

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 347**

51 Int. Cl.:

**G01N 15/00** (2006.01)

**G01N 1/24** (2006.01)

**G01N 1/38** (2006.01)

**G01N 15/06** (2006.01)

**G01N 15/14** (2006.01)

**G01N 1/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2003 E 03405248 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 1467194**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la detección, caracterización y/o eliminación de partículas en suspensión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.11.2015**

73 Titular/es:

**TESTO AG (100.0%)  
Testo-Strasse 1  
79853 Lenzkirch, DE**

72 Inventor/es:

**BURTSCHER, HEINZ;  
KASPER, MARKUS y  
MATTER, ULRICH**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 550 347 T3

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

Procedimiento y dispositivo para la detección, caracterización y/o eliminación de partículas en suspensión

5 La invención se refiere al campo de la detección, caracterización y/o eliminación de partículas en suspensión en un gas portador. En particular, se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la caracterización, separación y/o eliminación de partículas en suspensión en un gas portador. El documento WO 01/84116 publica un procedimiento y una instalación para la medición triboeléctrica, extractiva de polvo y de aerosoles en gases en circulación.

10 Los gases de escape de fuentes de emisión en las viviendas, en el tráfico privado y en el tráfico de mercancías y en la industria contienen partículas en suspensión. Una mezcla de sustancias de partículas en suspensión y un gas portador se designa con frecuencia como AEROSOL. Especialmente las partículas en suspensión submicroscópicas dan motivo para la preocupación pública, puesto que son accesibles a los pulmones y pueden tener repercusiones para la salud.

15 Para la caracterización de fuentes de emisión y mediciones de partículas en suspensión en gases de escape debe tomarse en una primera etapa una muestra fiel, cuya concentración de partículas en suspensión permite una manifestación directa sobre la cantidad de las partículas en suspensión nocivas emitidas por la fuente de emisión. Por lo demás, debe proporcionarse un método de medición, que posibilita una caracterización lo más expresiva posible de las partículas en suspensión teniendo en cuenta su toxicidad.

20 Para la medición de las partículas se utilizan tradicionalmente métodos gravimétricos: se mide la masa de partículas separadas, por ejemplo, en un filtro y sirve como indicador para la toxicidad del gas de escape. Es un inconveniente que precisamente las partículas especialmente peligrosas, por que son pequeñas accesibles a los pulmones y las partículas de tamaño medio no se tienen en cuenta en comparación con las partículas grandes.

Por lo tanto, durante la medición de emisiones de partículas de motores y vehículos adquiere importancia el número de las partículas emitidas como variable característica.

25 Sería deseable proporcionar un método de medición y un dispositivo correspondiente, que proporcionen resultados de medición más acordes con la toxicidad que las mediciones gravimétricas y que calcular, por ejemplo, el número de partículas en lugar de su masa total. Esto se exige también en la elaboración de normas más recientes de gases de escape (por ejemplo en el esbozo de proyecto de Programa de Medición de Partículas (PMP) de la UNECE/GPPE). Además, un dispositivo de medición debería ser lo más económico y compacto posible, para que se pueda aplicar en centros de ensayo de medición de los Departamento de Tráfico por Carretera locales y en garajes de automóviles, etc.

30 La invención abre el camino hacia un método de medición y un dispositivo, que tienen en cuenta estas condiciones.

Se conocen en sí métodos de medición para la determinación del número de partículas. Pero se plantean los siguientes problemas:

35 1. Dilución: nunca se puede medir toda la corriente de gas de escape, sino que debe tomarse una muestra, cuya concentración de partículas en suspensión permite hacer declaraciones sobre la cantidad total de partículas en suspensión emitidas. De acuerdo con el estado de la técnica, delante del sistema de medición se conecta con frecuencia un llamado dispositivo de dilución de la corriente total: todo el gas de escape es conducido a la sección de medición; adicionalmente se añade tanto gas de dilución que la corriente volumétrica en la sección de medición es constante independientemente de la cantidad de gas de escape. De esta manera se consigue que la concentración de partículas en suspensión en la sección de medición sea proporcional a la cantidad total emitida de partículas. Para una medición solamente hay que derivar una cantidad parcial discrecionalmente grande del gas en la sección de medición y calcular la concentración de partículas contenida en ella. Pero los sistemas de medición que se basan en la dilución de la corriente total son muy costosos, grandes y caros, puesto que debe controlarse un volumen de gas muy grande (la corriente volumétrica en la sección de medición debe ser, en efecto, mayor que la corriente máxima de gas de escape, por ejemplo a plena carga el motor).

40 2. Partículas volátiles en suspensión: en las partículas en suspensión se trata de una mezcla de sustancias volátiles y sólidas. Tal situación existe, por ejemplo, en el gas de escape Diesel; en este caso, las partículas de polvo sólidas están constituidas de manera predominante de carbono, las partículas volátiles están constituidas de hidrocarburos condensados y/o ácido sulfúrico y agua. En muchos casos, es deseable separar las partículas en suspensión volátiles de las partículas en suspensión sólidas o eliminar las partículas en suspensión volátiles. Por ejemplo, cuando se trata de enfermedades de las vías respiratorias, las partículas en suspensión sólidas contribuyen en una medida predominante a la toxicidad de los gases de escape. Además, en la toxicidad de partículas en suspensión volátiles – la medida de la toxicidad es objeto de investigaciones en curso – son decisivos otros criterios de medición; su número no es relevante

en una primera aproximación, en cambio sí lo es su masa total.

Para la eliminación de las partículas en suspensión volátiles desde el gas de medición existen algunos principios de acuerdo con el estado de la técnica:

5           Termo desorbedor: el termo desorbedor (designado con frecuencia también como termo denudador) es un aparato utilizado desde hace varios años y comercializado por diferentes proveedores (TSI/Topas; Dekati) para la eliminación de partículas volátiles desde un aerosol. El termo desorbedor está constituido por un tubo caliente, en el que se puede llevar el aerosol a una temperatura definida y de esta manera se pueden evaporar los componentes volátiles del aerosol; en él se conecta una llamada trampa de carbón activo, en la que se conduce la mezcla de aerosol y valor a través de un tubo con paredes de rejilla de alambre, fuera de las cuales se encuentra el carbón activo (granulado). Las moléculas de vapor de los componentes volátiles de aerosol penetran en virtud de su movimiento de difusión fuerte hasta los granos de carbón activo, donde son absorbidas y de esta manera son eliminadas del aerosol. Las partículas de aerosol sólidas, no evaporada siguen la corriente de gas a través del tubo con las paredes de rejilla. Detrás de la trampa de carbón activo, el aerosol contiene, en virtud de la absorción a través del carbón activo, solamente todavía tan pocos vapores que éstos no se condensan no se condensan en una medida insignificante. La eliminación de componentes de aerosol volátiles depende, en circunstancias desfavorables, del grado de saturación el carbón activo.

