



(10) **DE 10 2005 054 735 B4** 2019.07.04

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 054 735.4**  
(22) Anmeldetag: **17.11.2005**  
(43) Offenlegungstag: **24.05.2007**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **04.07.2019**

(51) Int Cl.: **F01N 9/00** (2006.01)  
**F02D 41/00** (2006.01)  
**F01N 11/00** (2006.01)  
**F02D 41/14** (2006.01)

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

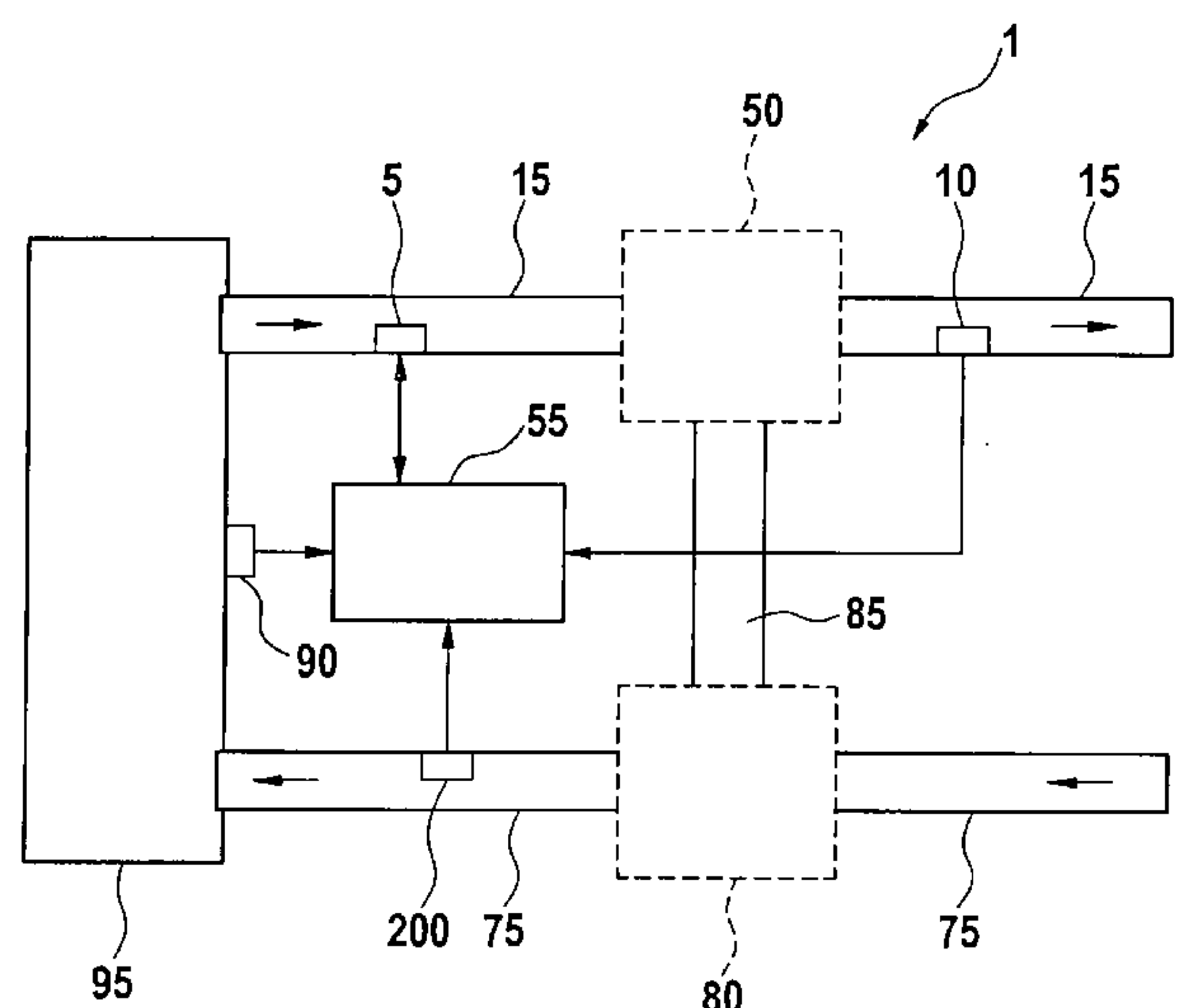
(72) Erfinder:  
**Buck, Rainer, 71732 Tamm, DE; Scheidt, Michael,  
70376 Stuttgart, DE; Moser, Eduard, 71636  
Ludwigsburg, DE; Schacherer, Martin, 70469  
Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>38 22 415</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2004 033 969</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>5 322 047</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Temperatursensor (5) und einer Lambdasonde (10) in einem Abgasstrang (15) der Brennkraftmaschine (1), wobei ein Signal des Temperatursensors (5) mit einem Signal der Lambdasonde (10) auf einen vorgegebenen Zusammenhang (20, 25, 30) plausibilisiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatursensor (5) stromauf und die Lambdasonde (10) stromab einer Turbine (50) im Abgasstrang (15) angeordnet wird.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht von einem Verfahren und von einer Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche aus.

**[0002]** Aus der DE 102004033969 A1 ist bereits ein Verfahren und ein Steuergerät zur Abgasstemperaturregelung bekannt, bei dem in einem Abgasstrang ein Temperatursensor und eine Lambdasonde angeordnet sind und das Signal des Temperatursensors und das Signal der Lambdasonde einem Steuergerät zugeführt werden.

**[0003]** Aus der US 5 322 047 A ist ein Verfahren zur Temperaturkorrektur einer Lambdasonde bekannt. Die Lambdasonde wird dabei ausgehend von einer Temperatur des Abgases kompensiert.

**[0004]** Aus der DE 3822415 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung des Verbrenungsverhältnisses bei Brennkraftmaschinen bekannt. Hierbei ist vorgesehen eine Lambdasonde anhand einer Temperatur im Abgas zu kalibrieren.

## Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche haben dem gegenüber den Vorteil, dass ein Signal des Temperatursensors mit einem Signal der Lambdasonde auf einen vorgegebenen Zusammenhang plausibilisiert wird. Auf diese Weise lässt sich der Temperatursensor oder die Lambdasonde im gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine auf plausible Werte überwachen.

