



(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 513/2007

(51) Int. Cl.⁸: **F17C 13/02** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2007-04-02

F23N 1/02 (2006.01)

F23N 5/12 (2006.01)

(43) Veröffentlicht am: 2008-09-15

(56) Entgegenhaltungen:

AT 411189B DE 19539568C1
US 5033449A

(73) Patentanmelder:

VAILLANT AUSTRIA GMBH
A-1230 WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUR FÜLLSTANDSÜBERWACHUNG EINES FLÜSSIGGASTANKS

(57) Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks mittels eines daran angeschlossenen Heizgeräts mit einer Vorrichtung zur Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs, welche über Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms (4, 5), Mittel zur Regelung des Luftstroms (2, 7) und einen Datenspeicher (31) verfügt, wobei im Datenspeicher (31) mindestens ein Paar Referenzwerte für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms (4, 5) und des Luftstroms (2, 7) abgelegt sind, eine Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs erfolgt und hierbei die Signale für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms (4, 5) und des Luftstroms (2, 7) ermittelt und mit dem Referenzpaar verglichen wird und in dem Fall, in dem die Signalwerte nach der Kalibrierung von den Referenzwerten um einen bestimmten Betrag oder einen bestimmten Anteil abweichen, ein Signal zum Befüllen des Flüssiggastanks ausgegeben wird.

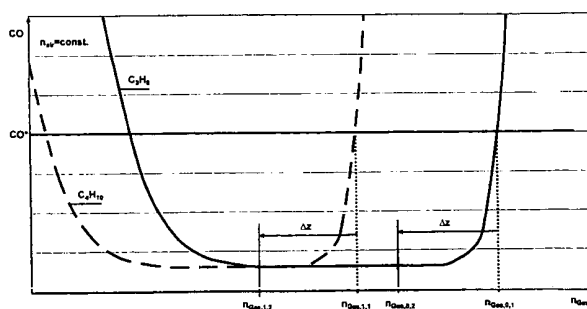


Fig. 3

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks mittels eines daran angeschlossenen Heizgeräts mit einer Vorrichtung zur Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs.

Ein Verfahren zur Kalibrierung des Brenngas-Luft-Gemischs eines Brenners ist beispielsweise aus der EP 1 331 444 A2 bekannt. Hierbei wird ein Brenngas-Luft-Gemisch angefettet, bis die Kohlenmonoxidemissionen im Abgas signifikant ansteigen. Dies ist gleichbedeutend mit einer nahstöchiometrischen Verbrennung. Anschließend wird das Brenngas-Luft-Gemisch definiert abgemagert, so dass ein ausreichender Luftüberschuss vorliegt.

Aus der DE 195 39 568 C1 ist ein Verfahren zur Kalibrierung des Brenngas-Luft-Gemischs eines Brenners bekannt, bei dem der Ionisationsstrom gemessen wird. Das Gemisch wird angefettet, bis der Ionisationsstrom ein Maximum erreicht. Das Maximum stellt sich bei stöchiometrischer Verbrennung ein. Anschließend wird auch bei diesem Kalibrierungsverfahren das Brenngas-Luft-Gemisch definiert abgemagert, so dass ein ausreichender Luftüberschuss vorliegt.

Beiden Kalibrierungsverfahren ist gemein, dass am Ende des Vorgangs das Brenngas-Luft-Gemisch optimal eingestellt ist. Es kann und braucht dabei nicht festgestellt werden, ob das Brenngas über die übliche Zusammensetzung verfügt.

Häufig werden Heizgeräte mit Flüssiggas aus Flüssiggastanks betrieben. Leert sich der Tank, so muss er aufgefüllt werden. Gemäß dem Stand der Technik wird der Füllstand direkt am Tank abgelesen. Vergisst der Betreiber das Ablesen, so droht der Tank entleert zu werden; das Heizgerät kann dann nicht mehr betrieben werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher die automatische Erkennung eines Zustandes, in dem der Flüssiggastank weitestgehend entleert ist.

Erfindungsgemäß wird dies zunächst gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass bei einem Heizgerät mit einer Vorrichtung zur Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs Signale für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms und des Luftstroms nach einer Kalibrierung ermittelt und mit einem Referenzpaar verglichen werden. Weichen die ermittelten Werte signifikant von den Referenzwerten ab, so ist dies ein Indiz dafür, dass der Tank fast leer ist und aufgefüllt werden muss.