20           Eyector – dispositivo de dilución (Dekati): la Firma finlandesa Dekati ofrece los llamados eyectores – dispositivos de dilución, en los que el aerosol bruto es conducido a través de una tobera y es arrastrado por una corriente de aire de dilución rápida. Los inconvenientes del eyector - dispositivo de dilución son la zona de ajuste estrecha de la relación de dilución y su dependencia de las relaciones de la presión.

3. Dificultades de medición en partículas pequeñas: los métodos de medición habituales tienen sus límites en el recuento de partículas en suspensión muy pequeñas, que pueden tener especialmente importancia en cuanto al número.

25           Un método habitual en sí para el recuento de partículas en suspensión se basa en la dispersión de la luz de estas partículas durante el paso a través de un rayo de luz. Las partículas son sopladas a tal fin por medio de una tobera a través del chorro de luz continuo. A través del dimensionado correspondiente del diámetro de la tobera, la concentración de las partículas y el diámetro del rayo de luz se puede asegurar que en cada caso solamente una partícula individual se encuentra en el rayo de luz. Durante el paso a través del rayo de luz, una partícula dispersa la luz en direcciones espaciales fuera de la dirección del rayo. Por lo tanto, fotodiodos, que están dispuestos en estas direcciones espaciales, detectan una subida de la intensidad de la luz durante el paso de la partícula. El número de los pulsos de luz dispersa medidos de esta manera es, por lo tanto, igual al número de las partículas, que han sido inyectadas en la óptica de recuento.

35           La intensidad de la luz dispersa depende en gran medida del tamaño de las partículas. Por debajo de un tamaño de las partículas de 200-300 nm, una determinación de la señal de la luz dispersa es muy costosa o prácticamente no es posible. Por lo tanto, el método del recuento de las partículas sobre la dispersión de la luz se aplica con frecuencia en combinación con los llamados contadores de núcleos de condensación (CNC): puesto que las partículas en la zona submicroscópica debido a la intensidad reducida de la luz dispersada por ellas se sustraen a un recuento con métodos ópticos, se “agrandan” físicamente en el contador de núcleos de condensación a través de la evaporación de un líquido hasta que proporcionan una señal de luz dispersa suficiente para un recuento. A tal fin, se conduce el aerosol que contiene partículas submicras en primer lugar sobre el vapor saturado del líquido; a continuación se genera a través de refrigeración fuerte en un condensador una sobresaturación del vapor, que se condensa a continuación sobre las superficies disponibles, entre otros sobre las partículas. El diámetro, que alcanzan las gotitas que se condensan sobre las partículas hasta el final del proceso de condensación, es en gran medida independiente del tamaño original de las partículas de aerosol.

45           Con frecuencia se emplea butanol como líquido evaporado: el gas que contiene partículas circula en primer lugar a través de un trayecto caliente (35°C) sobre un baño de butanol. En este caso, se satura el gas con vapor de butanol. A continuación sigue una parte refrigerada (condensador, 10°C), donde el vapor se satura debido a la temperatura reducida y se condensa sobre las partículas. Las partícula crecen de esta manera hasta gotas de típicamente 50           aproximadamente 10 µm de diámetro.

55           Sin embargo, la formación de partículas solamente funciona por encima de un cierto diámetro mínimo de las partículas de aerosol introducidas. La sobresaturación solamente puede ser tan grande que no se produzca una nucleación homogénea, es decir, la formación de gotas sin núcleo de condensación. Por otra parte, la sobresaturación debería ser lo más grande posible para que puedan crecer también partículas muy pequeñas (elevación de la presión del vapor en partículas pequeñas). Dada la sobresaturación, el diámetro mínimo  $D_k$  se determina a través de la ecuación de Kelvin-Gibbs:

$$Dk = 4 \sigma M / RT \rho \ln(S)$$

(Dk: Diámetro de Kelvin

sigma : tensión superficial

M: masa molar de las moléculas de vapor

5 rho: densidad del líquido

R: constante del gas

S: sobresaturación).

10 La ecuación se aplica para gotas del material del vapor, es decir, sólo cuando ya al menos una monocapa de vapor está absorbida sobre la partícula. La condición de que exista esta monocapa, depende de la superficie de la partícula.

Esto significa para el contador de núcleos de condensación (NC):

1. Deben cumplirse las condiciones para la formación de la primera capa (en función del material de las partículas, estructura superficial).

2. Para que la partícula pueda continuar creciendo, debe alcanzarse la sobresaturación crítica o bien  $D > D_k$ .

15 Además de estos fenómenos, también todavía pérdidas de difusión en el CNC pueden perturbar la medición de partículas muy pequeñas.

Límites inferiores típicos para el tamaño de las partículas están en 20 nm o todavía menores. Actualmente existen ya modelos, que con 3 nm presentan todavía 50 % de eficiencia. El tamaño final de las gotas que aparecen en el CNC es en gran medida independiente del tamaño de las partículas.

20 En la medición de partículas de emisiones de motores y de vehículos puede suceder – por ejemplo debido a la formación de condensado en la toma de muestras – que una porción no insignificante de las partículas se encuentre en la proximidad de este umbral de sensibilidad relacionado con el diámetro de los contadores de núcleos de condensación. El resultado de la medición depende entonces en gran medida de la distribución momentánea de los tamaños y normalmente no estable de las partículas y, por lo tanto, no es ya fiable.

25 Por lo tanto, la invención se plantea los siguientes cometidos:

Un primer cometido de la invención es proporcionar un dispositivo para la separación de partículas volátiles en suspensión, de manera que para una caracterización amplia o procesamiento del aerosol permanezcan sólo todavía las partículas de polvo sólidas. El dispositivo debería evitar los inconvenientes de los dispositivos existentes y debería ser especialmente sencillo en la fabricación y manipulación, debería trabajar de manera fiable y debería

30 posibilitar una eliminación lo más amplia posible de las partículas volátiles en suspensión.  
Un segundo cometido de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo, que reducen al mínimo los factores de influencia perturbadora en la medición de partículas críticas en el tiempo desde corrientes volumétricas variables y en este caso prescindir de la dilución desfavorable de la corriente total.

