



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 42 234 B4** 2006.03.23

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 42 234.6**  
 (22) Anmeldetag: **12.09.2002**  
 (43) Offenlegungstag: **25.03.2004**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **23.03.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 21/08** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

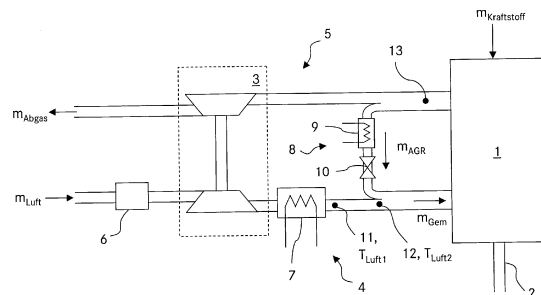
(73) Patentinhaber:  
**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 199 63 358 A1**  
**DE 199 34 508 A1**

(72) Erfinder:  
**Barba, Christian, Dr.sc.techn., 70736 Fellbach, DE;**  
**Dietz, Martin, Dipl.-Ing., 70329 Stuttgart, DE; Moll,**  
**Günter, Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bestimmung der Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung, wobei die Abgasrückführmenge ( $r_{AGR}$ ,  $m_{AGR}$ ) aus einer Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ), aus einer Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ), aus einer Frischgasmenge ( $m_{Luft}$ ) und/oder einem Luftaufwand ( $\eta$ ) ermittelt wird, und die Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ) durch ein Frischgastemperaturmodell (15) bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Frischgastemperaturmodell (15) adaptiv ausgeführt ist und ein Basismodell (15.1), welches der Ermittlung eines Basiswerts ( $y_{15.1}$ ) für eine Basistemperaturveränderung dient, und ein Korrekturmodell (15.3) umfasst, welches der Korrektur des Basiswerts ( $y_{15.1}$ ) mittels seiner Ausgangsgröße ( $y_{15.3i}$ ) dient, wenn eine Abweichung der Werte von für die Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ) relevanten Größen ( $u_{15.3i}$ ,  $dm_{Luft}/dt$ ) von Referenzwerten ( $u_{15.i0}$ ) dieser Größen vorliegt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung. Solche Verbrennungsmotoren sind beispielsweise als Antriebsmotoren für Kraftfahrzeuge in Gebrauch. Die Abgasrückführung hat bekanntermaßen Vorteile hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen. Der Begriff „Menge“ wird vorliegend der Einfachheit halber umfassend zur Bezeichnung einer mengenindikativen physikalischen Größe gebraucht, wie z.B. für die Masse oder die Mengen- oder Massenrate an rückgeführtem Abgas bzw. in den Verbrennungsmotor eingespeistem Gasgemisch.

**[0002]** Die in den oder die Brennräume eines Verbrennungsmotors eingespeiste Frischgasmenge kann beispielsweise über einen Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM) in einem zugehörigen Saugrohr bzw. Ansaugtrakt gemessen werden. Die Abgasrückführmenge kann auf diese Weise nicht bestimmt werden und ist daher ohne weitere Maßnahmen höchstens für einen ganz bestimmten Auslegungszustand, z.B. einen Normzustand des Motors, indirekt festgelegt und bekannt. Für andere Motorbetriebszustände und insbesondere bei sich ändernder Temperatur und sich änderndem Luftdruck der Umgebung, welcher das Frischgas bzw. die Frischluft für den Motor entnommen wird, sollte eine gegenüber dem Auslegungszustand bzw. dem Normzustand veränderte Abgasrückführmenge eingestellt werden, um z.B. Emissionsgrenzwerte genau einhalten zu können. Daher ist es wünschenswert, zu jedem Zeitpunkt die Abgasrückführmenge genau zu kennen um diese auf einen geeigneten Wert einregeln zu können.

## Stand der Technik

**[0003]** In der Offenlegungsschrift DE 199 34 508 A1 ist ein Verfahren zur Abgasrückführsteuerung beschrieben, bei dem eine Sollabgasrückführmenge auf der Basis von Motorlast, Motordrehmoment und Luftdruck erfaßt wird, eine Istabgasrückführmenge sowie die Öffnungs- und die Schließbewegung einer Drosselklappe sensorisch erfaßt werden und ein Abgasrückführsteuerventil in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Ist- und Sollabgasrückführmenge und einem Drosselklappenöffnungssignal sowie einem Drosselklappenschließsignal und dem jeweils zugehörigen Luftdruck betätigt wird. Die sensorische Erfassung der Abgasrückführmenge erfolgt durch Differenzdruckmessung an einer Drosselöffnung, die in einer zugehörigen Abgasrückführleitung vorgesehen ist.

**[0004]** Aus der gattungsgemäßen Offenlegungsschrift DE 199 63 358 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsmotors mit Abgasrückführung und Turbolader bekannt, bei dem eine Abgas-

temperatur, eine Frischgastemperatur, eine Frischgasmenge und ein Luftaufwand ermittelt werden. Das Verfahren arbeitet modellbasiert. Es kann ein Verdichtermodell vorgesehen sein, mittels dem die Frischgastemperatur ermittelt werden kann. Das Verdichtermodell enthält je einen Funktionsblock für eine Dichte-, eine Volumen-, eine Mengen-, eine Leistung-, eine Enthalpie-, eine Energie- und eine Temperaturbestimmung und ein Ladeluftkühlermodell.

## Aufgabenstellung

**[0005]** Der Erfindung liegt als Aufgabe die Bereitstellung eines Verfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, durch das sich mit geringem Aufwand die Abgasrückführmenge, insbesondere auch bei verschiedenen Betriebszuständen, präzise und zuverlässig bestimmen läßt.

**[0006]** Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Bereitstellung eines Verfahrens zur Bestimmung der Abgasrückführmenge mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bei diesem Verfahren wird die Abgasrückführmenge aus einer Abgastemperatur, aus einer Frischgastemperatur, aus einer Frischgasmenge und/oder einem Luftaufwand ermittelt. Die Frischgastemperatur wird durch ein , Frischgastemperaturmodell bestimmt, welches im laufenden Motorbetrieb adaptiv an frischgastemperaturrelevante Einflussparameter angepasst wird. Der Luftaufwand ist ein Maß für die dem Motor zugeführte gasförmige Frischladung. Er ist definiert als das Verhältnis aus der gesamten dem Motor zugeführten Gasmenge je Arbeitsspiel zur theoretischen Ladung bzw. Füllung je Arbeitsspiel, d.h. zur theoretischen Frischladung beim Füllen des geometrischen Hubraumes mit Luft bzw. Gemisch vom Umgebungszustand bei nicht aufgeladenem Motor bzw. vom Zustand hinter einem eventuell vorgesehenen Verdichter bzw. Ladeluftkühler bei einem Verbrennungsmotor mit Aufladung. Für den Betrieb mit Abgasrückführung ist der Luftaufwand definiert als das Verhältnis von gesamter zugeführter Gasgemischmenge je Arbeitsspiel zur Gasgemischmenge beim Füllen des geometrischen Hubraums des Verbrennungsmotors mit Gasgemisch vom Zustand nach Zumischung durch die Abgasrückführung. Der Luftaufwand wird auch als Schluckvermögen bezeichnet.

**[0007]** Bevorzugterweise werden die Abgastemperatur, eine Temperatur des rückgeführten Abgases, auch Abgasrückführtemperatur genannt, und der Luftaufwand ebenfalls mittels entsprechender Modelle ermittelt. Die Modelle sind an Einflussparameter anpassbar, die relevant für die jeweiligen Größen sind. Die Modelle bzw. Gesamtmodelle umfassen bevorzugterweise jeweils ein Basismodell, ein Korrekturmodell und/oder einen Filterblock. Mit dem Basismodell wird ein Basiswert für die Ausgangsgröße bzw. für einen Teil der Ausgangsgröße des entspre-

chenden Gesamtmodells bestimmt. Dieser Basiswert wird ggf. durch eine Ausgangsgröße des Korrekturmodells korrigiert, wenn bestimmte, für die Ausgangsgröße des Gesamtmodells relevante Eingangsgrößen von vordefinierten Referenzwerten bzw. Referenzzuständen abweichen. Wird von einem Korrekturmodell gesprochen, so handelt es sich tatsächlich um eine Gruppe von Korrekturmodellen mit einem Korrekturmodell je Eingangsgröße. Für die Ermittlung der Abweichungen findet eine Überwachung der Eingangsgrößen, vorzugsweise durch eine Messung und anschließendem Vergleich mit den Referenzwerten, statt. Bei den Basis- bzw. Korrekturmodellen handelt es sich vorzugsweise um Kennfelder bzw. Kennlinien, es kann sich jedoch auch um lineare und/oder nicht lineare mathematische bzw. physikalische Simulationsmodelle, welche auf Differenzialgleichungen bzw. Differenzengleichungen basieren, handeln. Bei den Basis- bzw. Korrekturmodellen kann es sich ebenfalls um neuronale Netze handeln.

