



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 282 154**

⑤1 Int. Cl.:
G01N 21/35 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **00982984 .7**

⑧6 Fecha de presentación : **11.10.2000**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1147396**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **24.10.2001**

⑤4 Título: **Determinación de la calidad de un gas.**

③0 Prioridad: **14.10.1999 DE 199 49 439**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

⑦3 Titular/es: **Elster-Instromet Systems GmbH**
Schlossstrasse 95a
44357 Dortmund, DE

⑦2 Inventor/es: **Kastner, Joachim**

⑦4 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Determinación de la calidad de un gas.

5 El invento se refiere a un procedimiento para la determinación fotométrica de la calidad de gases, en particular de gases combustibles, de acuerdo con el concepto precharacterizante de la reivindicación 1.

10 Para el registro del estado de gases, por ejemplo en redes de distribución para un gas natural o similar, ya desde hace mucho tiempo se usan disposiciones para el registro del estado del gas conducido en cada caso a través de ellas, los denominados instrumentos para medir el estado de gases. Un gas natural, como tal producto natural, dependiendo de su procedencia y por mezclado, está sujeto a correspondientes fluctuaciones en lo referente a su composición, ocurriendo que la composición, p.ej. de un gas natural a base de los diferentes hidrocarburos, determina sin embargo esencialmente el poder calorífico de combustión y las magnitudes derivadas de éste. Por lo tanto, para el cálculo de la cantidad de un gas conducido a través de una red de abastecimiento de gas y, por consiguiente, de la correspondiente cantidad de energía, presenta una gran importancia registrar con precisión el respectivo estado del gas junto al sitio de alimentación a la red de gas natural y junto al sitio de retirada por el cliente, y por consiguiente determinar y calcular una cantidad de energía realmente transportada o respectivamente suministrada. Por consiguiente, al consumidor del gas, incluso en el caso de un estado muy diverso del gas y de un contenido de energía correspondientemente fluctuante, se le puede cargar en cuenta siempre un precio correspondiente al contenido de energía realmente suministrado. A la inversa, el registro del estado de los gases ofrece al consumidor la garantía de recibir suministrada de una manera comprobable una calidad solicitada por él y un contenido de energía exigido con esto.

25 El registro del estado de los gases adquiere una importancia especial, puesto que con la caída del monopolio de conducción de los abastecedores de gas natural, se pueden conducir a través de una misma red de abastecimiento gases de procedencias muy diversas y por consiguiente de composiciones también diversas. Solamente un registro, lo más sencillo y barato que sea posible, del estado de los gases mediante instrumentos de medición y procedimientos de medición baratos, correspondientemente puestos a disposición, permite entonces un cálculo comprensible y exacto.

30 Para la determinación de la calidad de un gas se deben de determinar como magnitudes decisivas, con la mayor precisión que sea posible y abarcando también modificaciones de la calidad del gas, el poder calorífico normal volumétrico $H_{v,n}$, la densidad normal ρ_n y el índice de compresibilidad K .

35 En la práctica, para el cálculo energético, se mide primeramente, mediante instrumentos de medición del caudal de paso, el volumen de gas transportado V_b en condiciones de servicio (presión p_b , temperatura T_b). Conociendo el estado del gas, se puede determinar el índice de compresibilidad K , con el que se calcula el volumen del gas V_n en condiciones normales (presión p_n , temperatura T_n).

$$40 \quad V_n = \frac{p_b T_n}{p_n T_b} \frac{1}{K} V_b$$

Por multiplicación de este volumen normal por el poder calorífico volumétrico $H_{v,n}$ en condiciones normales, se obtiene la cantidad de energía transportada Q :

$$45 \quad Q = V_n H_{v,n}$$

Alternativamente, también se puede multiplicar directamente el volumen de servicio V_b por el poder calorífico de servicio $H_{v,b}$ (en un medidor de energía).

50 Otra importante magnitud adicional en el caso de aplicaciones de gases naturales es la potencia térmica entregada por los quemadores de gas; ésta varía de igual manera con el estado del gas y es caracterizada por el denominado índice de Wobbe W_v . Los gases con el mismo índice de Wobbe W_v suministran la misma potencia térmica a una tobera de combustión. Para el cálculo del índice de Wobbe W_v se necesita la densidad normal ρ_n del gas, a partir de la que se determina la densidad relativa referida a la del aire ($d_v = \rho_{\text{gas}}/\rho_{\text{aire}}$)

$$55 \quad W_v = \frac{H_v}{\sqrt{d_v}}$$

60 Por lo tanto, corresponde una importancia primordial a la determinación del poder calorífico normal $H_{v,n}$ para la determinación práctica de la calidad de un gas, p.ej. para finalidades de cálculo.

65 Hasta ahora encuentran aplicación diferentes disposiciones para el registro del estado de los gases. Se establece diferencia en este caso entre los procedimientos denominados directos y los denominados indirectos. En el caso de los procedimientos directos, las magnitudes que se han de determinar se miden individualmente, y para esto el gas se lleva en la mayor parte de los casos a condiciones normales, con lo que se hacen necesarios unos tratamientos previos, en parte costosos, del gas.

Del modo más sencillo, el estado de los gases se puede determinar mediante los denominados calorímetros, en los cuales mediante una llama abierta se quema un gas de muestra y a partir de la cantidad de calor resultante y entregada a un medio de refrigeración, y de la elevación de la temperatura del medio de refrigeración, que se puede comprobar después de esto, se determina el poder calorífico del gas quemado. Tales instrumentos necesitan un sistema mecánico complicado para el ajuste de una determinada relación cuantitativa de un gas, de un aire comburente y p.ej. de un aire de refrigeración como medio de refrigeración, y por lo tanto son caros y susceptibles de errores, toda vez que mediante la combustión abierta deben establecerse unos elevados requisitos de seguridad para los instrumentos. También los trabajos de conservación y de calibración se deben llevar a cabo por un personal especializado, y además de esto los calorímetros deben ser empleados en recintos acondicionados. Por lo tanto, los costos de adquisición y de servicio de tales disposiciones de medición son muy altos.