35 Otro cometido de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo, que permiten la determinación de estados, en los que la medición no es ya fiable y, dado el caso, debe completarse por medio de otros métodos.

El procedimiento proporcionado de acuerdo con un primer aspecto de la invención para la separación de partículas volátiles en suspensión y el dispositivo correspondiente se basan en un trayecto caliente y una unidad de dilución. Por ejemplo, el dispositivo posee:

a) un trayecto caliente y una unidad de dilución conectada a continuación, o

40 b) la unidad de dilución y un trayecto caliente conectado a continuación.

En el trayecto caliente se eleva la temperatura del aerosol de tal manera que sus componentes volátiles pasa a la fase de gas. Al final del trayecto caliente se encuentra, por lo tanto, una mezcla de sustancia modificada, en la que sólo todavía las sustancias no evaporadas están presentes como partículas, pero las sustancias volátiles están presentes como vapores.

45 En el sistema de dilución, a través de la mezcla de gas portador libre de partículas con el aerosol se reduce la concentración de las partículas y gotitas, mientras que no se modifican la composición de la sustancia de las

partículas o la porción de gotitas volátiles con respecto a las partículas sólidas. Para el gas portador libre de partículas utilizado para la dilución se puede suponer que la porción de sustancias contenidas en él, que están presentes en el aerosol como gotitas o vapores, es insignificante bajo. Por lo tanto, el proceso de dilución conduce a una reducción de la presión del vapor de tales sustancias. Toda la unidad de dilución y el gas portador libre de partículas utilizado para la dilución se pueden calentar.

En una disposición de acuerdo con a) (unidad de dilución conectada a continuación) se evaporan sustancias volátiles en primer lugar en el trayecto caliente; a través de la dilución conectada a continuación no sólo se reduce la concentración de las partículas sólidas, sino también la presión del vapor de las sustancias volátiles, que se encuentran en este lugar en la fase de vapor. A través de la regulación de una dilución suficiente se puede reducir la presión del vapor tan fuertemente que las sustancias volátiles no se condensan tampoco durante la refrigeración siguiente a la temperatura original del aerosol. La mezcla de sustancia que sale desde la disposición contiene, por lo tanto, sólo todavía partículas sólidas.

En una disposición según b) (unidad de dilución anteconectada) se reduce en primer lugar la concentración tanto de partículas sólidas como también de gotitas volátiles en la unidad de dilución. En el trayecto caliente conectado a continuación se transfieren las sustancias volátiles entonces a la fase de vapor. A través de la regulación de una dilución suficiente se puede reducir la concentración de las gotitas volátiles de tal manera que después de la evaporación en el trayecto caliente la presión del vapor de estas sustancias es tan baja que tampoco se condensan ya después de la refrigeración siguiente a la temperatura original del aerosol. La mezcla de sustancias que sale desde la disposición contiene, por lo tanto, sólo todavía partículas sólidas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se trata de un procedimiento y de un dispositivo, que posibilitan una dilución del aerosol a caracterizar y/o la preparación de un gas de medición, cuya concentración en partículas en suspensión es característica para la cantidad total de partículas en suspensión emitidas.

Si se quiere apartar del principio costoso mencionado de la dilución de la corriente total, hay que pasar desde el volumen de muestra tomado para la medición a todo el volumen de gas emitido por la instalación. Esto requiere una medición de las corrientes volumétricas tanto en la sección de medición como también en la sección principal de gases de escape así como su consideración en la determinación y evaluación de los datos.

Si en la corriente de gases de escape se trata de una corriente volumétrica constante, entonces se puede limitar la evaluación de los datos a la multiplicación de los datos de medición por un factor de proporcionalidad. No obstante, en determinados casos la corriente volumétrica de gases de escape está sometida a fuerzas oscilaciones temporales, tal vez en la medición de emisiones de vehículos durante un ciclo de marcha en el banco de pruebas de rodillos. Para una evaluación correcta de los datos deben tenerse en cuenta entonces variables de influencia adicionales críticas de tiempo, tal como

- el intervalo de tiempo entre la medición de la corriente volumétrica en la sección de gases de escape y la entrada de la nube de partículas correspondiente en el instrumento de medición,
- el desvanecimiento condicionado por la difusión de los (flancos de la) nube de partículas sobre la vía de transporte hacia el instrumento de medición,
- el comportamiento de reacción del principio de medición realizado en el instrumento a una concentración de partículas que se modifica rápidamente.

Estos requerimientos son contemplados por el segundo aspecto de la invención:

El valor de medición de la medición de la corriente volumétrica en el canal de gas bruto (la sección principal) se utiliza para variar en el tiempo la relación de dilución en la unidad de dilución. A través de la unidad de dilución se transfiere dosificado gas bruto desde el canal de gas bruto hasta un canal de gas de medición, siendo regulada la transferencia de tal manera que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo depende de la corriente volumétrica del canal de gas bruto y es tanto mayor cuanto mayor es la corriente volumétrica en el canal de gas bruto.

De acuerdo con ello, la unidad de dilución se puede regular de tal forma que con alta corriente de volumen de gas de escape se realiza una dilución pequeña, en cambio con baja corriente de volumen de gas de escape se realiza una dilución alta; si se reduce la corriente de volumen de gas de escape a cero, entonces la relación de dilución es indefinida, es decir, que solamente se alimenta a los instrumentos de medición gas de dilución libre de partículas.

Una medición de las corrientes volumétricas de gas de escape (canal de gas bruto = sección principal) y gas de medición (canal de gas de medición = sección secundaria) se puede realizar a través de diferentes principios de medición conocidos, de manera que se puede presuponer la disponibilidad de los datos de medición contenidos a partir de ellos.

De acuerdo con una forma de realización especialmente preferida, la regulación se seleccionará de tal manera que la corriente de partículas que sale desde la unidad de dilución en su curva temporal es exactamente proporcional a la corriente de partículas en la sección de gas de escape (eventualmente salvo un desplazamiento de tiempo insignificante, condicionado a través de la distancia espacial de la medición de la corriente volumétrica y la unidad de dilución; éste se puede corregir, por ejemplo, electrónicamente). De esta manera se asegura que los instrumentos de medición conectados a continuación de la unidad de dilución miden una curva de tiempo de la concentración de partículas, que corresponde exactamente a la corriente de partículas a través de la sección principal de gas de escape.

