



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 685889 A5

⑤① Int. Cl.⁶: G 01 N 29/18
G 01 N 21/17

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 2732/94

㉗ Inhaber:
SCR Crevoiserat S.A., Bonfol

㉔ Anmeldungsdatum: 07.09.1994

㉚ Erfinder:
Rüetschi, Andreas, Zürich

㉔ Patent erteilt: 31.10.1995

㉔ Patentschrift
veröffentlicht: 31.10.1995

㉔ Vertreter:
GFF, Zürich

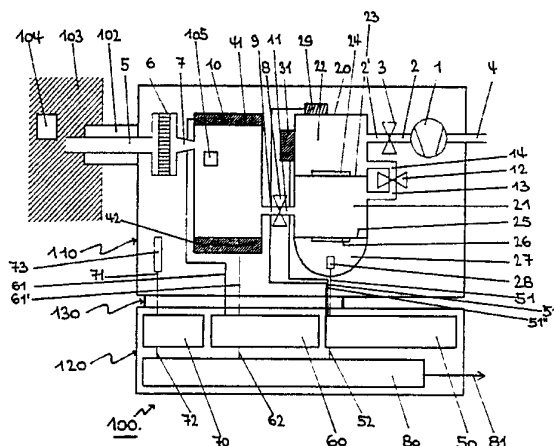
㉔ Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch.

㉔ Zur Bestimmung von Gaskonzentrationen in Gasgemischen in der Abgasüberwachung von Heizungsanlagen wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches in einem Messsystem (100), umfassend ein Sensorsystem (110), eine Steuer- und Auswerteeinheit (120) und Datenleitungen (130), aus einem Gasgemisch im Sensorsystem (110) die Konzentration einer ersten Gaskomponente, insbesondere CO₂-Konzentration, in einem akustischen Resonator (10) und die Konzentration einer zweiten Gaskomponente, insbesondere CO-Konzentration, in einer photoakustischen Zelle (20) bestimmt. Die Steuerung des Sensorsystems erfolgt mittels einer Rechneinheit (80), welcher auch die Messsignale (52, 62, 72) nach entsprechender Aufbereitung in den Signalverarbeitungseinheiten (50, 60, 70) zur Auswertung zugeführt werden. Die Rechneinheit stellt die Messgrößen (81) der Gaskonzentrationen, insbesondere die CO₂-Konzentration und die CO-Konzentration, zur Anzeige, bzw. zur weiteren Verwendung zur Verfügung.

Zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens werden Messanordnungen angegeben, wovon eine die Integration des akustischen Resonators (10) und der photoakustischen Zelle (20) in einer einzigen Messzelle vorsieht. Diese Ausführung bietet bezüglich Kompaktheit und einfacher Bauweise besondere Vorteile.

Verfahren und Vorrichtung der beschriebenen Art fin-

den Anwendung in der Abgasüberwachung, insbesondere aber der Regelung von Heizungsanlagen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch in der Abgasüberwachung von Heizungsanlagen gemäss den Patentansprüchen 1-8, bzw. 9-14, sowie Verwendungen gemäss den Patentansprüchen 15-17.

Bisher bekannte Systeme zur Abgasüberwachung in Heizungsanlagen erfassen und verarbeiten neben der Temperatur den Druck der Zuluft, und allenfalls noch den Sauerstoffgehalt des Abgases. Eine weitergehende Kontrolle erfordert, nicht nur den Gehalt des Abgases an Kohlendioxid zu bestimmen, sondern auch denjenigen des Kohlenmonoxids.

In der PS-EP 277 622 wird eine Detektionsvorrichtung für den optisch-spektroskopischen Nachweis von Gasen mittels des photoakustischen Effektes beschrieben. Diese Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einer Lichtquelle, einem als Gassammelzelle ausgebildeten Detektor und Signalverarbeitungsmitteln. Das Licht der Quelle wird nach Passieren eines Schmalband-Interferenzfilters in eine das Messgas enthaltende photoakustische Gasküvette eingestrahlt und die Messung bei verschlossener oder annähernd verschlossener Küvette durchgeführt. Nachteilig dabei ist die Tatsache, dass diese Anordnung keine Mittel zur Vermeidung, bzw. Korrektur oder Kompensation, von Verschmutzungen aufweist, die sich auf dem Eintrittsfenster ablagern, und somit die Lebensdauer erheblich beeinträchtigen.

Nach der PS-JP 2-116 737 ist ein CO-Analysegerät bekannt, welches im wesentlichen einen Hauptdetektor und einen Kompensationsdetektor aufweist, wodurch Interferenzanteile wirkungsvoll beseitigt werden. Dieses Transmissionsverfahren zeichnet sich durch eine komplizierte Auslegung der Anordnung aus, welche u.a. zwei versiegelte Gaszellen erfordert, was sich auf eine preisgünstige Herstellung nachteilig auswirkt.

