

(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
21. Juni 2001 (21.06.2001)

PCT

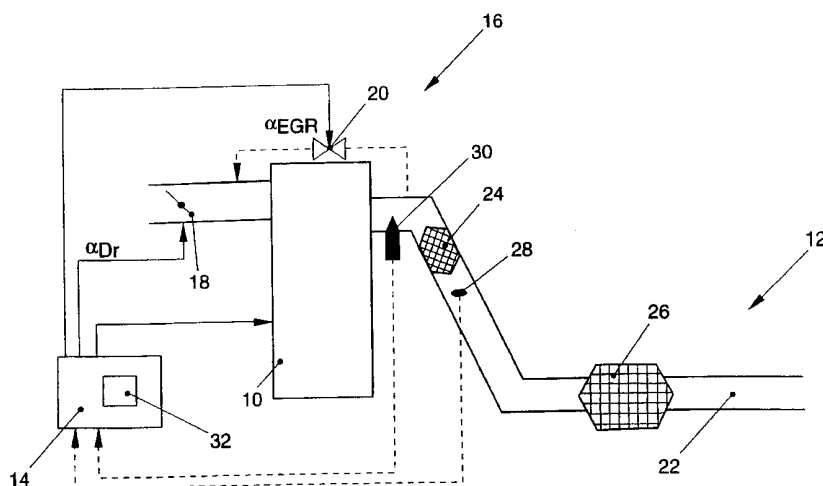
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/44629 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01N 3/00** (74) Gemeinsamer Vertreter: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT**; Brieffach 1770, 38436 Wolfsburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/12209
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. Dezember 2000 (05.12.2000) (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, DZ, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
199 61 164.5 17. Dezember 1999 (17.12.1999) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; 38436 Wolfsburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **POTT, Ekkehard** [DE/DE]; Westring 33, 38518 Gifhorn (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Veröffentlicht:
— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR DETERMINATION OF EXHAUST GAS AND CATALYST TEMPERATURE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ABGAS- UND KATALYSATORTEMPERATURERMITTLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for exhaust gas and catalyst temperature determination in an exhaust system of an internal combustion engine in a motor vehicle. Said exhaust system comprises an exhaust pipe, with at least one catalyst and operating parameters for the motor vehicle and the associated power unit are fed in to a motor control unit and determined, by means of a model, are (a) an exhaust gas temperature (T_{ab}) downstream of a temperature sensor (28), depending on a heat loss ($v_{r,ver}$) in the exhaust pipe (22) and a thermal inertia of the exhaust pipe (22) and/or (b) the catalyst temperature (T_k), depending on a mean adiabatic temperature ($T_{m,k}$) of the catalyst, a heat loss (K_{ver}) in the catalyst, an effect of a pollutant conversion (K_{um}) and an exhaust gas temperature value ($T_{ab,vk}$), taken before the catalyst.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abgas- und Katalysatortemperaturermittlung in einer Abgasanlage einer Verbrennungskraftmaschine von Kraftfahrzeugen, wobei die Abgasanlage einen Abgaskanal mit wenigstens einem Katalysator umfasst und Betriebsparameter des Kraftfahrzeugs und der damit verbundenen Aggregate in ein Motorsteuergerät eingelesen werden sowie anhand eines Modells (a) eine Abgastemperatur (T_{ab}) stromab eines Temperaturfühlers (28) in Abhängigkeit von einem Wärmeverlust ($v_{r,ver}$) im Abgaskanal (22) und einer thermischen Trägheit des Abgaskanals (22) und/oder (b) die Katalysatortemperatur (T_k) in Abhängigkeit von einer adiabaten mittleren Temperatur ($T_{m,k}$) des Katalysators, einem Wärmeverlust (K_{ver}) im Katalysator, einem Einfluss einer Schadstoffumsetzung (K_{um}) und einer zuvor ermittelten Abgastemperatur ($T_{ab,vk}$) vor dem Katalysator ermittelt wird.

Vorrichtung und Verfahren zur Abgas- und Katalysatortemperaturermittlung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Abgas- und Katalysatortemperaturermittlung in einer Abgasanlage einer Verbrennungskraftmaschine von Kraftfahrzeugen mit den in den unabhängigen Ansprüchen genannten Merkmalen.

Moderne Verbrennungskraftmaschinen weisen in ihrer Abgasanlage Komponenten wie Partikelfilter oder Katalysatoren auf, die zur Reinigung eines Abgases der Verbrennungskraftmaschine dienen. Zum optimalen Betrieb dieser Komponenten ist es unter anderem notwendig, die Abgastemperatur und/oder die Katalysatortemperatur in vorgegebenen Bereichen einzuregulieren. So ist eine katalytische Aktivität bekannter Katalysatoren zur Konvertierung von Schadstoffen des Abgases stark temperaturabhängig. Das heißt, es muß eine Mindesttemperatur am Katalysator überschritten werden (Anspringtemperatur), um eine Reduktion der Schadstoffemissionen überhaupt zu ermöglichen. Als Katalysatoren kommen beispielsweise in Frage Oxidationskatalysatoren, 3-Wege-Katalysatoren oder auch NO_x -Katalysatoren.