Die Unteransprüche schützen vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Flüssiggas besteht in Zentraleuropa aus mindestens 95 Massen-% Propan C_3H_8 und maximal 5 Massen-% Butan C_4H_{10} . Butan ist mit einer Dichte von $2,708 \text{ kg/m}^3$ schwerer als Propan, das $2,011 \text{ kg/m}^3$ wiegt. Aufgrund dieser Dichteunterschiede kommt es zu einer Entmischung im Tank. Butan sammelt sich dabei im unteren Bereich des Flüssiggastanks an. Da das Brenngas oben aus dem Tank flüssig entnommen wird, steigt der Butan-Anteil mit der Entleerung voran. Bei fast leerem Tank ist der Butananteil im Tank sehr hoch.

Während Propan einen Mindestluftbedarf von 23,81 Liter Luft pro Liter Brenngas aufweist, hat Butan einen Mindestluftbedarf von 30,95 Liter Luft pro Liter Brenngas. Demzufolge wird bei der Verbrennung von Butan bei der gleichen Luftmenge das Gemisch fetter als bei Propan. Bei einer Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs ändert sich somit die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms und des Luftstroms signifikant. Dies wird erfindungsgemäß als Indikator für einen fast leeren Flüssiggastank genutzt.

Die Erfindung wird nun anhand der Figuren detailliert erläutert.

Fig. 1 ein Heizungsanlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 den Zusammenhang zwischen Luftüberschuß und Kohlenmonoxidemission und
 Fig. 3 den Zusammenhang zwischen der Schrittzahl des Drosselement im Brenngasstrom zu
 den Kohlenmonoxidemissionen bei unterschiedlichen Flüssiggasen.

Eine Heizungsanlage gemäß Fig. 1 verfügt über einen Brenner 1 mit einem diesen umgeben-
 den Wärmeaustauscher 10, an den sich ein Abgasrohr 9, in dem sich ein Abgassensor 6 befin-
 det, anschließt. Dem Brenner 1 ist ein Gebläse 2 vorgeschaltet. Auf der Eingangsseite des
 Gebläses 2 befindet sich eine Luftansaugleitung 13, in die auch eine Brenngasleitung 12, die
 durch ein Gasventil 4 von der Brenngaszuführung 11 getrennt ist, reicht. Das Gasventil 4 ver-
 fügt über einen Stellantrieb 5 mit Schrittmotor und Schritterfassung. Das Gebläse 2 verfügt über
 einen Antriebsmotor 7 mit Drehzahlerfassung 8. Stellantrieb 5, Antriebsmotor 7, Drehzahlerfas-
 sung 8 und Abgassensor 6 sind mit einer Regelung 3, die über ein Speichermodul 31 und Re-
 chenmodul 32 verfügt, verbunden. Ebenfalls mit der Regelung ist eine Ionisationselektrode 14,
 die knapp oberhalb des Brenners 1 positioniert ist, verbunden.

Beim Brennerbetrieb wird von der Regelung 3 z.B. aufgrund eines nicht dargestellten Raum-
 thermostaten in Verbindung mit einer ebenfalls nicht dargestellten Vorlauftemperaturerfassung
 im Rechenmodul 32 eine Sollleistung des Brenners 1 berechnet. Im Speichermodul 31 ist zu
 der Sollleistung ein Sollsignal für die Brenngas- und Luftmenge hinterlegt. Mit diesen Sollsigna-
 len wird das Gebläse 2 mit seinem Antriebsmotor 7 und seiner Drehzahlerfassung sowie das
 Gasventil 4 mit seinem Stellantrieb 5 angesteuert, wodurch ein Brenngas-Luft-Gemisch in das
 Gebläse 2 und von dort zum Brenner 1 strömt. Das Gemisch wird an der äußeren Oberfläche
 des Brenners 1 verbrannt, durchströmt den Wärmeaustauscher 10 und strömt anschließend
 durch das Abgasrohr 9 ins Freie.