Im weiteren wird von T.F. Deaton et al. ein differentiell photoakustisches Verfahren beschrieben, welches sich besonders für die Bestimmung sehr kleiner Konzentrationen von Methan, Kohlendioxid und Stickstoffdioxid eignet (Appl. Physics Lett., Vol.26, 300-303 (1975)). Nachteilig ist der hohe experimentelle Aufwand, welcher vor allem durch die Verwendung eines Deuteriumfluorid (DF) Lasers gegeben ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Verfahren und Vorrichtungen anzugeben, mit welchen Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch (Kohlendioxid und Kohlenmonoxid) in einem Messsystem in Kombination bestimmt werden und welches kostengünstig hergestellt und in der Abgasüberwachung von Heizungsanlagen eingesetzt werden können. Zudem soll ein derartiges Verfahren gewährleisten, dass das darauf beruhende Messsystem über längere Zeit wartungsfrei arbeiten kann, eine hohe Lebensdauer aufweist. Die erzielbare Messgenauigkeit muss zur Steuerung eines Heizbrenners ausreichend sein, damit die gesetzlichen Anforderungen, z.B. jene einer Luftreinhalteverordnung (LRV), erfüllt werden.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mittels Verfahren gemäss dem Wortlaut der Patentansprüche 1-8 und mittels Vorrichtungen gemäss dem Wortlaut der Patentansprüche 9-14 gelöst.

Es zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Messprinzips zur kombinierten Bestimmung von Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch

Fig. 2 Flussdiagramm eines Messverfahrens zur kombinierten Bestimmung von Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch

Fig. 3 Schematischer Aufbau eines Messsystems mit einem kombinierten Sensorsystem für in der gleichen Messzelle durchgeführte photoakustische und Schall-Messung

Die Erfindung wird im weiteren an Hand der Fig. 1-3 näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des Messprinzips zur kombinierten Bestimmung von Gaskonzentrationen in einem Gasgemisch. Das Messsystem 100 besteht aus einem Sensorsystem 110, einer Steuer- und Auswerteeinheit 120 und den Datenleitungen 130, welche das Sensorsystem und die Steuer- und Auswerteeinheit verbindet. Das Sensorsystem 110 ist über eine thermisch abgeschirmte Leitung 102 mit einem Probenraum, beispielsweise mit einem Kamin 103, verbunden, in welchem die Abgase als heisses Gasgemisch, versetzt mit Partikeln, insbesondere mit Russ, vorliegen. Für die Probenahme einer Gasprobe 104 ist eine Pumpe 1 vorgesehen, die über eine Leitung 5, ein Filter 6, eine Leitung 7, einen akustischen Resonator 10, eine Leitung 9, ein Ventil 8, eine Leitung 11 und eine photoakustische Zelle 20 die Gasprobe in das Sensorsystem 110 führt. Über eine Leitung 2, ein Ventil 3, eine Leitung 2' und eine Leitung 4 wird die Gasprobe wieder aus dem Sensorsystem 110 geführt. Die Leitung 5, welche von einer thermischen Abschirmung 102 umgeben ist, verbindet den Innenraum des Kamins 103 dicht mit dem Filter 6. Am Ausgang des Filters 6 steht ein von Partikeln jeglicher Art, insbesondere von Russpartikeln, freies Gasgemisch, d.h. eine gereinigte Gasprobe 105 zur Verfügung, welche über die Leitung 7 in den Resonator 10 geführt wird. Im Resonator 10 befindet sich ein Geber 41 und ein Empfänger 42, welche in einer festen Distanz zueinander liegen, und damit die Voraussetzungen für eine Messung der Schallgeschwindigkeit in der gereinigten Gasprobe 105 erfüllen. Im Resonator 10 wird über die Schallgeschwindigkeit des Gasgemisches, bzw. der gereinigten Gasprobe 105, die Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise einer CO₂-Konzentration, ermittelt. Am Resonator 10 ist ein weiteres Ventil 8 mit den Leitungen 9 und 11 vorgesehen, welches die gereinigte Gasprobe 105 über die Leitung 11 in ein Kompartiment 21 der photoakustischen Zelle 20 führt. Das Kompartiment 21 ist mit einer Trennwand 23 versehen, welche ein optisches Fenster 24 aufweist. Über ein Ventil 12 und die Leitungen 13, 14 gelangt die gereinigte Gasprobe 105 in ein Kompartiment 22, welches seinerseits über eine Leitung 2 mit dem Ventil 3 ver-

bunden ist. Das Kompartiment 21 weist eine weitere Trennwand 25 mit einem Interferenzfilter 26 auf, welche der Trennwand 23 gegenüberliegt und welche auf der dem Kompartiment 21 gegenüberliegenden Seite im Kompartiment 27 eine IR-Quelle 28 aufweist. Das Kompartiment 22 weist im weiteren einen Detektor 29 und ein Mikrofon 31 auf, welches seitlich an der photoakustischen Zelle 20 angebracht ist. Die IR-Quelle 28, das Mikrofon 31 und der Detektor 29 sind über die Leitungen 51, 51' und 51'' mit einer Signalverarbeitungseinheit 50 verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 52 mit einer Rechneinheit 80 verbunden ist. Der Geber 41 und der Empfänger 42 sind über die Leitungen 61 und 61' mit einer Signalverarbeitungseinheit 60 verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 62 mit der Rechneinheit 80 verbunden ist. Eine Temperatursonde 73 ist über eine Leitung 71 mit einer Signalverarbeitungseinheit 70 verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 72 mit der Rechneinheit 80 verbunden ist. Am Ausgang 81 der Rechneinheit 80 stehen die Messwerte der Konzentrationen der ersten und zweiten Gaskonzentration (CO_2 - und CO -Konzentrationen) für eine weitere Verwendung zur Verfügung, sei es für eine Anzeige, oder für eine Dokumentation irgendwelcher Art, insbesondere aber für die Steuerung und Regelung von Verbrennungsanlagen.