Weiterhin ist es bekannt, in der Abgasanlage sogenannte Absorber anzuordnen, die in bestimmten Betriebszuständen der Verbrennungskraftmaschine ausgewählte Schadstoffkomponenten, beispielsweise HC oder NO_x , einspeichern. Neben der bereits erwähnten Anspringtemperatur zur Gewährung ausreichender Aktivität der Katalysatoren muß nun einerseits sichergestellt werden, daß auch eine zur Absorption notwendige Mindesttemperatur überschritten ist und andererseits eine Desorptionstemperatur, bei der es schlagartig zur Freisetzung des eingespeicherten NO_x kommt, noch nicht erreicht wird. Weiterhin muß zum einwandfreien Betrieb von NO_x -Speicherkatalysatoren in regelmäßigen Abständen eine SO_x -Regeneration (Entschwefelung) durchgeführt werden, die im allgemeinen deutlich höhere Temperaturen erfordert. Somit besteht die Notwendigkeit, zum optimalen Betrieb der Abgasanlage gegebenenfalls Heizmaßnahmen oder Abkühlmaßnahmen einzuleiten. Dazu ist es selbstverständlich notwendig, die aktuelle Abgastemperatur beziehungsweise Katalysatortemperatur zu kennen. Eine direkte Erfassung in allen in Frage kommenden Bereichen der Abgasanlage mittels bekannter Temperaturfühler läßt

- 2 -

sich häufig technisch nicht realisieren und wäre zudem mit einem erheblichen Kostenaufwand verbunden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren vorzugeben, mittels denen eine exakte Modellierung der Abgas- und Katalysatortemperatur ermöglicht wird, so daß auf einen Einsatz zusätzlicher, kostspieliger Sensoren verzichtet werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den in den unabhängigen Ansprüchen genannten Merkmalen gelöst. Dazu wird auf die ohnehin, beispielsweise in einem Motorsteuergerät bereitgestellten Betriebsparameter des Kraftfahrzeuges und der damit verbundenen Aggregate zurückgegriffen. Diese Betriebsparameter werden in ein Motorsteuergerät eingelesen und anhand eines Modells

- (a) eine Abgastemperatur stromab eines Temperaturfühlers in Abhängigkeit von einem Wärmeverlust im Abgaskanal und einer thermischen Trägheit des Abgaskanals und/oder
- (b) die Katalysatortemperatur in Abhängigkeit von einer adiabaten, mittleren Temperatur des Katalysators, einem Wärmeverlust im Katalysator, einem Einfluß einer Schadstoffumsetzung und einer zuvor ermittelten Abgastemperatur vor dem wenigstens einen Katalysator

ermittelt. Die aufgezeigte Vorgehensweise zeichnet sich durch eine besonders robuste und sichere Bestimmung der für die Steuerung des Betriebs der Abgasanlage notwendigen Temperaturen aus.

Das Steuergerät kann als eigenständige Steuereinheit realisiert werden oder vorteilhafter Weise in das bereits vorhandene Motorsteuergerät integriert werden und beinhaltet das dort in digitalisierter Form hinterlegte Modell zur Abgas- und Katalysatortemperaturermittlung.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, den Wärmeverlust vom Temperaturfühler im Vorrohr bis zum Katalysator anhand von Größen, wie einem Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten, einer vom Temperaturfühler erfaßten Temperatur und einer Umgebungstemperatur, zu berechnen. Weiterhin läßt sich der Einfluß der ther-

- 3 -

mischen Trägheit unter Annahme eines stationären Fließprozesses besonders einfach und exakt modellieren, indem die in einer vorhergehenden Berechnungsschleife ermittelte Abgastemperatur vor dem Katalysator berücksichtigt wird. Damit wird eine drastische Verringerung des Rechenaufwandes gegenüber den üblichen nichtlinearen Differentialgleichungen erzielt.

Ferner ist vorteilhaft, den Wärmeverlust des Katalysators aus den experimentell bestimmten Anteilen an freier und erzwungener Konvektion sowie an Strahlung zu bestimmen. Vorteilhaft ist auch, zur Ermittlung des Einflusses der Schadstoffumsetzung zunächst ein Schadstoffmassenstrom der einzelnen Schadstoffe zu ermitteln, beispielsweise anhand eines Signals eines vor dem Katalysator angeordneten Gassensors. Der derart ermittelte Schadstoffmassenstrom wird dann mit den Heizwerten der Schadstoffe multipliziert.