Una forma de realización que se basa en tecnología ya realizada de la unidad de dilución es un llamado dispositivo de dilución rotatorio (o dispositivo de dilución de carrusel), en el que un disco provisto con cavidades transfiere volúmenes pequeños de gas bruto el gas de dilución libre de partículas. (Un dispositivo de dilución rotatorio de esta clase – Tipo MD19-2E – se puede adquirir de la solicitante de la patente, la Matter Engineering AG; informaciones correspondientes se encuentran en Ch. Hueglin, L. Scherrer y H. Burtscher, J. Aerosol Sci. 28 página 1049 (1997) o directamente en el fabricante). Cuanto más lento gira el disco, tanto menos gas bruto llega a la corriente de dilución, y tanto más alta es la relación de dilución. La frecuencia de rotación se calcula a partir de un valor de previsión por parte del usuario y, por ejemplo, la corriente de gas de dilución, de manera que con el mismo valor de previsión y una corriente de gas de medición variable – tal vez a través de la conexión de otro instrumento de medición – la relación de dilución permanece constante a través de la adaptación de la frecuencia de rotación.

El principio de control descrito anteriormente para la frecuencia de rotación del disco se amplía ahora de tal manera que se introduce también la corriente volumétrica medida en la sección de salida de gases en el cálculo de la frecuencia de rotación. Por ejemplo, en el caso de un gas de escape en reposo (que corresponde al “motor desconectado”) se mide una corriente volumétrica nula; el vapor preajustado para la frecuencia de rotación se multiplica por el valor de la corriente volumétrica (en este caso cero), de manera que cuando el gas de escape está en reposo no gira ahora tampoco el disco.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporcionan un procedimiento y un dispositivo, que dan de la misma manera un paso en el camino hacia un dispositivo de caracterización comparativamente compacto, sensible al número de partículas, para aerosoles. Se aplica en contadores de núcleos de caracterización (CNC), en los que los problemas descritos con partículas están cerca de o por debajo del tamaño crítico.

Si las partículas de aerosoles introducidas en los contadores de núcleos de caracterización no alcanzan un cierto tamaño mínimo, entonces no se puede aplicar el proceso de condensación con un grado de sobresaturación dado del vapor o solamente muy lentamente. Las gotitas condensadas en partículas de aerosoles tan pequeñas tienen como consecuencia un diámetro claramente más reducido que las condensadas sobre partículas de partida mayores.

En el tipo de funcionamiento habitual de contadores de núcleos de condensación se determina si un rayo de luz dispersa determinado por la óptica de recuento presenta una cierta intensidad mínima para tenerlo en cuenta como señal de una partícula en la evaluación. De esta manera, el CNC mide la concentración de partículas, pero no suministra ninguna información del tamaño. Ésta debe obtenerse en caso necesario a través de la combinación con un analizador de movilidad o una batería de difusión.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, más allá de la simple discriminación, se registra, además, la intensidad del pulso de luz dispersa tan sensiblemente que se puede calcular la distribución de la frecuencia de las intensidades.

De esta manera, este aspecto de la invención aprovecha la propiedad de que en la óptica de recuento las gotitas pequeñas generan señales de dispersión de intensidad considerablemente reducida. Por lo tanto, si aparecen pulsos de luz de intensidad reducida, esto indica la existencia de partículas pequeñas en el aerosol. “Pequeño” significa aquí “en la proximidad del umbral de detección relacionado con el diámetro del instrumento”.

Si la frecuencia relativa de pulsos de luz “pequeños” excede una cierta medida, esto indica números de partículas significativos en la zona del umbral de detección, de manera que no se puede partir ya de una medición fiable del número total de partículas.

Este procedimiento es independiente de otros parámetros de la medición de partículas y, por lo tanto, se puede emplear como criterio adicional para la validación del resultado.

A continuación se describen en detalle ejemplos de realización de la invención con la ayuda de dibujos. En los dibujos:

Las figuras 1a y 1b muestran, respectivamente, esquemas de formas de realización del primer aspecto de la invención.

La figura 2 muestra un esquema de una forma de realización del segundo aspecto de la invención.

La figura 3 muestra un esquema de una disposición para la preparación de gas de medición, que está libre de partículas volátiles en suspensión y cuya concentración en partículas sólida en suspensión es proporcional a la cantidad de partículas en suspensión en un canal de gas bruto.

5 La figura 4 muestra un esquema de una forma de realización del tercer aspecto de la invención.

Las figuras 5a y 5b muestran distribuciones ficticias de la frecuencia de pulsos de luz dispersa en función de su intensidad.

10 Las formas de realización de la invención según las figuras 1a y 1b se basan en el principio de la dilución: toda la corriente de gas que entra ese el canal de gas bruto es conducida al canal de gas de medición. Una unidad de dilución consiste en estos casos, por lo tanto solamente en una adición de gas de dilución al gas bruto, estando el gas de dilución con preferencia libre de partículas en suspensión.

15 De acuerdo con la figura 1a, la corriente de gas que contiene partículas en suspensión, que circula al canal de gas bruto 1 es calentada en un trayecto de calentamiento 2 de tal manera que se evaporan las partículas volátiles en suspensión. En los gases de combustión, la temperatura necesaria para ello es normalmente al menos aproximadamente 180°C o al menos 200°C. La temperatura máxima depende de los materiales brutos utilizados y es, por ejemplo, aproximadamente 400°C, puesto que a temperaturas más elevadas se inician efectos catalíticos sobre las superficies metálicas y se pueden falsificar los resultados de la medición. Las temperaturas preferidas están, por ejemplo, aproximadamente entre 190°C y 350°C, especialmente preferida es la zona entre 200°C y 300°C. Los medios de calentamiento presentes sobre el trayecto de calentamiento 2 pueden presentar una calefacción tubular, pero también son concebibles otros medios de calentamiento, por ejemplo hilos calefactores que se extienden en el canal de gas.

20 El gas de dilución es conducido sobre un canal de gas de dilución 3. El canal de gas de dilución desemboca en un lugar en el canal de gas bruto, en el que los gases de escape de la combustión que se encuentran en éste están todavía totalmente calientes, por lo tanto se encuentran, por ejemplo, siempre todavía en el intervalo de temperatura entre 180°C o 200°C y 400°C. La dilución provoca que los aerosoles volátiles evaporados no se condensen de nuevo en el canal de gas de medición 4.