Fig. 2 zeigt den Zusammenhang zwischen Kohlenmoxidkonzentration und Verbrennungsluft-
 verhältnis λ . Um eine vollständige Verbrennung zu erreichen, ist theoretisch ein Verbrennungs-
 luftverhältnis λ von 1,0 notwendig.

$$\lambda = \frac{m_L}{m_{L,min}}$$

Hierbei ist m_L die tatsächliche Luftmenge und $m_{L,min}$ die stöchiometrische Luftmenge. Bei der
 Verbrennung von Kohlenwasserstoffen zu Kohlendioxid entsteht stets Kohlenmonoxid als Zwi-
 schenprodukt. Aufgrund der begrenzten Reaktionszeit in der wärmebeeinflussten Zone und eine
 unzureichende Durchmischung von Brenngas und Luft, ist in der Praxis jedoch ein gewisser
 Luftüberschuss notwendig, um einen vollständigen Ausbrand zu gewährleisten. Daher hat man
 in der Regel bei knapp überstöchiometrischer Verbrennung einen CO-Wert von weit über
 1000 ppm. Erst bei einem Luftüberschuß von ca. 10% fallen die Kohlenmonoxid-Emissionen im
 ausreagierten Abgas deutlich und erreichen bei üblichen Brennern Werte unter 100 ppm. Mit
 Erhöhung der Luftzahl fällt jedoch - aufgrund des Anteils inerter Gase - die Verbrennungstem-
 peratur; die Verbrennungsreaktion wird verlangsamt und es kommt zum Abbruch der Reaktion
 am Wärmeaustauscher. Daher ist ab einem Luftüberschuss von ca. 80 % ein deutlicher Anstieg
 der Kohlenmonoxidemissionen zu verzeichnen.

Da bei stöchiometrischer Verbrennung (theoretisch) der gesamte Brennstoff verbrannt wird und
 keine überschüssige Luft vorhanden ist, ist hierbei die Verbrennungstemperatur maximal. Mit
 überschüssiger Luft wird der Anteil der Inertgase erhöht, wodurch die Verbrennungstemperatur
 sinkt. Dies hat zur Folge, dass die Stickoxidemissionen bei stöchiometrischer Verbrennung
 maximal sind und bei Erhöhung des Luftüberschusses abnehmen. Auch der Wirkungsgrad
 einer Heizungsanlage ist bei stöchiometrischer Verbrennung maximal und nimmt bei Erhöhung
 des Luftüberschusses ab, da die inerten Gase Wärmeverluste aufnehmen und die Verweilzeit
 des Abgases im Wärmeaustauscher aufgrund der erhöhten Strömungsgeschwindigkeit redu-
 ziert wird, was auch durch den verbesserten Wärmeübergang nicht kompensiert wird. Es ist
 jedoch zu berücksichtigen, dass es sowohl bei nahstöchiometrischer Verbrennung, als auch bei

sehr großen Luftüberschüssen zu einer Rußbildung kommen kann; diese verschlechtert den Wärmeübergang am Wärmeaustauscher.

Oben genannten Tatsachen haben zur Folge, dass Gasbrenner bevorzugt mit einem definierten Luftüberschuss betrieben werden. Im Ausführungsbeispiel wird daher von einer Sollluftzahl von ca. 1,25 ausgegangen. In Fig. 2 entspricht dies dem Punkt D, der in einem Sollbereich C liegt.

Bei der Verbrennung gilt:

$$\dot{V}_{\text{Luft}} = I_{\text{min}} * \lambda * \dot{V}_{\text{Brenngas}}$$

Hierbei ist I_{min} der Mindestluftbedarf. Da bei einem realen Brennersystem das Verhältnis von Brenngas zu Luft über den gesamten Modulationsbereich nicht konstant sein muss, ergibt sich eine Abhängigkeit

$$\dot{m}_{\text{Luft}} = f(P) * \dot{m}_{\text{Brenngas}}$$

$f(P)$ ist hierbei die leistungsabhängige Verhältnisfunktion, die fast linear ist, zwischen Brenngas und Luft.