Das erfindungsgemässe Verfahren wird unter Bezug auf das Flussdiagramm (Fig. 2) näher erläutert, wobei in Fig. 2 die allgemeinen Schritte dargestellt sind. Dabei werden für die Beschreibung der verschiedenen Verfahrensschritte diejenigen Referenznummern des Flussdiagrammes verwendet, die für die Gliederung der einzelnen Schritte angeführt sind.

Fig. 2 zeigt das Flussdiagramm für ein Verfahren zur kombinierten Bestimmung von Gaskonzentrationen in Gasgemischen welches durch die Schritte 1–5 nachstehend beschrieben wird:

1. Probenahme

Ausgangspunkt des Verfahrens ist eine Gasprobe, die untersucht, bzw. analysiert werden soll. Diese ist im allgemeinen ein Gemisch von mehreren Komponenten und liegt meistens in einer kontaminierten Form vor, wobei die Kontaminationsstoffe sowohl flüssig wie fest sein können. So ist beispielsweise die Abgasprobe einer Verbrennungsanlage mit Russanteilen versetzt. Die Probenahme hat an einer Stelle zu erfolgen, welche die Entnahme einer repräsentativen Probe ermöglicht. Sie wird beispielsweise über ein gesteuertes Unterdrucksystem ermöglicht, indem eine Pumpe den notwendigen Unterdruck erzeugt, und über eine Schaltung von Ventilen, welche in den Zuleitungen angeordnet sind, dafür gesorgt wird, dass während den Ventilöffnungszeiten eine hinreichende Menge des Gasgemisches in den Analysenraum geführt wird.

2. Reinigung

Das Gasgemisch wird einem Filter, bzw. einem Russfilter, zugeführt, welcher dafür sorgt, dass die das Filter verlassende gereinigte Gasprobe auf-

grund der gewählten Porengrösse keine störenden Mengen an Feststoffen mehr aufweist. Dieser Reinigung der Gasprobe kommt eine entscheidende Bedeutung zu, ist doch die Lebensdauer eines Messsystems im Wesentlichen von den Massnahmen abhängig, die getroffen wurden, um Kontaminationen irgendwelcher Art zu vermeiden. Die Pumpenleistung, die Querschnitte der Zuleitungen, die Ventilquerschnitte, die Filterfläche und die Porengrösse des Filters bestimmen mit ihren Abhängigkeiten untereinander die Ventilöffnungszeiten, welche notwendig sind, um das Vorliegen einer homogenen Probe sicherzustellen. Die Gasleitung, die zur Probenahme vorgesehen ist, und das Filter sind so ausgelegt, dass die Gasprobe in den nachfolgenden Einheiten bis zum Verlassen des Messsystems den Taupunkt nicht unterschreiten können. Dies wird durch ein entsprechendes Thermostatisieren des Messsystems sichergestellt.

3.1. Bestimmung der ersten Gaskomponente

Nachdem die gereinigte Gasprobe einem akustischen Resonator zugeführt wurde, wird sie dort nach einer Verweilzeit von einigen Sekunden gemessen. Dies erfolgt in an sich bekannter Weise über die Messung der Schallgeschwindigkeit der gereinigten Gasprobe. Im akustischen Resonator befinden sich ein Geber und ein Empfänger in einer festen Distanz. Die Geberfrequenz wird nun derart ermittelt, dass das elektrische Empfängersignal gleichphasig zum elektrischen Gebersignal ist. Diese Frequenz ist ein Mass für die Schallgeschwindigkeit, aus welcher dann die Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise der CO_2 -Konzentration, ermittelt wird. Auf diese Messtechnik wird hier nicht näher eingegangen (B.A. Younglove, N.V. Frederik, Int. Journal of Thermophysics, Vol. 11/5, 897–905 (1990)). Wesentlich ist, dass eine in der gereinigten Gasprobe möglicherweise vorliegende CO -Konzentration die Messgenauigkeit praktisch nicht beeinflussen kann, weil einerseits die CO -Konzentrationen im Bereich von 0–1000 ppm, d.h. 0–0,1% liegen, und andererseits weil das Kohlenmonoxid und der in grossem Überschuss vorliegende Stickstoff praktisch identische Molekulargewichte aufweisen. Somit wird die Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise die CO_2 -Konzentration, ungestört neben dem Kohlenmonoxid ermittelt. Am Ende dieses Verfahrensschrittes liegt eine der Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise der CO_2 -Konzentration, proportionale Frequenz zugrunde, welche im Verfahrensschritt 4 weiterverarbeitet wird.