25 La disposición de acuerdo con la figura 1b se diferencia de la mostrada en la figura 1a por que el canal de gas de dilución 3 está dispuesto en la dirección de la circulación delante del trayecto caliente 2.

30 Las disposiciones – sólo representada de forma muy esquemática – de acuerdo con las figuras 1a y 1b se pueden emplear o modificar de múltiples maneras.

- De forma ejemplar, el gas introducido en el canal de gas bruto 1 no es el gas bruto total obtenido, por ejemplo, como gas de escape de la combustión, en su lugar se puede utilizar también sólo una parte de este gas.
- La cantidad de gas introducida en el canal de gas de dilución 3 se puede regular, por ejemplo, de tal manera que la cantidad de gas que circula en el canal de gas de medición 4 es siempre constante.
- A diferencia del principio de la dilución de la corriente total, se puede conducir también sólo una parte del gas bruto junto con gas de dilución a un canal de gas de medición. A tal fin, sigue más adelante todavía un ejemplo, allí en combinación con el segundo aspecto de la invención.

35 Una forma de realización del segundo aspecto de la invención se muestra en la figura 2. Los medios de medición de la corriente volumétrica, por ejemplo una primera sonda de medición 11, calculan la corriente volumétrica presente en el canal de gas bruto 1. Los resultados de la medición con alimentados a un regulador 12. Éste regula una unidad de dilución, por ejemplo un dispositivo de dilución de carrusel 13 conocido en sí. La unidad de dilución está dispuesta y configurada de tal forma que se alimenta al canal de gas de medición 4 solamente una parte del gas bruto (por ejemplo del gas de escape). La regulación se realiza de tal forma que la cantidad del gas bruto alimentada al canal de gas de medición 4 por unidad de tiempo es tan mayor cuanto mayor es la corriente volumétrica en el canal de gas bruto. De acuerdo con una forma de realización preferida, la cantidad de gas bruto alimentada al canal de gas de medición 4 es proporcional a la corriente volumétrica. La corriente volumétrica de la corriente de gas de dilución que entra en el canal de gas de medición 4 se puede mantener constante a través de medios adecuados (bombas de precisión, válvulas de estrangulamiento). De manera alternativa o complementaria a ello, también en el canal de gas de medición pueden estar presentes medios de medición de la corriente volumétrica, por ejemplo una segunda sonda de medición 14, siendo regulada entonces la cantidad de gas bruto alimentada al canal de gas de medición, por ejemplo, de tal manera que es también proporcional a la corriente volumétrica del gas de dilución.

50 La medición de corrientes volumétricas se puede realizar de manera conocida en sí, por ejemplo con un medidor de

flujo de hilo caliente, a través de medición de la caída de la presión sobre un tubo Venturi, con un medidor de la circulación de turbinas, etc. Pero también puede estar previsto que se acondicione ya datos conocidos en sí sobre la corriente volumétrica del gas bruto. Por ejemplo, se pueden calcular datos muy precisos sobre la corriente volumétrica a partir de datos existentes en la electrónica del motor de motores de combustión modernos, por ejemplo a partir del número de revoluciones y de la presión de carga de un turbocompresor. En este último caso, los medios para el cálculo de la corriente volumétrica en el canal de gas bruto están constituidos solamente por medios electrónicos de comunicación, que están en conexión con la electrónica del motor y a partir de ésta se pueden deducir datos de la corriente volumétrica.

En la figura 3 se representa una disposición, que sirve para la preparación de gas de medición, que está libre de partículas volátiles en suspensión y cuya concentración en partículas sólidas en suspensión es proporcional a la cantidad de partículas en suspensión en un canal de gas bruto. La disposición combina principios de los dos aspectos mostrados anteriormente de la invención.

A partir de un canal de gas bruto 21 se deriva gas bruto sobre un canal de gas bruto secundario 31 con la ayuda de una bomba 26. Sobre un primer trayecto caliente 2 se calienta este gas bruto y a continuación se diluye. La dilución se realiza aquí sobre un dispositivo de dilución de carrusel 13 en un canal de gas de medición, al que afluye gas de dilución – en la figura en el brazo superior del canal -. Un filtro de partículas 22 puede estar antepuesto para asegurar que el gas de dilución está libre de partículas en suspensión. En la disposición mostrada, a continuación del dispositivo de dilución de carrusel está conectado un segundo trayecto de calentamiento 2'. El primero y el segundo trayectos de calentamiento 2, 2' pueden colaborar, por ejemplo, de tal manera que se alcanza la temperatura deseada para la dilución (por ejemplo, entre 180°C y 400°C) ya en o bien después el segundo trayecto de calentamiento 2', por lo tanto, el primer trayecto de calentamiento sirve como fase de precalentamiento, por ejemplo para impedir que la temperatura del gas bruto caiga durante la entrada en el canal de gas bruto secundario 31 por debajo del punto de rocío, con lo que se producirían nuevas partículas volátiles, no presentes todavía en el canal de gas bruto 21. Un trayecto de precalentamiento de gas de dilución 2'' pueden servir, por ejemplo, para precalentar el gas de dilución aproximadamente a la misma temperatura que el gas bruto. La temperatura del gas bruto y del gas de dilución delante del segundo trayecto de calentamiento 2' está, por ejemplo, entre 70°C y 160°C.

En el canal de gas bruto 21 está presente una primera sonda de medición 11 para la determinación de la corriente volumétrica. El regulador 12 regula la alimentación de gas bruto al canal de gas de medición 4, por ejemplo, de manera que la cantidad de gas bruto alimentada al canal de gas de medición 4 por unidad de tiempo es proporcional a la corriente volumétrica en el canal de gas bruto 21 y es también proporcional a la corriente volumétrica de gas de dilución en el canal de gas de medición; esta última se determina a través de una segunda sonda de medición 14. Otras sondas de medición 23, 24, 25 sirven para la determinación de la temperatura y de la presión de los gases en el canal de gas de medición y en el canal de gas bruto secundario; los valores calculados con estas sondas se pueden introducir de la misma manera en la regulación realizada a través del regulador 12 (no se muestra).

En el ejemplo mostrado, la primera sonda de medición 11 está instalada en la dirección de la circulación después de la ramificación del canal de gas bruto secundario 31 en el canal de gas bruto 21. La cantidad de gas bruto derivada al canal de gas bruto secundario es en muchos casos insignificante y se puede pasar por alto. Pero también se puede realizar una corrección correspondiente, por ejemplo la bomba 26 transportará a menudo un volumen exacto conocido por unidad de tiempo; también las mediciones de la presión y de la temperatura con sondas de medición 24, 25 pueden suministrar informaciones a este respecto. De manera alternativa a ello, la primera sonda de medición 11 puede estar instalada delante de la ramificación del canal de gas bruto secundario.