En el caso de la calorimetría mediante combustión catalítica (p.ej. con pellistores) el gas de muestra se mezcla con aire y se quema junto a las hélices de un catalizador, calientes a 400 hasta 500°C. La elevación de la temperatura del catalizador es en este caso proporcional al poder calorífico. Puesto que este procedimiento se basa en un efecto superficial sensible, está sometido a fuertes derivas y exige una frecuente calibración con un gas de prueba. Los calorímetros catalíticos son los más favorables de todos los procedimientos que aquí se describen, pero debido a su precisión son apropiados más bien para el control que para el cálculo.

La medición directa de la densidad de servicio ρ_b se efectúa, por una parte, con balanzas de densidad, instrumentos de precisión muy costosos, en cuyo caso se mide el empuje ascendente de una esfera llena con nitrógeno en función de la densidad del medio circundante, que aquí es el gas de muestra. En el caso de otro procedimiento, se lleva a vibrar un cilindro metálico de pared delgada, que está rodeado por la corriente del gas de muestra. La densidad del gas circundante determina la frecuencia de resonancia del cilindro, que es registrada como sensible magnitud de medición. Ambos procedimientos son muy costosos para la determinación de la densidad normal, puesto que exigen el ajuste de un estado normal.

El índice de compresibilidad K es medido entonces no de manera directa, sino que puede ser calculado de acuerdo con diferentes procedimientos clásicos de cálculo numérico a partir de las magnitudes del gas que se pueden medir directamente. Uno de los procedimientos, el denominado procedimiento GERG88 (hoja de trabajo de la DVGW 486) necesita en tal caso las magnitudes de entrada expuestas en la Tabla 1. La proporción cuantitativa material de CO₂ es determinada, de acuerdo con el actual estado de la técnica, por medio de un procedimiento no dispersivo de espectroscopia de infrarrojos (NDIR), debiendo ser llevado el gas a un estado definido cercano a, o en, las condiciones normales. La proporción cuantitativa material de H₂ tiene importancia prácticamente sólo al tomar en consideración gases de coquería, y se puede despreciar prácticamente en los gases naturales típicos distribuidos hoy en día en Europa. El índice de compresibilidad K se puede determinar con la ecuación GERG88 en el caso de una suficiente precisión del orden de 10⁻³ de las magnitudes de entrada.

TABLA 1

Magnitudes de entrada del procedimiento GERG88

P_b	Presión de servicio
T_b	Temperatura de servicio
ρ_n	Densidad en estado normal
$H_{v,n}$	Poder calorífico volumétrico en estado normal
X_{CO_2}	Proporción cuantitativa material de CO ₂
X_{H_2}	Proporción cuantitativa material de H ₂

El otro procedimiento para la determinación del comportamiento de los gases reales se efectúa de acuerdo con la ecuación AGA8-92DC (norma ISO 12213-2:1997 (E)). Este procedimiento necesita como valores de entrada las proporciones cuantitativas materiales de 21 componentes principales de un gas (Tabla 2) y alcanza asimismo una precisión del orden de 10⁻³.

TABLA 2

Magnitudes de entrada de la ecuación AGA8-92DC

Metano	CO ₂
Etano	N ₂
Propano	H ₂ S
Isobutano	He
n-butano	H ₂ O
Isopentano	O ₂
n-pentano	Ar
n-hexano	H ₂
n-heptano	CO
n-octano	Presión
n-nonano	Temperatura
n-decano	

El estado de la técnica comprende, junto a las técnicas de medición directa también la medición indirecta del estado de los gases mediante una cromatografía de gases. En tal caso, un volumen definido del gas de muestra se lleva a un estado definido y se conduce por un gas portador, típicamente helio, a través de un sistema de columnas de separación por cromatografía de gases. A causa de sus diferentes períodos de tiempo de retención, los componentes individuales del gas llegan por separado en el tiempo al sensor dispuesto a continuación, en general éste es un detector de la conductibilidad térmica, al final de la columna de separación. El área del pico de la señal del sensor se puede interpretar entonces como cantidad de material, debiendo efectuarse la evaluación en comparación con un gas de referencia, que debe tener una composición aproximadamente similar a la del gas de muestra. La desventaja de la cromatografía de gases se encuentra en el costoso tratamiento de las muestras y en la instalación del sistema global y en el mantenimiento y el servicio costosos por un personal adiestrado. A partir de las proporciones cuantitativas materiales de los componentes individuales del gas, tal como los suministra la cromatografía de gases, se pueden calcular entonces todas las magnitudes relevantes del gas. Para la realización de tales mediciones indirectas por cromatografía, se emplean cromatógrafos de proceso que trabajan automáticamente, con detectores de la conductibilidad térmica. Estos instrumentos miden normalmente uno de los componentes del gas natural (N₂, CO₂, CH₄, C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, C₅H₁₂, C₆+, etc.). Como gas portador se utiliza helio, conduciendo la ligera volatilidad de éste en la práctica, con frecuencia, a un vaciado prematuro de la botella del gas portador y por lo tanto necesita unos cortos ciclos de trabajos de mantenimiento de uno de tales instrumentos de medición del estado de gases. Como gas de calibración se escoge un gas, que es similar al gas natural que se ha de medir. Tales sistemas de cromatógrafos realizan sin interrupción ciclos de medición, para que se puedan registrar inmediatamente modificaciones del estado de un gas. Esto conduce a un alto consumo de gas portador y de gas de calibración y tiene además la consecuencia el hecho de que se deben de llevar a cabo trabajos de mantenimiento del instrumento a intervalos relativamente cortos.

