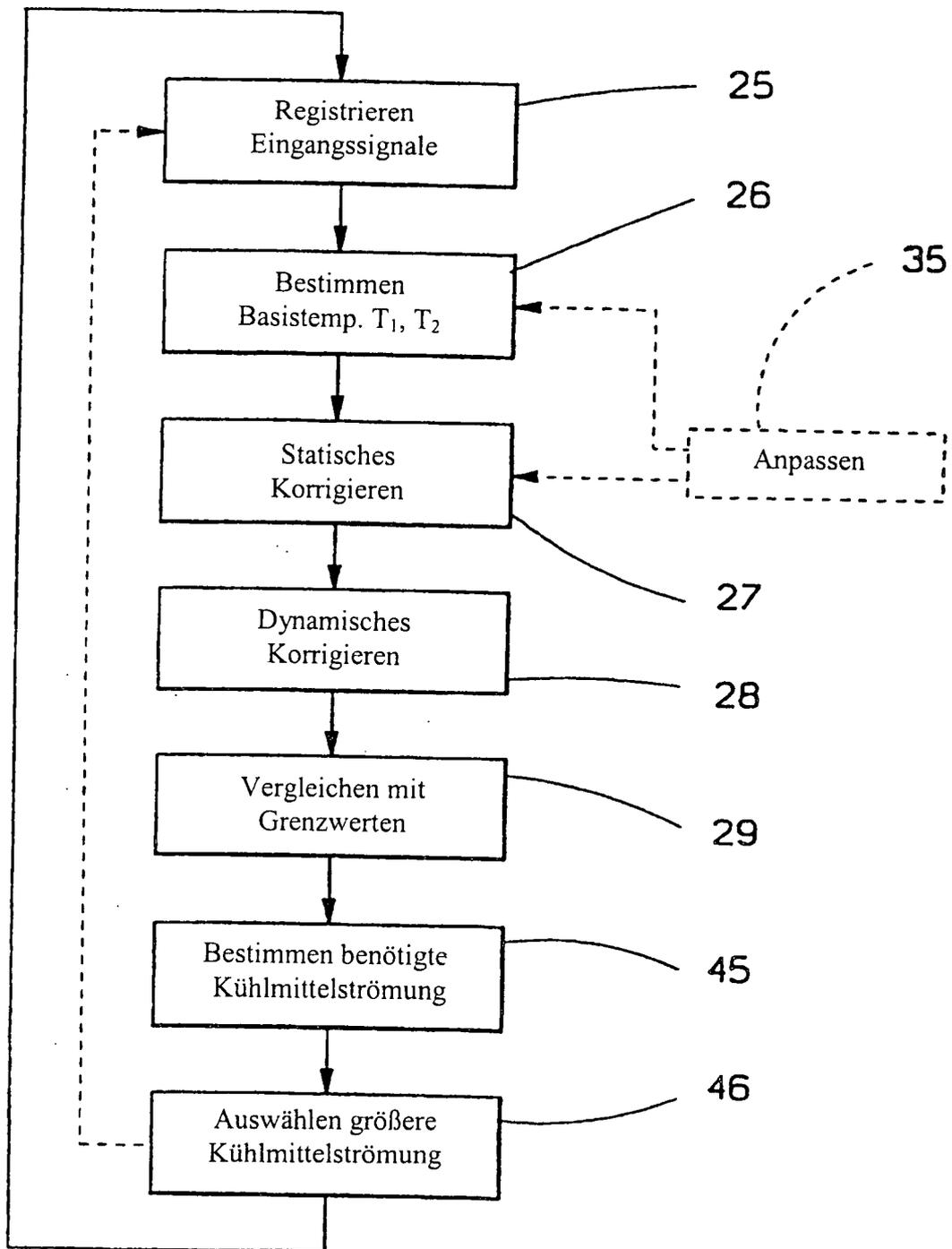


FIG.7