

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 655 583 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
20.08.1997 Patentblatt 1997/34

(51) Int Cl.6: **F23N 5/00, F23N 5/24**

(21) Anmeldenummer: **94118375.8**

(22) Anmeldetag: **23.11.1994**

(54) Verfahren zur Regelung und Überwachung von Verbrennung

Method for controlling and monitoring combustion

Procédé pour le réglage et la surveillance de combustion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **29.11.1993 DE 4340534**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.05.1995 Patentblatt 1995/22

(73) Patentinhaber: **LAMTEC Mess- und Regeltechnik
für Feuerungen GmbH & Co KG
69190 Walldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Vogel, Albrecht, Dr.
D-76297 Stutensee (DE)**

• **Baier, Gunar, Dr.
D-68219 Mannheim (DE)**
• **Weber, Harald
D-76684 Östringen (DE)**

(74) Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
68128 Mannheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 156 958 EP-A- 0 209 771
DE-A- 2 035 016 DE-A- 3 517 471

EP 0 655 583 B1

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

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung und Überwachung der Verbrennung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Zur Energieeinsparung und Vermeidung von Umweltschäden ist die Überwachung bzw. Regelung von Verbrennungsprozessen in Verbrennungsanlagen unbedingt notwendig. Die Messung des Sauerstoffgehalts in Abgasen allein kann keinen Hinweis auf eine unvollständige Verbrennung liefern. Deshalb ist es besonders wichtig, die Anteile der im Abgas enthaltenen nicht verbrannten Bestandteile zu erfassen und zu minimieren. Zu diesen unverbrannten Bestandteilen gehören Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Tritt eine unvollständige Verbrennung ein, so treten im Abgas Wasserstoff- und Kohlenmonoxidemissionen immer gemeinsam auf. Das genaue Verhältnis von Wasserstoff zu Kohlenmonoxid kann dagegen je nach Brenneinstellung, Lastfaktor, Brennstoffbeschaffenheit sowie Lufttemperatur und Luftdruck schwanken. Als Leitgröße, an der sich erkennen läßt, ob eine unvollständige Verbrennung einsetzt, kann das Auftreten von Wasserstoff ebenso wie das Auftreten von Kohlenmonoxid im Abgas herangezogen werden.

Aus der DE-A-2 035 016 ist eine Schaltung zum Regeln des für einen Verbrennungsvorgang benötigten Luftstroms für den Brenner eines Dampferzeugers bekannt. Mit ihr soll die Leistung des Dampferzeugers durch einen Verbrennungsvorgang mit gutem dynamischen Verhalten und hoher statischer Genauigkeit im vorgeschriebenen optimalen Bereich auch bei Störungen wie Heizwertänderungen des Brennstoffes aufrechterhalten werden, so daß schädliche Auswirkungen der Hoch- und Niedertemperaturkorrosion sowie Wirkungsgradabsenkungen vermieden werden. Die Schaltung ist so ausgebildet, daß dem Rauchgaskanal kontinuierlich Rauchgas entnommen und einer Rauchgasanalyseeinrichtung zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts im Abgas zugeführt. Auf Grund dieser Analyse wird das vorgegebene Brennstoff-Luftverhältnis korrigiert und der gewünschte Wert eingestellt. Zu diesem Zweck wird das Ausgangssignal der Rauchgasanalyseeinrichtung in einem Meßwertumformer verarbeitet und in einem ersten Regler mit einem fest eingestellten Sollwert verglichen. Je nach der momentan anstehenden Sollwertabweichung erscheint am Ausgang des Reglers ein Signal, das über den Signalpfad mit einem Stellregelkreis verbunden ist. Da der Brenner ein Fahren mit einem konstanten Luftüberschuß nicht gestattet, wird der Sollwert über einen Sollwertgeber entsprechend korrigiert. Zusätzlich wird der Anteil an unverbrannten Stoffen in Form von Co, H im Abgas gemessen.

In der DE-A-3 517 471 ist eine Regelung für das Brennstoff-Luftverhältnis eines gasbeheizten Umlaufwasserheizers beschrieben. Die Regelung ist mit einem Meßfühler für die Zusammensetzung der Abgase, einem Sollwertgeber und einem Regler sowie einem

Meßfühler zum Ermitteln des Sauerstoffgehalt und einem Meßfühler zur Bestimmung des Kohlenmonoxyd-gehalt im Abgas vorgesehen. Der Regler gibt solange eine Stellgröße ab, wie eine der Meßgrößen vom Sollwert abweicht. Beim Vorliegen eines Wärmeanforderungssignals wird ein diesem entsprechendes Signal zum in seiner Leistung variierbaren Brenner über ein Stellglied gegeben, um eine bestimmte Brennerleistung zu erzeugen. Von diesem Signal wird ein weiteres Signal abgeleitet, mit welchem der Luftdurchsatz des Brenners verändert wird. Beim Überschreiten eines Sollwertes für den maximalen Kohlenmonoxid- oder Kohlendioxidgehalt wird der Gasdurchsatz bei konstant bleibendem Luftdurchsatz gedrosselt.

In der DE-A-25 10 717 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem mit Hilfe von zwei Sauerstoffsensoren das Abgas geprüft wird. Die Menge an unverbrannten Bestandteilen wird direkt nach der Flamme aus den Spannungssignalen dieser Sensoren ermittelt. Nachteilig hierbei ist, daß die Sensoren bei Verbrennungen mit Luftüberschuß den Gehalt an unverbrannten Bestandteilen nur mit sehr kleinen Signalen anzeigen, die nicht leicht auswertbar sind, so daß mit dieser Anordnung nur schwerwiegende Defekte der Verbrennungsanlage nachgewiesen werden können.

Aus der DE-B-34 35 902 ist eine Vorrichtung bekannt, welche die Schadstoffemissionen, insbesondere den Gehalt an Kohlenmonoxid, direkt bestimmen kann. Das Brennstoff-/Luftverhältnis wird dadurch geregelt, daß über einen Sauerstoffsensor ein Sauerstoffsollwert im Abgas eingestellt wird. Der Sauerstoffsollwert wird durch das Signal eines Sensors für brennbare Bestandteile vorgegeben, in dem der minimale Luftüberschuß bestimmt wird, bei dem unverbrannte Bestandteile, vorzugsweise im Bereich von 200 bis 400 ppm auftreten. Als Sensor für die unverbrannten Bestandteile wird ein halbleitender Metalloxidsensor verwendet, dessen Leistungsfähigkeit vom Gehalt an brennbaren Bestandteilen abhängt. Da eine Konzentration an Kohlenmonoxid von mehr als 100 ppm heute bereits als Fehlfunktion einer Verbrennungsanlage gilt, der verwendete Halbleitersensor jedoch nur zur einer Regelung der unverbrannten Bestandteile in einem Bereich von 200 bis 400 ppm geeignet ist, entspricht diese Vorrichtung den heutigen Anforderungen nicht mehr.

In der DE-A-38 07 752 ist eine Vorrichtung mit zwei keramischen Sensoren beschrieben, wobei der ein erster Sensor für die Bestimmung von brennbaren Bestandteilen im Abgas und der zweite für die Ermittlung von gasförmigem Sauerstoff vorgesehen ist. Der erste Sensor wird durch einen Festelektrolyten aus Zirkoniumdioxid gebildet. Dieser ist mit einer einem Referenzgas ausgesetzten Elektrode und einer vom Meßgas beaufschlagten Elektrode aus Molybdändisilikat versehen. Der zweite Sensor weist ebenfalls einen Festelektrolyten aus Zirkondioxid auf. Der erste Sensor wird auf eine Betriebstemperatur erwärmt, die sich von der Betriebstemperatur des zweiten Sensors unterscheidet.

Auf diese Weise läßt sich ein breiter Konzentrationsbereich der brennbaren Bestandteile in einem zu messenden Abgas durch Berechnung auf der Basis der Abgabeleistung der beiden Sensoren für den gasförmigen Sauerstoff bestimmen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren aufzuzeigen, mit dem es möglich ist, das Abgas einer Verbrennungsanlage der eingangs genannten Art ständig schadstofffrei zu halten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 oder 2 gelöst.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine erfindungsgemäße Regel- und Überwachungs-
vorrichtung,
- Fig. 2 die zyklische Kontrolle des Arbeitspunktes im
Diagramm,
- Fig. 3 den sprunghaften Anstieg des Wasserstoff-
anteils im Abgas bei Änderung der Verbren-
nung,
- Fig. 4 den Verlauf des Meßsignals eines Wasser-
stoffsensors,
- Fig. 5 eine Variante des in Fig. 2 dargestellten Dia-
gramms,
- Fig. 6 die Überprüfung der O_2 -Regelung im Dia-
gramm,
- Fig. 7 die Überprüfung der O_2 - und H_2 -Sensoren im
Diagramm.