Es conocido asimismo determinar la composición de un gas con usuales analizadores de gases por radiación infrarroja. Tales instrumentos analizadores, que trabajan en el infrarrojo mediano o en el infrarrojo cercano, no ofrecen sin embargo los altos requisitos de precisión, y en particular de estabilidad, que son necesarios para una determinación del poder calorífico, en las condiciones de medición aquí necesarias. También, junto a la medición propiamente dicha en el gas de muestra, siempre se necesita una medición de referencia que se desarrolle paralelamente, con el fin de poder compensar por lo menos las influencias de errores más esenciales. Como resultados de las mediciones, los conocidos analizadores de gases por radiación infrarroja proporcionan espectros superpuestos de frecuencia, que dificultan en gran manera, e incluso hacen imposible, una referencia retroactiva a componentes individuales de un gas investigado:

En la bibliografía se describió también un procedimiento de espectroscopia de infrarrojos para el análisis de gases ("Optical BTU Sensor Development", Gas Research Institute GRI-93/0083), que mediante un denominado análisis multivariado (MVA) del espectro del infrarrojo cercano de gases, determina la concentración cuantitativa material volumétrica de los componentes que contienen carbono y del gas, y por consiguiente el poder calorífico volumétrico en condiciones de servicio. Este procedimiento no proporciona sin embargo el poder calorífico $H_{v,n}$ en condiciones normales y tampoco proporciona la densidad normal ρ_n ni la proporción cuantitativa material de CO₂, por lo que no es apropiado para la determinación del índice de compresibilidad K ni por lo tanto para la determinación completa de la calidad de un gas. En el caso de la determinación del poder calorífico mediante métodos fotométricos conocidos con anterioridad, se plantean además menores exigencias al necesario equipamiento instrumental para la realización del procedimiento, encontrándose una ventaja en la velocidad del registro de los espectros de absorción del gas natural en la región espectral del infrarrojo cercano o mediano. El espectro total de absorción del gas natural se compone de una manera aditiva en tal caso a partir de la suma de los espectros individuales de los componentes presentes en el gas, y por lo tanto se puede medir y analizar con ayuda de apropiados procedimientos para el análisis de espectros. En

este caso, la proporción determinada de una extinción de uno de los componentes en el espectro global del gas natural es igual esencialmente a la proporción de la concentración de este componente en el gas de prueba (la denominada ley de Beer-Lambert). Con el conocimiento del poder calorífico del componente respectivo, se puede calcular entonces el poder calorífico de toda la mezcla de gases como valor de la suma. Resulta problemático en este procedimiento del análisis de espectros, sin embargo, el fuerte solapamiento de bandas de absorción de componentes diferentes, que con frecuencia conducen a resultados inexactos y además de esto necesitan un alto gasto para el cálculo.

Otro procedimiento de espectroscopia de infrarrojos de acuerdo con el documento de solicitud de patente alemana DE 198.38.301 A1, trabaja como evaluación directa de un espectro (DSA) con una función espectral, con la que se pliega el espectro del gas. El procedimiento permite la determinación del poder calorífico volumétrico $H_{v,b}$ en condiciones de servicio directamente a partir del espectro. Para esto se aprovecha el hecho de que al realizarse la combustión de un gas, el calor de reacción en cada caso producido se basa en la combustión de enlaces C-H, y una cantidad de calor generada de este modo depende de la energía de enlace que está presente. Esto se aprovecha mediante el recurso de que las vibraciones de los enlaces C-H, que tienen unas determinadas energías de enlace iguales entre ellas, y generan en el caso de una combustión la misma cantidad de calor, en el caso de una longitud de onda asociada entran en interacción con una radiación electromagnética. De esta manera, mediante una medición resuelta por longitudes de onda y una ponderación dependiente de las longitudes de onda y una ponderación, dependiente de las longitudes de onda, de los grados de interacción de estas vibraciones, es posible el cálculo del poder calorífico $H_{v,b}$ del gas, sin que sea necesaria una identificación de los componentes individuales del gas. Allí está previsto, además de esto, un dispositivo para la realización de uno de tales procedimientos, que está adaptado a los requisitos específicos del procedimiento de medición y que hace posible una suma ponderada de los grados de interacción. Con este procedimiento se puede determinar ciertamente el poder calorífico $H_{v,b}$ de una mezcla gaseosa en condiciones de servicio, pero las otras magnitudes, que son necesarias para la medición de la calidad de los gases, no se pueden registrar con esto en cuanto a la técnica de medición.

Además, de acuerdo con el documento DE 199.00.129.4 A1, se conoce un procedimiento en el que con un procedimiento óptico-espectroscópico se determina la densidad de servicio de un gas de muestra. Este procedimiento parte en este caso de la consideración de que cada enlace de los componentes del gas, que son activos en IR, contribuye a la extinción, estando vinculada con cada enlace, por otro lado, la masa de los átomos dependientes. De esta manera, la masa de todos los átomos activos en IR está representada en el espectro por contribuciones a la absorción. La frecuencia de las vibraciones de cada enlace, y por consiguiente su situación en el espectro, dependen de la masa reducida de los participantes en el enlace. De esta manera, el espectro contiene en su magnitud y en su distribución espectral informaciones para la determinación de la densidad del gas. La conexión existente entre el espectro y la masa en el volumen medido, y por consiguiente con la densidad de servicio del gas, se describe mediante una función de ponderación espectral, que se puede designar como densidad espectral. Las contribuciones a la masa de los componentes inactivos en IR son calculadas a través de las magnitudes de estado y de un apropiado enfoque acerca del comportamiento de los gases reales. En el caso de uno de tales procedimientos se necesitan iteraciones múltiples, para las que se deben establecer ciertas suposiciones en lo referente a las condiciones iniciales, que posiblemente pueden ser problemáticas en lo referente a la convergencia de la iteración.

A partir de los documentos EP 0.882.977 A1, y de patentes de los EE.UU. US-PS 3.950.101 y US-PS 4.594.510 se conocen procedimientos para el registro del poder calorífico de mezclas gaseosas mediante procedimientos espectroscópicos de medición, efectuándose en el documento EP 0.882.977 A1 una medición paralelamente en varias regiones espectrales.

Por lo tanto, es misión del presente invento proponer un procedimiento para la determinación de la calidad de un gas, en el que las magnitudes decisivas para la calidad de este gas se puedan determinar con ayuda de un registro espectroscópico del estado del gas así como de las correspondientes evaluaciones.

La solución para el problema planteado por la misión conforme al invento se establece a partir de las particularidades caracterizantes de la reivindicación 1 en cooperación con las características del concepto precharacterizante. Otras ventajosas formas de realización del invento se establecen a partir de las respectivas reivindicaciones secundarias.