3.2. Bestimmung der zweiten Gaskomponente

Nachdem die gereinigte Gasprobe einer photoakustischen Zelle zugeführt wurde, wird sie dort nach einer Verweilzeit von einigen Sekunden gemessen. Dies erfolgt in an sich bekannter Weise über die Nutzung des photoakustischen Effektes. Eine IR-Lichtquelle wird moduliert und die Modulation der in der gereinigten Gasprobe absorbierten Energie über ein Mikrofon gemessen. Ein Interfe-

renzfilter, welches zwischen der Lichtquelle und der Gaszelle angeordnet ist, wird so ausgewählt, dass die Transmissionswellenlänge des Interferenzfilters gerade mit derjenigen Absorptionsbande der zweiten Gaskomponente, beispielsweise der CO-Absorptionsbande, übereinstimmt. Dadurch werden störende Einflüsse weitgehend unterdrückt. Auf weitergehende Einzelheiten dieser Messtechnik wird hier nicht näher eingegangen. Am Ende dieses Verfahrensschrittes liegt ein Messsignal vor, welches einen linearen Zusammenhang zur Konzentration der zweiten Gaskomponente, beispielsweise der CO-Konzentration, aufweist und welches Verfahrensschritt 4 weiterverarbeitet wird.

4. Signalverarbeitung

Die der Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise der CO₂-Konzentration, proportionale Frequenz und das zur Konzentration der zweiten Gaskomponente, beispielsweise der CO-Konzentration, einen lineare Zusammenhang aufweisende Messsignal werden je einer Signalverarbeitungseinheit zugeführt und elektronisch derart aufbereitet, dass am Ausgang dieser Signalverarbeitungseinheiten Signale vorliegen, welche der Rechneinheit zugeführt werden können.

5. Auswerten

Das Messsignal der photoakustischen Zelle wird einmal bei geschlossenem und einmal bei offenem Ventil aufgenommen. Die beiden Amplitudenwerte des Messsignals ändern sich in unterschiedlicher Weise mit den Konzentrationen der Gaskomponenten, beispielsweise mit den Konzentrationen des CO, bzw. des CO₂. Durch diese Charakteristik und durch den mittels Schallgeschwindigkeit bestimmten Wert der ersten Gaskomponente, beispielsweise der CO₂-Konzentration, lässt sich der überlagerte Anteil und damit die Konzentration der zweiten Gaskomponente, beispielsweise der CO-Konzentration, extrahieren.

In der Rechneinheit werden die Messsignale so verarbeitet, dass am Ausgang digitale Signale vorliegen, welche beispielsweise einer Anzeige zugeführt werden können, oder die für irgend eine andere Verwendung zur Verfügung gehalten werden. Dabei kommen Operationen wie Linearisierungen, Offset-Korrekturen, Glättungen und Mittelwertbildungen irgendwelcher Art in Frage.

Die in den Verfahrensschritten 3.1 und 3.2 dargelegten Möglichkeiten zur Bestimmung der Konzentrationen der ersten und zweiten Gaskomponenten, beispielsweise der CO₂- und CO-Konzentrationen, stellen nur eine Art der Problemlösung dar. Im weiteren lässt sich dieses Verfahren beispielsweise so vereinfachen, dass die beiden Gaskonzentrationen einer einzigen Messzelle zugeführt werden, die einerseits die Eigenschaften des akustischen Resonators besitzt, und andererseits aber jene einer photoakustischen Zelle. Damit vereinfachen sich natürlich die notwendigen Zu- und Ableitungen für die gereinigte Gasprobe und die Anforderungen an die Steuerung, was sich beides vorteilhaft auf die Her-