**[0008]** Jedes der Gesamtmodelle weist vorzugsweise zusätzlich einen Filterblock auf. Bei den Filterblöcken handelt es sich vorzugsweise um Verzögerungsglieder erster Ordnung, sog. PT1-Glieder. Es können jedoch auch andere, vorzugsweise dynamische, Filter eingesetzt werden, wie beispielsweise Verzögerungsglieder höherer Ordnung oder Verzögerungsglieder in Kombination mit Laufzeitgliedern. Durch die Filterung wird einer Eingangsgröße eines Filterblocks ein dynamisches Verhalten aufgeprägt, durch welches eine (berechnete) Ausgangsgröße des Filterblocks dem realen Verhalten des gemessenen Pendantes der Ausgangsgröße näher kommt. Derartige gefilterte bzw. durch Filterung ermittelte Größen können leichter von einer Regelung bzw. Steuerung eingestellt bzw. eingeregelt werden. Dies ist insbesondere bei der Abgasrückführrate der Fall. Die Einregelung erfolgt schneller und weist weniger Überschwingler auf, was zu einer geringeren Bauteilbelastung und zu kontinuierlicheren Emissionen führt. Emissionsspitzen werden vermieden. Die Filterung der Größen wird auch Dynamikkorrektur bezeichnet.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich vorteilhafterweise in einem Steuergerät beispielsweise in einem in einem Kraftfahrzeug üblicherweise vorhandenen Motor- und/oder Fahrzeugsteuergerät, integrieren. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann unter stationären, instationären sowie unter unterschiedlichen Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen die aktuelle Abgasrückführmenge bzw. die Abgasrückführrate mit hoher Genauigkeit berechnet werden.

**[0010]** Die Basis- und Korrekturmodelle werden vorzugsweise vor Markteinführung des Verbrennungsmotors, beispielsweise im Versuch oder auf einem Prüfstand, ermittelt und in einem Speicher eines übli-

cherweise vorgesehenen Steuergeräts hinterlegt. Vorzugsweise werden die Basismodelle und die Korrekturmodelle nur typbezogen und nicht für jeden einzelnen Verbrennungsmotor auf diese Weise vorab ermittelt und dann auf den einzelnen Verbrennungsmotor während dessen Betrieb adaptiert.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Bestimmung der Abgasrückführmenge benötigt keinerlei Sensorik zur Messung der Abgasrückführmenge. Auch ohne Abgasrückführmengensensorik kann die Menge an rückgeführtem Abgas präzise und zuverlässig ermittelt werden. Es erfolgt hierzu eine Anpassung der verwendeten Modelle mittels bestimmter Korrekturmodelle, so dass sich das erfindungsgemäße Verfahren an während der Gebrauchsdauer des Verbrennungsmotors ergebende Veränderungen, wie beispielsweise beliebige, von einem Basiszustand abweichende Betriebszustände (z.B. instationäre Vorgänge, veränderte Umgebungsbedingungen), automatisch anpaßt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0012]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und den anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. Hierbei zeigen:

**[0013]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors mit einem Ansaugtrakt und einem Abgastrakt,

**[0014]** [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der Abgasrückführrate,

**[0015]** [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Frischgastemperatur,

**[0016]** [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Abgastemperatur,

**[0017]** [Fig. 5](#) ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung einer Temperatur des rückgeführten Abgases und

**[0018]** [Fig. 6](#) ein Blockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung eines Luftaufwands.

**[0019]** Gleiche Bezugszeichen bzw. Bezeichnungen kennzeichnen gleiche funktionelle Komponenten bzw. Größen. Der Einfachheit halber werden bestimmte Eingangsgrößen bestimmter Funktionsblöcke, wie beispielsweise Summationsstellen, Filterblöcke, Modelle, mit  $x$  bezeichnet. Ebenso werden bestimmte Ausgangsgrößen bestimmter Funktionsblöcke mit  $y$  bezeichnet. Die Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen weisen als Index die Bezugszeichen der entsprechenden Funktionsblöcke auf. Handelt es

sich bei den Eingangsgrößen um Referenzwerte bzw. Referenzzustände, auch als Initialwerte bzw. Initialzustände bezeichnet, so weisen diese Eingangsgrößen als zusätzlichen Index eine Ziffer 0 auf. Steht eine Eingangs- bzw. eine Ausgangsgröße für eine Gruppe von Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen, so erhält diese Eingangs- bzw. Ausgangsgröße als zusätzlichen Index den Buchstaben *i*. Bei den Eingangs- bzw. Ausgangsgrößen kann es sich selbstverständlich auch um Zustandsgrößen bzw. Zustände handeln. Ist ein Funktionsblock als Rechteck mit mehreren hintereinanderliegenden Rechtecken dargestellt, so handelt es sich um die Darstellung eines Modells, das mehrere einzelne Modelle umfasst.

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt beispielhaft ein System, bei dem das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge eingesetzt werden kann. Dem Verbrennungsmotor **1** mit einer Antriebswelle **2** sind ein Saugrohr bzw. ein Ansaugtrakt **4** für Frischgas bzw. Frischluft und ein Abgastrakt **5** zugeordnet. Im Ansaugtrakt **4** und im Abgastrakt **5** ist ein Turbolader **3** angeordnet, wobei ein nicht näher bezeichneter Verdichter des Abgasturboladers **3** im Ansaugtrakt **4** und eine nicht näher bezeichnete Abgasturbine des Turboladers **3** im Abgastrakt **5** angeordnet sind. Zwischen Verbrennungsmotor **1** und Abgasturbolader **3** ist eine Abgasrückführung **8** vorgesehen, welche den Abgastrakt **5** mit dem Ansaugtrakt **4** verbindet. Stromab des Turboladers **3** und stromauf der nicht näher gekennzeichneten Verbindungsstelle mit der Rückführung **8** ist im Ansaugtrakt **4** vorzugsweise ein Ladeluftkühler **7** vorgesehen. Er dient zur Kühlung der Frischluft. In der Rückführung **8** sind vorzugsweise ein weiterer Kühler **9** und ein Abgasrückführventil **10** angeordnet, wobei das Abgasrückführventil bevorzugterweise stromab des Ladeluftkühlers **9** angeordnet ist.

**[0021]** Dem Verbrennungsmotor wird über eine nicht dargestellte Zuführung eine Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  zugeführt. Des Weiteren wird dem Verbrennungsmotor **1** über den Ansaugtrakt **4** eine Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  zugeführt. Diese Frischgasmenge  $m_{\text{Luft}}$  wird über einen Sensor **6**, beispielsweise einen Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM), gemessen. Über den Abgastrakt **5** wird eine Abgasmenge  $m_{\text{Abgas}}$  vorzugsweise in eine üblicherweise vorgesehene Abgasanlage geleitet. Die Frischgasmenge wird an einer nicht näher bezeichneten Messstelle mit einer über die Rückführung **8** zurückgeführten Menge an Abgas vermischt und als Gasgemischmenge  $m_{\text{Gem}}$  dem Verbrennungsmotor **1** zugeführt.

**[0022]** Temperatur  $T_{\text{Luft1}}$  und Druck des Frischgases werden vorzugsweise an einer Messstelle **11** im Ansaugtrakt **4** ermittelt, welche sich bevorzugterweise stromab des Ladeluftkühlers **7** und stromauf der nicht näher bezeichneten Verbindungsstelle mit der Rückführung **8** befindet. Die Ermittlung der Temperatur

$T_{\text{Luft1}}$  und des Druck erfolgt vorzugsweise durch entsprechende Sensoren bzw. Messgeräte. Für das erfindungsgemäße Verfahren relevant sind weiterhin eine Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft2}}$  an einer Stelle im Ansaugtrakt **4**, welche unmittelbar vor der nicht näher bezeichneten Mischstelle, also beispielsweise an einer Stelle **12** liegt, eine Abgastemperatur, welche beispielsweise der Temperatur des Abgases nach Verlassen des Verbrennungsmotors an einer Stelle **13** im Abgastrakt **5** entspricht, und eine Temperatur des rückgeführten Abgases, welche der Temperatur des rückgeführten Abgases vorzugsweise unmittelbar vor der Zumischung in den Ansaugtrakt **4** entspricht. Es wird im folgenden näher erläutert, wie die Abgastemperatur und die Temperatur  $T_{\text{Luft2}}$  ermittelt werden.