El invento parte de un procedimiento para la determinación de la calidad de un gas de muestra, en particular de un gas combustible, en el que en condiciones de servicio, mediante procedimientos espectroscópicos de medición, se determina un espectro de transmisión del gas de muestra. Tal procedimiento conforme al concepto precharacterizante, se perfecciona mediante el recurso de que, en una primera etapa en una medición del estado, se determinan por lo menos los valores correspondientes de la presión p y de la temperatura T del gas de muestra, después de lo cual, en una etapa ulterior en un cierto número de regiones espectrales seleccionadas, por integración de valores del espectro de transmisión del gas de muestra se forma un vector espectral $\vec{S}$, que como componentes tiene los valores de las integrales a lo largo de las regiones espectrales seleccionadas, y que es característico para la composición del gas de muestra en el estado de servicio. En una etapa ulterior, para la determinación de una magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad del gas, el respectivo vector espectral $\vec{S}$ se multiplica escalarmente por un vector factorial $\vec{V}$, que había sido determinado mediante mediciones de calibración de vectores espectrales $\vec{S}$ en gases de calibración que tienen composiciones conocidas y en conocidas condiciones de estado, sacándose provecho, según sea la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad del gas, de un correspondiente vector factorial $\vec{S}$. En este caso, la determinación de la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad del gas se efectúa directamente, mediando inclusión del estado de gas de muestra por medio de una evaluación del espectro y sin los

procedimientos de iteración que hasta ahora eran necesarios. Mediante la vinculación de los datos, obtenidos a partir de la medición del estado del gas de muestra para la presión p y para la temperatura T , con el vector espectral $\vec{S}$, que se obtiene a partir del espectro de transmisión, en particular también las magnitudes de servicio del gas de muestra, en particular el poder calorífico H y la densidad ρ se pueden convertir a magnitudes normalizadas mejor utilizables técnicamente. El vector espectral $\vec{S}$, que se determina a partir del espectro de transmisión, es determinado en este caso por medio de la integración de los valores medidos de la extinción del espectro de transmisión, determinándose estas integrales solamente en regiones espectrales seleccionadas, que pueden ser adaptadas a componentes presentes usualmente en los gases de muestra que se han de investigar. Por consiguiente, el vector espectral $\vec{S}$ es característico para la composición del gas de muestra en el estado de servicio en cada caso presente. Puesto que el estado de servicio del gas de muestra ejerce una influencia no insignificante sobre el espectro de transmisión del gas de muestra, sobre la base de la determinación del espectro de transmisión en el estado de servicio del gas de muestra, este factor influyente se toma en consideración mediante los denominados vectores factoriales $\vec{V}$, que son determinados mediante mediciones de calibración de vectores espectrales $\vec{S}$ en gases de calibración definidos, de los cuales se conocen la composición y, por consiguiente, el espectro de transmisión nominal. Estos vectores factoriales $\vec{V}$ se determinan asimismo mediante medición simultánea de las condiciones de estado en cada caso existentes, de manera tal que se conoce la influencia de la temperatura T y de la presión p sobre el espectro de transmisión del gas de calibración. Estos vectores factoriales $\vec{V}$ se pueden construir entonces mediante la multiplicación escalar, realizable de una manera sencilla y que se contenta sin etapas de iteración, por el vector espectral $\vec{S}$ por medio de sencillas operaciones matemáticas, sacándose provecho de un correspondiente vector factorial $\vec{V}$ a partir de las mediciones de calibración, según sea la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas. Por consiguiente, se puede alcanzar una alta precisión del procedimiento conforme al invento también a lo largo de un amplio intervalo de medición del estado de gas de muestra, pudiéndose compensar en particular también la influencia de las magnitudes de estado.

Una primera ventajosa forma de realización prevé que los vectores factoriales $\vec{V}$ sean determinados de antemano en un entorno de medición definido por medio de mediciones de calibración, que se llevan a cabo en gases de calibración que tienen una composición conocida y en condiciones de estado conocidas. Un tal entorno de medición definido ofrece en este caso la posibilidad de registrar con alta precisión el espectro de transmisión que constituye el fundamento para el cálculo de los vectores factoriales $\vec{V}$ así como de las magnitudes de estado, temperatura T y presión p , que no es posible con costos soportables al realizar el procedimiento en el campo de uso. Los vectores factoriales $\vec{V}$ son en este caso unos muy exactos valores de corrección para la influencia sobre la medición de la transmisión por medio del estado del gas de muestra, pudiendo ser determinados estos vectores factoriales por separado en el espacio y en el tiempo con respecto de la determinación de los vectores espectrales $\vec{S}$.

Es especialmente ventajoso el hecho de que en los casos de las mediciones de calibración, los vectores factoriales $\vec{V}$ se determinan en forma de un campo característico mediante variación de la presión p o respectivamente de la temperatura T de los gases de calibración utilizados. De esta manera es posible determinar de antemano, también para amplias regiones de la modificación de la presión p o respectivamente de la temperatura T , los vectores factoriales $\vec{V}$ en cada caso correspondientes, y ponerlos a disposición para la multiplicación escalar por el vector espectral $\vec{S}$. De esta manera, por una parte, se toma en consideración la modificación del espectro de transmisión con la presión p , la denominada ampliación de la presión, así como también la modificación con la temperatura T . Por lo demás, unas variaciones del punto de trabajo del dispositivo de medición se pueden compensar con el estado de gas de muestra; éstas aparecen, por ejemplo en el caso de un espectrómetro como dispositivo de medición, mediante variación de la densidad superficial de partículas en el rayo sometido a medición. Asimismo, son compensables los efectos como gas real del gas de muestra, que usualmente no se comporta como un gas ideal, de manera tal que por ejemplo la densidad superficial de partículas en el rayo sometido a medición no es directamente proporcional al cociente entre la presión p y la temperatura T . La calibración con ayuda de los gases de calibración se efectúa en el caso de una serie de estados definidos en un campo de estado y para un conjunto apropiado de gases de calibración, por lo que, como resultado, para cada una de las magnitudes de medición que se han de determinar se obtiene un campo de vectores factoriales $\vec{V}(p, T)$, que es cubierto por las magnitudes de estado presión p y temperatura T .

Es especialmente ventajoso el hecho de que para cada una de las magnitudes físicas, que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, a partir del campo característico para un estado del gas de muestra se determina un correspondiente vector factorial $\vec{V}$. Hablando simbólicamente, para cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, a partir del campo característico de $\vec{V}$ estado (p, T) de los vectores factoriales $\vec{V}$ se realiza una proyección sobre el respectivo plano de las magnitudes físicas que se han de determinar, por lo que para cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar se puede determinar un vector factorial $\vec{V}_i$ que resulta especialmente a partir de ellas.