**[0006]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung dann anzuwenden, wenn der Temperatursensor stromauf und die Lambdasonde stromab einer Turbine im Abgasstrang der Brennkraftmaschine angeordnet wird. In diesem Fall kann mit Hilfe der Plausibilisierung des Signals des Temperatursensors mit dem Signal der Lambdasonde weitestgehend sichergestellt werden, dass eine thermische Grenze für den Betrieb der Turbine nicht über- oder unterschritten wird, sondern weitestgehend eingehalten wird und somit beispielsweise ein von der Turbine angetriebener Turbolader zerstörungs- und beschädigungsfrei mit maximaler Leistung betrieben werden kann.

**[0007]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen

und Verbesserungen des im Hauptanspruch abgegebenen Verfahrens möglich.

**[0008]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Signal des Temperatursensors mit dem Signal der Lambdasonde betriebspunktabhängig, insbesondere abhängig von einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine, plausibilisiert wird. Auf diese Weise lässt sich der Einfluss des aktuellen Betriebspunkts auf den Zusammenhang zwischen dem Signal der Lambdasonde und dem Signal des Temperatursensors berücksichtigen und somit besonders einfach eine Plausibilisierung der beiden Signale im gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine gewährleisten.

**[0009]** Besonders einfach lässt sich die Plausibilisierung dann durchführen, wenn als vorgegebener Zusammenhang vereinfachend ein linearer Zusammenhang gewählt wird.

**[0010]** Eine besonders einfache und zuverlässige Vorgehensweise zur Plausibilisierung ergibt sich, wenn ein Fehler des Temperatursensors oder der Lambdasonde erkannt wird, wenn im aktuellen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine ein Wertepaar aus dem Signal des Temperatursensors und dem Signal der Lambdasonde außerhalb eines vorgegebenen Streubereichs um den vorgegebenen Zusammenhang liegt.

**[0011]** Dabei kann in vorteilhafter Weise der Streubereich betriebspunktabhängig, insbesondere abhängig von der Motordrehzahl der Brennkraftmaschine, vorgegeben werden. Somit kann die Genauigkeit der Plausibilisierung betriebspunktabhängig angepasst werden, sodass für jeden Betriebspunkt oder Betriebsbereich der Brennkraftmaschine die höchstmögliche Genauigkeit bei der Plausibilisierung des Signals des Temperatursensors mit dem Signal der Lambdasonde erreicht werden kann.

**[0012]** Da die vereinfachend angenommene Linearität des Zusammenhangs zwischen dem Signal des Temperatursensors und dem Signal der Lambdasonde besonders gut im volllastnahen Bereich gilt, kann der Streubereich in vorteilhafter Weise mit zunehmender Motordrehzahl der Brennkraftmaschine kleiner vorgegeben und somit die Genauigkeit der Plausibilisierung erhöht werden.

**[0013]** Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn im Falle einer fehlenden Plausibilität zwischen dem Signal des Temperatursensors und dem Signal der Lambdasonde die Temperatur oder die Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine modelliert oder ein Notfahrbetrieb eingeleitet oder die Brennkraftmaschine abgestellt wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass im Falle eines unplausiblen Signals des Temperatursensors



oder der Lambdasonde eine Beschädigung oder Zerstörung der Brennkraftmaschine verhindert wird.

#### Figurenliste

**[0014]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt

**Fig. 1** ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine,

**Fig. 2** ein Funktionsdiagramm einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

**Fig. 3** ein Diagramm einer Abgastemperatur über einem Lambda-Wert und

**Fig. 4** einen Ablaufplan für einen beispielhaften Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

**[0015]** In **Fig. 1** kennzeichnet 1 eine Brennkraftmaschine, die beispielsweise ein Fahrzeug antreibt. Die Brennkraftmaschine 1 ist dabei beispielsweise als Ottomotor oder als Dieselmotor ausgebildet. Die Brennkraftmaschine 1 umfasst einen Verbrennungsmotor 95. Der Verbrennungsmotor 95 wiederum umfasst einen oder mehrere Zylinder. Dem Verbrennungsmotor 95 ist über eine Luftzufuhr 75 Frischluft zugeführt. Ferner ist dem Verbrennungsmotor 95 Kraftstoff zugeführt, entweder durch Direkteinspritzung in den Brennraum des jeweiligen Zylinders oder durch Einspritzung in die Luftzufuhr 75. Dies ist in **Fig. 1** aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Das bei der Verbrennung des Luft-/ Kraftstoffgemisches im Brennraum des Verbrennungsmotors 95 erzeugte Abgas wird in einen Abgasstrang 15 ausgestoßen. Im Beispiel nach **Fig. 1** ist im Abgasstrang 15 eine Turbine 50 eines Abgasturboladers angeordnet. Die Strömungsrichtung der Frischluft in der Luftzufuhr 75 sowie die Strömungsrichtung des Abgases im Abgasstrang 15 ist in **Fig. 1** jeweils durch Pfeile gekennzeichnet. Stromauf der Turbine 50 ist im Abgasstrang 15 ein Temperatursensor 5 angeordnet. Der Temperatursensor 5 misst kontinuierlich oder in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitabständen die Temperatur im Abgasstrang stromauf der Turbine 50. Der Temperatursensor 5 leitet die Messergebnisse in Form eines Messsignals oder Signals an eine Steuerung 55 weiter. Stromab der Turbine 50 ist im Abgasstrang 15 eine Lambdasonde 10 angeordnet, die die Sauerstoffkonzentration im Abgas stromab der Turbine 50 kontinuierlich oder in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitabständen misst und den sich daraus ergebenden Lambda-Wert in Form eines Messsignals oder Signals an die Steuerung 55 weiterleitet. Insbesondere für den Fall, in dem der Temperatursensor 5 und/ oder die Lambdasonde 10 in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitabständen messen, werden diese Messungen von der Steuerung 55 im