Figur 1 zeigt eine Regel- und Überwachungs-
vorrichtung 1, die einen Sauerstoffsensor 2, einen Wasser-
stoffsensor 3, eine Verarbeitungseinheit 4 sowie eine
Regeleinrichtung 5 aufweist. Der Sauerstoffsensor 2
und der Wasserstoffsensor 3 sind in den Abgaskanal 21
einer Verbrennungsanlage 20 eingebaut. Der Aufbau
und die Funktionsweise des Sauerstoffsensors 2 sind in
der DE-C-29 45 698 offenbart. Ein Wasserstoffsensor
3, wie er in der Vorrichtung 1 verwendet wird, ist in der
DE-A-40 21 929 beschrieben. Der Wasserstoffsensor 3
weist die Eigenschaft auf, daß er für den Fall, daß das
Abgas keine brennbaren Bestandteile aufweist, eben-
falls als Sauerstoffsensor betrieben werden kann. Die
Signalein- und Ausgänge der beiden Sensor 2 und 3
sind mit den Signalein- und -ausgängen der Verarbei-
tungseinheit 4 verbunden, von der unter anderem alle
Störmeldungen ausgegeben werden. Das Ausgangssi-
gnal der Verarbeitungseinheit 4 wird der Regeleinrich-
tung 5 zugeführt. Diese kann mit einem Ausgangssi-
gnal, das einem Stellglied 6 zugeleitet wird, die Luftzu-
fuhr für die Verbrennungsanlage 20 mit Hilfe einer Luft-
klappe 7 steuern.

Damit das aus der Verbrennungsanlage 20 kom-
mende Abgas 22 keinen, oder nur einen sehr geringen
Anteil an brennbaren Bestandteilen aufweist, wird dem

Brennstoff, der über die Leitung 9 zugeführt wird, gera-
de so viel Luft beigemischt, daß das Brennstoff-/Luftge-
misch, das der Verbrennungsanlage 20 über die Leitung
8 zugeführt wird, gerade noch eine vollständige Ver-
brennung ermöglicht. Ändert sich die Brennerkennlinie,
was auf Grund von Heizwertänderungen des Brenn-
stoffs, von Luftdruck- und Temperaturschwankungen,
Düsenverstopfungen oder auch Laständerungen der
Verbrennungsanlage hervorgerufen werden kann, so
setzt eine unvollständige Verbrennung ein. Um diese zu
vermeiden, werden zyklische Überprüfungen des Ar-
beitspunktes der Verbrennungsanlage durchgeführt.
Bei Abweichung von einer vollständigen Verbrennung
wird sofort eine Neueinstellung des Arbeitspunktes
durchgeführt. Kann kein neuer Arbeitspunkt gefunden
werden, so gibt die Verarbeitungseinheit 4 eine entspre-
chende Störmeldung aus.

In Figur 2 ist in einem Diagramm die zyklische Kon-
trolle des Arbeitspunktes und dessen Neueinstellung
dargestellt. Bei der Kontrolle wird von dem Istzustand
ausgegangen, d. h. von dem augenblicklichen Arbeits-
punkt der Verbrennungsanlage 20. Mit Hilfe der Regel-
einrichtung 5 wird die Luftzufuhr über die Leitung 8 zur
Verbrennungsanlage 20 so reduziert, daß der Rest des
Sauerstoffs im Abgas um einen Betrag von X%, gleich
0,1% reduziert wird. Die Abnahme des Restsauerstoffs
im Abgas 22 kann mit Hilfe der Sauerstoffsonde 2 erfaßt
werden. Gleichzeitig wird das Spannungssignal der
Wasserstoffsonde 3 überprüft. Durch die Reduzierung
der Sauerstoffzufuhr wird die Verbrennungsanlage 20
von einer vollständigen Verbrennung zu einer unvoll-
ständigen Verbrennung übergehen. Dies bedeutet, daß
das Spannungssignal U des Wasserstoffsensors 3 an-
steigt. In der Verarbeitungseinheit 4 wird die Differenz
 $U_d = U_n - U_v$ zwischen dem Spannungssignal U_v vor der
Reduzierung der Sauerstoffzufuhr und dem Span-
nungssignal U_n nach der Reduzierung der Sauerstoff-
zufuhr gebildet. Wie anhand der Figuren 3 und 4 zu se-
hen ist, steigt der Anteil des Wasserstoffs im Abgas 22
beim Übergang von einer vollständigen Verbrennung zu
einer unvollständigen Verbrennung sprunghaft an. Wie
Figur 4 zeigt, gilt das auch für das Spannungssignal, das
sich zwischen den beiden Elektroden des Wasserstoff-
sensors 3 ausbildet. Die zwischen den beiden Span-
nungssignalen U_n und U_v gebildete Differenz U_d wird mit
einem Schwellwert bzw. Grenzwert verglichen. Dieser
Grenzwert ist in der Verarbeitungseinheit 4 gespeichert
und hat bei dem hier beschriebenen Beispiel einen Wert
von 100 mV. Ist die Differenz U_d kleiner, so wird die Sau-
erstoffzufuhr für die Verbrennungsanlage 20 nochmals
reduziert, derart, daß sich der Sauerstoffanteil im Abgas
22 nochmals um 0,1% reduziert. Dieser Vorgang wird
solange durchgeführt, bis die Differenz U_d größer als
der Grenzwert ist. Ist das der Fall, so wird die Arbeits-
punkteinstellung fortgesetzt. Die Luftzufuhr für die Ver-
brennungsanlage 20 wird jetzt um einen Betrag von D%
erhöht, so daß gerade wieder eine vollständige Verbren-
nung erfolgt. Dieser Werts liegt bei 0,3%. Damit ist der

neue Arbeitspunkt eingestellt. Die Verbrennungsanlage wird nun mit dieser Arbeitspunkteinstellung bis zur nächsten Prüfung betrieben.

Figur 5 zeigt eine andere Möglichkeit, der Arbeitspunktkontrolle und -einstellung. Hierfür wird die Sauerstoffzufuhr gemindert, und zwar so, daß der restliche Anteil des Sauerstoffs im Abgas 22 um X%, gleich 0,1% reduziert wird. In der Verarbeitungseinheit 4 wird wiederum die Differenz U_d zwischen den Spannungssignalen U_v und U_n gebildet, die vor und nach der Reduzierung des Sauerstoffs im Abgas an der Wasserstoffsonde 3 abgegriffen werden. Anschließend bildet die Verarbeitungseinheit 4 den Quotienten $U_d/X\%$ aus der Spannungsdifferenz U_d und dem prozentualen Anteil X% der Reduzierung des Restsauerstoffes im Abgas. Nun wird von der Verarbeitungseinheit 4 geprüft, ob dieser Quotient größer oder kleiner als ein Grenzwert ist, der in der Verarbeitungseinheit 4 gespeichert ist. Bei dem hier beschriebenen Beispiel ist der Grenzwert auf 2000 mV/% festgelegt. Ist der Quotient $U_d/X\%$ kleiner, so wird die Sauerstoffzufuhr zur Verbrennungsanlage 20 nochmals reduziert, und zwar derart, daß sich der Anteil des restlichen Sauerstoffs im Abgas um nochmal 0,1% reduziert. Anschließend wird wieder der Quotienten $U_d/X\%$ gebildet und mit dem Grenzwert verglichen. Diese Verfahrensschritte werden solange durchgeführt, bis der Quotient $U_d/X\%$ größer ist als der Grenzwert. Anschließend wird die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage 20 um D%, gleich 0,3% erhöht, so daß gerade wieder eine vollständige Verbrennung erfolgt. Die Verbrennungsanlage wird dann bis zur nächsten Überprüfung mit diesem Überschuß an Sauerstoff betrieben. Die besonderen Vorteile dieser hier beschriebenen Quotientenbildung als Kriterium zur Erkennung des Einsetzens einer unvollständigen Verbrennung liegen darin, daß kleine Änderungen der Spannung U des Wasserstoffsensors keinen Einfluß auf die Funktionen haben, da ja nur relative Signaländerungen betrachtet werden. Die Verringerung der absoluten Sensorempfindlichkeit durch Elektrodenalterung hat zudem keinen Einfluß auf die Funktion, da die Steigung der Sensorkennlinie, die in Figur 4 dargestellt ist, auch noch deutlich zwischen vollständiger und unvollständiger Verbrennung unterscheidet, wenn der absolute Signalwert im steilen Ast der Kennlinie auf Grund von Elektrodenalterung abnimmt. Vorteilhaft ist weiterhin, daß die Steigung der Sensorkennlinie nach Figur 4 bereits ansteigt, sobald der Übergang zu einem Zustand unvollständiger Verbrennung erfolgt. Mit dieser Art der Regelung wird also die Wasserstoffemission auf Werte unterhalb von 100 ppm begrenzt. Die Regel- und Überwachungsvorrichtung 1 erlaubt eine stündliche Überwachung und Neueinstellung des Arbeitspunktes.