Sobre la base de la conexión entre las magnitudes de estado, presión p y temperatura T , al realizar el registro del vector espectral $\vec{S}$, es ventajoso además que, para la formación del producto escalar por el vector espectral $\vec{S}$, se escoja a partir del campo característico aquel vector factorial $\vec{V}$ que corresponde a las condiciones de estado del gas de muestra al efectuar el registro del espectro del gas de muestra y de la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas. Por medio de esta asociación del vector factorial $\vec{V}$ a las magnitudes de estado presión p y temperatura T , presentes realmente en el gas de muestra, se consigue una amplia compensación de la influencia de las magnitudes de estado sobre el espectro de transmisión.

Asimismo se puede concebir que para cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se forme por lo menos un vector espectral $\vec{S}$, pudiendo los valores de vectores espectrales $\vec{S}$ así formados, formarse a partir de regiones espectrales con diferentes longitudes de onda límites y/o a partir de diferentes magnitudes de las regiones espectrales y/o a partir de un número diverso de regiones espectrales. Según sea(n) la o las magnitud(es) física(s) que se ha(n) de determinar en relación con la calidad de un gas, puede ser ventajoso determinar vectores espectrales $\vec{S}$ correspondientemente adaptados, puesto que su situación y su magnitud en el espectro, o su número de regiones espectrales correspondientemente adaptadas, permiten una precisión de la medición más alta que la que sería posible en el caso de regiones espectrales iguales para todas las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas. Por consiguiente, en un perfeccionamiento, para la formación de cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se puede sacar provecho de diferentes regiones espectrales.

Asimismo, en el caso de una adaptación de este tipo de las regiones espectrales, tiene importancia el hecho de que se corresponden entre sí el número y la situación de las regiones espectrales de vectores espectrales $\vec{S}$ y de vectores factoriales $\vec{V}$ multiplicados escalarmente uno por otro en cada caso. Solamente entonces se puede conseguir un resultado físicamente correcto, por lo que al determinar los campos característicos de los vectores factoriales $\vec{V}$ se tienen que determinar posiblemente una serie de campos característicos para vectores espectrales $\vec{S}$ que se basan en cada caso en otras regiones espectrales.

Una forma de ejecución especialmente ventajosa del procedimiento conforme al invento prevé que para la determinación de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se lleve a cabo un enfoque de separación, en el que una cierta porción de las magnitudes físicas que se han de determinar varía en lo esencial con la composición del gas de muestra y otra porción se determina en lo esencial por el estado del gas de muestra y solamente poco por la composición del gas de muestra. La porción, que es determinada en lo esencial por el estado del gas de muestra, se puede calcular, en una forma de realización ventajosa, por ejemplo a partir de datos de estado, medidos en un gas promedio conocido, al contrario de lo cual, en otra forma de realización, la porción, que varía en lo esencial con la composición del gas de muestra, se determina a partir del espectro de transmisión del gas de muestra. Mediante en esta disociación en dos porciones según el enfoque de separación, se puede conseguir una elevación especial de la precisión al realizar la determinación de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas.

En una primera forma de realización, como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se puede determinar el índice de compresibilidad K del gas de muestra. Una forma de realización adicional prevé que como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas se determina el factor como gas real Z del gas de muestra. Asimismo se puede concebir que, como magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se determinen la densidad ρ del gas de muestra y/o el índice de Wobbe W_v y/o el índice de metano y/o la masa molar y/o el punto de descongelación.

En un perfeccionamiento, se puede concebir asimismo que como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determine la densidad de la porción de dióxido de carbono en el gas de muestra, a partir de la que entonces, mediando utilización del comportamiento como gas real determinado directamente, por ejemplo del índice de compresibilidad K o del factor de gas real Z , se puede calcular la fracción molar X_{CO_2} , es decir la porción de las moléculas de CO_2 en el gas de muestra. De esta manera se puede efectuar también una conversión de la densidad de servicio del dióxido de carbono a la correspondiente proporción molar de dióxido de carbono X_{CO_2} . Esta concentración de CO_2 , que se necesita por ejemplo en el caso de procedimientos de la tecnología habitual de medición de gases como una de las magnitudes de entrada para el cálculo del índice de compresibilidad K , por ejemplo de acuerdo con el procedimiento SGERG, por motivos de compatibilidad se puede determinar también de acuerdo con el procedimiento conforme al invento. Asimismo, con este registro de la absorción sobre la base del dióxido de carbono CO_2 a partir del espectro de transmisión se puede conseguir una elevación de la precisión de medición de las otras magnitudes, que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, puesto que ella suministra otras informaciones adicionales acerca de la mezcla de los componentes no combustibles de gases de muestra típicos, tales como nitrógeno y dióxido de carbono.

Es especialmente ventajoso el hecho de que el espectro de transmisión del gas de muestra sea registrado en la región de la luz infrarroja, de manera preferida en la región del infrarrojo cercano. En esta región espectral, las fuentes de radiación, los detectores y otros componentes ópticos, están disponibles en el mercado a un precio barato y en gran número así como con alta calidad, por lo que la técnica de medición necesaria para la realización del procedimiento se puede organizar a un precio barato.

Una primera forma de realización prevé que como región espectral se usen por lo menos algunas partes del espectro de transmisión en la región comprendida entre aproximadamente 1.550 nm y 2.050 nm. Un registro de las influencias del gas de muestra sobre el espectro de transmisión en segmentos seleccionados de una región espectral tan ancha permite una adaptación y un ajuste amplia/o del procedimiento conforme al invento a los gases de muestra en cada caso existentes, sobre los que se puede influir en el marco de la medición de calibración para la determinación de los vectores factoriales $\vec{V}$.