Zu Beginn der Kalibrierung liegt ein beliebiges Brenngas-Luft-Verhältnis vor. Die Regelung 3 steuert kontinuierlich den Stellantrieb 5 des Gasventils 4 derartig, dass stetig mehr Brenngas bei gleicher Luftmenge in das Gebläse 2 gelangt. Hierdurch wird das Gemisch angefettet; die Luftzahl sinkt. Der Abgassensor 6 mißt die Kohlenmonoxidemission im Abgasrohr 9 und leitet das Signal an die Regelung 3 weiter. Registriert die Regelung 3, dass die Kohlenmonoxidemission einen im Speichermodul 31 vorgegebenen Schwellwert von 300 ppm (Punkt A in Fig. 2) überschritten hat, so wird das Gemisch nicht weiter angefettet. Es ist bekannt, dass derartige Kohlenmonoxidemissionen bei einer Luftzahl von ca. 1,08 erreicht werden. Demnach ist es das Ziel die Luftzahl um 0,17 zu erhöhen, um die Sollluftzahl von 1,25 zu erreichen. Der Regelung 3 ist die Drehzahl des Gebläses 2 von dem Drehzahlsensor 8 des Antriebsmotors 7 und die Stellung des Gasventils 4 (beispielsweise über die Taktung des Stellantriebes 5 in Form der Pulsweitenmodulation) bekannt. Diese Daten werden im Speichermodul abgelegt. Durch den Vergleich dieser Daten mit ebenfalls im Speichermodul 31 abgelegten Referenzwerten im Rechenmodul 32 wird ein Korrekturfaktor k festgelegt. Hieraus ergibt sich, dass die Regelung 3 im folgenden bedarfsabhängigen Betrieb das Brenngas-Luft-Verhältnis gemäß der Beziehung

$$\dot{m}_{\text{Luft}}(P) = f(P) * \dot{m}_{\text{Brenngas}}(P) * k$$

bestimmt. Dieser Kalibriervorgang wird in festen Zyklen durchfahren.

Aufgrund des relativ großen Sollbereichs (C in Fig. 2) muss die Messung und Regelung nicht einer besonderen Genauigkeit genügen. So ist es unproblematisch, wenn beispielsweise statt 200 ppm 500 ppm gemessen werden, da die Differenz beim Luftüberschuss für beide Kohlenmonoxidemissionen minimal sind. Auch die Abmagerung des Gemisches kann in einem relativ großen Toleranzband erfolgen. Es ist bekannt, dass handelsübliche Brenner, die mit Lambda 1,25 betrieben werden sollen, in einem Bereich zwischen 1,20 und 1,30 problemlos betrieben werden können. Es ist wiederum sehr leicht möglich das Gemisch derart abzumagern, dass man mit hinreichender Sicherheit diesen Bereich ansteuert.

Optional kann bei der Kalibrierung zur Veränderung des Gemischs in Richtung brennstoffreicherer Zusammensetzung statt einer Erhöhung der Brenngasmenge auch die Luftmenge reduziert werden, während die Gasmenge konstant bleibt. Auch kann statt eines absoluten Kohlen-

monoxidsignals ein Gradient (z.B. CO-Änderung pro Drehzahländerung des Gebläses) gemessen werden. Der Schwellwert muss nicht einem bestimmten CO-äquivalenten Signal entsprechen, sondern kann z.B. auch gemäß Grundrauschen ohne CO (z.B. 20 mV) plus Abschaltwert (z.B. 0,5 V) bestimmt werden. In diesem Fall würde man voraussetzen, dass das Messsignal bei Kohlenmonoxidkonzentrationen im angestrebten Betriebsbereich sich deutlich unter diesem Schwellwert befinden und der Schwellwert ein Indiz dafür ist, dass ein bestimmtes Brenngas-Luft-Verhältnis in Richtung brennstoffreicherem Gemisch unterschritten wurde.

Eine weitere Variante des Kalibrierungsverfahrens besteht darin, dass die Kalibrierung nicht durch eine Anfettung des Gemischs bis zu einem Schwellwert und anschließende Abmagerung geschieht, sondern vielmehr durch eine Abmagerung des Gemischs bis zu einem Schwellwert und anschließende Anfettung. Hierbei wird berücksichtigt, dass - wie aus Fig. 2 ersichtlich - auch bei sehr brennstoffarmen Gemischen die Kohlenmonoxid-Emissionen ansteigen. Während bei dem Kohlenmonoxidanstieg bei brennstoffreichen Gemischen der Beginn des steilen Anstiegs bei nahezu allen Brennern im gleichen λ -Bereich liegt, ist der steile Anstieg bei brennstoffarmen Gemischen sehr brennerspezifisch. Dies gilt sowohl für den Beginn des Anstiegs, als auch für den Gradienten ($\Delta \text{CO} / \Delta \lambda$).