Hinblick auf die Zeit oder den Kurbelwinkel, zu dem die Messungen erfolgen, synchronisiert. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Steuerung 55 zu bestimmten Zeiten oder Kurbelwinkeln, insbesondere in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeit- oder Kurbelwinkelabständen sowohl den Temperatursensor 5 als auch die Lambdasonde 10 zur Messung der Temperatur bzw. der Sauerstoffkonzentration veranlasst. Auf diese Weise liegen zu verschiedenen Zeitpunkten oder Kurbelwinkeln jeweils ein Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert vor. Liegen vom Temperatursensor 5 und von der Lambdasonde 10 über der Zeit kontinuierliche Messsignale in der Steuerung 55 vor, so tastet die Steuerung 55 die beiden Signale in einem vorgegebenen Abtaster oder zu vorgegebenen Zeiten oder Kurbelwinkeln ab, wobei wiederum regelmäßige oder unregelmäßige Zeit- oder Kurbelwinkelabstände zugrunde gelegt werden können. Zu den einzelnen Abtastzeiten oder -kurbelwinkeln liegt dann wiederum jeweils ein Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert vor. Liefert der Temperatursensor 5 ein kontinuierliches Signal und die Lambdasonde 10 nur in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeit- oder Kurbelwinkelabständen, so wertet die Steuerung 55 das kontinuierliche Signal des Temperatursensors 5 nur zu Zeiten oder Kurbelwinkeln aus, zu denen sie auch das Signal der Lambdasonde 10 empfängt. Auf diese Weise entsteht wiederum für unterschiedliche Zeiten oder Kurbelwinkel jeweils ein Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert. Entsprechendes gilt umgekehrt, wenn die Lambdasonde 10 ein kontinuierliches Signal an die Steuerung 55 liefert und der Temperatursensor 5 nur in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeit- oder Kurbelwinkelabständen.

**[0016]** Ferner ist ein Kurbelwinkelsensor 90 vorgesehen, der ein kontinuierliches Signal des aktuellen Kurbelwinkels des Verbrennungsmotors 95 an die Steuerung 55 liefert, sodass zu jedem Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert der zugeordnete Kurbelwinkel in der Steuerung 55 bekannt ist. Durch zeitliche Differenzierung des vom Kurbelwinkelsensor 90 empfangenen Signals ermittelt die Steuerung 55 außerdem die Motordrehzahl der Brennkraftmaschine 1, sodass für jedes Wertepaar der Temperatur und des Lambda-Werts in der Steuerung 55 auch die zugeordnete Motordrehzahl der Brennkraftmaschine 1 bekannt ist. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Turbine 50 über eine Welle 85 einen Verdichter 80 in der Luftzufuhr 75 zur Verdichtung der dem Verbrennungsmotor 95 zugeführten Frischluft antreibt.

**[0017]** In **Fig. 2** ist ein Funktionsdiagramm der Steuerung 55 dargestellt. Dabei kennzeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie in **Fig. 1**. Die Steuerung 55 umfasst eine erste Empfangseinrichtung 60, die das Signal des Temperatursensors 5 empfängt. Ferner umfasst die Steuerung 55 eine



zweite Empfangseinrichtung **65**, die das Signal der Lambdasonde **10** empfängt. Die beiden Empfangseinrichtungen **60**, **65** sind dabei miteinander synchronisiert, wie durch den Doppelpfeil zwischen der ersten Empfangseinrichtung **60** und der zweiten Empfangseinrichtung **65** angedeutet ist. Somit lässt sich die zuvor beschriebene Messwertsynchronisierung realisieren, wobei die erste Empfangseinrichtung **60** und/ oder die zweite Empfangseinrichtung **65** auch den Temperatursensor **5** bzw. die Lambdasonde **10** zur Messwerterfassung in einem synchronen regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeit- oder Kurbelwinkelraster veranlassen können. Zu diesem Zweck ist der ersten Empfangseinrichtung **60** und der zweiten Empfangseinrichtung **65** jeweils das Signal des Kurbelwinkelsensors **90** zugeführt. Die so gebildeten Wertepaare von Temperatur und Lambda-Wert werden von der ersten Empfangseinrichtung **60** und der zweiten Empfangseinrichtung **65** in Zuordnung zu jeweils einem Kurbelwinkel an eine Plausibilisierungseinheit **70** weitergeleitet. Der Plausibilisierungseinheit **70** ist ebenfalls das Signal des Kurbelwinkelsensors **90** zugeführt und wird von der Plausibilisierungseinheit **70** durch Differenziation in die entsprechende Motordrehzahl der Brennkraftmaschine umgewandelt. Die Plausibilisierungseinheit **70** ermittelt somit für mindestens ein von der ersten Empfangseinrichtung **60** und der zweiten Empfangseinrichtung **65** empfangenes Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert die Motordrehzahl der Brennkraftmaschine **1**, die zu demjenigen Kurbelwinkel vorliegt, zu dem das genannte Wertepaar von Temperatursensor **5** und von der Lambdasonde **10** erfasst wurde. Für diese Motordrehzahl wird aus einem der Plausibilisierungseinheit **70** zugeordneten und in **Fig. 2** nicht dargestellten Speicher ein vorgegebener Zusammenhang entnommen und geprüft, ob das der Plausibilisierungseinheit **70** zugeführte Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert dem entnommenen vorgegebenen Zusammenhang entspricht. Ist dies der Fall, so erkennt die Plausibilisierungseinheit **70**, dass sowohl der Temperatursensor **5** als auch die Lambdasonde **10** einwandfrei funktionieren. Andernfalls erkennt die Plausibilisierungseinheit **70** einen Fehler des Temperatursensors **5** oder der Lambdasonde **10** und gibt ein entsprechendes Fehlersignal **F** ab. Durch dieses Fehlersignal **F** kann beispielsweise ein Notfahrbetrieb der Brennkraftmaschine **1** eingeleitet werden oder die Brennkraftmaschine **1** abgestellt werden. Durch das Fehlersignal **F** kann aber auch veranlasst werden, dass anstelle des Messwerts des Temperatursensors **5** oder der Lambdasonde **10** ein aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1** in dem Fachmann bekannter Weise modellierter Wert für die Temperatur stromauf oder die Sauerstoffkonzentration stromab der Turbine **50** verwendet wird, um nicht auf ein fehlerhaftes Signal des Temperatursensors **5** oder der Lambdasonde **10** zurück greifen zu müssen.