En otra forma de realización, una radiación entre aproximadamente 1.620 y 1.660 nm se puede usar por ejemplo como región espectral para la determinación de la porción del gas metano CH_4 presente proporcionalmente con la máxima frecuencia, p.ej. en gases combustibles, debiendo ser resaltados estos y los siguientes datos de las regiones espectrales solamente como regiones espectrales preferidas y especialmente efectivas mediante mediciones prácticas. Se entiende por sí solo que en los casos de otras composiciones de gases o de otras formas de realización de los procesos, se pueden escoger dentro de la región precedentemente mencionada otras o adicionales regiones espectrales. Para la determinación de las porciones de la suma de todos los hidrocarburos alifáticos se puede usar como región espectral una radiación a aproximadamente 1.670 hasta 1.770 nm, asimismo se puede concebir que para la determinación de la porción del dióxido de carbono CO_2 se use una radiación a aproximadamente 2.000 hasta 2.020 nm. Los valores precedentemente mencionados para las regiones espectrales están situados todos ellos aproximadamente en la región de la primera banda armónica de tonos concomitantes de las vibraciones moleculares, y ofrecen por lo tanto unas premisas especialmente buenas para un registro correcto de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas. Evidentemente, se pueden efectuar también mediciones en la región de otras vibraciones armónicas, pero también de la vibración fundamental.

Además, se puede concebir que al formar el producto escalar se pueda incluir consigo un factor de corrección que considere las desviaciones técnicas instrumentales entre la disposición de medición al realizar la determinación de los vectores factoriales $\vec{V}$ con los gases de calibración y la disposición de medición al realizar la medición del vector espectral $\vec{S}$ del gas de muestra. Un factor de corrección de este tipo toma en consideración las fluctuaciones técnicas instrumentales entre una disposición de calibración y medición con alta precisión y las disposiciones de medición estructuradas para el servicio práctico, las cuales, junto a una dispersión técnica instrumental deben hacer también ciertas reducciones en lo que se refiere a la precisión. Para esto, en el marco de una medición se ajusta cada una de las disposiciones individuales destinadas a la realización del procedimiento conforme al invento, cuyas desviaciones se presentan entre la respectiva disposición y la disposición de medición de calibración, que entonces son impuestas como factor de corrección sobre los resultados de la determinación del espectro de transmisión. De esta manera, también en el caso de la producción de disposiciones correspondientes como fabricación en serie, se garantiza siempre que se pueda registrar y compensar una desviación debida a una serie. En el caso de la calibración se establece diferencia por consiguiente entre la calibración principal y la calibración ejemplar.

En un sistema de ejemplar - principal típico para un modelo constructivo del dispositivo de medición, a lo largo de un amplio campo de estados bien definidos y de un conjunto apropiado de gases de calibración bien definidos, se efectúa la medición de correspondientes vectores espectrales y a partir de éstos se efectúa el cálculo de los correspondientes vectores factoriales. La determinación de la constante instrumental espectral de los ejemplares de series individuales del modelo constructivo se efectúa entonces mediante medición, en lo posible, de solamente un gas de calibración, o de unos pocos gases de calibración, y por comparación con la desviación de la correspondiente calibración principal.

Es especialmente ventajoso que como fuente de la radiación que pasa como gas de muestra al registrar el espectro de transmisión, se utilicen radiadores de banda ancha, preferiblemente radiadores térmicos, que en un perfeccionamiento, por ejemplo mediante utilización de filtros de interferencia y/o de un monocromador y/o de detectores ópticos, registran el espectro de transmisión y lo preparan en cuanto a la técnica de mediciones de tal manera que se obtengan las magnitudes de entrada para el procedimiento conforme al invento. Asimismo se puede concebir que como fuente de la radiación que pasa a través del gas de muestra al registrar el espectro de transmisión, se utilicen radiadores de banda estrecha, preferiblemente LED's (diodos emisores de luminiscencia) o fuentes de luz láser, cuando se pueda ajustar de una manera apropiada su característica espectral.

Una simplificación adicional al realizar el procedimiento conforme al invento consiste en que, cuando se determinan las longitudes de onda límites de las regiones espectrales seleccionadas al registrar el espectro de transmisión, las longitudes de onda límites se establecen fijamente con relación a una señal de referencia. Al registrar los espectros de acuerdo con el procedimiento conforme al invento, la situación espectral de las bandas en relación con los límites de las regiones espectrales seleccionadas tiene una gran importancia para la precisión de la evaluación. En los espectrómetros usuales de laboratorio como disposiciones típicas de medición, la precisión absoluta de las longitudes de onda se asegura por medio de un alto gasto en la estructuración mecánica y mediante utilización de longitudes de onda de referencia (filtros de interferencia, láser). Con el fin de evitar este alto gasto técnico para disposiciones de medición en serie, por lo tanto, con el fin de simplificar, se determina la posición absoluta en longitud de onda con ayuda de una situación característica de una señal de referencia, y de modo correspondiente se corrigen los ejes de longitud de onda. En el caso del análisis p.ej. de un gas natural como gas de muestra, se aconseja para esto, en un perfeccionamiento, utilizar como señal de referencia la región de la más alta absorción de la radiación por el metano, es decir el denominado pico central de absorción del metano a aproximadamente 1.666 nm. Este valor máximo es especialmente bien apropiado para la corrección, puesto que el metano está contenido como componente principal siempre de un modo dominante en un gas natural, y el alto coeficiente de extinción de este máximo procura un buen hallazgo. La situación de este máximo se determina y se ajusta en relación con este máximo la situación de las longitudes de onda límites de las regiones espectrales seleccionadas. De esta manera, se pueden reducir considerablemente los requisitos establecidos en cuanto a la precisión absoluta de longitudes de onda de correspondientes disposiciones de medición, el error resultante de longitud de onda depende más bien solamente de la limitada reproducibilidad del ajuste de la longitud de onda. En un perfeccionamiento se puede concebir también que alternativamente se usen como señal de referencia típicas evoluciones espectrales de sustancias que están dispuestas por ejemplo adicionalmente en la trayectoria de los rayos de la disposición de medición para el registro del espectro de transmisión, como esto se puede llevar a cabo por

ejemplo en forma de láminas de materiales sintéticos, que se introducen en la trayectoria de los rayos de referencia de la disposición de medición.