**[0023]** Die [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung einer Abgasrückführmenge bzw. einer Abgasrückführrate  $r_{\text{AGR}}$ . In einem Funktionsblock **14** wird aus einer Temperatur eines rückgeführten Abgases  $T_{\text{AGR}}$ , im weiteren auch als Abgasrückführtemperatur bezeichnet, einer Frischgas- bzw. Ladelufttemperatur unmittelbar vor Zumischung des zugeführten Abgases  $T_{\text{Luft2}}$ , einem Luftaufwand  $\eta$  und weiteren, insbesondere abgasrückführmengen- bzw. -ratenrelevanten Eingangsgrößen  $u_{14i}$ , insbesondere der über den Sensor **6** ermittelten Frischluftmenge  $M_{\text{Luft}}$ , eine Abgasrückführmenge bzw. eine Abgasrückführrate  $r_{\text{AGR}}$  unter Verwendung einer Massebilanzgleichung, einer Luftaufwandsgleichung, welche auf der idealen Gasgleichung basiert, und einer Mischungsgleichung, welche auf einer Energiebilanzgleichung basiert, bestimmt werden. Des Weiteren können durch besagte Größen und Gleichungen eine Mischtemperatur nach Zumischung des rückgeführten Abgases im Saugrohr **4** und die gesamte vom Verbrennungsmotor angesaugte Zylindermasse bzw. Gasgemischmenge  $m_{\text{Gem}}$  ermittelt werden. Die Abgasrückführmenge  $m_{\text{AGR}}$  wird ermittelt, indem von der gesamten Gasgemischmenge  $m_{\text{Gem}}$  der Frischgasanteil  $m_{\text{Luft}}$  abgezogen wird.

**[0024]** Die Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases  $T_{\text{Luft2}}$  wird mittels eines Frischgastemperaturmodells **15** aus der Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft1}}$  an der Messstelle **11** (siehe [Fig. 1](#)) und weiteren frischgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{15i}$  berechnet. Die Abgasrückführtemperatur  $T_{\text{AGR}}$  wird mittels eines Abgasrückführmodells **17** aus abgasrückführtemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{17i}$  und der Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$  ermittelt, welche wiederum mittels eines Abgastemperaturmodells **16** aus abgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{16i}$  bestimmt wird. Der Luftaufwand  $n$  wird mittels eines Luftaufwandmodells **18** aus luftaufwandrelevanten Eingangsgrößen  $u_{18i}$  ermittelt. Die Modelle **15–18** werden in den [Fig. 3–Fig. 6](#) im einzelnen erläutert.

**[0025]** Die [Fig. 3](#) zeigt ein Blockschaltbild des Gesamtmodells zur Bestimmung der Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft2}}$  bzw. des Frischgastemperaturmodells **15**. Bei dem Frischgastemperaturmodell **15** wird aus der Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft2}}$  an der Messstelle **11** der [Fig. 1](#), dem Frischgasmassenstrom  $dm_{\text{Luft}}/dt$  und weiteren frischgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  eine Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases  $T_{\text{Luft2}}$  ermittelt. Die Eingangsgrößen  $u_{15i}$  des Funktionsblocks **15** der [Fig. 2](#) umfassen den Frischgasmassenstrom  $dm_{\text{Luft}}/dt$  und die Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$ . Das Modell **15** beschreibt eine Erwärmung bzw. Abkühlung der angesaugten Frischluft bzw. des angesaugten Frischgases von der Temperatur  $T_{\text{Luft1}}$  an der Messstelle **11** bis zu einer Stelle **12** unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases im Ansaugtrakt **4**. Aufgrund der Bauteiltemperaturen, insbesondere der Temperatur des Verbrennungsmotors, kann sich eine signifikante Erwärmung oder in gewissen Situationen auch eine Abkühlung einstellen, welche bei der Ermittlung der Abgasrückführrate berücksichtigt werden muß. Da der Massenanteil der Frischluft bzw. des Frischgases an der gesamten Gasmischmenge groß ist im Vergleich zum rückgeführten Abgas, ist eine genaue Kenntnis der Temperatur des Frischgases unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases wünschenswert. Eine ungenaue Temperatur des Frischgases würde zu einer starken Verfälschung der im Funktionsblock **14** der [Fig. 2](#) berechneten Abgasrückführrate führen. Das Frischgastemperaturmodell **15** beschreibt also die Phänomenologie eines Aufheizvorgangs bzw. eines Abkühlvorgangs.

**[0026]** In einem Basismodell **15.1** wird aus der Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft1}}$  und dem Frischluftmassenstrom  $dm_{\text{Luft}}/dt$  eine Basistemperaturveränderung  $y_{15,1}$  bei einem Referenz- bzw. Initialzustand ermittelt. Bei dem Basismodell **15.1** handelt es sich vorzugsweise um ein Kennfeld. In einem Korrekturmodell **15.3** wird aus dem Frischgasmassenstrom  $dm_{\text{Luft}}/dt$  und weiteren Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  eine Korrekturgröße  $y_{15,3i}$  für die Basistemperaturveränderung  $y_{15,1}$  ermittelt. Hierbei wird die Abweichung der Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  von diesen zugeordneten, vordefinierten Referenzeingangsgrößen bzw. Referenzzuständen  $u_{15,3i0}$  berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise definiert als die Differenz zwischen den Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  und den diesen zugeordneten Referenzeingangsgrößen  $u_{15,3i0}$ . Die Abweichung kann aber auch als Quotient aus den Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  und den Referenzeingangsgrößen  $u_{15,3i0}$  definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen  $u_{15,3i0}$  können in einem Feld **15.4** hinterlegt sein, bei dem es sich vorzugsweise um einen Speicherbereich eines Steuergeräts handelt.

**[0027]** Bei den Eingangsgrößen  $u_{15,3i}$  und den diesen zugeordneten Referenzzuständen  $u_{15,3i0}$  handelt es sich vorzugsweise um eine Kühlwassertemperatur

des Verbrennungsmotors und/oder um eine Umgebungstemperatur. Bei dem Korrekturmodell **15.3** handelt es sich vorzugsweise um eine Gruppe von Modellen je Eingangsgröße  $u_{15,3i}$ . Ebenso handelt es sich bei dem Korrekturwert  $y_{15,3i}$  um einen Vektor bzw. eine Gruppe von Korrekturwerten, nämlich um einen Korrekturwert  $y_{15,3i}$  je Eingangsgröße  $u_{15,3i}$ .

**[0028]** Zu der Basistemperaturänderung  $y_{15,i}$  werden an einer Verknüpfungsstelle **15.2** der Korrekturwert bzw. die Korrekturwerte  $y_{15,3i}$  addiert. Anstelle einer Summation kann an dem Verknüpfungspunkt **15.2** auch eine Multiplikation stattfinden. Den Ausgang des Verknüpfungspunktes **15.2** bildet eine nicht näher bezeichnete nun korrigierte Temperaturveränderung, welche einem Filter **15.5**, bei dem es sich vorzugsweise um ein Verzögerungsglied erster Ordnung handelt, zugeführt wird. Mittels des Filters **15.5** wird aus der statischen Eingangsgröße eine dynamische Ausgangsgröße  $y_{15,5}$  gebildet. Es erfolgt also eine Dynamikkorrektur. Durch die Filterung erhält die Temperaturänderung vorzugsweise einen fließenden und somit realistischeren Verlauf. Die gefilterte und korrigierte Temperaturveränderung  $y_{15,5}$  wird an einer Verknüpfungsstelle **15.6** zur Frischgastemperatur  $T_{\text{Luft1}}$  unter Bildung der Frischgastemperatur unmittelbar vor Zumischung des rückgeführten Abgases  $T_{\text{Luft2}}$  addiert. Anstelle einer Summation kann an dem Verknüpfungspunkt **15.6** auch eine Multiplikation erfolgen.