Da sich der Arbeitspunkt nicht nur durch eine Änderung der Kennlinie der Verbrennungsanlage 20 verschieben kann, sondern auch auf Grund eines Fehlverhaltens einer der Sensoren 2 oder 3 oder der O_2 -Regelung, ist auch die periodische Überwachung der Senso-

ren 2 oder 3 und der O_2 -Regelung in regelmäßigen Intervallen z. B. täglich erforderlich. Das kann ebenfalls mit Hilfe der erfindungsgemäßen Regel- und Überwachungseinrichtung durchgeführt werden. Bei der Überwachung der O_2 -Regelung, wie sie in Figur 6 dargestellt ist, wird zunächst der Arbeitspunkt der Verbrennungsanlage 20 neu eingestellt, und zwar wie oben beschrieben. Zeigt der Wasserstoffsensor 3 für brennbare Bestandteile einen erhöhten Signalanstieg, so wird der Arbeitspunkt nochmals neu eingestellt. Ist ein neuer Arbeitspunkt gefunden, so wird eine Meldung ausgegeben, daß eine Überprüfung der Betriebsparameter erforderlich ist. Wird kein neuer Arbeitspunkt gefunden, so wird mit Hilfe der Regeleinrichtung 5 die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage 20 soweit erhöht, daß die Verbrennung mit Luftüberschuß erfolgt. Dies hat zur Folge, daß das Spannungssignal U des Wasserstoffsensors kleiner wird, was gleichbedeutend ist mit einer Verschiebung des Arbeitspunktes in Richtung einer vollständigen Verbrennung. In diesem Fall wird eine Information ausgegeben, daß der Wasserstoffsensor in Ordnung ist, jedoch die Sauerstoffregelung defekt. Ferner wird eine Meldung ausgegeben, daß die Verbrennungsanlage weiter mit mechanisch eingestelltem Luftüberschuß arbeitet. Wird durch die mechanische Erhöhung der Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage 20, die Größe des Spannungssignals U am Wasserstoffsensor 3 nicht reduziert, so ist der Sensor 3 defekt. Es erfolgt eine Meldung, daß der Wasserstoffsensor 3 defekt und die Verbrennungsanlage 20 weiter mit mechanisch eingestelltem Luftüberschuß betrieben wird.

Wird der Arbeitspunkt der Verbrennungsanlage 20 zyklisch eingestellt, und weist das Spannungssignals U des Wasserstoffsensors 3 trotzdem einen erhöhten Anstieg auf, so ist dies ein Hinweis darauf, daß sich die Kennlinie der Verbrennungsanlage drastisch verändert hat, oder der Sauerstoff- bzw. der Wasserstoffsensor defekt ist.

Die Überprüfung der beiden Sensoren 2 und 3 erfolgt, wie in Figur. 7 dargestellt, derart, daß die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage 20 soweit erhöht wird, daß der Sauerstoffanteil im Abgas 22 einen Überschuß von V% aufweist, der beispielsweise zwischen 6,5% und 9% liegen kann. Nun wird geprüft, ob das Spannungssignal U des Wasserstoffsensors 3 innerhalb einer zulässigen Bandbreite von beispielsweise 5 bis 60 mV liegt. Ist das nicht der Fall, so wird eine Störmeldung ausgegeben, daß der H_2 -Sensor defekt ist, und der Sauerstoffanteil des Abgases nach einem fest einprogrammierten Kennfeld in der Verarbeitungseinheit 4 eingestellt wird. Weist das Spannungssignal der Wasserstoffsonde 3 einen Wert zwischen 5 und 60 mV auf, so wird die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage dreimal so verändert, daß der Sauerstoffanteil im Abgas 22 bei drei verschiedenen O_2 -Werten R%, S%, T% beispielsweise bei 7%, 5% und 3% liegt. Aus den hieraus resultierenden Spannungssignalen U_R , U_S und U_T des Wasserstoffsensors 3 wird der Sauerstoffanteil gemäß der Spannungskennlinie

des Wasserstoffsensors 3 mit Hilfe der Verarbeitungseinheit 4 berechnet. Stimmen diese Werte nicht mit den Sauerstoffwerten überein, die von dem Sauerstoffsensor 2 ermittelt werden, wird eine Störmeldung ausgegeben, daß der H_2 -Sensor oder der O_2 -Sensor defekt ist, und die Verbrennungsanlage 20 auf festem Arbeitspunkt mit hohem Luftüberschuß gefahren wird. Stimmen die ermittelten Sauerstoffwerte mit den gemessenen Sauerstoffwerten des Sauerstoffsensors 2 überein, so wird die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage 20 kurzfristig so gedrosselt, daß der Sauerstoffanteil im Abgas nur noch $U\%$, beispielsweise nur noch $0,8\%$ beträgt. Steigt daraufhin das Spannungssignal der Wasserstoffsensor 3 an, so wird von der Verarbeitungseinheit eine Meldung ausgegeben, daß der O_2 -Sensor defekt ist, und daß der Wasserstoffsonde in Ordnung ist. Steigt das Spannungssignal nicht an, wird eine Meldung ausgegeben, daß die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage gemäß einer fest einprogrammierten Kennlinie erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung und Überwachung der Verbrennung einer Verbrennungsanlage (20) für strömende gasförmige oder flüssige Brennstoffe, der ein Wasserstoff- und ein Sauerstoffsensor (2 und 3) nachgeschaltet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überprüfung des Arbeitspunktes der Verbrennungsanlage auf eine gerade noch vollständige Verbrennung die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) soweit reduziert wird, daß sich der restliche Sauerstoffanteil im Abgas um $X\%$ reduziert, daß aus den Spannungssignalen U_v , U_n des Wasserstoffsensors (3), die vor und nach der Reduzierung des Sauerstoffanteils im Abgas (22) gemessen werden, die Differenz $U_d = U_n - U_v$ gebildet und mit einem Grenzwert verglichen wird, daß der Sauerstoffanteil im Abgas (22) stufenweise solange um $X\%$ reduziert wird, bis die gebildete Differenzspannung U_d größer ist als der vorgegebene Grenzwert, daß im Anschluß daran die Sauerstoffzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) soweit erhöht wird, daß der restliche Anteil des Sauerstoffs im Abgas um $D\%$ erhöht wird und damit gerade noch eine vollständige Verbrennung erfolgt, wobei die Werte $X\% = 0,1\%$ und $D\% = 0,3\%$ gewählt werden, und dass diese Einstellung bis zur nächsten Prüfung als neuer Arbeitspunkt dient und die Kontrolle dieser Einstellung, die Kontrolle der O_2 -Regelung sowie die des Wasserstoff- und des Sauerstoffsensors zyklisch erfolgt.
2. Verfahren zur Regelung und Überwachung der Verbrennung einer Verbrennungsanlage (20) für strömende gasförmige oder flüssige Brennstoffe, der ein Wasserstoff- und ein Sauerstoffsensor (2 und 3) nachgeschaltet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) so reduziert wird, daß sich der restliche Anteil des Sauerstoffs im Abgas um $X\%$ reduziert, daß aus den Spannungssignalen U_v , U_n des Wasserstoffsensors (3), die vor und nach der Reduzierung ermittelt werden, die Differenz $U_d = U_n - U_v$ gebildet und hieraus zusammen mit dem prozentualen Anteil von $X\%$ der reduzierten Sauerstoffmenge der Quotient $U_d/X\%$ gebildet wird, daß dieser Quotient mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen und die Reduzierung des restlichen Sauerstoffs im Abgas in Stufen von $X\%$ solange durchgeführt wird, bis der Quotient größer als der vorgegebene Grenzwert ist, und daß anschließend die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) soweit vergrößert wird, daß der restliche Anteil des Sauerstoffs im Abgas um $D\%$ erhöht wird und damit gerade noch eine vollständige Verbrennung erfolgt, wobei die Werte $X\% = 0,1\%$ und $D\% = 0,3\%$ gewählt werden, und dass diese Einstellung bis zur nächsten Prüfung als neuer Arbeitspunkt dient und die Kontrolle dieser Einstellung, die Kontrolle der O_2 -Regelung sowie die des Wasserstoff- und des Sauerstoffsensors zyklisch erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überprüfung der O_2 -Regelung bei erhöhtem Spannungssignal (U) des Wasserstoffsensors (3) eine Neueinstellung des Arbeitspunktes vorgenommen wird, daß bei Nichterreichen eines neuen Arbeitspunktes die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) mechanisch so vergrößert wird, daß die Verbrennung mit Luftüberschuß erfolgt, daß bei einer hieraus resultierenden Reduzierung des Spannungssignals (U) des Wasserstoffsensors eine Meldung ausgegeben wird, daß die Sauerstoffregelung defekt ist, und daß bei einer hierdurch nicht erreichten Reduzierung des Spannungssignals (U) eine Meldung ausgegeben wird, daß der Wasserstoffsensor (3) defekt ist, und daß bei defektem Sauerstoffsensor (2) bzw. defektem Wasserstoffsensor (3) zusätzlich eine Meldung ausgegeben wird, daß die Verbrennungsanlage weiter auf mechanisch eingestelltem Luftüberschuß arbeitet.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur gegenseitigen Überprüfung der Sensoren (2 und 3) die Luftzufuhr der Verbrennungsanlage (20) soweit erhöht wird, daß der restliche Anteil des Sauerstoffs im Abgas (22) auf $V\%$ ansteigt, wobei $V\%$ zwischen $6,5\%$ und 9% liegt, daß bei einem hieraus resultierenden Spannungssignal (U) des Wasserstoffsensors (3) außerhalb des zulässigen Intervalls eine Störmeldung H_2 -Sensor defekt ausgegeben wird, daß die Verbrennungsanlage gemäß einem fest einprogrammierten Kennfeld mit einem geringstmöglichen Sauerstoffüberschuß im Abgas betrieben

wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß beim Vorliegen eines Spannungssignals des Wasserstoffsensors (3) im zulässigen Bereich nach Erhöhung des Sauerstoffanteils in Abgas (20) auf V% die Luftzufuhr zur Verbrennungsanlage (20) in drei Stufen auf R%, S% und T% des restlichen Sauerstoffanteil im Abgas (20) eingestellt wird, daß aus den jeweils gemessenen Spannungssignalen (U_R , U_S und U_T) des Wasserstoffsensors (3) bei R%, S% und T% Sauerstoffanteil im Abgas der zugehörige Sauerstoffwert aus der Kennlinie des Wasserstoffsensors (3) ermittelt wird, daß die berechneten Sauerstoffwerte mit dem gemessenen Sauerstoffwerten im Abgas verglichen und bei Nichtübereinstimmung eine Störmeldung Sauerstoffsensor (2) oder Wasserstoffsensor (3) defekt und die Verbrennungsanlage (20) arbeitet mit überhöhtem Luftüberschuß ausgegeben wird, daß bei Übereinstimmung die Luftmengen- und die Verbrennungsanlage (20) kurzzeitig so reduziert wird, daß der Sauerstoffanteil im Abgas auf U% reduziert wird, daß bei steigendem Spannungssignal des Wasserstoffsensors (3) eine Meldung Wasserstoffsensor (3) in Ordnung ausgegeben wird, und daß im anderen Fall eine Störmeldung Wasserstoffsensor (3) defekt ausgegeben und die Verbrennungsanlage gemäß einer fest einprogrammierter Kennlinie so betrieben wird, daß das Abgas (22) den geringstmöglichen Sauerstoffüberschuß aufweist, wobei die Werte $R\% = 7\%$, $S\% = 5\%$, $T\% = 3\%$, $U\% = 0,8\%$ und V% zwischen 6,5% und 9% gewählt werden.

Claims

1. Method for controlling and monitoring combustion of a combustion plant (20) for flowing gaseous or liquid fuels, downstream of which a hydrogen sensor (2) and an oxygen sensor (3) are connected, characterized in that, in order to check the working point of the combustion plant to ensure that complete combustion just takes place, the air supply to the combustion plant (20) is reduced to such an extent that the residual proportion of oxygen in the exhaust gas is reduced by X%, in that the difference $U_d = U_n - U_v$ is formed from the voltage signals U_v , U_n of the hydrogen sensor (3) which are measured before and after the reduction in the proportion of oxygen in the exhaust gas (22) and the said difference is compared with a limit value, in that the proportion of oxygen in the exhaust gas (22) is reduced incrementally by X% until the difference voltage U_d which is formed is greater than the prescribed limit value, in that, after this, the supply of oxygen to the combustion plant (20) is increased to such an extent

that the residual proportion of the oxygen in the exhaust gas is increased by D% and thus complete combustion just takes place, the values $X\% = 0.1\%$ and $D\% = 0.3\%$ being selected, and in that this setting is used as a new working point for the next test, and the monitoring of this setting, the monitoring of the O_2 control system and that of the hydrogen sensor and of the oxygen sensor takes place cyclically.

2. Method for controlling and monitoring the combustion of a combustion plant (20) for flowing gaseous or liquid fuels, downstream of which a hydrogen sensor (2) and oxygen sensor (3) are connected, characterized in that the supply of air to the combustion plant (20) is reduced in such a way that the residual proportion of the oxygen in the exhaust gas is reduced by X%, in that the difference $U_d = U_n - U_v$ is formed from the voltage signals U_v , U_n of the hydrogen sensor (3) which are determined before and after the reduction, and the quotient $U_d/X\%$ is formed from the said difference with the percentile proportion of X% of the reduced quantity of oxygen, in that this quotient is compared with a prescribed limit value and the reduction of the residual oxygen in the exhaust gas is carried out incrementally by X% until the quotient is greater than the prescribed limit value, and in that, subsequently, the supply of air to the combustion plant (20) is increased to such an extent that the residual proportion of the oxygen in the exhaust gas is increased by D% and thus complete combustion just takes place, the values $X\% = 0.1\%$ and $D\% = 0.3\%$ being selected, and in that this setting is used as the new working point until the next test, and the monitoring of this setting, the monitoring of the O_2 control system as well as that of the hydrogen sensor and of the oxygen sensor take place cyclically.

3. Method according to one of Claims 1 or 2, characterized in that, in order to check the O_2 control system with increased voltage signal (U) of the hydrogen sensor (3), resetting of the working point is performed, in that, when a new working point is not reached, the supply of air to the combustion plant (20) is increased mechanically to such an extent that the combustion takes place with excess air, in that, when this results in a reduction in the voltage signal (U) of the hydrogen sensor, a message is output that the oxygen control system is defective, and in that, when a reduction in the voltage signal (U) is not achieved in this way, a message is output that the hydrogen sensor (3) is defective, and in that, when the oxygen sensor (2) is defective or the hydrogen sensor (3) is defective, a message is additionally output that the combustion plant should continue to operate a mechanically set excess-air setting.

4. Method according to one of Claims 1 or 2, characterized in that, in order that the sensors (2 and 3) check one another, the air supply to the combustion plant (20) is increased to such an extent that the residual proportion of oxygen in the exhaust gas (22) rises to V%, V% lying between 6.5% and 9%, in that, when this results in a voltage signal (U) of the hydrogen sensor (3) outside the permissible interval, a fault signal H₂ sensor defective is output, in that the combustion plant is operated according to a permanently programmed characteristic diagram with a smallest possible oxygen excess in the exhaust gas.