stellungskosten auswirkt. Ebenfalls vorteilhaft ist das Wegfallen des einen Messsystems, wofür allerdings das verbleibende etwas komplexer wird.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus eines Messsystems mit einem kombinierten Sensorsystem für in der gleichen Messzelle durchgeführte photoakustische und Schall-Messung. Das Messsystem 100 besteht aus einem Sensorsystem 110, einer Steuer- und Auswerteeinheit 120 und den Datenleitungen 130, welche das Sensorsystem und die Steuer- und Auswerteeinheit verbindet. Das Sensorsystem 110 ist über eine thermisch Abschirmung 102 mit einem Probenraum, beispielsweise mit einem Kamin 103, verbunden, in welchem die Abgase als heisses Gasgemisch, versetzt mit Partikeln, insbesondere mit Russ, vorliegen. Für die Probenahme einer Gasprobe 104 ist eine Pumpe 1 vorgesehen, die über eine Leitung 5, ein Filter 6, eine Leitung 7 und eine Messzelle 30 die Gasprobe in das Sensorsystem 110 führt. Über eine Leitung 2, ein Ventil 3, eine Leitung 2' und eine Leitung 4 wird die Gasprobe wieder aus dem Sensorsystem 110 geführt. Die Leitung 5, welche von einer thermischen Abschirmung 102 umgeben ist, verbindet den Innenraum des Kamins 103 dicht mit dem Filter 6. Am Ausgang des Filters 6 steht ein von Partikeln jeglicher Art, insbesondere von Russpartikeln, freies Gasgemisch, d.h. eine gereinigte Gasprobe 105 zur Verfügung, welche über die Leitung 7 und eine Öffnung 153 in ein Kompartiment 121 der Messzelle 30 geführt wird. Das Kompartiment 121 ist mit einer Trennwand 123 versehen, welche ein optisches Fenster 124 aufweist. Das Kompartiment 121 weist eine weitere Trennwand 125 mit einem Interferenzfilter 126, bzw. einem IR-Bandpassfilter, auf, welche der Trennwand 123 gegenüberliegt. Im weiteren ist das Kompartiment 121 mit einem Geber 152 und einem Empfänger 151 ausgerüstet, welche in einer festen Distanz zueinander liegen, und damit die Voraussetzungen für eine Messung der Schallgeschwindigkeit in der gereinigten Gasprobe 105 erfüllen. Die Leitung 7 endet mit der Öffnung 153, welche im Empfänger 152 eingelassen ist; sie ist so klein gewählt, dass sie die Schallmessung nicht störend beeinflussen kann. Selbstverständlich kann sie auch an einer anderen Stelle des Kompartimentes 121 angebracht werden. Im Kompartiment 121 der Messzelle 30 wird über die Schallgeschwindigkeit der gereinigten Gasprobe 105, beispielsweise die CO₂-Konzentration, ermittelt. Am Kompartiment 121 der Messzelle 30 sind ein Ventil 112 und die Leitungen 113, 114 vorgesehen, über welche die gereinigte Gasprobe 105 in ein Kompartiment 122 gelangt, welches seinerseits über eine Leitung 2 mit dem Ventil 3 verbunden ist und an das Kompartiment 121 angrenzt. Angrenzend an die Trennwand 125 befindet sich, auf der dem Kompartiment 121 gegenüberliegenden Seite, ein Kompartiment 127, in welchem sich eine IR-Quelle 128 befindet. Das Kompartiment 122 weist im weiteren einen Detektor 129 und ein Mikrofon 131 auf, welches seitlich an der Messzelle 30 angebracht ist. Die IR-Quelle 128, das Mikrofon 131 und der Detektor 129 sind über die Leitungen 51, 51' und 51'' mit einer Signalverarbeitungseinheit 50

verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 52 mit einer Rechneinheit 80 verbunden ist. Der Geber 151 und der Empfänger 152 sind über die Leitungen 61 und 61' mit einer Signalverarbeitungseinheit 60 verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 62 mit der Rechneinheit 80 verbunden ist. Eine Temperatursonde 73 ist über eine Leitung 71 mit einer Signalverarbeitungseinheit 70 verbunden, die ihrerseits über eine Leitung 72 mit der Rechneinheit 80 verbunden ist. Am Ausgang 81 der Rechneinheit 80 stehen die Messwerte der Konzentrationen der ersten und zweiten Gaskomponente, beispielsweise der CO₂- und CO-Konzentrationen, für eine weitere Verwendung zur Verfügung, sei es für eine Anzeige, oder für eine Dokumentation irgendwelcher Art, insbesondere aber für die Steuerung und die Regelung von Heizungsanlagen.

Anwendungen für ein derartiges Verfahren und die entsprechenden Vorrichtungen sind die Bestimmung von Konzentrationen in Gasgemischen, wie beispielsweise von Kohlendioxid und Kohlenmonoxid, in Abgasen jeglicher Art, insbesondere aber jene von Heizungsanlagen und dergleichen. Mit den ermittelten Messgrößen lassen sich Steuerung und Regelung von Verbrennungsprozessen wesentlich verbessern und optimieren.

Selbstverständlich ist dieses Verfahren nicht auf die Bestimmung von Kohlendioxid und Kohlenmonoxid beschränkt. Vielmehr gibt es eine Anzahl weiterer Gaskombinationen, welche mit dem beschriebenen Verfahren, bzw. den entsprechenden Vorrichtungen, bestimmt werden können. So lassen sich beispielsweise neben CO₂ auch NO, sowie weitere Stickoxide bestimmen; oder aber Methan (CH₄), Äthan (C₂H₆), Äthen (C₂H₄), Äthin (C₂H₂), Wasser und Ammoniak (NH₃).

Erfindungswesentlich ist, dass das beschriebene Verfahren die Kombination von zwei Messverfahren in einem Sensorsystem vorsieht. Dabei werden aus einem Gasgemisch im Sensorsystem (110) die Konzentration der ersten Gaskomponente, beispielsweise die CO₂-Konzentration, in einem akustischen Resonator (10) und die Konzentration der zweiten Gaskomponente, beispielsweise die CO-Konzentration, in einer photoakustischen Zelle (20) bestimmt, wobei eine Integration des akustischen Resonators (10) und der photoakustischen Zelle (20) in einer einzigen Messzelle (30) ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel darstellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von Konzentrationen in Gasgemischen einer Gasprobe (104) mittels eines Messsystems (100), umfassend ein Sensorsystem (110), eine Steuer- und Auswerteeinheit (120) und Datenleitungen (130), gekennzeichnet dadurch, dass die Gasprobe (104) nach der Probenahme im Messsystem (100) durch ein Filter (6) geführt wird, dass in der gereinigten Gasprobe (105) die Konzentration einer ersten Gaskomponente mittels einer Schallmessung und die Konzentration einer zweiten Gaskomponente mittels des photoakustischen Effektes ermittelt wird, und dass die Messsignale (61, 61') der Schallmessung und die Messsi-