**[0018]** Für den Fall, dass mit dem beschriebenen Verfahren und mit der beschriebenen Vorrichtung eine Überwachung der Funktionsfähigkeit des Temperatursensors **5** durchgeführt werden soll, muss dafür gesorgt werden, dass von einer einwandfrei funktionierenden Lambdasonde **10** ausgegangen werden kann. Zu diesem Zweck muss die Funktionsfähigkeit der Lambdasonde **10** auf andere dem Fachmann bekannte Weise plausibilisiert werden. Wird dann bei einer als fehlerfrei plausibilisierten Lambdasonde **10** erkannt, dass das Signal des Temperatursensors **5** und das Signal der Lambdasonde **10** nicht in der beschriebenen Weise dem vorgegebenen Zusammenhang entsprechen, so wird der Temperatursensor **5** als fehlerhaft erkannt und fortan statt des Signals des Temperatursensors eine aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1** in dem Fachmann bekannter Weise modellierte Temperatur verwendet oder ein Notfahrbetrieb eingeleitet oder die Brennkraftmaschine **1** abgestellt. Umgekehrt kann natürlich auch mit dem beschriebenen Verfahren und der beschriebenen Vorrichtung die Funktion der Lambdasonde **10** überwacht werden. Dazu wird dann entsprechend die Funktion des Temperatursensors **5** auf andere Weise plausibilisiert. Wird auf diese Weise der Temperatursensor **5** als fehlerfrei erkannt, so führt ein Wertepaar des Signals des Temperatursensors **5** und des Signals der Lambdasonde **10** außerhalb des vorgegebenen Zusammenhangs dazu, dass die Funktion der Lambdasonde **10** als fehlerhaft erkannt wird. In diesem Fall wird dann die Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang **15** stromab der Turbine **50** aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1** in dem Fachmann bekannter Weise modelliert oder ein Notfahrbetrieb der Brennkraftmaschine **1** eingeleitet oder die Brennkraftmaschine **1** abgestellt.

**[0019]** Das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung werden insbesondere zur Plausibilisierung der Funktionsweise des Temperatursensors **5** verwendet. Der Grund dafür ist folgender: die Auslegung der Verbrennungsparameter bei der Motorenapplikation, also im Falle des Ottomotors beispielsweise der einzustellende Zündwinkel, der zuzuführende Luftmassenstrom und/ oder die einzuspritzende Kraftstoffmenge, erfolgt beispielsweise so, dass der Abgasturbolader sehr nahe an seiner thermischen Grenze betrieben wird. Zu diesem Zweck wird der Temperatursensor **5** eingesetzt. Dabei werden die Verbrennungsparameter so korrigiert, dass ein vorgegebener Grenzwert für die vom Temperatursensor **5** gemessene Temperatur aufgrund von Systemtoleranzen nicht über- oder unterschritten werden kann. Ein Überschreiten wirkt sich kritisch aus, da der Turbolader zerstört werden kann. Ein Unterschreiten wirkt sich durch einen Leistungsmangel aus. Deshalb ist es wichtig, dass der Temperatursensor **5** fehlerfrei arbeitet und plausible Werte über den gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine **1** liefert. Eine solche Plausibilisierung des Temperatur-



sensors **5** oder der Lambdasonde **10** ist mit dem beschriebenen Verfahren und der beschriebenen Vorrichtung im gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine **1** möglich. Zu diesem Zweck wird ein vorgegebener Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Lambda-Wert abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine **1** abgespeichert. Dieser Zusammenhang kann beispielsweise durch eine Prüfstandsmessung ermittelt werden. Wird dabei für jeden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine der zugeordnete Zusammenhang zwischen Temperatur und Lambda-Wert abgespeichert, so vergleicht die Plausibilisierungseinheit **70** das von den Empfangseinheiten **60**, **65** für einen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine **1** empfangene Wertepaar aus Temperatur und Lambda-Wert mit dem für diesen Betriebspunkt auf dem Prüfstand ermittelten vorgegebenen Zusammenhang zwischen Temperatur und Lambda-Wert. Liegt Übereinstimmung vor, so arbeiten Temperatursensor **5** und Lambdasonde **10** fehlerfrei, andernfalls liegt ein Fehler vor. Im beschriebenen Beispiel nach **Fig. 2** wurde stellvertretend für den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine I die Motordrehzahl herangezogen. Zusätzlich können natürlich auch noch andere den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine **1** beeinflussende Betriebsgrößen berücksichtigt werden, wie beispielsweise die Zylinderfüllung. Im Folgenden wird jedoch der Einfachheit halber und beispielhaft lediglich die Abhängigkeit des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Lambda-Wert von der Motordrehzahl betrachtet. Weiterhin ergibt sich eine Vereinfachung, wenn der Zusammenhang zwischen der Temperatur stromauf der Turbine **50** und dem Lambda-Wert stromab der Turbine **50** im Abgasstrang näherungsweise als linear angenommen wird. In diesem Fall vereinfacht sich die Ermittlung der vorgegebenen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Lambda-Wert durch die Prüfstandsmessung erheblich. Der Zusammenhang zwischen Temperatur stromauf der Turbine **50** und dem Lambda-Wert stromab der Turbine **50** lässt sich auf die folgenden physikalischen Zusammenhänge zurückführen:

$$Q \sim c_W \times m_L \times \Delta T_3 \quad (1).$$

**[0020]** Im Zusammenhang (1) ist Q der vom Verbrennungsmotor **95** durch Verbrennung des Luft-/Kraftstoffgemischs erzeugte Wärmestrom.  $c_W$ , ist ein Wärmekoeffizient und  $m_L$  der dem Verbrennungsmotor **95** über die Luftzufuhr **75** zugeführte Luftmassenstrom.  $\Delta T_3$  ist die Differenz  $T_3 - T_2$  zwischen der Temperatur  $T_3$  im Abgasstrang **15** stromauf der Turbine **50** und der Temperatur  $T_2$  in der Luftzufuhr **75** stromab des Verdichters **80**. Der Wärmestrom Q kann auch noch auf andere Weise dargestellt werden:

$$Q = H_u \times m_E \quad (2).$$

**[0021]** Dabei ist  $H_u$  der Heizwert der Kraftstoffmasse und  $m_E$  der Massenstrom der eingespritzten Kraftstoffmasse. Aus den Zusammenhängen (1) und (2) ergibt sich:

$$\Delta T_3 \sim H_u \times m_E / (c_W \times m_L) \quad (3).$$

**[0022]** Außerdem gilt:

$$H_u \times m_E / (c_W \times m_L) \sim 1/\lambda \quad (4).$$

**[0023]** Aus den Zusammenhängen (3) und (4) ergibt sich:

$$\Delta T_3 \sim 1/\lambda \quad (5).$$

**[0024]** Bei der Bestimmung des vorgegebenen Zusammenhangs zwischen der Temperatur  $T_3$  im Abgasstrang **15** stromauf der Turbine **50** und dem Lambda-Wert  $\lambda$  im Abgasstrang **15** stromab der Turbine **50** am Prüfstand wird die Temperatur  $T_2$  in der Luftzufuhr **75** stromab des Verdichters **80** festgehalten,

sodass sich zwischen  $1/\lambda$  und  $T_3$  ein linearer Zusammenhang ergibt, dessen Offset von der Temperatur  $T_2$  abhängt. Die Temperatur  $T_2$  in der Luftzufuhr **75** stromab des Verdichters **80** wird von einem Temperatursensor **200** gemessen oder aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine **1** in dem Fachmann bekannter Weise modelliert. Im Falle der Messung wird dabei die Temperatur  $T_2$  mittels des Temperatursensors **200** in gleicher Weise wie die Temperatur  $T_3$  zeit- oder kurbelwinkelsynchron erfasst, wobei das entsprechende Messsignal ebenfalls von der ersten Empfangseinrichtung **60** empfangen bzw. angefordert wird. Die erste Empfangseinrichtung **60** liefert dann neben dem Messwert für die Temperatur  $T_3$  den zugeordneten Messwert für die Temperatur  $T_2$  an die Plausibilisierungseinheit **70** weiter.

**[0025]** Somit ergibt sich bei konstanter Temperatur  $T_2$  aufgrund von Zusammenhang (5) ein linearer Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem

Lambda-Kehrwert  $1/\lambda$ . Dieser Zusammenhang wird wie beschrieben für eine fest vorgegebene Temperatur  $T_2$  auf einem Prüfstand gemessen. Dabei zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  auch abhängig von der Motordrehzahl der Brennkraftmaschine I ist. **Fig. 3** zeigt ein Diagramm der Temperatur  $T_3$  in Grad Celsius über den Lambda-Wert  $\lambda$  wie es beispielhaft auf einem Prüfstand ermittelt werden könnte, wobei es im Folgenden nur auf die qualitative Betrachtung des Diagramms in **Fig. 3** ankommt, das vereinfachend linear dargestellt ist. Für eine erste Motordrehzahl  $n_{mot} 1$  der Brennkraftmaschine **1** er-



gibt sich ein erster durch die Prüfstandsmessung vereinfachend linear vorgegebener Zusammenhang **20** zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$ . Für eine zweite Motordrehzahl  $n_{mot2} > n_{mot1}$ ) ergibt sich ein zweiter durch die Prüfstandsmessung vereinfachend linear vorgegebener Zusammenhang **25** zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$ . Für eine dritte Motordrehzahl  $n_{mot3} > n_{mot2}$  ergibt sich ein dritter durch die Prüfstandsmessung vereinfachend linear vorgegebener Zusammenhang **30** zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$ . Dabei lässt sich erkennen, dass mit zunehmender Motordrehzahl  $n_{mot}$  der Offset des sich vereinfachend linear ergebenden Zusammenhangs zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  zunimmt.

**[0026]** Wird also von der Plausibilisierungseinheit **70** ein Wertepaar aus der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  von den Empfangseinrichtungen **60**, **65** empfangen, so prüft die Plausibilisierungseinheit **70** zunächst, welche Motordrehzahl  $n_{mot}$  diesem Wertepaar zugeordnet ist, d. h. vorlag, als dieses Wertepaar aus der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  von dem Temperatursensor **5** und der Lambdasonde **10** gemessen wurde. Der dieser Motordrehzahl zugeordnete und auf dem Prüfstand ermittelte vereinfachend linear vorgegebene Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  wird von der Plausibilisierungseinheit **70** ermittelt. Anschließend ermittelt die Plausibilisierungseinheit **70** die Abweichung zwischen der Temperatur  $T_2$  zum Zeitpunkt der Erfassung des Wertepaares aus der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  und der für die Prüfstandsmessung eingestellten Temperatur  $T_2$ . Die Plausibilisierungseinheit **70** verschiebt dann den Offset des ermittelten Zusammenhangs abhängig von der ermittelten Abweichung der Temperatur  $T_2$  gemäß der gefundenen Proportionalität nach Zusammenhang (5), d. h. unter Berücksichtigung der der Proportionalität zugrunde liegenden Proportionalitätskonstanten. Die Plausibilisierungseinheit **70** prüft sodann, ob das ermittelte Wertepaar von dem ermittelten Zusammenhang abweicht. Ist dies der Fall, so wird das Fehlersignal  $F$  erzeugt, andernfalls werden der Temperatursensor **5** und die Lambdasonde **10** für plausibel erkannt.