Una elevación adicional de la precisión del procedimiento conforme al invento se puede conseguir también mediante el recurso de que junto a regiones espectrales, en las que el espectro de transmisión del gas de muestra obtiene informaciones acerca de su composición, también se vigilan regiones espectrales, en las que no tiene lugar ninguna absorción por el gas de muestra, o tiene lugar una absorción solamente muy pequeña. Tal vigilancia de otras regiones espectrales es de importancia para el empleo práctico de la disposición de medición en relación con la estabilidad a largo plazo, puesto que se puede llegar a variaciones de la transmisión en vacío del canal de medición, que no están fundadas con las modificaciones del gas de muestra y por lo tanto falsean el resultado de la medición. Las regiones espectrales no influidas, o no influidas esencialmente por la composición del gas de muestra, se pueden utilizar por lo tanto, en un perfeccionamiento, para el control propio de la medición del gas de muestra en forma de una referencia, previendo una primera forma de realización ventajosa que, para la calibración de la disposición de medición, esencialmente para cada registro de un espectro de transmisión del gas de muestra o en sucesión frecuente, se efectúe una medición en una región espectral exenta de absorción. Para esto, por ejemplo en el caso del registro de las regiones espectrales se puede consignar también conjuntamente una zona espectral exenta de absorción, realizándose que la disposición de medición, después del registro de la región espectral de acuerdo con el procedimiento conforme al invento, lleva a cabo de nuevo una medición en la región espectral que no depende del gas de muestra y la transmisión allí comprobada se compara con la medición en cada caso última medición en esta región espectral. Si una modificación de la transmisión de este tipo, en la región espectral que no depende del gas de muestra, sobrepasa un valor límite que se puede preestablecer, en una forma de realización adicional se puede efectuar una medición en vacío de la disposición de medición con una región espectral p.ej. exenta de absorción en un gas natural, para el ajuste de las condiciones de medición. De esta manera se lleva a cabo un autocontrol automático del sistema de medición.

Otra forma de realización prevé que la desviación con respecto a por lo menos una de las precedentes mediciones por debajo del valor de umbral que se puede preestablecer, sea tomada en consideración como factor de corrección para las mediciones en el caso de la determinación de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas. De esta manera, por evaluación de la desviación comprobada se puede efectuar un mejoramiento de los resultados de la medición, al realizar la medición útil propiamente dicha.

Una región espectral especialmente ventajosa para la transmisión esencialmente independiente de la composición del gas de muestra, se encuentra en el intervalo de aproximadamente 1.500 a 1.600 nm.

Una forma de realización adicional prevé que una o varias de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas se determinen puramente por cálculo con formación del producto escalar mediante utilización de magnitudes determinadas a partir del espectro de transmisión, de tal modo que por medio de una medición y de un cálculo de magnitudes físicas determinadas, en el caso de emplearse en procedimientos normalizados de aproximación, describen esencialmente de un modo correcto el comportamiento como gas real del gas de muestra. Si, por ejemplo para la medición del contenido de CO₂ del gas de muestra, se evalúa el espectro de transmisión en la región situada por encima de 2.000 nm, entonces para esto se necesitan sensores de gran costo y eventualmente susceptibles de errores, que permiten realizar mediciones en este alto intervalo de longitudes de onda. Tales sensores cuestan un múltiplo de la respectiva técnica de medición en la región hasta de aproximadamente 1.800 nm, por lo que la necesaria disposición de medición para la realización del procedimiento conforme al invento con inclusión del contenido de CO₂ se encarece manifiestamente en comparación con una disposición de medición, p.ej. destinada solamente al registro de los gases combustibles de un gas de muestra. Por lo tanto, y también para la producción de una compatibilidad con instrumentos de la habitual tecnología de medición, por lo tanto, el contenido de dióxido de carbono en el gas de muestra se puede determinar puramente por cálculo mediante el recurso de que con ayuda del procedimiento conforme al invento, el comportamiento como gas real, así como otras magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se determinan a partir del producto escalar del vector espectral $\vec{S}$ y el vector factorial $\vec{V}$. El componente no registrado en cuanto a la técnica de medición, por ejemplo por tanto la proporción de dióxido de carbono, se puede calcular entonces a partir de las magnitudes determinadas como se ha expuesto precedentemente, mediante el recurso de que por ejemplo por inversión de un procedimiento normalizado, tal como p.ej. el procedimiento SGERG o uno similar, después de una aplicación de los correspondientes procedimientos se establezca de nuevo el correcto comportamiento como gas real. En este caso se trata de una determinación suficientemente exacta para muchos casos de la aplicación del procedimiento conforme al invento, por ejemplo del contenido de dióxido de carbono sin que se complique o respectivamente se encarezca especialmente el procedimiento a causa de su conversión técnica instrumental.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de la calidad de un gas de muestra, en especial de un gas combustible, partiendo de un espectro de transmisión del gas de muestra, determinado en condiciones de servicio mediante procedimientos de medición espectroscópicos, realizándose que
 - en una medición del estado se averiguan por lo menos los valores correspondientes de la presión p y de la temperatura T del gas de muestra,
 - en un cierto número de regiones espectrales seleccionadas de una banda, por integración de valores del espectro de transmisión del gas de muestra, se forma por lo menos un vector espectral $\vec{S}$, que tiene como componentes los valores de las integrales a lo largo de la región espectral seleccionada y es característico para ciertas propiedades del gas de muestra en el estado de servicio,
 - para la determinación de una magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, el vector espectral $\vec{S}$ se multiplica escalarmente por un vector factorial $\vec{V}$, que se había determinado mediante mediciones de calibración de vectores espectrales $\vec{S}$ en gases de calibración que tienen propiedades conocidas y en condiciones conocidas del estado, realizándose que para cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, a partir de un campo característico para un estado del gas de muestra, se determina un vector factorial correspondiente $\vec{V}$,

y según sea la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se saca provecho de un correspondiente vector factorial $\vec{V}$.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque en el caso de las mediciones de calibración, los vectores factoriales $\vec{V}$ se determinan en forma de un campo característico mediando variación de la presión p y de la temperatura T de los gases de calibración utilizados.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque para la formación del producto escalar por el vector espectral $\vec{S}$ en cada caso correspondiente, a partir del campo característico se escoge el vector factorial $\vec{V}$ que corresponde a las condiciones de estado del gas de muestra al realizar el registro del espectro del gas de muestra y de la magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque para cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas, se forma por lo menos un vector espectral $\vec{S}$, pudiendo los valores de los vectores espectrales $\vec{S}$ así formados, formarse a partir de regiones espectrales con diferentes longitudes de onda límites y/o a partir de diferentes magnitudes de las regiones espectrales y/o a partir de un número diverso de regiones espectrales.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque para la formación de cada una de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas se saca provecho de diferentes regiones espectrales.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque se corresponden entre sí el número y la situación de las regiones espectrales de un vector espectral $\vec{S}$ y de un vector factorial $\vec{V}$ que en cada caso se multiplican escalarmente uno por otro.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque para la determinación de una magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas se lleva a cabo un enfoque de separación, en el que una porción de la magnitud física que se ha de determinar varía esencialmente con la composición del gas de muestra y otra porción es determinada solamente poco en lo esencial por el estado del gas de muestra y por la composición del gas de muestra.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque la porción, que es determinada esencialmente por el estado del gas de muestra, se calcula a partir de datos del estado que se han medido en un conocido gas promedio.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado** porque la porción, que varía esencialmente con la composición del gas de muestra, se determina a partir del espectro de transmisión del gas de muestra.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina el índice de compresibilidad K del gas de muestra.

11. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina el factor como gas real Z del gas de muestra.

12. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina la densidad ρ del gas de muestra.

13. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina el índice de Wobbe del gas de muestra.

14. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina el índice de metano del gas de muestra.

15. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina la masa molar del gas de muestra.

16. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina la densidad de la porción de dióxido de carbono en el gas de muestra.

17. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como magnitud física que se ha de determinar en relación con la calidad de un gas, se determina el punto de descongelación del gas de muestra.

18. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque el espectro de transmisión del gas de muestra se registra en la región de la luz infrarroja, preferiblemente en la región del infrarrojo cercano.

19. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, **caracterizado** porque como regiones espectrales se usan por lo menos algunas partes del espectro de transmisión en la región comprendida entre aproximadamente 1.550 nm y 2.050 nm.

20. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado** porque como región espectral para la determinación de la porción del metano CH_4 se usa una radiación a aproximadamente 1.620 hasta 1.660 nm.

21. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado** porque como región espectral para la determinación de la porción de la suma de todos los hidrocarburos aromáticos, se usa una radiación a aproximadamente 1.670 hasta 1.770 nm.

22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado** porque como región espectral para la determinación de la porción del dióxido de carbono CO_2 se usa una radiación a aproximadamente 2.000 hasta 2.020 nm.

23. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque en el caso de la formación del producto escalar se incluye consigo una función de corrección, que toma en consideración las desviaciones técnicas instrumentales entre la disposición de medición en el caso de la determinación de los vectores factoriales $\vec{V}$ con los gases de calibración y la disposición de medición en el caso de la medición del vector espectral $\vec{S}$ del gas de muestra.

24. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 23, **caracterizado** porque para la formación de la función de corrección se mide una vez la disposición de medición para medir el vector espectral $\vec{S}$ del gas de muestra y estos resultados se ponen en relación con correspondientes resultados de la disposición de medición al realizar el registro de los vectores factoriales $\vec{V}$ con los gases de calibración.

25. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque como fuente de la radiación que pasa a través del gas de muestra al realizar el registro del espectro de transmisión, se utilizan radiadores de banda ancha, preferiblemente radiadores térmicos.

26. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 25, **caracterizado** porque el registro del espectro de transmisión se efectúa mediando utilización de filtros de interferencia y/o de un monocromador y/o de detectores ópticos.

27. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 24, **caracterizado** porque como fuente de la radiación que pasa a través del gas de muestra al realizar el registro del espectro de transmisión, se utilizan radiadores de banda estrecha, preferiblemente LED's o fuentes de luz láser.

ES 2 282 154 T3

28. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque las longitudes de onda límites de las regiones espectrales seleccionadas al realizar el registro del espectro de transmisión, se determinan estableciendo las longitudes de onda límites fijamente en relación con una señal de referencia.

5 29. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 28, **caracterizado** porque como señal de referencia se usa una signature característica del espectro de transmisión que se ha de registrar, preferiblemente de la región de la más alta absorción de la radiación por metano.

10 30. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 28, **caracterizado** porque como señal de referencia se usan típicas evoluciones de espectros de sustancias que se disponen adicionalmente en la trayectoria de los rayos de la disposición para la medición del espectro de transmisión.

15 31. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque junto a regiones espectrales, en las cuales el espectro de transmisión del gas de muestra contiene informaciones acerca de su composición, también se vigilan regiones espectrales, en las que no tiene lugar ninguna absorción o tiene lugar solamente una muy pequeña absorción por el gas de muestra.

20 32. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 31, **caracterizado** porque las regiones espectrales totalmente o casi exentas de absorción se utilizan para el control propio de la medición del gas de muestra en forma de una referencia.

25 33. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 31 ó 32, **caracterizado** porque para la calibración de la disposición de medición, en lo esencial para cada registro de un espectro de transmisión del gas de muestra o en una sucesión frecuente, se efectúa una medición en una región espectral exenta de absorción del gas de muestra.

30 34. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 31 a 33, **caracterizado** porque una medición en vacío de la disposición de medición con un gas inerte para el ajuste de las condiciones de medición, se realiza siempre tan solo cuando, al realizar la medición en las regiones espectrales totalmente o casi exentas de absorción, aparecen desviaciones con respecto a por lo menos una de las precedentes mediciones en esta región espectral exenta de absorción.

35 35. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 34, **caracterizado** porque una medición en vacío de la disposición de medición con un gas inerte para el ajuste de las condiciones de medición se lleva a cabo siempre tan solo cuando la medición en las regiones espectrales totalmente o casi exentas de absorción la desviación con respecto a por lo menos una de las mediciones precedentes sobrepasa un valor de umbral que se puede establecer de antemano.

40 36. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 34, **caracterizado** porque la desviación con respecto a por lo menos una de las precedentes mediciones por debajo del valor de umbral que se puede establecer de antemano, se considera como factor de corrección para las mediciones al realizar la determinación de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas.

37. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 31 a 36, **caracterizado** porque las regiones espectrales totalmente o casi exentas de absorción están situadas en el intervalo de aproximadamente 1.500 a 1.600 nm.

45 38. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, **caracterizado** porque una o varias de las magnitudes físicas que se han de determinar en relación con la calidad de un gas se determinan puramente por cálculo mediando utilización de magnitudes determinadas procedentes del espectro de transmisión con formación del producto escalar, de tal manera que las magnitudes físicas determinadas por medición y por cálculo describen correctamente en lo esencial el comportamiento como gas real del gas de muestra al emplearse en procedimientos de aproximación normalizados.

50

55

60

65