5. Method according to Claim 4, characterized in that, given a voltage signal of the hydrogen sensor (3) in the permissible range after the proportion of oxygen in the exhaust gas (20) has been increased to V%, the air supply to the combustion plant (20) is set in three stages to R%, S% and T% of the residual proportion of oxygen in the exhaust gas (20), in that the associated oxygen value is determined from the respectively measured voltage signals (U_R, U_S and U_T) of the hydrogen sensor (3) at R%, S% and T% proportion of oxygen in the exhaust gas, from the characteristic curve of the oxygen sensor (3), in that the calculated oxygen values are compared with the measured oxygen values in the exhaust gas, and when they do not correspond a fault message: oxygen sensor (2) or hydrogen sensor (3) defective and the combustion plant (20) is operating with an excessive air excess, is output, in that, when they do correspond the quantity of air supplied to the combustion plant (20) is briefly reduced to such an extent that the proportion of oxygen in the exhaust gas is reduced to U%, in that, when the voltage signal of the hydrogen sensor (3) rises, a message: hydrogen sensor (3) satisfactory, is output, and in that, otherwise, a fault report: hydrogen sensor (3) defective, is output and the combustion plant is operated according to a permanently programmed characteristic curve in such a way that the exhaust gas (22) has the smallest possible oxygen excess, the values R% = 7%, S% = 5%, T% = 3%, U% = 0.8% and V% between 6.5% and 9% being selected.

Revendications

1. Procédé pour la régulation et la surveillance de la combustion d'une installation de combustion (20) pour combustibles gazeux ou liquides en écoulement, cette installation étant suivie d'un détecteur d'hydrogène (3) et d'un détecteur d'oxygène (2), caractérisé par le fait qu'en vue de la vérification du point de travail de l'installation de combustion quant à une combustion tout juste encore complète, on

réduit l'apport d'air à l'installation de combustion (20) à tel point que la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement diminue de X%, qu'à partir des signaux de tension U_v, U_n du détecteur d'hydrogène (3) déterminés avant et après la réduction de la teneur en oxygène des gaz d'échappement (22), on forme la différence U_d = U_n - U_v et on la compare à une valeur limite, qu'on réduit la teneur en oxygène des gaz d'échappement (22) graduellement de X% jusqu'à ce que la tension différentielle U_d formée soit plus grande que la valeur limite prédéfinie, qu'on augmente ensuite l'apport d'oxygène à l'installation de combustion (20) à tel point que la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement augmente de D% et que se produise ainsi tout juste encore une combustion complète, les valeurs de X% et D% étant choisies de manière que X% = 0,1% et D% = 0,3%, et qu'on utilise ce réglage jusqu'à la vérification suivante en tant que nouveau point de travail et on procède de façon cyclique au contrôle de ce réglage, au contrôle de la régulation O₂ ainsi qu'à celui du détecteur d'hydrogène et du détecteur d'oxygène.

2. Procédé pour la régulation et la surveillance de la combustion d'une installation de combustion (20) pour combustibles gazeux ou liquides en écoulement, cette installation étant suivie d'un détecteur d'hydrogène (3) et d'un détecteur d'oxygène (2), caractérisé par le fait qu'on réduit l'apport d'air à l'installation de combustion (20) de telle manière que la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement diminue de X%, qu'à partir des signaux de tension U_v, U_n du détecteur d'hydrogène (3) déterminés avant et après la réduction, on forme la différence U_d = U_n - U_v et qu'on forme à partir de cette dernière et de la teneur en X% de la quantité d'oxygène réduite, le quotient U_d/X%, qu'on compare ce quotient à une valeur limite prédéfinie et qu'on effectue la réduction de la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement par gradins de X% jusqu'à ce que le quotient soit plus grand que la valeur limite prédéfinie, qu'on augmente ensuite l'apport d'air à l'installation de combustion (20) à tel point que la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement augmente de D% et qu'il se produise ainsi encore tout juste une combustion complète, les valeurs de X% et D% étant choisies de manière que X% = 0,1% et D% = 0,3%, et qu'on utilise ce réglage en tant que nouveau point de travail jusqu'à la vérification suivante et on procède de façon cyclique au contrôle de ce réglage, au contrôle de la régulation O₂ ainsi qu'à celui du détecteur d'hydrogène et du détecteur d'oxygène.

3. Procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'en vue de la vérification de la régulation O₂, le signal de tension (U) du détecteur

d'hydrogène (3) étant accru, on procède à un nouveau réglage du point de travail, que lorsqu'un nouveau point de travail n'est pas atteint, on augmente mécaniquement l'apport d'air à l'installation de combustion (20) de telle manière que la combustion ait lieu avec excès d'air, qu'en cas de réduction consécutive du signal de tension (U) du détecteur d'hydrogène, on émet une signalisation indiquant que la régulation d'oxygène est défectueuse et qu'en cas de non réduction consécutive du signal de tension (U), on émet une signalisation indiquant que le détecteur d'hydrogène (3) est défectueux, et qu'en cas de détecteur d'oxygène (2) défectueux ou de détecteur d'hydrogène (3) défectueux, on émet en plus une signalisation indiquant que l'installation de combustion continue de fonctionner avec excès d'air réglé mécaniquement.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'en vue de la surveillance réciproque des détecteurs (2 et 3), on augmente l'apport d'air à l'installation de combustion (20) à tel point que la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement (22) s'accroît à V%, la valeur de V% étant comprise entre 6,5% et 9%, que lorsque le signal de tension (U) consécutif du détecteur d'hydrogène (3) est situé en-dehors de l'intervalle admissible, on émet une signalisation de perturbation "détecteur H₂ défectueux" et on fait fonctionner l'installation de combustion suivant une caractéristique programmée de façon fixe avec un excès d'oxygène le plus faible possible dans les gaz d'échappement.

5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que lorsque le signal de tension du détecteur d'hydrogène (3) est situé dans la plage admissible après augmentation de la teneur en oxygène des gaz d'échappement (20) à V%, on règle l'apport d'air à l'installation de combustion (20) en trois gradins à R%, S% et T% de la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement (22), qu'à partir des signaux de tension (U_R, U_S et U_T) déterminés respectivement par le détecteur d'hydrogène (3) pour une teneur en oxygène des gaz d'échappement de R%, S% et T%, on détermine la valeur d'oxygène correspondante à partir de la caractéristique du détecteur d'hydrogène (3), qu'on compare les valeurs d'oxygène calculées aux valeurs d'oxygène mesurées dans les gaz d'échappement et qu'en cas de non coïncidence, on émet une signalisation de perturbation "détecteur d'oxygène (2) ou détecteur d'hydrogène (3) défectueux" et "l'installation de combustion (20) fonctionne avec excès d'air accru", qu'en cas de coïncidence, on réduit brièvement l'apport d'air à l'installation de combustion (20) de telle manière que la teneur en oxygène des gaz d'échappement soit réduite à U%, que si le signal

de tension du détecteur d'hydrogène (3) s'accroît, on émet une signalisation "détecteur d'hydrogène (3) en ordre" et que dans le cas contraire, on émet une signalisation de perturbation "détecteur d'hydrogène (3) défectueux" et on fait fonctionner l'installation de combustion suivant une caractéristique programmée de façon fixe de telle manière que les gaz d'échappement (20) présentent le plus faible excès d'oxygène possible, les valeurs de R%, T%, U% et V% étant choisies de manière que R% = 7%, S% = 5%, T% = 3%, U% = 0,8% et V% étant compris entre 6,5% et 9%.