**[0029]** Die [Fig. 4](#) zeigt ein Blockschaltbild des Gesamtmodells zur Bestimmung der Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$  bzw. des Abgastemperaturmodells **16**. Bei dem Abgastemperaturmodell **16** wird aus einer Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$ , aus einer Drehzahl  $n$  des Verbrennungsmotors und aus weiteren abgastemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  eine Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$  ermittelt. In einem Basismodell **16.1** wird aus der Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  und der Drehzahl  $n$  eine, vorzugsweise statische, Basistemperatur  $y_{16,1}$  ermittelt. Die Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$ , die Drehzahl  $n$  und die Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  werden von den Eingangsgrößen  $u_{16,i}$  des Funktionsblocks **16** in der [Fig. 2](#) umfaßt. In einem Korrekturmodell **16.3** wird aus den Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  ein Korrekturwert  $y_{16,3i}$  für die vorzugsweise statische Abgastemperatur  $y_{16,1}$  ermittelt. Hierzu wird in dem Korrekturmodell eine Abweichung der Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  von vordefinierten, diesen zugeordneten Referenzeingangsgrößen bzw. Initialingangsgrößen  $u_{16,3i0}$  berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise definiert als die Differenz von Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  und Referenzeingangsgrößen  $u_{16,3i0}$ . Sie kann jedoch auch als Quotient von Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  und Referenzeingangsgrößen  $u_{16,3i0}$  definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen  $u_{16,3i0}$  werden in einem Basisreferenzgrößenkennfeld **16.4** ermittelt, welchem als Eingangsgrößen vorzugsweise die Drehzahl  $n$  und die Kraftstoffmenge  $m_{\text{Kraftstoff}}$  zugeführt werden.

**[0030]** Bei den Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  kann es sich um mehrere Eingangsgrößen handeln. Die Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  umfassen vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors, einen Druck bzw. einen Ladedruck im Ansaugtrakt **4** (beispielsweise an der Messstelle **11** der [Fig. 1](#)), einen Ansteuerbeginn der Einspritzung, ggf. eine Nacheinspritzung, ggf. einen Abgasgegendruck, welcher insbesondere bei einer Verwendung eines Partikelfilters im Abgastrakt **5** stark variiert, einen sog. Raildruck, eine Temperatur des Gasgemisches, welche das Gasgemisch im Ansaugtrakt nach Zuführung des rückgeführten Abgases und vor Eintritt in den Verbrennungsmotor aufgewiesen hat, bzw. eine Mischtemperatur aus einem vorhergegangenen, vorzugsweise dem letzten, Rechenschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens, und die Abgasrückführrate aus einem vorhergegangenen, vorzugsweise dem letzten, Rechnungsschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Unter dem Raildruck wird der Druck verstanden, welcher bei Dieselmotoren mit Common-Rail-Einrichtung, auf der gemeinsamen Zufuhrleitung für den Kraftstoff zu den einzelnen Zylindern des Verbrennungsmotors herrscht. Bis auf die Mischtemperatur und die Abgasrückführrate liegen die übrigen Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  vorzugsweise als Messwerte vor.

**[0031]** Das erfindungsgemäße Verfahren läuft kontinuierlich ab. Das heißt, bei Betrieb des Verbrennungsmotors wird der Istwert für die Abgasrückführrate durch wiederholten Ablauf bzw. Aufruf des erfindungsgemäßen Verfahrens erneut bestimmt und auf diese Weise aktualisiert. Die in dem Block **14** der [Fig. 2](#) berechnete Mischtemperatur und Abgasrückführrate des vorzugsweise letzten Rechenschritts bzw. des letzten Aufrufs des erfindungsgemäßen Verfahrens bilden bevorzugterweise Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  des Korrekturmodells **16.3**.

**[0032]** Das Korrekturmodell **16.3** umfaßt für jede der Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  ein entsprechendes Modell, vorzugsweise ein Kennfeld. Ebenso wird mittels des Korrekturmodells **16.3**, somit bestehend aus einer Gruppe von Modellen, für jede der Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$  eine Korrekturgröße  $y_{16,3i}$  ermittelt. Bei der Korrekturgröße  $y_{16,3i}$  handelt es sich also um eine Gruppe bzw. einen Vektor von Korrekturgrößen, welche an dem Verknüpfungspunkt **16.2** zu der vorzugsweise statischen Basisabgastemperatur  $y_{16,1}$  unter Bildung einer korrigierten, vorzugsweise statischen Abgastemperatur  $y_{16,2}$  addiert werden. Anstelle einer Summation kann, wenn vorteilhaft, an dem Verknüpfungspunkt **16.2** auch eine Multiplikation stattfinden. An dem Verknüpfungspunkt **16.2** findet demnach eine Korrektur des vorzugsweise statischen Abgastemperaturwertes  $y_{16,1}$  statt, wenn der aktuelle Betriebszustand, gegeben durch die Eingangsgrößen  $u_{16,3i}$ , von einem Referenzzustand, gegeben durch die Referenzeingangsgrößen  $u_{16,3i0}$ , abweicht.

**[0033]** Die korrigierte, vorzugsweise statische Abgastemperatur  $y_{16,2}$  wird in dem Funktionsblock **16.5** unter Bildung einer aktuellen dynamischen Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$  gefiltert. In dem Filterblock **16.5** erfolgt eine Dynamikkorrektur des vorzugsweise statischen Wertes  $y_{16,2}$ . Da üblicherweise ein Wärmeaustausch des Abgases mit einem typischerweise in einem Kraftfahrzeug vorgesehenen Abgaskrümmerr stattfindet, weicht die reale Abgastemperatur von einer statisch ermittelten Abgastemperatur  $y_{16,2}$  ab. Durch die Filterung in dem Funktionsblock **16.5** kann eine Annäherung der errechneten Abgastemperatur an die reale Abgastemperatur geschaffen werden.

**[0034]** Die [Fig. 5](#) stellt als Blockschaltbild ein Gesamtmodell **17** zur Ermittlung der Temperatur des rückgeführten Abgases dar, welches auch als Abgasrückführmodell bezeichnet wird. Das Modell entspricht in seiner Struktur dem Frischgastemperaturmodell **15**. Bei dem Abgasrückführmodell **17** wird aus einer Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$ , welche die Ausgangsgröße des Funktionsblocks **16** (näher erläutert in der [Fig. 4](#)) darstellt, aus einem Massenstrom des rückgeführten Abgases  $dm_{\text{AGR}}/dt$ , auch kurz Abgasrückführmassenstrom genannt, und aus weiteren für die Temperatur des rückgeführten Abgases relevanten Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  die Abgasrückführtemperatur bzw. die Temperatur des rückgeführten Abgases  $T_{\text{AGR}}$  ermittelt. Die Eingangsgrößen  $u_{17i}$  des Funktionsblockes **17** der [Fig. 2](#) umfassen den Abgasrückführmassenstrom  $dm_{\text{AGR}}/dt$  und die Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$ . Das Abgasrückführmodell **17** stellt ein Gesamtmodell für die Abkühlung des rückgeführten Abgases durch den Kühler **9** der Rückführung **8** (siehe [Fig. 1](#)) dar und umfasst ein Abgasrückführkühlermodell.

**[0035]** In einem Basismodell **17.1** wird aus der Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$  und dem Abgasrückführmassenstrom  $dm_{\text{AGR}}/dt$  eine Basisabkühlung  $y_{17,1}$  berechnet. Diese Basisabkühlung entspricht einer Basisabkühlung bei einem Referenzzustand  $u_{17,3i0}$ . In einem Korrekturmodell **17.3** wird aus dem Abgasrückführmassenstrom  $dm_{\text{AGR}}/dt$  und den Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  eine Korrekturgröße  $y_{17,3i}$  für die Abkühlung  $y_{17,1}$  ermittelt. Hierbei wird mittels des Korrekturmodells **17.3** eine Abweichung der Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  von Referenz- bzw. Initialeingangsgrößen  $u_{17,3i0}$  berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise als Differenz zwischen den Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  und den Referenzeingangsgrößen  $u_{17,3i0}$  definiert. Alternativ kann sie auch als Quotient aus den Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  und den Referenzeingangsgrößen  $u_{17,3i0}$  definiert sein. Die Referenzeingangsgrößen  $u_{17,3i0}$  sind vorab bestimmt und vorzugsweise in einem Feld **17.4** hinterlegt, welches wiederum bevorzugterweise in einem Speicherbereich eines Steuergeräts hinterlegt ist.