En el dibujo se representa todavía un racor 27 para la introducción de un aerosol de calibración. De esta manera se pueden calibrar los sistemas de medición presentes en el canal de gas de medición 4 o conectados a continuación de éste.

Como gas de dilución se puede utilizar cualquier gas – como en todas las otras formas de realización -. Con preferencia, no debería presentar esencialmente partículas en suspensión, es decir, que la concentración de partículas en suspensión debería ser mucho menor que la del gas bruto. Con frecuencia será conveniente utilizar aire filtrado como gas de dilución.

A continuación del canal de gas de medición se pueden conectar unidades de medición para la caracterización del aerosol presente en el canal de gas de medición. Éstas se pueden basar en diferentes principios físicos y pueden caracterizar propiedades físicas y químicas de las partículas en suspensión. Por ejemplo, se pueden analizar la dispersión de la luz en las partículas, la carga eléctrica difundida sobre las partículas, el rendimiento fotoeléctrico, la movilidad, etc. o también la masa de partículas. Se pueden conectar en paralelo varias unidades de medición diferentes o en determinadas circunstancias se pueden disponer también en serie; una combinación de diferentes principios físicos eleva la capacidad de expresión de las mediciones. Un ejemplo especialmente preferido para una unidad de medición, que se puede disponer a continuación del canal de gas de medición, es un contador de núcleos de condensación descrito todavía más adelante de acuerdo con el tercer aspecto de la invención.

A continuación se describe una forma de realización del tercer aspecto de la invención, En la figura 4 se reproduce a este respecto de forma esquemática un contador de núcleos de condensación para el recuento de las partículas en suspensión. Los contadores de núcleos de condensación son conocidos en sí; por lo tanto, los detalles del aparato y el modo de funcionamiento del contador de núcleos de condensación se describen aquí sólo de forma resumida. Se entiende que el tercer aspecto de la invención se puede combinar con cualquier estructura conocida o nueva de contador de núcleos de condensación. Una cantidad determinada, en general pequeña (por ejemplo, aproximadamente 1 l/min) de gas de medición es derivada desde el canal de gas de medición 4 (a tal fin existen eventualmente bombas, válvulas de estrangulamiento, medios de regulación, etc., que no se representan aquí). El gas de medición es desviado a través de un saturador caliente 41 (temperatura, por ejemplo, aproximadamente 35°C); en éste entra en contacto, por ejemplo, con una espuma impregnada con butanol (naturalmente, también son concebibles, en lugar de butanol, otras sustancias volátiles). A continuación se conduce a través de un condensador 43 provisto con medios de refrigeración 42 (temperatura, por ejemplo, aproximadamente 10°C), donde el butanol presente en sobresaturación a las temperaturas dominantes allí se condensa en la superficie de las partículas en suspensión. Pero en virtud de las limitaciones descritas al principio, éste sólo es el caso en medida suficiente para partículas en suspensión con un cierto radio mínimo. A continuación del condensador 43, el gas de medición llega a través de una tobera de salida 44 hasta una cámara de medición, en la que se enfoca un rayo de luz 47 generado por una fuente de luz 45 – típicamente un diodo láser – sobre un volumen de medición que se encuentra directamente detrás del orificio de salida de la tobera de salida 44. La luz dispersa en gotitas de butanol (con una partícula en suspensión como núcleo de condensación) llega a través de medios de enfoque 46 sobre un foto detector 49; la luz no dispersa es absorbida por una pantalla 48. Los pulsos de luz generados por el foto detector llegan a una unidad de evaluación 50.

De acuerdo con la invención, en la unidad de evaluación 50 – puede comprender medios para la amplificación electrónica analógica y/o digital, preparación y/o conversión de señales así como medios electrónicos de procesamiento de datos – se lleva a cabo una evaluación de acuerdo con intensidades de la luz dispersa. En efecto, se ha constatado que tal evaluación proporciona indicaciones sobre la fiabilidad de la medición. Para la ilustración se representan en las figuras 5a y 5b dos diagramas, que representan para diferentes situaciones la frecuencia (C) de los pulsos de medición calculados durante un cierto periodo de tiempo de medición en función de la intensidad del impulso (I). (Los diagramas son, por lo tanto, propiamente histogramas). La intensidad del impulso I depende del tamaño de las partículas. Las intensidades muy pequeñas de los impulsos corresponden a partículas, sobre cuya superficie o se ha podido depositar condensado suficiente.

En ambos diagramas,  $I_{th}$  representa la intensidad umbral, por debajo de la cual no se han podido obtener ya resultados de medición o resultados de medición fiables. Con 61 se designa la curva medida, con 62 la distribución de la frecuencia en la zona no medible ya por debajo de la intensidad umbral, que no es accesible, por lo tanto, en la práctica. Los pulsos, cuya intensidad está por debajo de la intensidad umbral, no son registrados en un recuento.

La figura 5a representa el caso normal. A partir de la curva de la distribución de la frecuencia medida 61 se puede deducir con fiabilidad realmente grande que la frecuencia de los pulsos no medibles (representados a través de la línea de puntos 62) es pequeña. Esto no sucede en un caso como en la figura 5b, donde la distribución de la frecuencia medida 61 no cae esencialmente partiendo desde intensidades grandes hacia  $I_{th}$  o incluso se incrementa. Aquí hay que contar con una frecuencia grande en la zona no medible. De manera correspondiente, no se puede utilizar un resultado de medición, que solamente cuenta los pulsos que se encuentran en la zona medible (como en la figura 5b). Debe desecharse.

Las partículas sólidas en suspensión en gases de escape de motores de combustión son propiamente siempre relativamente ‘grandes’, es decir, cuyo tamaño apenas está en cada caso por debajo del umbral de detección de contadores de núcleos de condensación modernos. El motivo es por que en la cámara de combustión predomina una concentración muy alta de partículas sólidas en suspensión, con lo que forzosamente tiene lugar una coagulación en conglomerados mayores. (Distinto es el caso, por ejemplo, en turbinas). Por este motivo, una alta concentración de partículas en suspensión ‘pequeñas’ tiene con frecuencia uno de los dos significados siguientes:

- a. Están presentes todavía partículas volátiles en suspensión. Si se combinase el tercer aspecto de la invención descrito aquí con el primer aspecto de la invención, esto significa, en general, que existe una función errónea, por ejemplo que el trayecto de calentamiento no está suficientemente caliente.
- b. Están presentes partículas en suspensión sólidas “inhabituales”, que deben investigarse adicionalmente con otros métodos de medición. Tales se pueden producir, producir, por ejemplo, a través de aditivos en el combustible, por ejemplo los aditivos de cerio utilizados a menudo.