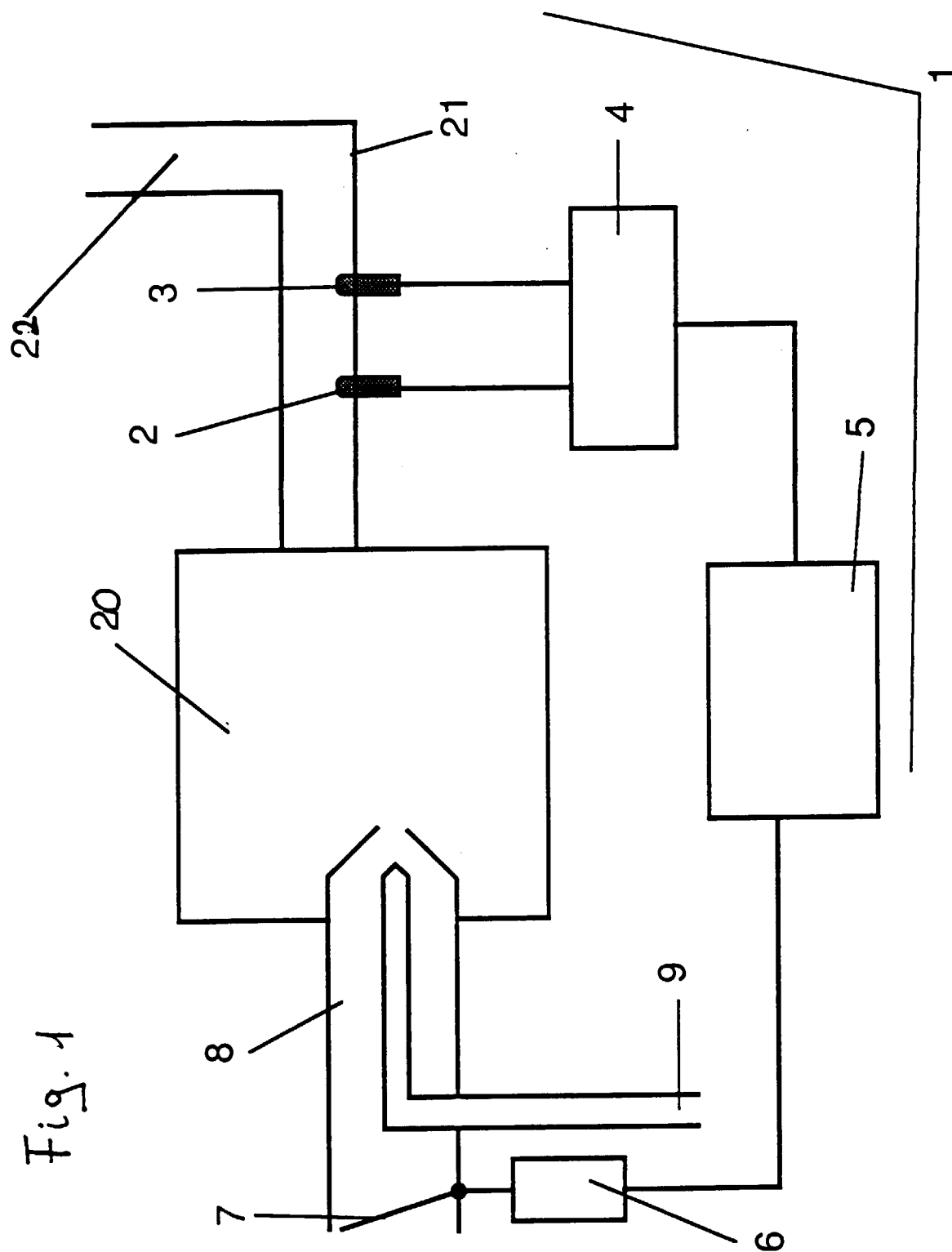


Fig. 1

Fig. 2

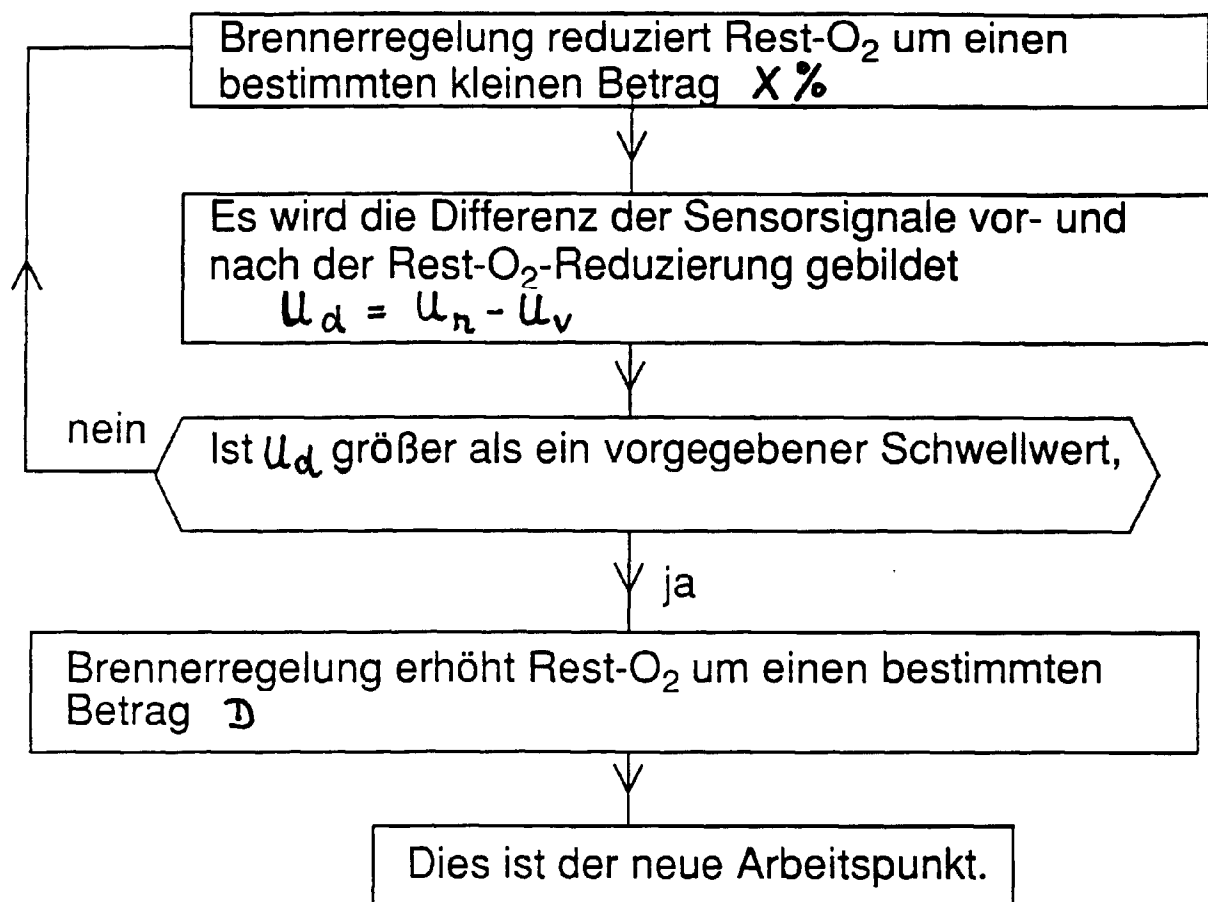


Fig. 3