Die zur Bestimmung der Katalysatortemperatur notwendige mittlere adiabate Temperatur des Katalysators wird anhand der zuvor ermittelten Abgastemperatur vor dem Katalysator berechnet. Auch hier hat es sich als vorteilhaft erwiesen, eine in einer vorhergehenden Berechnungsschleife ermittelte Katalysatortemperatur analog der Vorgehensweise bei der Berechnung der Abgastemperatur zu berücksichtigen.

Durch die geschilderte Vorgehensweise kann eine Abgastemperatur im gesamten Bereich der Abgasanlage stromab eines vorhandenen Temperaturfühlers modelliert werden. Ferner läßt sich die Katalysatortemperatur für jeden in der Abgasanlage vorhandenen Katalysator stromab des Temperaturfühlers durch Wiederholung der vorgenannten Maßnahmen ermitteln.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Abgasanlage und

Figur 2 ein Prinzipschaltbild zur Ermittlung einer Abgas- und Katalysatortemperatur.

Die Figur 1 zeigt eine Verbrennungskraftmaschine 10 mit einer Abgasanlage 12. Die Verbrennungskraftmaschine 10 kann in bekannter Weise über ein Motorsteuergerät 14 in ihren Betriebsparametern den jeweiligen fahrsituationsbedingten Erfordernissen angepaßt werden. Dazu werden beispielsweise von dem Motorsteuergerät 14 einer Abgasrückführeinrichtung 16 Stellgrößen, wie ein Drosselklappenwinkel α_{Dr} einer Drosselklappe 18 oder ein Öffnungswinkel α_{EGR} eines EGR-Ventiles 20, vorgegeben. Die Ermittlung und Vorgabe der Sollgrößen zur Einstellung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 10 ist bekannt und soll daher an dieser Stelle nicht näher erläutert werden.

Die Abgasanlage 12 umfaßt in einem Abgaskanal 22 angeordnete Komponenten, wie einen Vorkatalysator 24, einen Hauptkatalysator 26, einen Temperaturfühler 28 sowie einen Gassensor 30. Denkbar ist auch, weitere Komponenten, wie beispielsweise Partikelfilter oder zusätzliche Katalysatoren, in der Abgasanlage 12 anzuordnen. Das geschilderte Verfahren ermöglicht eine Berechnung der Abgastemperatur in allen Bereichen stromab des Temperaturfühlers 28 und der Temperatur aller dort angeordneten Katalysatoren.

Die durch die Sensoren 28, 30 erfaßten Betriebsparameter des Abgases werden in ein Steuergerät 32 eingelesen. In dem Steuergerät 32 ist ein Modell zur Ermittlung der Abgas- und Katalysatortemperaturen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hinterlegt. Das Steuergerät 32 kann in das Motorsteuergerät 14 integriert werden aber auch als eigenständige Einheit betrieben werden.

Zur Ermittlung der Abgas- und Katalysatortemperaturen kann wie folgt vorgegangen werden (siehe Prinzipschaltbild der Figur 2):

Die Berechnung läßt sich in fünf Abschnitte gliedern, nämlich in

1. eine Berechnung der Wärmeverluste v_{ver} in der Abgasanlage 12 stromab von dem Temperaturfühler 28 bis zu dem Hauptkatalysator 26, im weiteren als Vorrohr bezeichnet (Schritt S1);
2. eine Berechnung einer Abgastemperatur $T_{ab,vk}$ vor dem Katalysator 26 unter Berücksichtigung einer thermischen Trägheit des Vorrohres (Schritt S2);

- 5 -

3. eine Berechnung einer adiabaten mittleren Temperatur $T_{m,k}$ im Katalysator 26 (Schritt S3);
4. eine Berechnung der Wärmeverluste k_{ver} im Katalysator 26 (Schritt S4) und
5. eine Berechnung der Katalysatortemperatur T_k unter Berücksichtigung einer Schadstoffumsetzung k_{um} im Katalysator 26 (Schritt S5). Die Schritte S4 und S5 können dabei in beliebiger Reihenfolge ablaufen.