Es ist ferner bekannt, dass sich im Abgas die Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen in der gleicher Art verhalten wie die Kohlenmonoxid-Emissionen. Daher kann bei dem Kalibrierungsverfahren auch ein Sensor verwendet werden, der ein den unverbrannten Kohlenwasserstoffen äquivalentes Signal erzeugt.

Figur 3 zeigt je eine Kalibrierungskurve für Propan C_3H_8 und Butan C_4H_{10} . Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks wird nach der Erstinbetriebnahme nach einer Flüssiggastankbefüllung inklusive Entlüftung eine Kalibrierung durchlaufen. Da Flüssiggas sich entmischt und dabei Butan sich am Boden des Tanks absetzt, wird zunächst Propan dem Heizgerät zugeführt und verbrannt.

Zunächst wird erfindungsgemäß bei konstanter Drehzahl n_{air} des Antriebsmotors 7 des Gebläses 2 der Stellantrieb 5 des Gasventils 4 derart bewegt, dass das Gasventil 4 stetig geöffnet wird. Hierzu wird die Schrittzahl des Schrittmotors erfasst. Hierdurch wird das Gemisch angefettet. Wird die Verbrennung nahstöchiometrisch, so steigen die Kohlenmonoxidemissionen an; dies wird von dem Abgassensor 6 erfasst und an die Regelung 3 weitergegeben. Wird nun Propan C_3H_8 ein vorgegebener Kohlenmonoxidwert CO^* erreicht, so wird die dazugehörige Schrittstellung $n_{\text{gas},0,1}$ erfasst. Anschließend wird der Stellantrieb 5 des Gasventils 4 um eine definierte Schrittzahl Δz geschlossen, so dass sich die Schrittstellung $n_{\text{gas},0,2}$ einstellt. Diese Schrittstellung $n_{\text{gas},0,2}$ wird zusammen mit der dazugehörigen Drehzahl n_{air} des Antriebsmotors 7 des Gebläses 2 als Referenzwerte in der Regelung 3 abgelegt.

Von Zeit zu Zeit oder zu bestimmten Anlässen (z.B. Gerätestart) wird bei konstanter Drehzahl n_{air} des Antriebsmotors 7 des Gebläses 2 eine erneute Kalibrierung durchgeführt. Wird reines Butan C_4H_{10} angesaugt, so wird bei einer Schrittstellung $n_{\text{gas},1,1}$ der vorgegebener Kohlenmonoxidwert CO^* erreicht. Anschließend wird der Stellantrieb 5 des Gasventils 4 wieder um die definierte Schrittzahl Δz geschlossen, so dass sich die Schrittstellung $n_{\text{gas},1,2}$ einstellt. Die Schrittstellung $n_{\text{gas},1,2}$ wird mit dem Referenzwert $n_{\text{gas},0,2}$ verglichen. Da die beiden Schrittstellungen $n_{\text{gas},1,2}$ und $n_{\text{gas},0,2}$ entsprechend weit voneinander abweichen, wird von der Regelung 3 ein Signal zum Befüllen des Flüssiggastanks ausgegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch mit einer Kalibrierungsvorrichtung auf der Basis der Erfassung des Ionisationsstroms durchgeführt werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks mittels eines daran angeschlossenen Heizgeräts mit einer Vorrichtung zur Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs, welche über Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms, Mittel zur Regelung des Luftstroms und einen Datenspeicher verfügt, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Datenspeicher mindestens ein Paar Referenzwerte für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms und des Luftstroms abgelegt sind, eine Kalibrierung des Flüssiggas-Luft-Gemischs erfolgt und hierbei die Signale für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms und des Luftstroms ermittelt und mit dem Referenzpaar verglichen wird und in dem Fall, in dem die Signalwerte nach der Kalibrierung von den Referenzwerten um einen bestimmten Betrag oder einen bestimmten Anteil abweichen, ein Signal zum Befüllen des Flüssiggastanks ausgegeben wird.
2. Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Referenzwerte für die Einstellung der Mittel zur Regelung des Flüssiggasstroms und des Luftstroms bei der Erstinbetriebnahme oder nach Aktivierung einer Referenzkalibrierung ermittelt und abgelegt werden.
3. Verfahren zur Füllstandsüberwachung eines Flüssiggastanks nach einem der Ansprüche 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Kalibriervorgänge beim Gerätestart erfasst werden.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