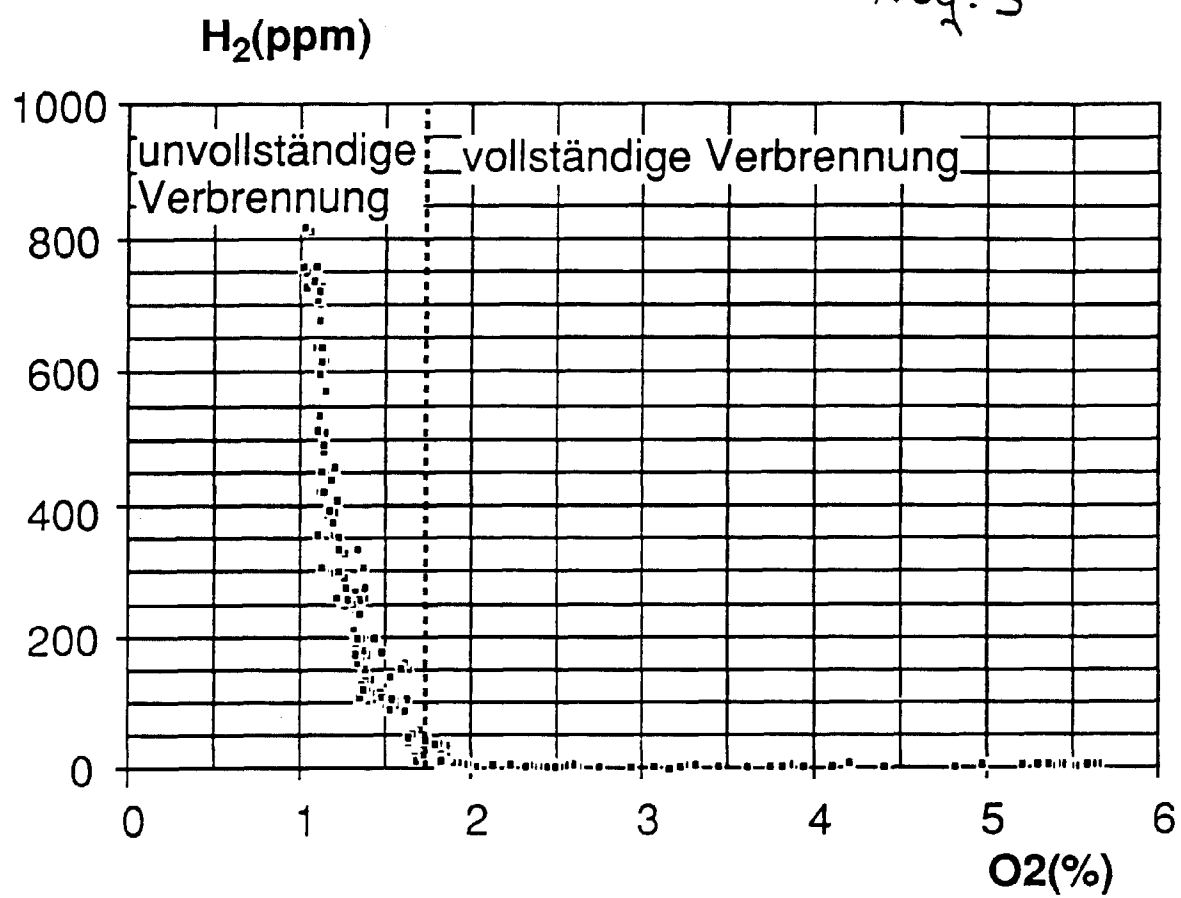


Fig. 4

U(mV)

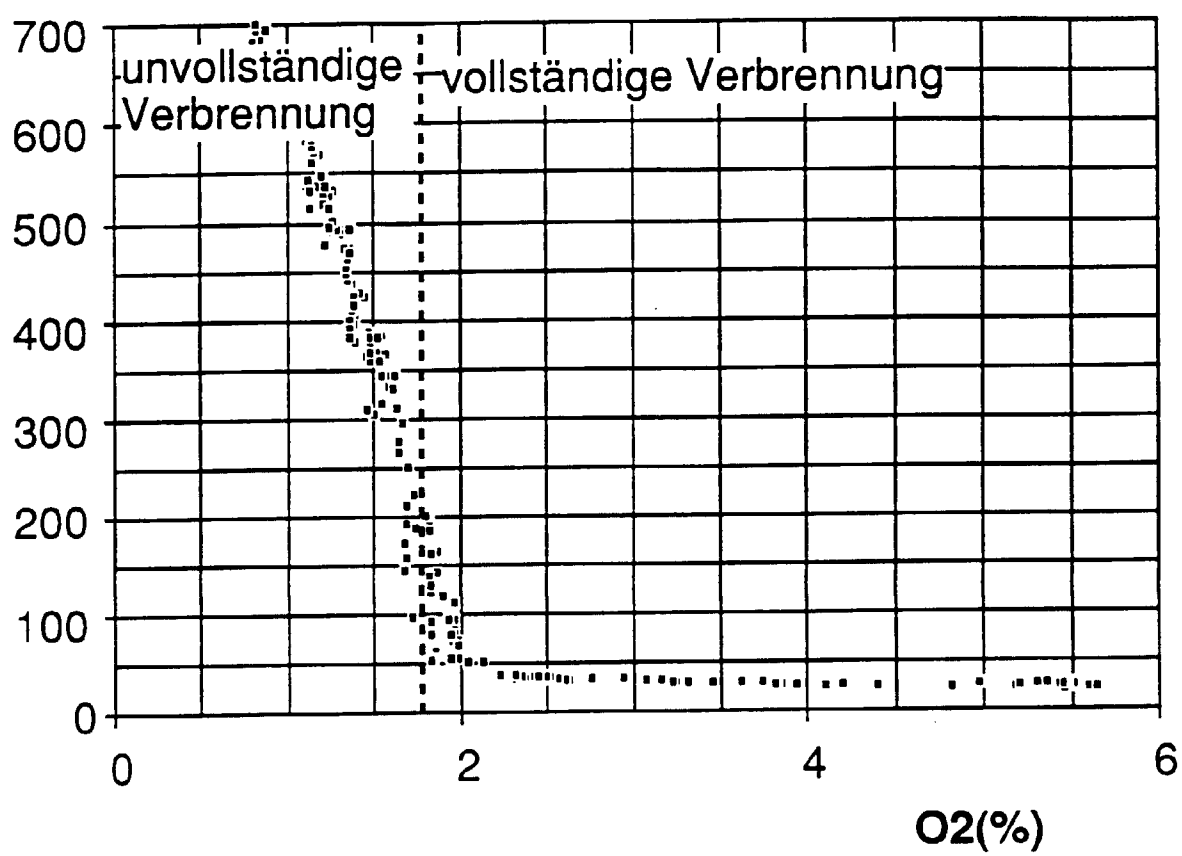
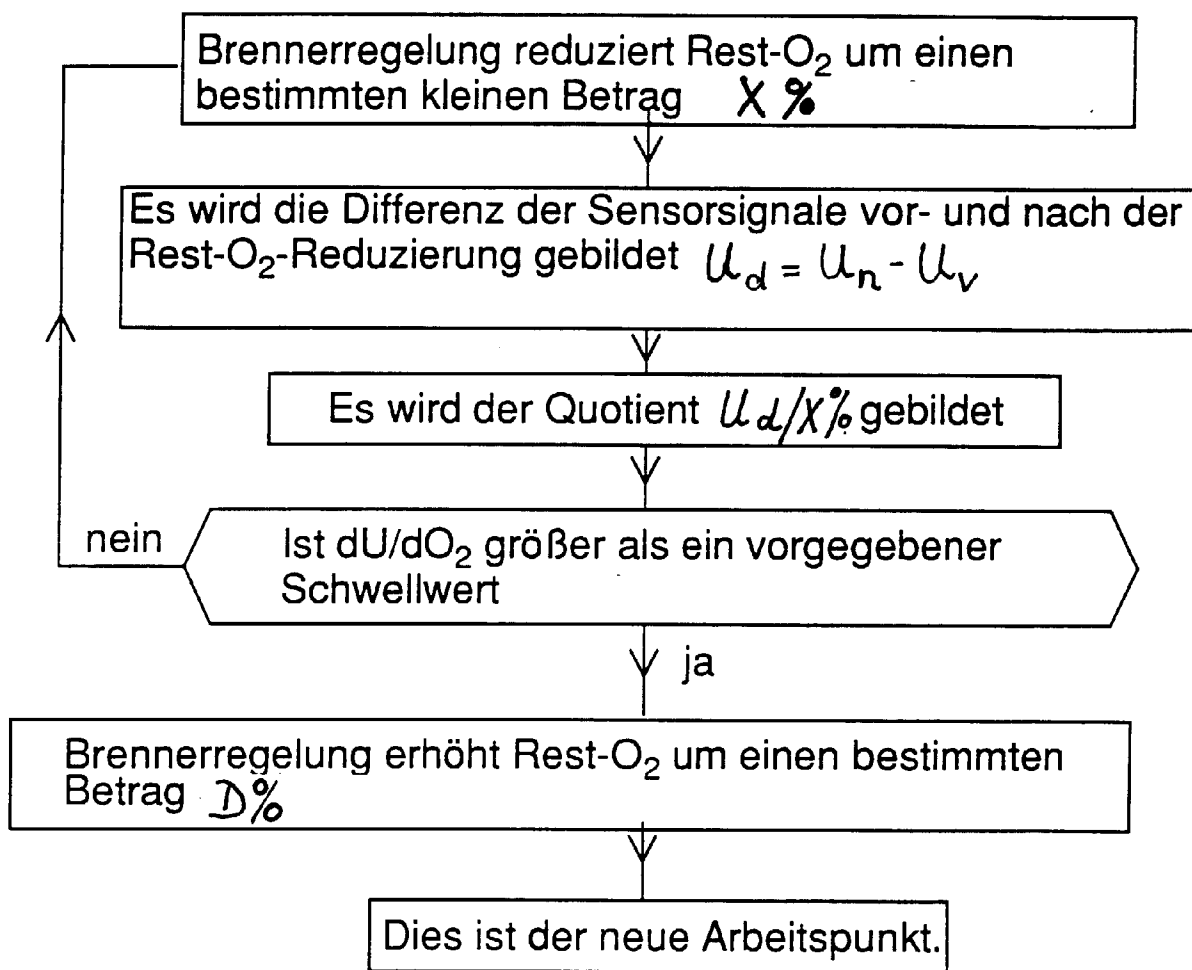