Im Schritt S1 werden die Wärmeverluste v_{ver} am Vorrohr ermittelt. Dazu umfaßt das Modell eine Prozedur, in der ein Wärmedurchgangskoeffizient k_f des Vorrohrs, eine durch den Temperaturfühler 28 erfaßte Temperatur $T_{ab,sen}$ und eine Umgebungstemperatur T_{umg} einfließen. Der Wärmedurchgangskoeffizient k_f kann in Abhängigkeit von den Außen- und Innenflächen $d_{rohr,a}$, $d_{rohr,i}$ des Vorrohrs und den dazugehörigen Wärmeübergangskoeffizienten α_a , α_i berechnet werden. Dabei ist der innere Wärmeübergangskoeffizient α_i über den Zusammenhang

$$\alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda_{ab}}{d_{rohr,i}} \quad (I)$$

bestimmbar, wobei Nu eine Nusseltzahl, λ_{ab} eine Wärmeleitfähigkeit des Abgases und $d_{rohr,i}$ der Innendurchmesser des Abgasrohres ist. Die Nusseltzahl Nu ergibt sich nach der Rechenvorschrift

$$Nu = 0,0214 \cdot (Re^{0,8} - 100) \cdot Pr^{0,4} \cdot \left[1 + \left(\frac{d_{rohr,i}}{l_{rohr}} \right)^{0,667} \right], \quad (II)$$

bei der Re für eine Reynoldszahl, Pr für eine Prandtl-Zahl und l_{rohr} für eine Länge des Vorrohres stehen, wobei die Reynoldszahl Re aus dem Zusammenhang:

$$Re = \frac{V_{ab} \cdot d_{rohr,i}}{\mu_{ab}}, \quad (III)$$

mit V_{ab} als mittlere Geschwindigkeit des Abgases und μ_{ab} als kinematische Viskosität des Abgases ermittelbar ist. Die mittlere Geschwindigkeit des Abgases V_{ab} und die kinematische Viskosität des Abgases μ_{ab} lassen sich in Abhängigkeit von der durch Temperaturfühler 28 gemessenen Temperatur $T_{ab,sen}$ beziehungsweise einem

- 6 -

Abgasmassenstrom $m_{ab,s}$ sowie einer mittleren Dichte ρ_{ab} des Abgases und dem Innendurchmesser des Rohres $d_{rohr,i}$ nach den Formeln

$$\mu_{ab} = (110 + 1,25 \cdot T_{ab,sen}) 10^{-7} \quad (IV)$$

und

$$V_{ab} = \frac{m_{ab,s}}{\rho_{ab} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d_{rohr,i}} \quad (V)$$

bestimmen.

$m_{ab,s}$ ergibt sich aus den gemessenen Größen Luftmassenstrom m_{luft} und Kraftstoffmassenstrom m_{kst} . Nach Ermittlung der vorgenannten Größen läßt sich eine Wärmeleitfähigkeit r_{rohr} des Vorrohres und nachfolgend der Wärmedurchgangskoeffizient kf den Formeln

$$r_{rohr} = \frac{\ln\left(\frac{d_{rohr,i}}{d_{rohr,a}}\right)}{2\pi \cdot \lambda_{rohr} \cdot l_{rohr}} \quad (VI)$$

und

$$\frac{1}{kf} = \frac{1}{\alpha_a \cdot \alpha_{rohr,a}} + r_{rohr} + \frac{1}{\alpha_i \cdot \alpha_{rohr,i}} \quad (VII)$$

entnehmen.

Demnach ist der Wärmeverlust vr_{ver} am Vorrohr über den Zusammenhang

$$vr_{ver} = kf \cdot (T_{ab,sen} - T_{umg}) \quad (VIII)$$

berechenbar und steht den weiteren Berechnungen zur Verfügung.

Zur Berechnung der Abgastemperatur $T_{ab,vk}$ vor dem Katalysator 26 (Schritt S2) muß die thermische Trägheit des Vorrohres, das heißt deren massenbehafteter Einfluß auf die Energiebilanz (vr_{temp}), bewertet werden. Bei bekannter Vorrohrmasse m_{vr} und

- 7 -

bekannten spezifischen Wärmekapazitäten des Vorrohres cp_{rohr} und des Abgases cp_{ab} läßt sich eine Energiebilanz des Masseneinflusses und des Wärmeverlustes vr_{ver} nach der Formel

$$m_{ab,s} \cdot cp_{ab} \cdot T_{ab,vk} = m_{ab,s} \cdot cp_{ab} \cdot T_{ab,sen} - vr_{ver} - m_{vr} \cdot cp_{rohr} \cdot (T_{ab,vk} - T_{ab,vk1}) \quad (IX)$$

aufstellen. $T_{ab,vk1}$ gibt dabei die Abgastemperatur vor dem Katalysator 26 der letzten Berechnungsschleife an. Durch Aufnahme eines solchen Schrittes kann auf die Anwendung aufwendiger Differentialgleichungen und iterativer Rechenverfahren verzichtet werden, so daß sich der Rechenaufwand stark verringert. Die aktuelle Abgastemperatur $T_{ab,vk}$ vor dem Katalysator 26 ergibt sich damit nach der Formel:

$$T_{ab,vk} = \frac{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} \cdot T_{ab,sen} + m_{vr} \cdot cp_{rohr} \cdot T_{ab,vk1} - vr_{ver}}{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} + m_{vr} \cdot cp_{rohr}} \quad (X)$$