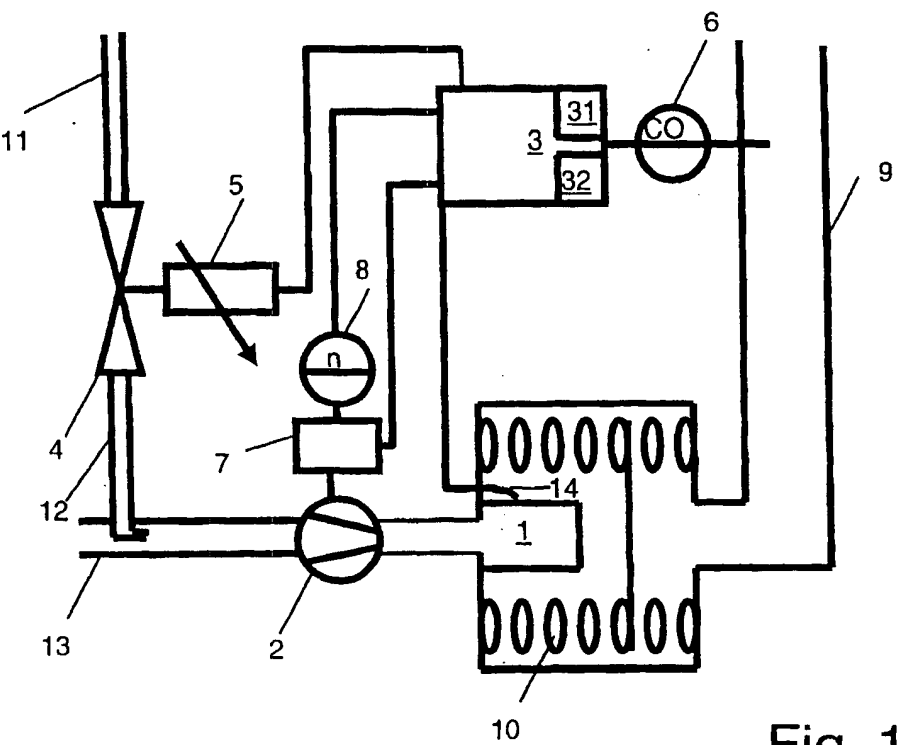
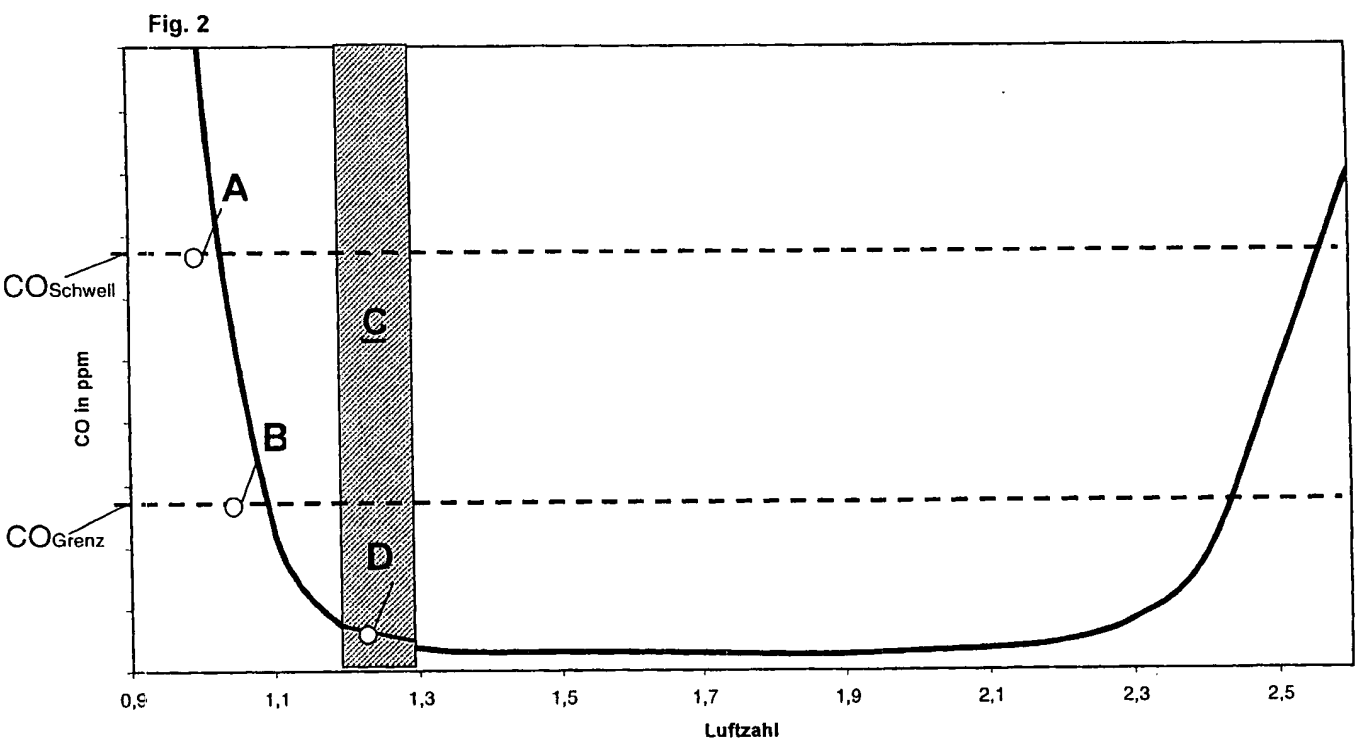