gnale (51, 51', 51'') der photoakustischen Messung in einer Rechneinheit (80) verarbeitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die gereinigte Gasprobe (105) einem akustischen Resonator (10) zugeführt wird, in welchem die Schallgeschwindigkeit der gereinigten Gasprobe bestimmt wird, woraus die Konzentration der ersten Gaskomponente ermittelt wird, dass der akustische Resonator (10) mit einer photoakustischen Zelle (20) zum Transfer der gereinigten Gasprobe über erste Leitungen (9, 11) verbunden wird, worüber die gereinigte Gasprobe der photoakustischen Zelle (20) zugeführt wird, und dass in der photoakustischen Zelle (20) die Konzentration der zweiten Gaskomponente der gereinigten Gasprobe über den photoakustischen Effekt ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass die gereinigte Gasprobe (105) im Messsystem (100) einer Messzelle (30) zugeführt wird, in welcher die Schallgeschwindigkeit der gereinigten Gasprobe bestimmt wird, woraus die Konzentration der ersten Gaskomponente ermittelt wird, und in welcher die Konzentration einer zweiten Gaskomponente der gereinigten Gasprobe über den photoakustischen Effekt ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die erste Gaskomponente Kohlendioxid und die zweite Gaskomponente Kohlenmonoxid ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die erste Gaskomponente Kohlendioxid und die zweite Gaskomponente Stickstoffmonoxid oder ein höheres Stickstoffoxid (NO_x) ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die erste Gaskomponente Wasser und die zweite Gaskomponente Stickstoffmonoxid oder ein höheres Stickstoffoxid (NO_x) ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die erste Gaskomponente Wasser und die zweite Gaskomponente Methan (CH₄), Äthan (C₂H₆), Äthen (C₂H₄) oder Äthin (C₂H₂) ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, dass die erste Gaskomponente Wasser und die zweite Gaskomponente Ammoniak (NH₃) ist.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 4-8, gekennzeichnet dadurch, dass zur Bestimmung der Konzentration der ersten Gaskomponente ein akustischer Resonator (10) vorgesehen ist, dass zur Bestimmung der Konzentration der zweiten Gaskomponente eine photoakustische Zelle (20) vorgesehen ist, und dass die photoakustische Zelle (20) zwei hintereinanderliegende Kompartimente (21, 22) aufweist, die akustisch über zweite Leitungen (13, 14) und ein Ventil (12) wahlweise verbunden werden können.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem akustischen Resonator (10) und der photoakustischen Zelle (20) eine Verbindung über die ersten Leitungen (9, 11) vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch ge-

kennzeichnet, dass der akustische Resonator (10) einen Geber (41) und einen Empfänger (42) aufweist, wobei der Empfänger in einer festen Distanz zum Geber angeordnet ist, und dass Mittel zum Betrieb des akustischen Resonators (10) vorgesehen sind.	5
12. Vorrichtung nach den Ansprüchen 9–11, dadurch gekennzeichnet, dass für die Steuerung des akustischen Resonators (10) und der photoakustischen Zelle (20), insbesondere für die Probenahme, eine Rechneinheit (80) vorgesehen ist.	10
13. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass der akustische Resonator (10) und die photoakustische Zelle (20) in einer einzigen Messzelle (30) integriert sind.	15
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass für die Steuerung der Messzelle (30), insbesondere für die Probenahme, eine Rechneinheit (80) vorgesehen ist.	20
15. Verwendung einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 13 oder 14 zur Bestimmung von Kohlendioxid und Kohlenmonoxid in der Abgasüberwachung von Heizungsanlagen.	25
16. Verwendung einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 13 oder 14 zur Bestimmung von Kohlendioxid und Stickstoffmonoxid in der Verbrennungstechnologie.	30
17. Verwendung einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 13 oder 14 zur Bestimmung von Kohlendioxid und höheren Stickstoffoxiden (NO _x) in der Verbrennungstechnologie.	35
	40
	45
	50
	55
	60
	65
	6