Die zuvor ermittelte Abgastemperatur $T_{ab,vk}$ fließt nun ihrerseits in eine Berechnung einer adiabaten mittleren Temperatur $T_{m,k}$, bei der ein Einfluß einer Katalysatormasse auf die Temperatur berücksichtigt wird, ein. Die Katalysatortemperaturberechnung ist mit hoher Genauigkeit noch durch folgende Vereinfachungen durchführbar:

- der Katalysator 26 ist ein idealer Wärmetauscher, so daß am Katalysatorende die Abgastemperatur der Katalysatortemperatur entspricht;
- die Temperaturberechnung erfolgt für einen adiabaten Katalysator 26;
- ein Wärmeverlust $T_{m,k,ver}$ am Katalysator 26 bezieht sich auf die zuvor ermittelte Katalysatortemperatur;
- die Schadstoffumsetzung k_{um} auf dem Katalysator 26 findet gleichzeitig über die gesamte Katalysatorlänge statt und wird der wärmeverlustkorrigierten Katalysatortemperatur zugeschlagen.

Die Genauigkeit eines solchen eingeschränkten Modells steigt mit sinkender Temperaturdynamik, abnehmendem Schadstoffgehalt und steigenden Abgasmassenströmen.

- 8 -

Analog zur Berechnung der Abgastemperatur wird auch zur Ermittlung des Einflusses einer Katalysatormasse m_k , das heißt bei der Berechnung einer mittleren adiabaten Temperatur $T_{m,k}$ des Katalysators 26, eine in einer vorherigen Berechnungsschleife ermittelte Temperatur $T_{m,k1}$ berücksichtigt. Bei bekannter Katalysatormasse m_k und bekannter spezifischer Wärmekapazität des Katalysators 26 cp_k kann die aktuelle mittlere adiabate Temperatur $T_{m,k}$ nach der Formel

$$T_{m,k} = \frac{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} \cdot T_{ab,yk} + m_k \cdot cp_k \cdot T_{m,k1}}{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} + m_k \cdot cp_k} \quad (XI)$$

ermittelt werden.

Im Schritt S4 wird ein Wärmeverlust k_{ver} am Katalysator 26 ermittelt. Dazu müssen experimentell zwei Koeffizienten f_{k1} und f_{k2} für die freie Konvektion und Strahlung sowie die erzwungene Konvektion am Katalysator 26 bestimmt werden. Mit bekannter Fahrzeuggeschwindigkeit v_{fzg} gilt für eine aktuelle Katalysatortemperatur $T_{m,k,ver}$ inklusive Wärmeverlusten k_{ver} der Zusammenhang:

$$T_{m,k,ver} = T_{m,k} - f_{k1} \cdot (T_{m,k} - T_{umg}) - f_{k2} \cdot v_{fzg} \cdot (T_{m,k} - T_{umg}). \quad (XII)$$

Im Schritt S5 läßt sich ein Einfluß der Schadstoffumsetzung k_{um} auf die Temperatur T_k des Katalysators 26 ermitteln. Dazu wird aus einem hinter der Verbrennungskraftmaschine 10 mit dem Gassensor 30 gemessenen Abgaslambdawert λ_{nm} zunächst ein Anteil einer Nacheinspritzmenge $M_{E,ne}$ nach Brennende herausgerechnet. Dem somit erzielten Brennverlauflambda λ_{brenn} werden die Schadstoffkoeffizienten $f_{HC,brenn}$ und $f_{CO,brenn}$ zugeordnet, die multipliziert mit einer Motordrehzahl n näherungsweise den HC- und CO-Schadstoffmassenstrom $m_{HC,brenn}$ und $m_{CO,brenn}$ im Abgas ohne Einfluß der Nacheinspritzung beschreiben. Diese Berechnungen können in bekannter Weise unter Berücksichtigung einer Anzahl n_{zy} an Zylindern und eines Einspritzbeginns SB_{ne} der Nacheinspritzung durchgeführt werden. Den Schadstoffmassenströmen $m_{HC,brenn}$, $m_{CO,brenn}$ werden noch die Nacheinspritzmengenanteile nach Brennende $m_{HC,ne}$ und $m_{CO,ne}$ zugeschlagen. Es gilt dann:

- 9 -

$$m_{CO} = m_{CO,brenn} + m_{CO,ne}$$

(XIII)

$$m_{HC} = m_{HC,brenn} + m_{HC,ne}$$

Bei Bedarf läßt sich diese Vorgehensweise auf weitere Schadstoffe, zum Beispiel H_2 , ausdehnen.