Fig. 1



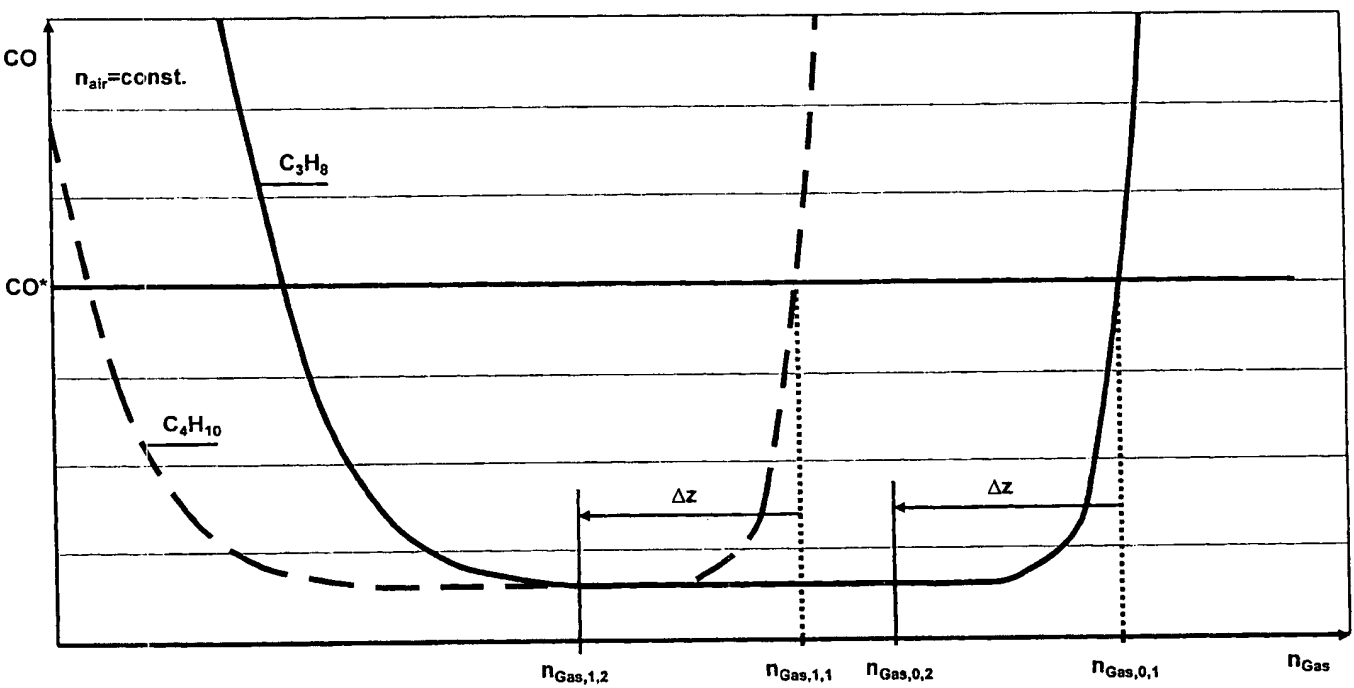


Fig. 3