La distinción de si un resultado de la medición es útil o debe desecharse se puede realizar con la ayuda de la distribución de la frecuencia (en función de la intensidad del pulso) de diferentes maneras. Por ejemplo, se puede calcular la frecuencia de los pulsos, que son medidos en un intervalo de intensidad I determinado, que está por encima del valor umbral y se puede poner en relación con la intensidad total medida. Cuando la porción de pulsos medida en el intervalo de intensidad I excede un cierto porcentaje regulable, se desecha la medición. De manera

alternativa a ello, se puede determinar también el gradiente de la curva  $C(I)$  en la proximidad de  $I_{th}$  y se puede desechar la medición, por ejemplo, cuando es negativa, o se puede comparar el máximo de la curva  $C(I)$  con el valor de  $I_{th}$ .

5 El dispositivo de acuerdo con este tercer aspecto de la invención contiene, por lo tanto, medios para el análisis electrónico de la distribución de la frecuencia, de manera que en virtud de la distribución de la frecuencia se pueden sacar conclusiones sobre la frecuencia de partículas por debajo de un cierto tamaño umbral.

10 En resumen, de acuerdo con un primer aspecto de la invención se eliminan partículas volátiles en suspensión, calentando en una primera etapa el aerosol a una temperatura, a la que las partículas volátiles en suspensión se evaporan y en una segunda etapa se diluye el aerosol con un gas de dilución. La secuencia de la primera y de la segunda etapa se puede intercambiar. De acuerdo con un segundo aspecto, se lleva a cabo una dilución del gas bruto, de manera que se alimenta gas bruto a un canal de gas de medición recorrido por la corriente de gas de medición, de manera que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo depende de la corriente volumétrica en el canal de gas bruto. De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, en un contador de núcleos de condensación no sólo se evalúa el número de pulsos de luz dispersa medidos, sino también su intensidad, para  
15 poder hacer manifestaciones sobre la fiabilidad de la medición.

20 Las unidades para la realización del primero, segundo y tercer aspectos se pueden combinar entre sí, lo que proporciona resultados ventajosos. Pero tales unidades se pueden combinar también, de manera alternativa o complementaria, con otros procedimientos y dispositivos para la caracterización, separación o eliminación de aerosoles – de acuerdo con el estado de la técnica o desarrollados nuevos-. Especialmente ventajosas son una combinación del primero y del tercer aspectos de la invención con respecto a mediciones fiables del número de partículas solamente de las partículas sólidas en suspensión o una combinación del primero y del segundo aspectos de la invención o también del segundo y del tercer aspectos con respecto a la reducción de la extensión y del consumo de energía de una instalación para la medición de partículas tóxicas en suspensión.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para la caracterización de un aerosol, en el que el aerosol a caracterizar contiene partículas volátiles en suspensión, y en el que en primer lugar se obtiene una muestra no falsificada, que permite una manifestación directa sobre partículas tóxicas en suspensión con las siguientes etapas parciales el procedimiento que pueden realizarse en secuencia discrecional:
- calentamiento del aerosol a caracterizar a una temperatura, a la que las partículas volátiles en suspensión se evaporan, sobre un trayecto caliente,
  - dilución del aerosol a caracterizar con un gas de dilución en una unidad de dilución conectada delante o detrás del trayecto caliente,
- y en el que a continuación se realiza una medición de partículas sólidas en suspensión dado el caso presentes en el aerosol previamente calentado y diluido.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el aerosol es calentado a una temperatura de al menos 180°C y con preferencia entre 200°C y 400°C.
- 3.- Procedimiento para la caracterización de un aerosol de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que en un canal de gas bruto (1, 21) con aerosol a caracterizar está presente una corriente volumétrica no constante en el tiempo y en el que un canal de gas de medición (4) está presente para la alimentación de gas de medición hacia al menos una unidad de medición, que presenta las siguientes etapas del procedimiento:
- inundación del canal de gas de medición (4) con un gas de dilución,
  - determinación de la corriente volumétrica en el canal de gas bruto (1, 21),
- en el que la dilución del aerosol a caracterizar se realiza a través de una transferencia de gas bruto desde el canal de gas bruto (1, 21) hasta el canal de gas de medición que inundado por el gas de dilución, en el que la transferencia se regula de tal manera que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo es dependiente de la corriente volumétrica en el canal de gas bruto (1, 21) y es tanto mayor cuanto mayor es la corriente volumétrica en el canal de gas bruto, de tal manera que la concentración de las partículas en suspensión en el canal de gas de medición es característica para un caudal total de partículas en suspensión en el canal de gas bruto.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo es proporcional, salvo un desplazamiento de tiempo posible, a la corriente volumétrica en el canal de gas bruto (1, 21).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, caracterizado por que se calcula también la corriente volumétrica en el canal de gas de medición y por que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo desde el canal de gas bruto hasta el canal de gas de medición es tanto mayor cuanto mayor es la corriente volumétrica en el canal de gas de medición.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que la cantidad de gas bruto transferida por unidad de tiempo es, salvo un desplazamiento de tiempo posible, proporcional a la corriente volumétrica en el canal de gas de medición.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una parte del aerosol calentado y diluido se provee con el vapor de una sustancia volátil en sobresaturación, con lo que la sustancia volátil se condensa en la superficie de partículas en suspensión y de esta manera aparece gotitas, por que a continuación las gotitas son desviadas a través de un rayo de luz y de esta manera provocan un pulso de luz dispersa, que es detectado para el recuento de las gotitas, y por que se detecta y se evalúa una intensidad del pulso de luz dispersa.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que se calcula la porción de pulsos de luz dispersa con intensidades bajas cerca de un umbral de detección del pulso de luz dispersa en la cantidad de todos los pulsos de luz dispersa detectados.
- 9.- Dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que presenta un conducto de alimentación de gas, un conducto de salida de gas y una unidad de medición, caracterizado por una disposición para la eliminación de partículas volátiles en suspensión, que presenta medios de calentamiento para el calentamiento del aerosol a una temperatura, en la que se evaporan las partículas volátiles en suspensión, una unidad de dilución (13) conectada delante o detrás de los medios de calentamiento para la dilución del aerosol con un gas de dilución, en el que la unidad de medición está conectada a continuación de los medios de calentamiento y de la unidad de dilución y está configurado para la medición de partículas sólidas en suspensión

presentes en el aerosol previamente calentado y diluido.