**[0036]** Die Eingangsgrößen  $u_{17,3i}$  sind vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmo-

tors und/oder eine Umgebungstemperatur. Je Eingangsgröße  $u_{17,3i}$  weist das Korrekturmodell **17.3** ein eigenes Modell auf. Bei dem Korrekturmodell **17.3** handelt es sich also um eine Gruppe von Korrekturmodellen. Ebenso ist jeder Eingangsgröße  $u_{17,3i}$  eine Ausgangsgröße  $y_{17,3i}$  des Korrekturmodells **17.3** zugeordnet. Die Korrekturwerte beziehungsweise der Korrekturwert  $y_{17,3i}$  werden an einem Verknüpfungspunkt **17.2** zu der Basisabkühlung  $y_{17,1}$  unter Bildung einer korrigierten Abkühlung  $y_{17,2}$  addiert. Anstelle einer Addition kann an der Verknüpfungsstelle auch eine Multiplikation stattfinden, wenn dies vorteilhaft erscheint. Die korrigierte Abkühlung  $y_{17,2}$  wird an der Verknüpfungsstelle **17.6** von der aktuellen Abgastemperatur unter Bildung einer Abgastemperatur  $y_{17,6}$  mit berücksichtigter Kühlung in der Rückführung subtrahiert. Die Temperaturgröße  $y_{17,6}$  wird zur Dynamikkorrektur dem Filterblock **17.5** zugeführt, um bei der Bildung der Abgasrückführtemperatur  $T_{AGR}$  einen realistischen Verlauf zu erhalten. Durch die gewählte Modellstruktur des Abgasrückführmodells **17** und die verwendeten abgasrückführtemperaturrelevanten Eingangsgrößen  $u_{17i}$  gelingt es die Phänomenologie eines in einer Abgasrückführleitung vorgesehenen Kühlers wiederzugeben.

**[0037]** Die [Fig. 6](#) stellt ein Bockschaltbild eines Gesamtmodells zur Bestimmung eines Luftaufwands bzw. ein Luftaufwandsmodell **18** dar. In dem Luftaufwandsmodell **18** wird aus einer Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$ , einer Drehzahl des Verbrennungsmotors  $n$  und den Eingangsgrößen  $u_{18,3i}$  ein Luftaufwand  $\eta$  ermittelt. Die Eingangsgrößen  $u_{18,i}$  des Funktionsblocks **18** der [Fig. 2](#) umfassen die Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$ , die Drehzahl  $n$  und die Eingangsgrößen  $u_{18,3i}$ .

**[0038]** Die Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$  wird in einem Filterblock **18.5** unter Bildung einer gefilterten Kraftstoffmenge  $y_{18,5}$  gefiltert. Die gefilterte Kraftstoffmenge  $y_{18,5}$  und die Drehzahl  $n$  stellen die Eingangsgrößen zu einem Basismodell **18.1** dar, welches der Ermittlung eines Basisluftaufwands  $y_{18,1}$  dient. Bei dem Basismodell **18.1** handelt es sich vorzugsweise um ein Luftaufwandskennfeld, welches über die Drehzahl  $n$  und die Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$  aufgespannt wird, wobei die Abhängigkeit von der Drehzahl  $n$  einen Strömungseffekt, und die Abhängigkeit von der Kraftstoffmenge einen thermischen Effekt darstellt. Um diesen thermischen Effekt besser nachzubilden, wird die Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$  bevorzugterweise vor Eintritt in das Basismodell **18.1** in dem Filterblock **18.5** gefiltert. Die Filterung erfolgt vorzugsweise durch ein Verzögerungsglied erster Ordnung. Der Basisluftaufwand  $y_{18,1}$  wird an einem Verknüpfungspunkt **18.2** mittels eines Korrekturwerts  $y_{18,3i}$  korrigiert. Bei der Bildung des Korrekturwerts bzw. der Korrekturwerte  $y_{18,3i}$  wird die Abweichung der Eingangsgrößen  $u_{18,3i}$  von vordefinierten Referenz- bzw. Initialzuständen bzw. Referenzeingangsgrößen  $u_{18,3i0}$  berücksichtigt. Diese Abweichung ist vorzugsweise

als Differenz zwischen Eingangsgrößen  $u_{18,3i}$  und Initialgrößen  $u_{18,3i0}$  definiert. Die Referenzeingangsgrößen  $u_{18,3i0}$  werden vorzugsweise in einem Referenzgrößenmodell **18.4** ermittelt, welches die Drehzahl  $n$  und die Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$  als Eingangsgrößen aufweist. Bei dem Referenzgrößenmodell **18.4** handelt es sich vorzugsweise um ein Kennfeld, das über der Kraftstoffmenge  $m_{Kraftstoff}$  und der Drehzahl  $n$  aufgespannt ist.

**[0039]** Die Eingangsgrößen  $u_{18,3i}$  umfassen vorzugsweise eine Kühlwassertemperatur des Verbrennungsmotors und eine Mischtemperatur, welche in einem vorhergegangenen, vorzugsweise in dem letzten, Rechenschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem Funktionsblock **14** der [Fig. 2](#) ermittelt worden ist. Bei der Mischtemperatur handelt es sich um die Temperatur, welche das Gasgemisch nach Zuführung des rückgeführten Abgases und vor Eintritt im einem Ansaugtrakt **4** (siehe [Fig. 1](#)) in den Verbrennungsmotor aufweist. Sowohl die Mischtemperatur als auch die Kühlwassertemperatur stellen eine thermische Beeinflussung des Luftaufwands dar, da der Luftaufwand das Verhältnis aus realer Frischgasmenge in einem Zylinder des Verbrennungsmotors zur theoretisch möglichen Frischgasmenge bezogen auf eine Referenzstelle, vorzugsweise die Mischstelle von Frischgas bzw. Frischluft und rückgeführtem Abgas, darstellt. Die reale Gasgemischmenge wird durch die Strömungsverluste zwischen Mischstelle und Zylinder, durch Aufheizung bzw. Abkühlung des Gasgemisches aufgrund umgebender Bauteile beeinflusst. Die Aufheizung bzw. Abkühlung des Gasgemisches aufgrund der umgebenden Bauteile führt zu einem Dichteverlust bzw. zu einer Dichteerhöhung des Gasgemisches.

**[0040]** Das Korrekturmodell **18.3** enthält je ein Modell bzw. je ein Kennfeld je Eingangsgröße  $u_{18,3i}$ . Ebenso ist jeder Eingangsgröße  $u_{18,3i}$  eine Ausgangsgröße bzw. ein Korrekturwert  $y_{18,3i}$  zugeordnet. An einer Verknüpfungsstelle **18.2** wird der Korrekturwert bzw. werden die Korrekturwerte  $y_{18,3i}$  zu dem Basisluftaufwand  $y_{18,1}$  unter Bildung des aktuellen Luftaufwands  $\eta$  addiert. Bei der Verknüpfungsstelle **18.2** kann es sich auch um eine Multiplikationsstelle handeln, wenn dies vorteilhaft erscheint.

**[0041]** In dem Luftaufwandsmodell **18** wird der aktuelle Luftaufwand ausgehend von einem Basisluftaufwand  $y_{18,1}$  errechnet. Alternativ läßt sich der aktuelle Luftaufwand  $\eta$  auch anhand der eingangs erwähnten Luftaufwandsgleichung

$$\eta = \frac{m_{Luft} \cdot T \cdot R}{p \cdot V_h},$$

aus den Größen Frischgasmenge  $m_{Luft}$ , Ladedruck  $p$  und Frischgastemperatur  $T$  berechnen, wobei  $R$  die individuelle Gaskonstante und  $V_h$  das Hubvolumen des Verbrennungsmotors darstellen. Die Bere-