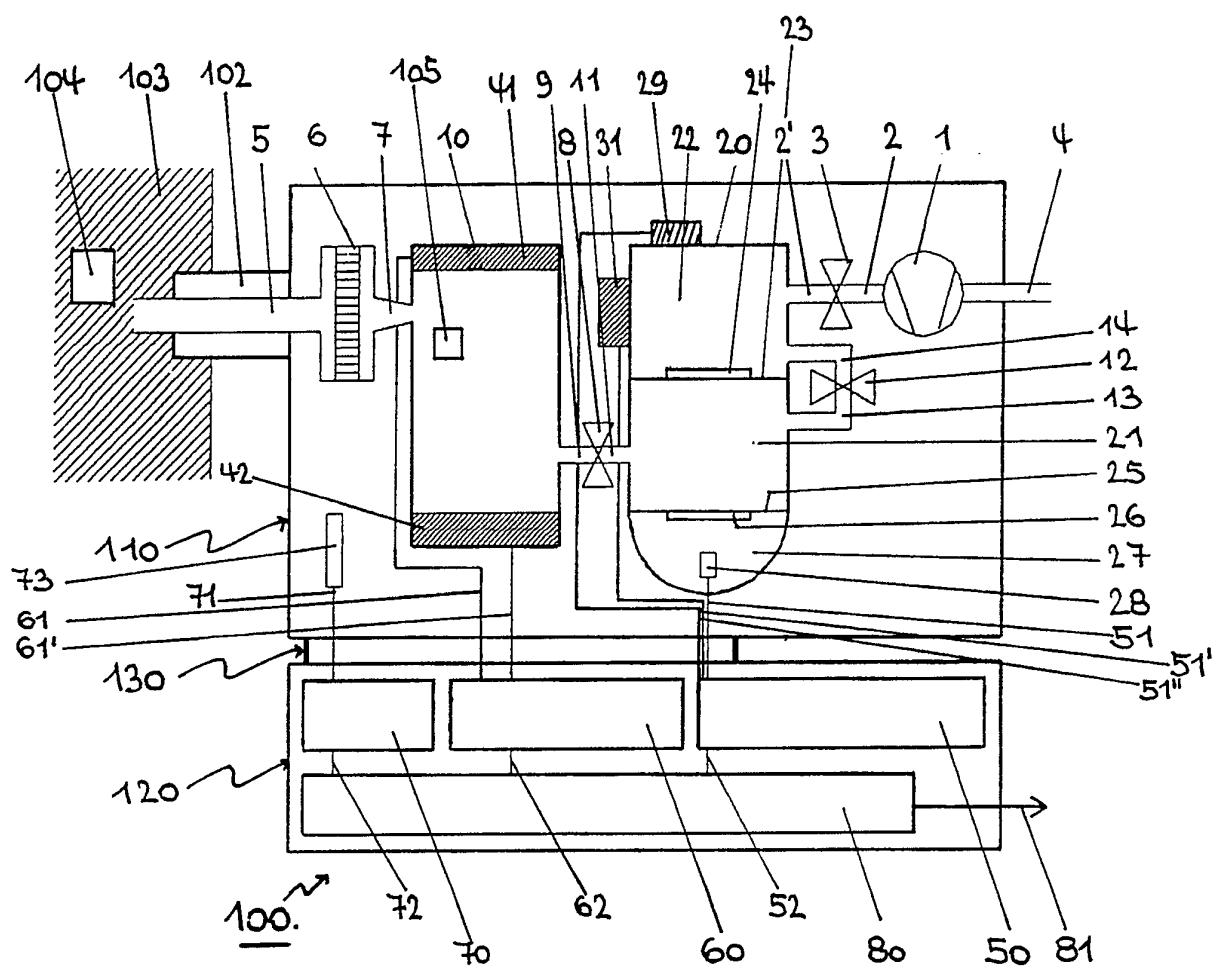


Fig. 1

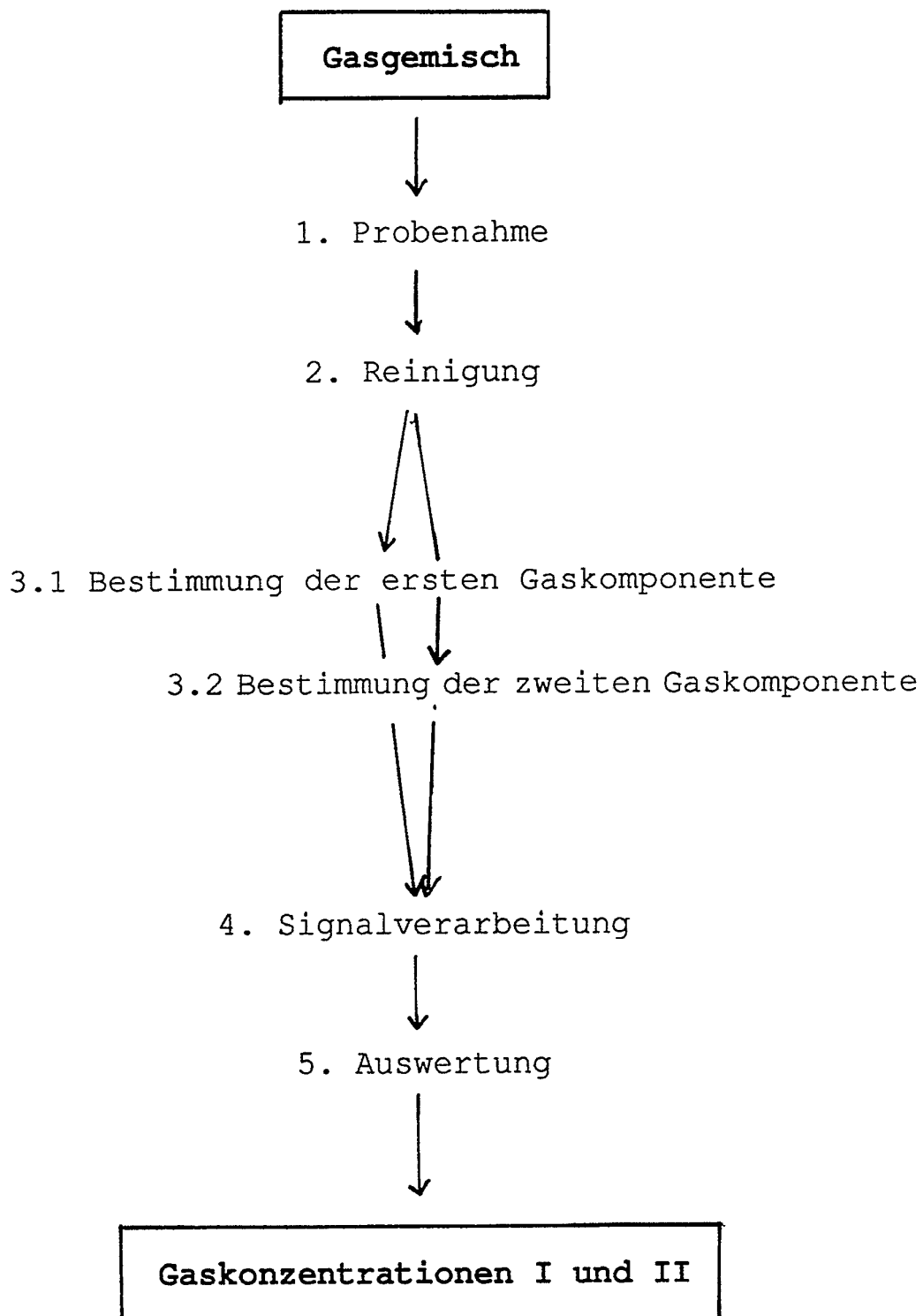