Bei bekannter Vorkatalysatortemperatur T_{VK} kann eine katalytische Aktivität hinsichtlich der Schadstoffumsetzung im Vorkatalysator 24 berechnet werden. Dabei gilt näherungsweise, daß die Temperatur T_{VK} im Vorkatalysator 26 in etwa der Temperatur $T_{ab,sen}$ am Temperaturfühler 28 entspricht. Bei bekannten Raumgeschwindigkeiten v_{kVol} , k_{Vol} am Vorkatalysator 24 und am NO_x -Speicherkatalysator 26 kann kennfeldmäßig ein Konvertierungsanteil des Vorkatalysators 24 für HC und CO ($kon_{VK,HC}$ und $kon_{VK,CO}$) ausgelesen werden und über λ_{nm} korrigiert werden. Die nicht konvertierten Schadstoffmassenströme $m_{HC,k}$ und $m_{CO,k}$ werden entsprechend ihren Heizwerten $h_{u,HC}$ und $h_{u,CO}$ an dem Katalysator 26 umgesetzt und erhöhen durch Freigabe ihres Energiegehaltes $e_{HC,k}$ und $e_{CO,k}$ die Katalysatortemperatur T_k . Demnach gilt der Zusammenhang:

$$T_k = T_{m,k} + \frac{e_{HC,k} + e_{CO,k}}{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} + m_k \cdot cp_k} \quad (XIV)$$

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Abgas- und/oder Katalysatortemperaturermittlung in einer Abgasanlage einer Verbrennungskraftmaschine von Kraftfahrzeugen, wobei die Abgasanlage einen Abgaskanal mit wenigstens einem Katalysator umfaßt und Betriebsparameter des Kraftfahrzeugs und der damit verbundenen Aggregate in ein Motorsteuergerät eingelesen werden sowie anhand eines Modells
 - (a) eine Abgastemperatur (T_{ab}) stromab eines Temperaturfühlers (28) in Abhängigkeit von einem Wärmeverlust ($v_{r_{ver}}$) im Abgaskanal (22) und einer thermischen Trägheit des Abgaskanals (22) und/oder
 - (b) die Katalysatortemperatur (T_k) in Abhängigkeit von einer adiabaten mittleren Temperatur ($T_{m,k}$) des Katalysators, einem Wärmeverlust (k_{ver}) im Katalysator, einem Einfluß einer Schadstoffumsetzung (k_{um}) und einer zuvor ermittelten Abgastemperatur ($T_{ab,vk}$) vor dem Katalysator ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmeverlust ($v_{r_{ver}}$) vom Temperaturfühler (28) bis zum Katalysator (26) (Vorrohr) über den Zusammenhang

$$v_{r_{ver}} = kf \cdot (T_{ab, sen} - T_{umg}) \quad (VIII)$$

berechnet wird, wobei (kf) ein Wärmeleitfähigkeitskoeffizient, ($T_{ab, sen}$) eine vom Temperaturfühler (28) erfaßte Temperatur und (T_{umg}) eine Umgebungstemperatur ist.

- 11 -

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Einfluß die thermische Trägheit auf die Abgastemperatur ($T_{ab,vk}$) über den Zusammenhang

$$T_{ab,vk} = \frac{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} \cdot T_{ab,sen} + m_{vr} \cdot cp_{rohr} \cdot T_{ab,vk1} - vr_{ver}}{m_{ab,s} \cdot cp_{ab} + m_{vr} \cdot cp_{rohr}} \quad (X)$$

ermittelt wird, wobei ($m_{ab,s}$) ein Abgasmassenstrom, (cp_{ab}) und (cp_{rohr}) die spezifischen Wärmekapazitäten des Vorrohrs und des Abgases, (m_{vr}) eine Masse des Vorrohrs und ($T_{ab,vk1}$) die Abgastemperatur vor dem Katalysator (26) der letzten Berechnung sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmeverlust (k_{ver}) des Katalysators (26) aus den experimentell bestimmten Anteilen an freier und erzwungener Konvektion sowie an Strahlung am Katalysator (26) bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ermittlung des Einflusses der Schadstoffumsetzung (k_{um}) zunächst ein Schadstoffmassenstrom (m_{CO} , m_{HC}) der einzelnen Schadstoffe anhand eines Signals eines vor dem Katalysator (26) angeordneten Gassensors (30) bestimmt wird und mit den Heizwerten ($h_{u,CO}$, $h_{u,HC}$) der Schadstoffe multipliziert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mittlere adiabate Temperatur ($T_{m,k}$) des Katalysators (26) anhand der Abgastemperatur ($T_{ab,vk}$) vor dem Katalysator (26) berechnet wird.
7. Vorrichtung zur Abgas- und Katalysatortemperaturermittlung in einer Abgasanlage einer Verbrennungskraftmaschine von Kraftfahrzeugen, wobei die Abgasanlage einen Abgaskanal mit wenigstens einem Katalysator umfaßt und Mittel vorhanden sind, mit denen Betriebsparameter des Kraftfahrzeugs und der damit verbundenen Aggregate in ein Motorsteuergerät eingelesen werden sowie anhand eines Modells