chungsmethoden sind mathematisch äquivalent. Die Berechnung ausgehend von einem Basisluftaufwand bietet den Vorteil, dass nur ein Wert, nämlich der Luftaufwand, bei einer Abweichung vom Referenzzustand anstelle von drei Werten (Druck, Temperatur und Frischgasmenge) korrigiert werden muß.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Abgasrückführung für einen Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung, wobei die Abgasrückführmenge ( $r_{AGR}$ ,  $m_{AGR}$ ) aus einer Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) aus einer Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ), aus einer Frischgasmenge ( $m_{Luft}$ ) und/oder einem Luftaufwand ( $\eta$ ) ermittelt wird, und die Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ) durch ein Frischgastemperaturmodell (15) bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Frischgastemperaturmodell (15) adaptiv ausgeführt ist und ein Basismodell (15.1), welches der Ermittlung eines Basiswerts ( $y_{15.1}$ ) für eine Basistemperaturveränderung dient, und ein Korrekturmodell (15.3) umfasst, welches der Korrektur des Basiswerts ( $y_{15.1}$ ) mittels seiner Ausgangsgröße ( $y_{15.3i}$ ) dient, wenn eine Abweichung der Werte von für die Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ) relevanten Größen ( $u_{15.3i}$ ,  $dm_{Luft}/dt$ ) von Referenzwerten ( $u_{15.i0}$ ) dieser Größen vorliegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der ermittelte Wert der Frischgastemperatur ( $T_{Luft2}$ ) oder zumindest ein Teil des ermittelten Wertes der Frischgastemperatur ( $y_{15.5}$ ) gefiltert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) durch ein adaptives Abgastemperaturmodell (16) ermittelt wird, das ein Basismodell (16.1), welches der Ermittlung eines Basiswerts ( $y_{16.1}$ ) für die Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) dient, und ein Korrekturmodell (16.3) umfasst, welches der Korrektur des Basiswerts ( $y_{16.1}$ ) mittels seiner Ausgangsgröße ( $y_{16.3i}$ ) dient, wenn eine Abweichung der Werte von für die Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) relevanten Größen ( $u_{16.3i}$ ) von Referenzwerten ( $u_{16.3i0}$ ) dieser Größen vorliegt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ermittelte Wert der Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) oder zumindest ein Teil des ermittelten Wertes der Abgastemperatur gefiltert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperatur des rückgeführten Abgases ( $T_{AGR}$ ) aus der Abgastemperatur ( $T_{Abgas}$ ) mittels eines adaptives Abgasrückführmodells (17) ermittelt wird, das ein Basismodell (17.1), welches der Ermittlung einer Basisabkühlung ( $y_{17.1}$ ) dient, und ein Korrekturmodell (17.3) umfasst, welches der Korrektur des Basiswerts ( $y_{17.1}$ ) mittels seiner Ausgangsgröße ( $y_{17.3i}$ ) dient, wenn eine Abweichung der Werte von für die Temperatur des rückgeführten Abgases ( $T_{AGR}$ )

relevanten Größen ( $u_{17.3i}$ ,  $dm_{AGR}/dt$ ) von Referenzwerten ( $u_{17.3i0}$ ) dieser Größen vorliegt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des rückgeführten Abgases ( $T_{AGR}$ ) oder zumindest ein Teil der Temperatur des rückgeführten Abgases gefiltert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftaufwand ( $\eta$ ) durch ein adaptives Luftaufwandmodell (18) ermittelt wird, das ein Basismodell (18.1), welches der Ermittlung eines Basiswerts ( $y_{18.1}$ ) für den Luftaufwand ( $\eta$ ) dient, und ein Korrekturmodell (18.3) umfasst, welches der Korrektur des Basiswerts ( $y_{18.1}$ ) mittels seiner Ausgangsgröße ( $y_{18.3i}$ ) dient, wenn eine Abweichung der Werte von für den Luftaufwand ( $\eta$ ) relevanten Größen ( $u_{18.3i}$ ) von Referenzwerten ( $u_{18.3i0}$ ) dieser Größen vorliegt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung des Luftaufwands ( $\eta$ ) ein ermittelter Wert einer Kraftstoffmenge ( $m_{Kraftstoff}$ ) gefiltert wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