**[0027]** Da auch ein fehlerfreier Temperatursensor **5** und eine fehlerfreie Lambdasonde **10** gewisse Mess-toleranzen aufweisen, ist es vorteilhaft, wenn um den ermittelten vorgegebenen Zusammenhang herum ein Streubereich definiert wird. Liegt das ermittelte Wertepaar aus Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  in dem definierten Streubereich um den vereinfachend linear ermittelten Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$ , so werden der Temperatursensor **5** und die Lambdasonde **10** als fehlerfrei erkannt, andernfalls wird das Fehlersignal  $F$  erzeugt. Zusätzlich kann es noch vorgesehen sein,

den Streubereich betriebspunktabhängig, insbesondere abhängig von der Motordrehzahl der Brennkraftmaschine **1**, vorzugeben. Dies ist in **Fig. 3** dargestellt. Dort ist für den ersten vorgegebenen Zusammenhang **20** ein erster Streubereich **35** definiert. Dieser bettet den ersten vorgegebenen Zusammenhang **20** mittig zwischen zwei parallel zum ersten vorgegebenen Zusammenhang **20** verlaufenden Geraden, die um einen ersten Abstand  $d_1$  voneinander beabstandet sind. Für den zweiten vorgegebenen Zusammenhang **25** ist ein zweiter Streubereich **40** definiert. Dieser bettet den zweiten vorgegebenen Zusammenhang **25** mittig zwischen zwei parallel zum zweiten vorgegebenen Zusammenhang **25** verlaufenden Geraden, die um einen zweiten Abstand  $d_2 < d_1$  voneinander beabstandet sind. Für den dritten vorgegebenen Zusammenhang **30** ist ein dritter Streubereich **45** definiert. Der dritte vorgegebene Zusammenhang **30** liegt mittig im dritten Streubereich **45**, der durch zwei zum dritten vorgegebenen Zusammenhang **30** parallele Geraden gebildet wird, die um einen dritten Abstand  $d_3$  voneinander beabstandet sind, wobei  $d_3 < d_2$  ist. Somit werden die Streubereiche **35**, **40**, **45** mit zunehmender Motordrehzahl der Brennkraftmaschine kleiner. Dies deshalb, weil der Zusammenhang (5) mit zunehmender Motorlast und zunehmender Motordrehzahl immer besser zutrifft, sodass insbesondere mit zunehmender Motordrehzahl, der Streubereich kleiner gewählt werden kann.

**[0028]** Die Anwendung des beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens und der beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung eignet sich besonders in quasi stationären Betriebszuständen der Brennkraftmaschine **1** unter Berücksichtigung der in der Regel unterschiedlichen Dynamiken des Temperatursensors **5** und der Lambdasonde **10**. In einem solchen quasi stationären Betriebszustand sollten zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Temperatursensor **5** und die Lambdasonde **10** jeweils auf einen im Wesentlichen konstanten Betriebszustand eingeschwungen sein.

**[0029]** Für die Funktion der Erfindung ist es im Übrigen unerheblich, ob die Turbine **50** und damit der Turbolader vorhanden ist oder nicht.

**[0030]** Der vereinfachend linear vorgegebene Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  kann für möglichst viele verschiedene Motordrehzahlen der Brennkraftmaschine ermittelt werden, um den gesamten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine möglichst weitgehend abzudecken. Insbesondere können mehr als die drei in **Fig. 3** dargestellten Zusammenhänge abhängig von der Motordrehzahl ermittelt werden.

**[0031]** In **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm für einen beispielhaften Ablauf des erfindungsgemäßen Ver-



fahrens dargestellt. Nach dem Start des Programm werden bei einem Programmpunkt **100** der aktuelle Kurbelwinkel, die aktuelle Temperatur  $T_2$ , die aktuelle Temperatur  $T_3$  und der aktuelle Lambda-Wert  $\lambda$  von den Empfangseinrichtungen **60, 65** in der beschriebenen Weise empfangen und an die Plausibilisierungseinheit **70** weiter geleitet. Anschließend wird zu einem Programmpunkt **105** verzweigt.

**[0032]** Bei Programmpunkt **105** ermittelt die Plausibilisierungseinheit **70** für die durch die Differenziation des Signals des Kurbelwinkelsensors **90** ermittelte aktuelle Motordrehzahl den vereinfachend linear vorgegebenen Zusammenhang zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  inklusive dem dazu definierten Streubereich und verschiebt gegebenenfalls den Offset dieses Zusammenhangs abhängig von der aktuellen Temperatur  $T_2$  in der beschriebenen Weise. Anschließend wird zu einem Programmpunkt **110** verzweigt.

**[0033]** Bei Programmpunkt **110** prüft die Plausibilisierungseinheit **70**, ob das aktuell ermittelte Wertepaar der Temperatur  $T_3$  und des Lambda-Werts  $\lambda$  im definierten Streubereich des vereinfachend linear ermittelten vorgegebenen Zusammenhangs zwischen der Temperatur  $T_3$  und dem Lambda-Wert  $\lambda$  liegt. Ist dies der Fall, so wird das Programm verlassen, andernfalls wird zu einem Programmpunkt **115** verzweigt.

**[0034]** Bei Programmpunkt **115** erzeugt die Plausibilisierungseinheit **70** das Fehlersignal F. Anschließend wird das Programm verlassen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Temperatursensor (5) und einer Lambdasonde (10) in einem Abgasstrang (15) der Brennkraftmaschine (1), wobei ein Signal des Temperatursensors (5) mit einem Signal der Lambdasonde (10) auf einen vorgegebenen Zusammenhang (20, 25, 30) plausibilisiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperatursensor (5) stromauf und die Lambdasonde (10) stromab einer Turbine (50) im Abgasstrang (15) angeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Signal des Temperatursensors (5) mit dem Signal der Lambdasonde (10) betriebspunktabhängig, insbesondere abhängig von einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine (1), plausibilisiert wird.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als vorgegebener Zusammenhang (20, 25, 30) vereinfachend ein linearer Zusammenhang (20, 25, 30) gewählt wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Fehler des Temperatursensors (5) oder der Lambdasonde (10) erkannt wird, wenn im aktuellen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) ein Wertepaar aus dem Signal des Temperatursensors (5) und dem Signal der Lambdasonde (10) außerhalb eines vorgegebenen Streubereichs (35, 40, 45) um den vorgegebenen Zusammenhang (20, 25, 30) liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Streubereich (35, 40, 45) betriebspunktabhängig, insbesondere abhängig von der Motordrehzahl der Brennkraftmaschine (1), vorgegeben wird.