Fig. 5



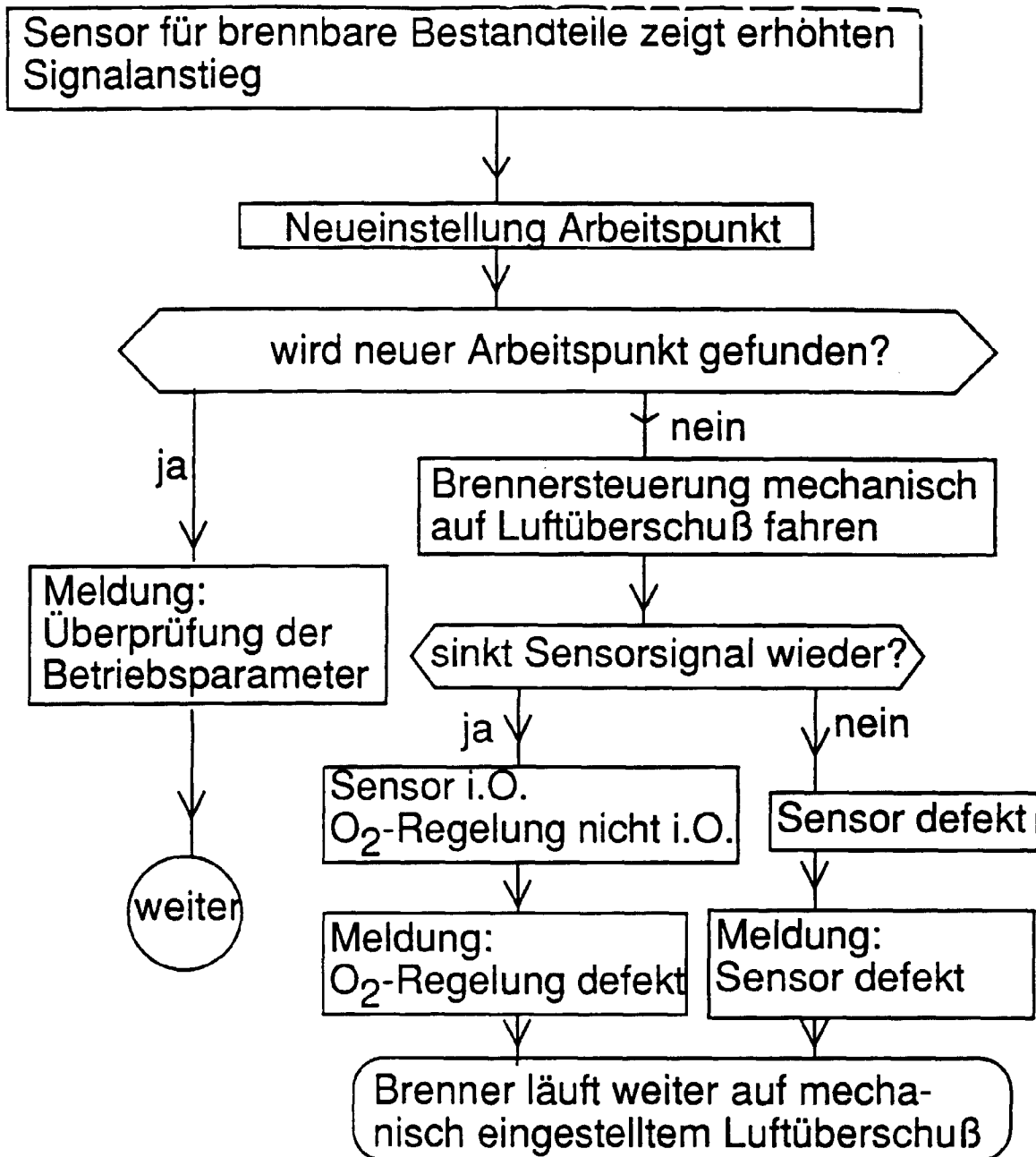


Fig. 6

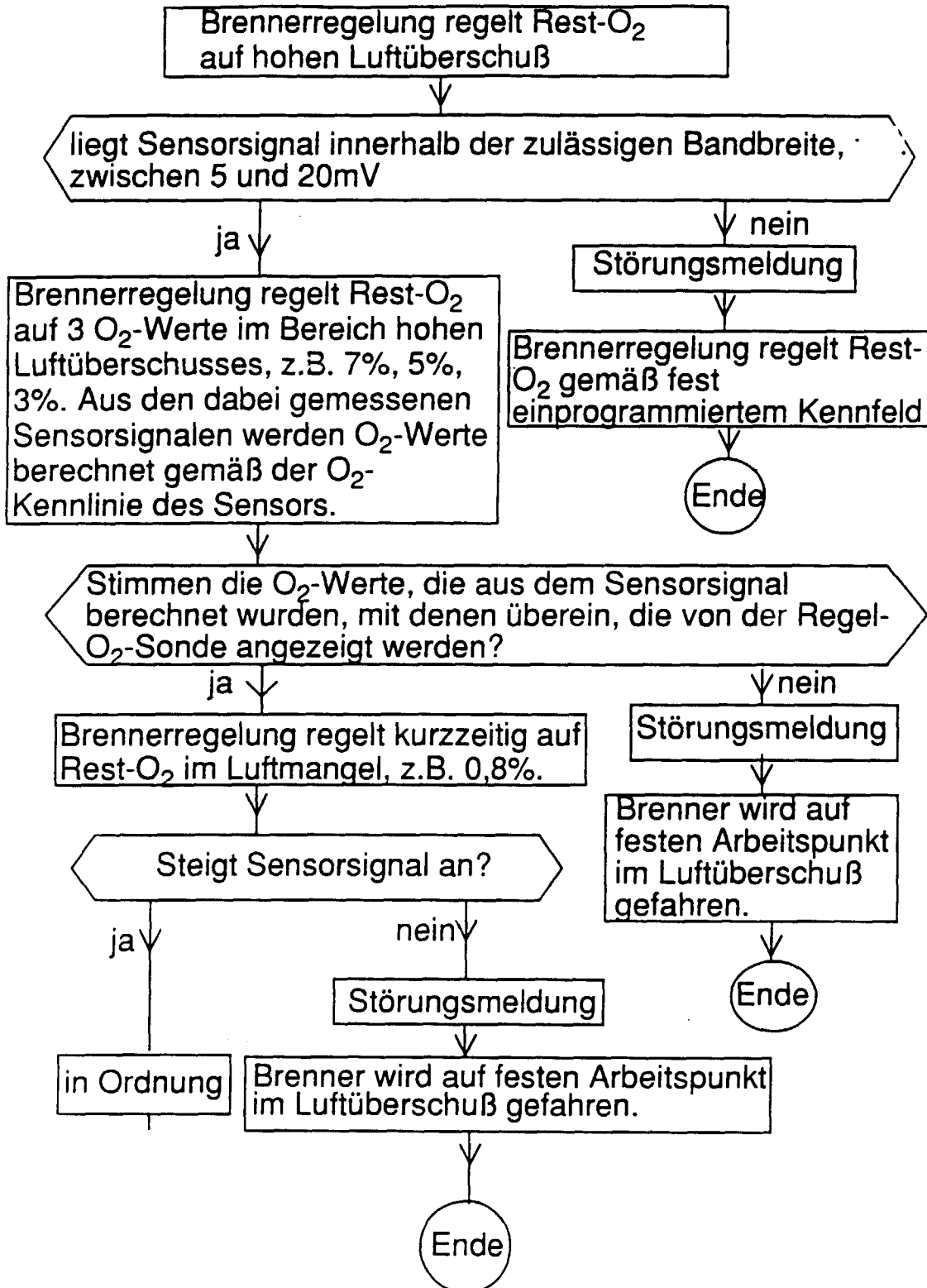


Fig. 7