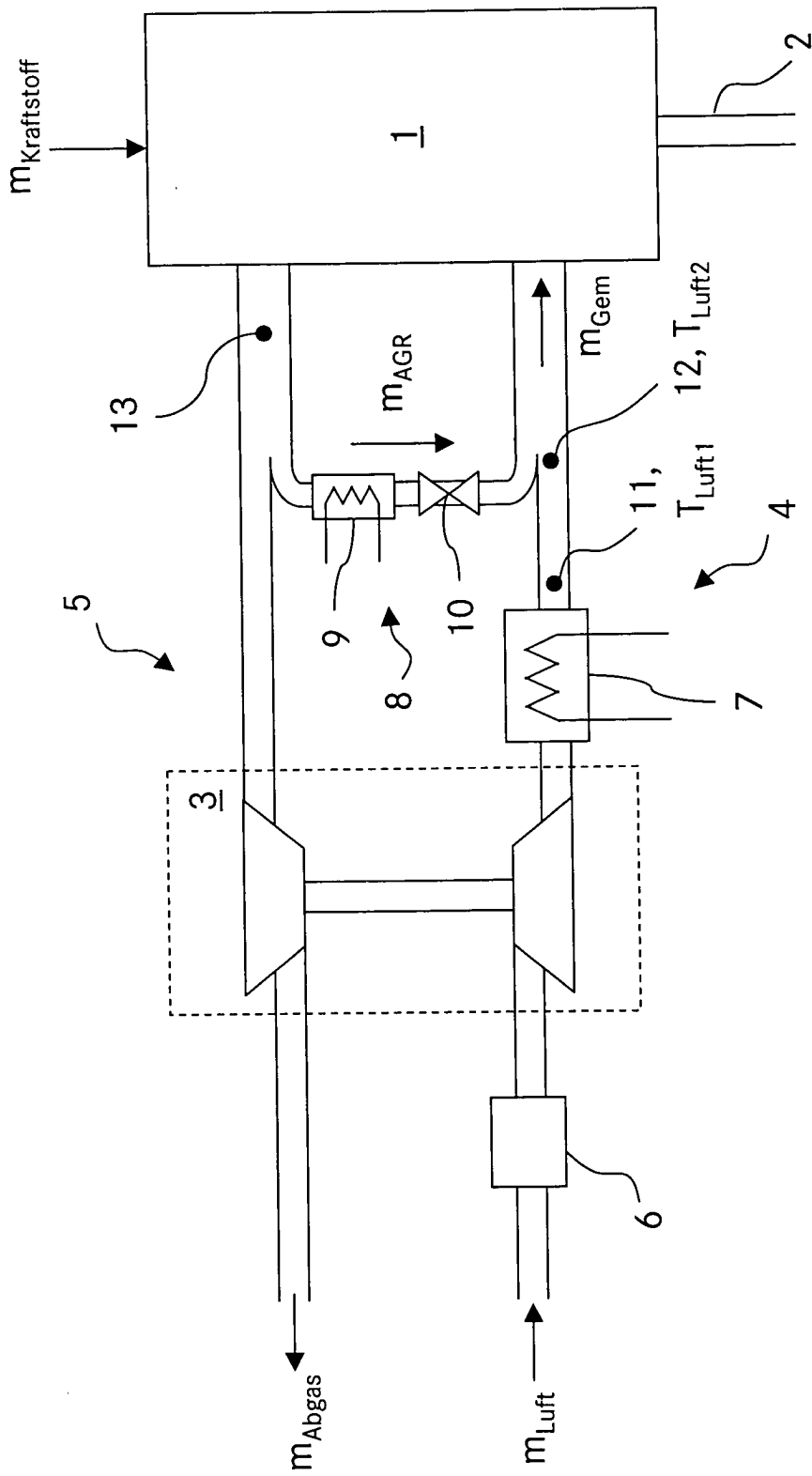


Fig. 1

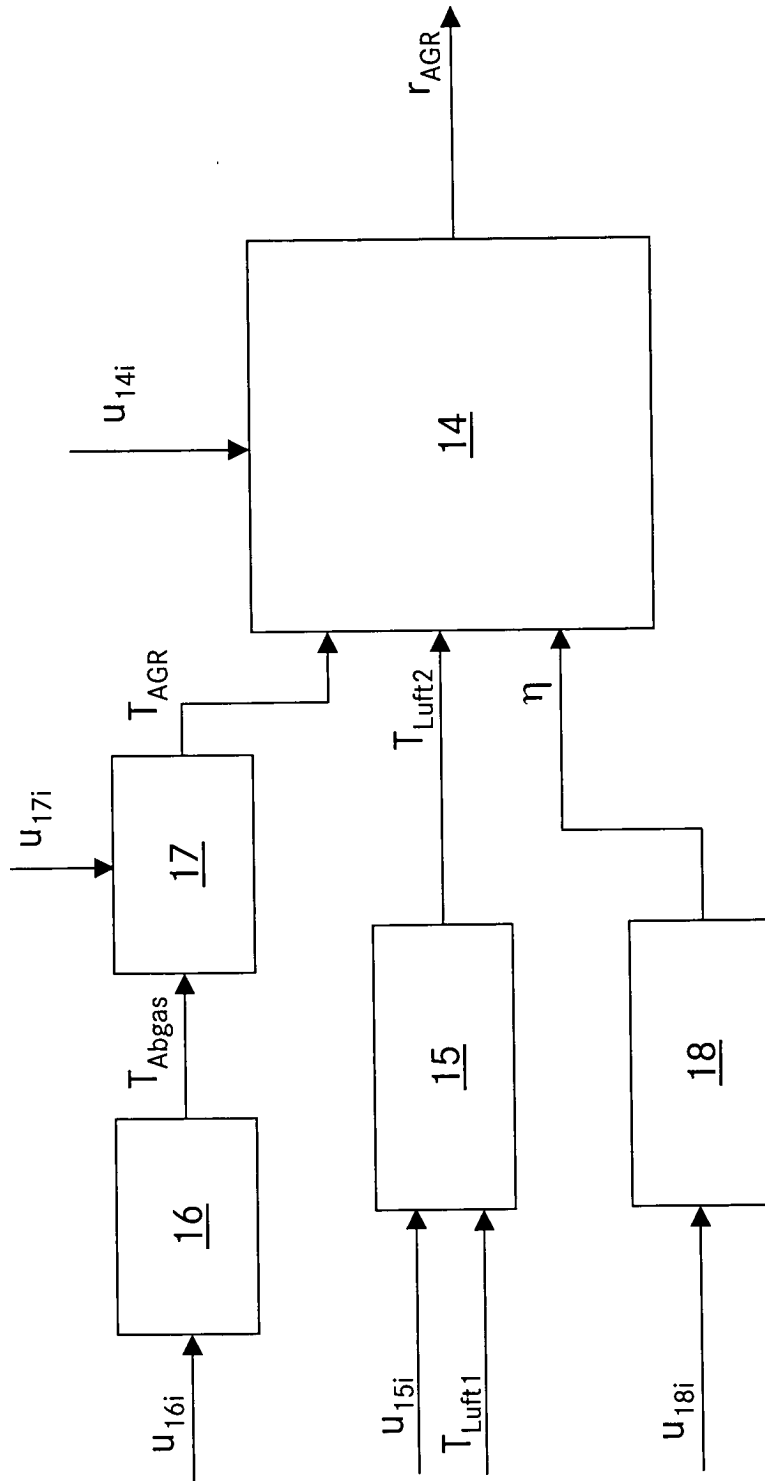


Fig. 2

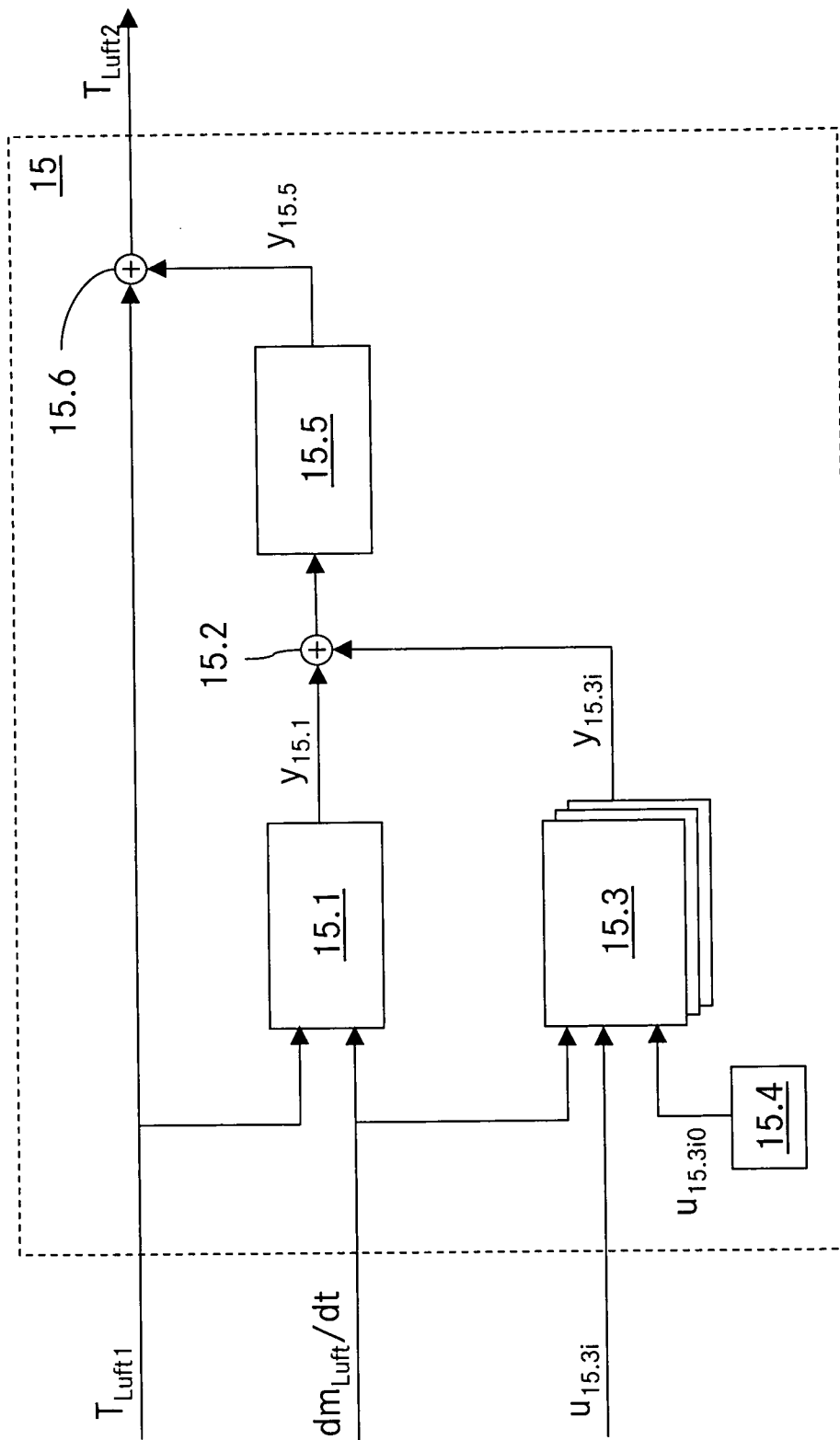


Fig. 3