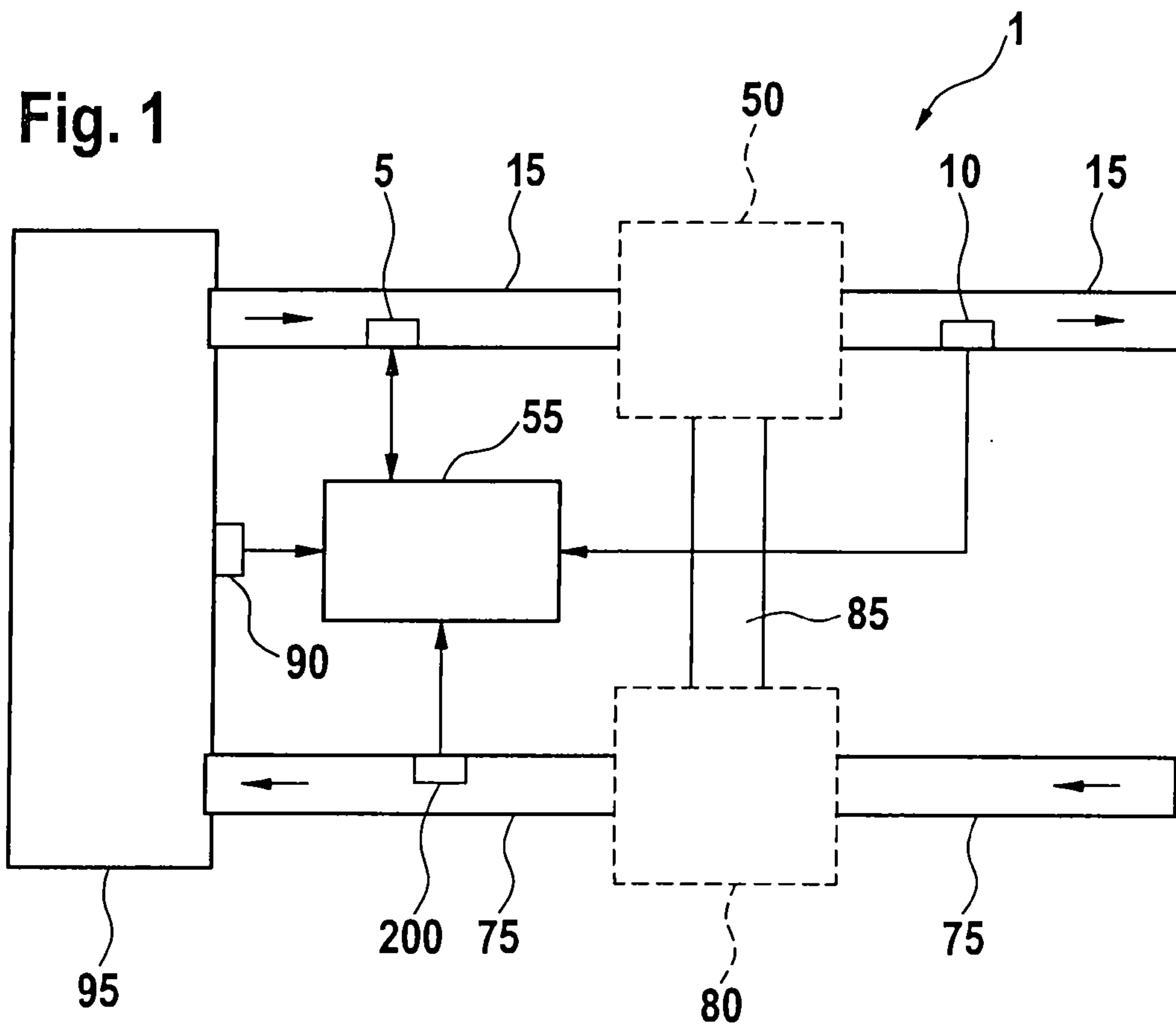
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Streubereich (35, 40, 45) mit zunehmender Motordrehzahl der Brennkraftmaschine (1) kleiner vorgegeben wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Falle einer fehlenden Plausibilität zwischen dem Signal des Temperatursensors (5) und dem Signal der Lambdasonde (10) die Temperatur oder die Sauerstoffkonzentration im Abgasstrang (15) aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine (1) modelliert oder ein Notfahrbetrieb eingeleitet oder die Brennkraftmaschine (1) abgestellt wird.