Fig. 2

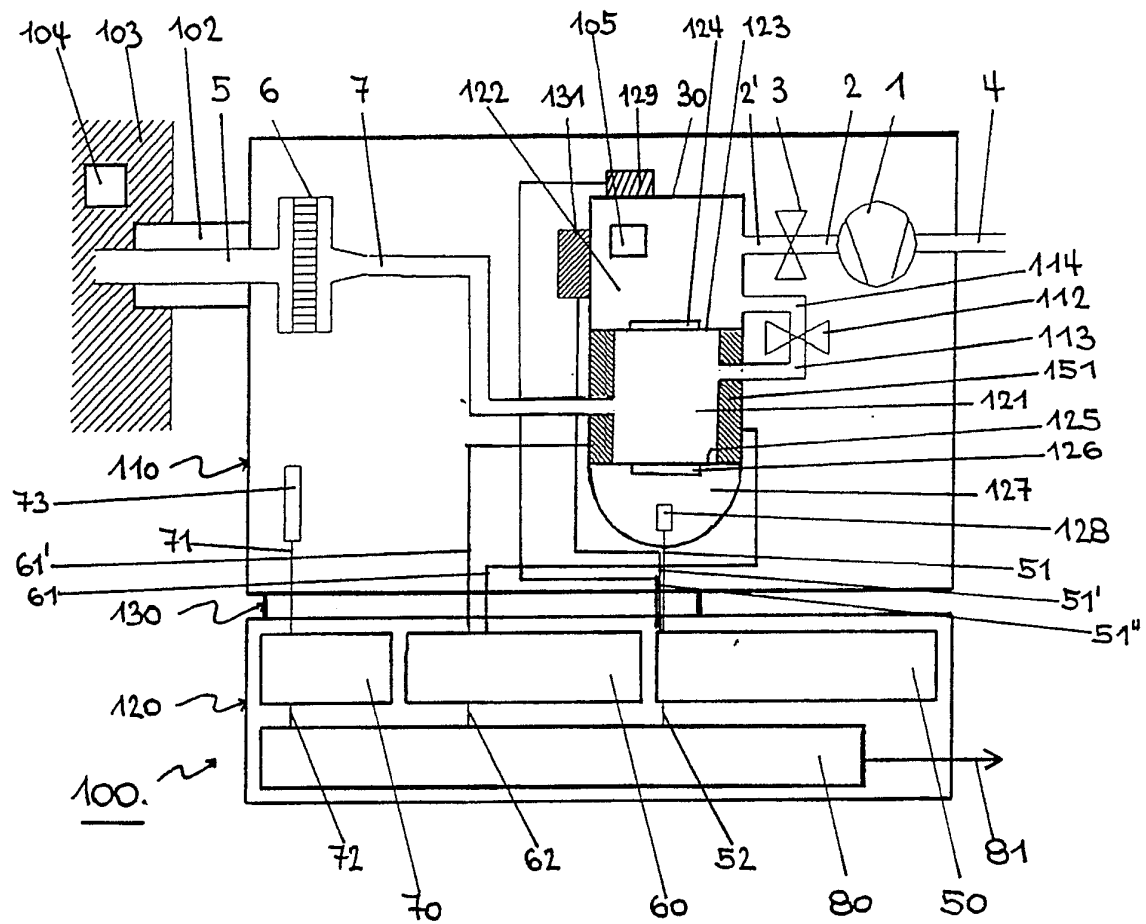


Fig. 3