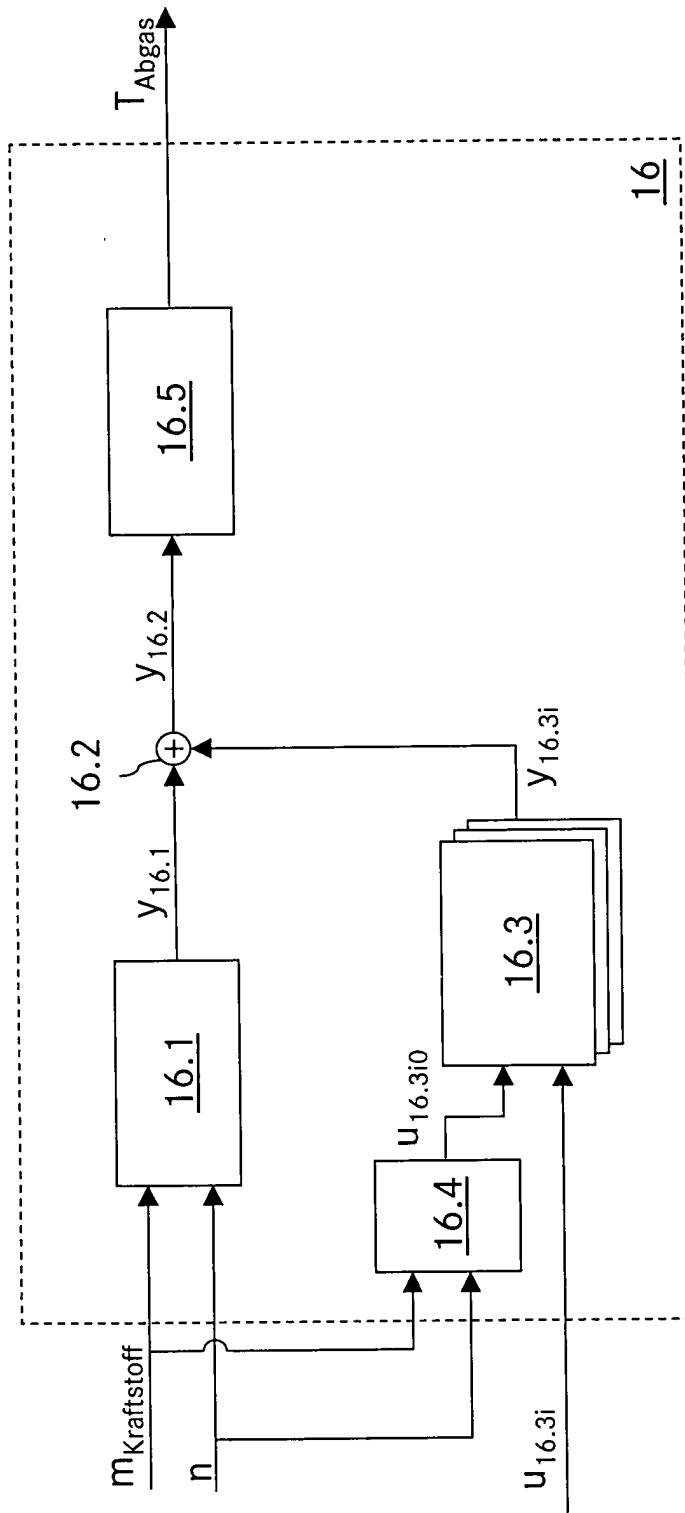


Fig. 4

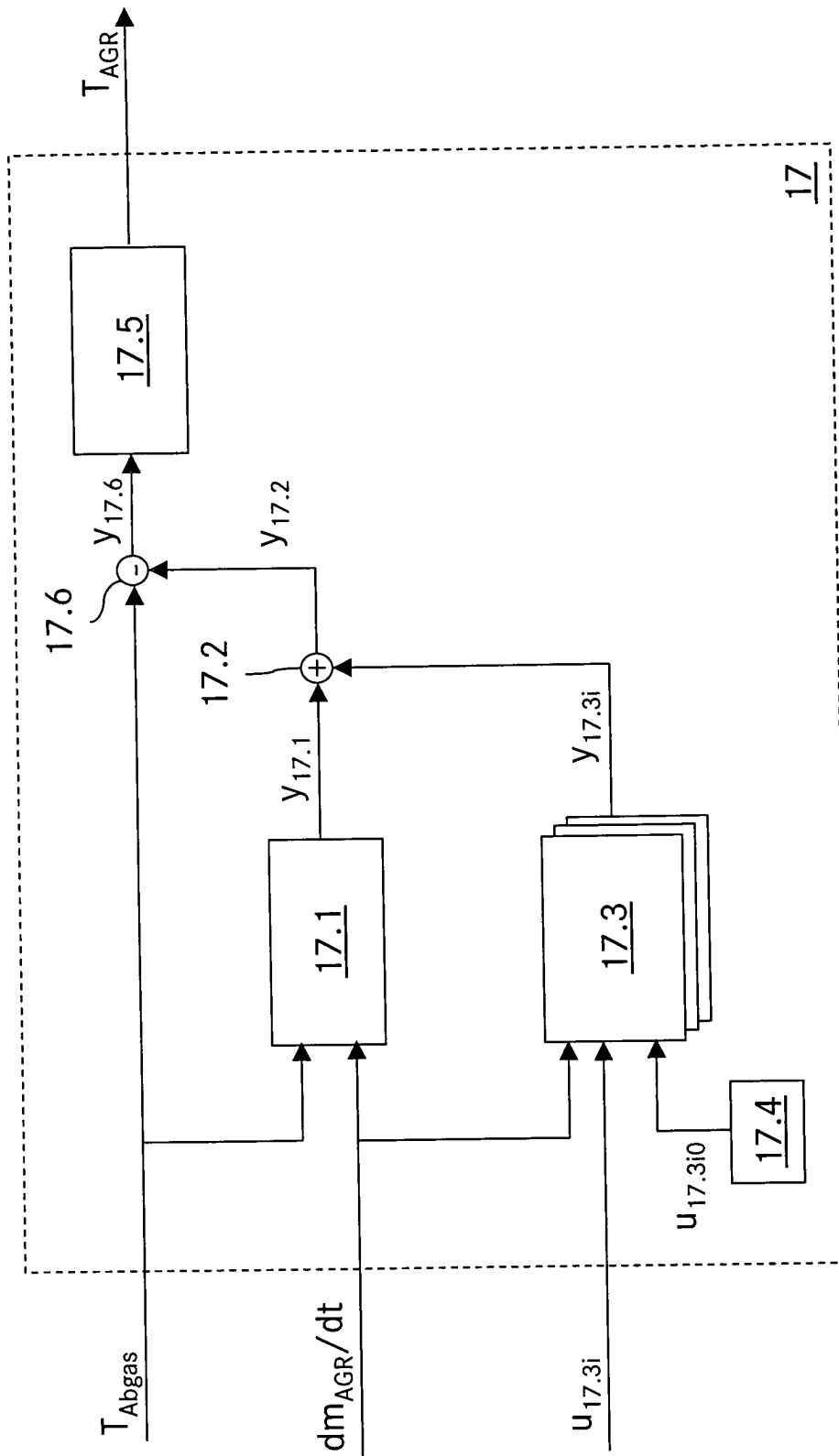


Fig. 5

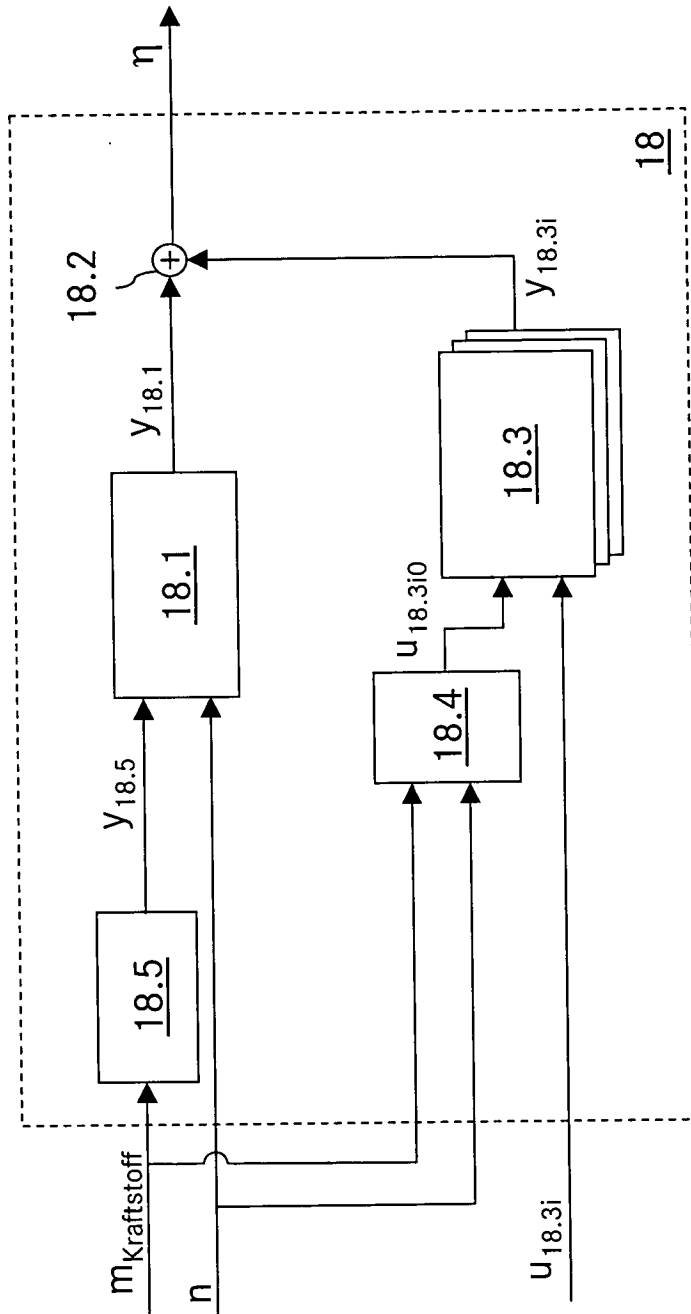


Fig. 6