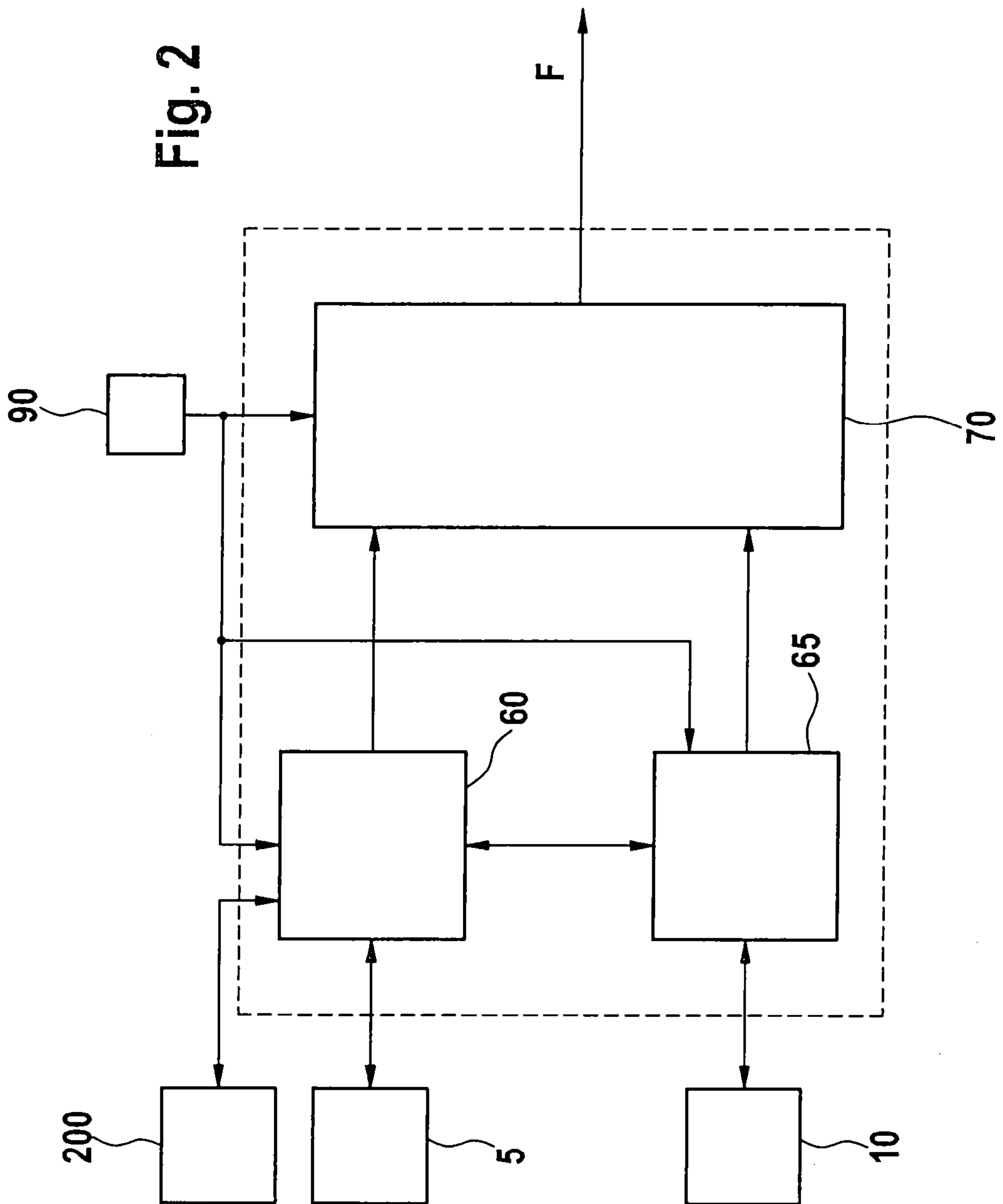
8. Vorrichtung (55) zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), mit Empfangsmitteln (60, 65) zum Empfang eines Signals eines Temperatursensors (5) und eines Signals einer Lambdasonde (10), wobei die Vorrichtung (55) Plausibilisierungsmittel (70) umfasst, die ein Signal des Temperatursensors (5) mit einem Signal der Lambdasonde (10) auf einen vorgegebenen Zusammenhang (20, 25, 30) plausibilisieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eingerichtet ist, jeden Schritt des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche auszuführen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen









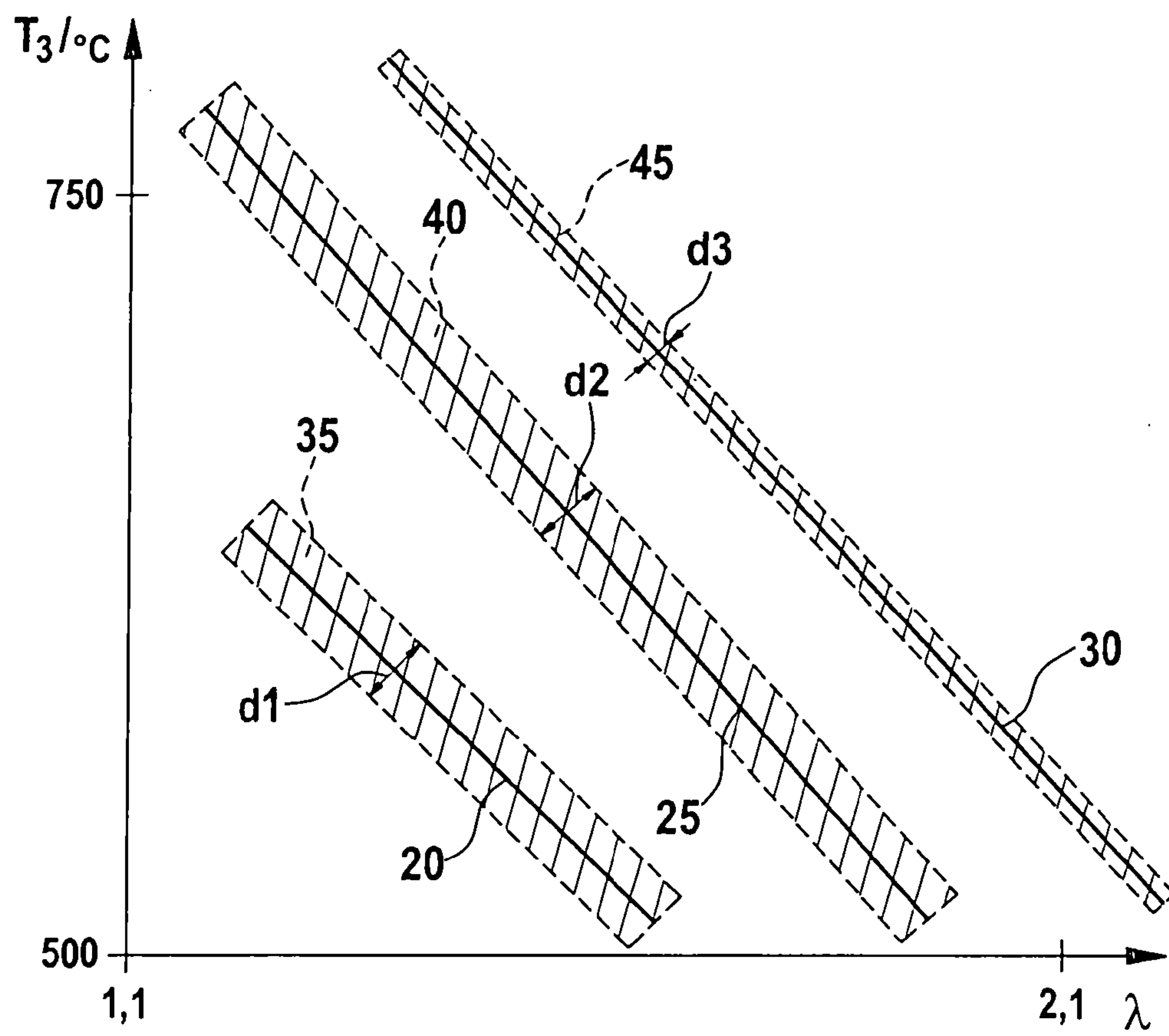


Fig. 3