- 12 -

- (a) eine Abgastemperatur (T_{ab}) stromab eines Temperaturfühlers (28) in Abhängigkeit von einem Wärmeverlust ($v_{r_{ver}}$) im Abgaskanal (22) und einer thermischen Trägheit des Abgaskanals (22) und/oder
- (b) die Katalysatortemperatur (T_k) in Abhängigkeit von einer adiabaten mittleren Temperatur ($T_{m,k}$) des Katalysators, einem Wärmeverlust (k_{ver}) im Katalysator, einem Einfluß einer Schadstoffumsetzung (k_{um}) und einer zuvor ermittelten Abgastemperatur ($T_{ab,vk}$) vor dem Katalysator

ermittelt wird.

- 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel ein Steuergerät (32) umfassen, in dem das Modell für die Berechnung der Abgas- und Katalysatortemperatur hinterlegt ist.
- 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Steuergerät (32) in das Motorsteuergerät (14) integriert ist.

1/2

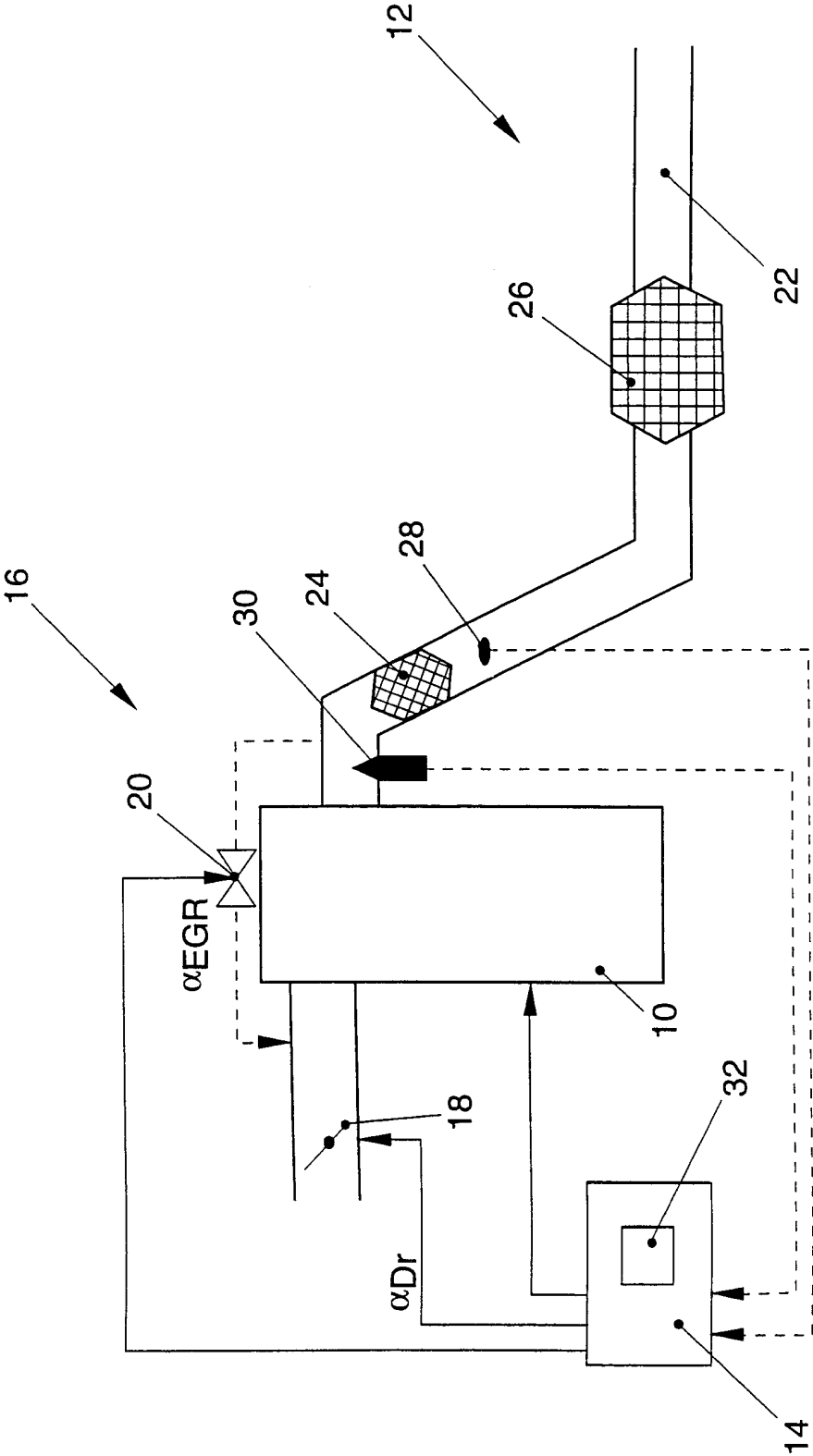


FIG. 1

2/2

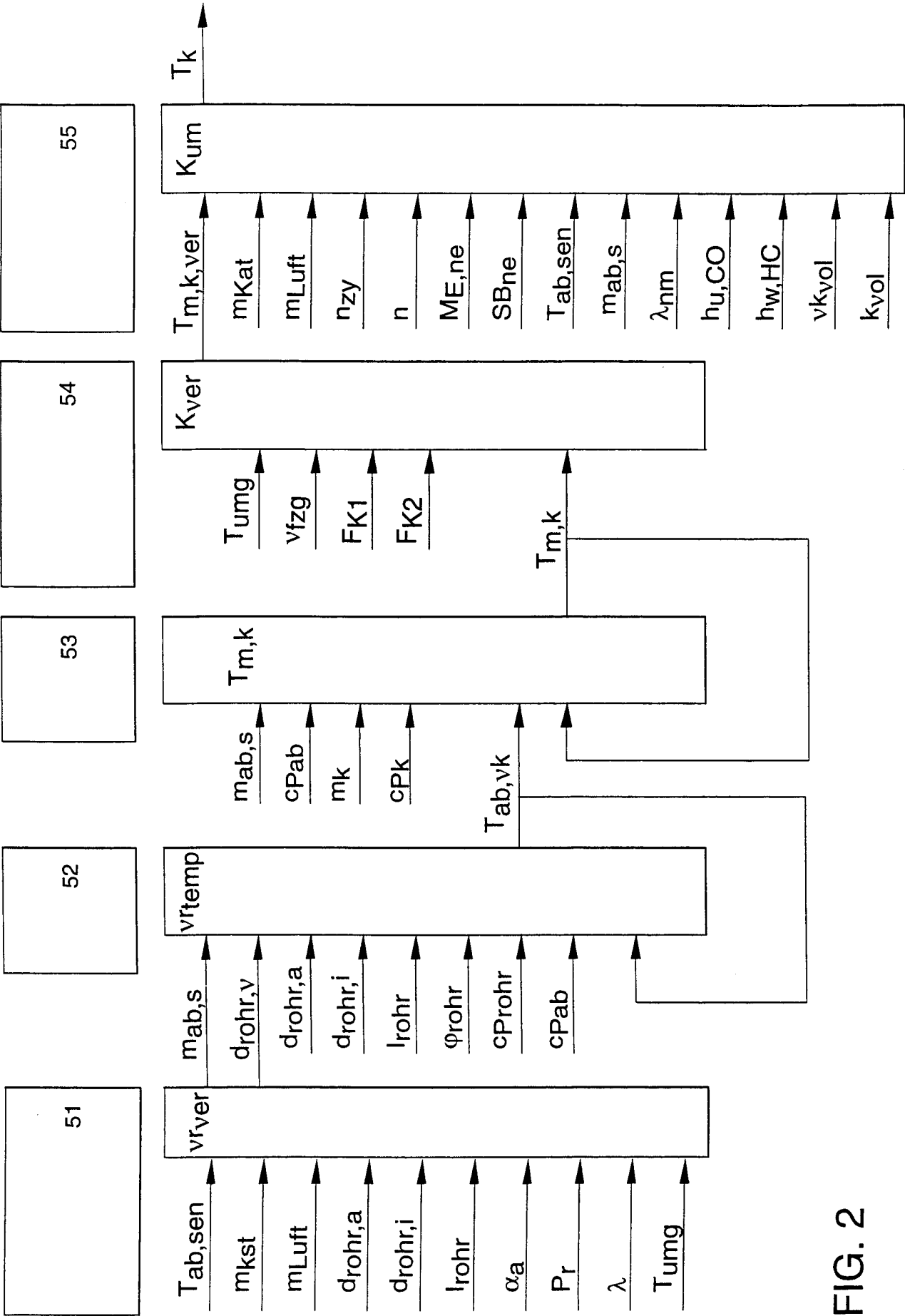


FIG. 2