10.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la unidad de dilución está conectada a continuación de los medios de calentamiento en la dirección de flujo del aerosol.

5 11.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la unidad de dilución está conectada en la dirección de flujo del aerosol delante de los medios de calentamiento.

12.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que los medios de calentamiento están configurados de tal forma que calientan en un funcionamiento normal el aerosol a una temperatura de mínimo 180°C y con preferencia entre 200°C y 400°C.

10 13.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, que presenta un canal de gas bruto con una entrada de aerosol, y un canal de gas de medición con una entrada de gas de dilución así como con medios de transferencia (13) que forman la unidad de dilución para la transferencia dosificada de aerosol desde el canal de gas bruto hasta el canal de gas de medición, y una unidad de medición para la medición de partículas en suspensión en el aerosol diluido en el canal de gas de medición, así como medios para la determinación del caudal de flujo de aerosol en el canal de gas bruto y un regulador (12) para la regulación de la transferencia de gas bruto hasta el  
15 canal de gas de medición, en el que el regulador está configurado y está en conexión operativa con los medios de transferencia de tal forma que los medios de transferencia transfieren tanto más gas cuanto mayor es la corriente volumétrica de gas bruto en el canal de gas bruto.

20 14.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 13, que presenta un saturador (41) en el que se puede mezclar el aerosol con una sustancia volátil y un condensador (43), en el que predominan condiciones, a través de las cuales se puede llevar la sustancia volátil a sobresaturación, un volumen de medición, en el que se pueden desviar las partículas en suspensión desde el condensador a través de un rayo de luz, y medios de detección para la detección de pulsos de luz dispersa, que son provocados a través de la dispersión de la luz del rayo de luz en partículas en suspensión así como medios de evaluación, que están configurados para la evaluación de intensidades del pulso de luz dispersa.

25

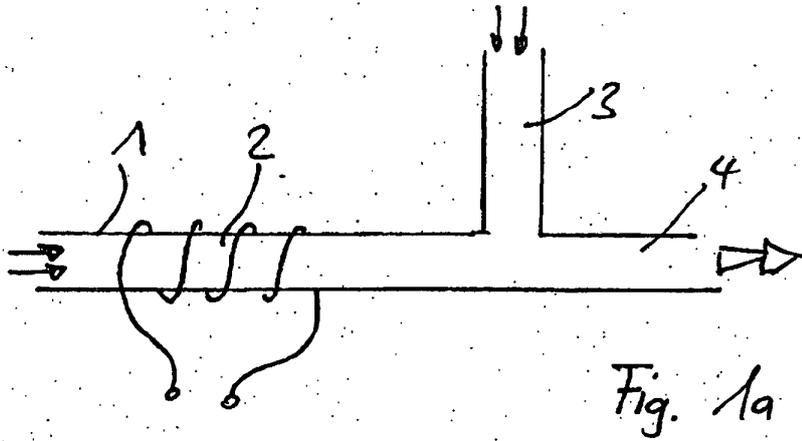


Fig. 1a

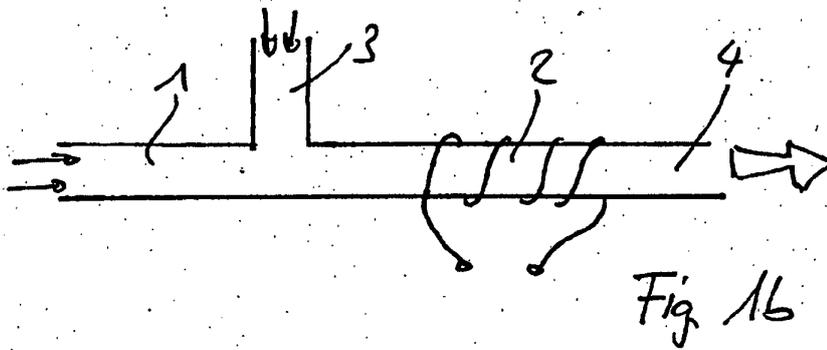


Fig. 1b

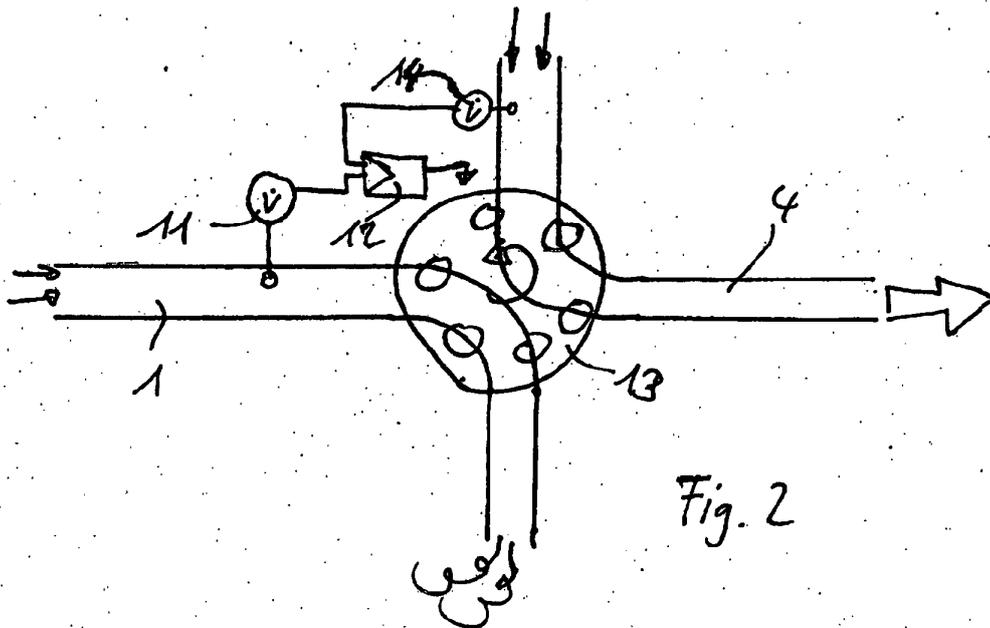


Fig. 2

