

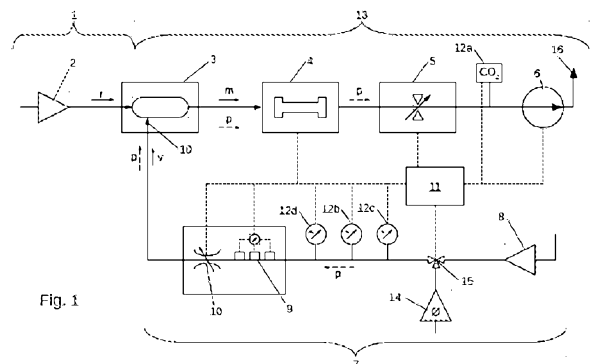
(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer:	A 50975/2017	(51) Int. Cl.:	G01N 1/38	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	23.11.2017		G01N 29/30	(2006.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.05.2019		G01N 1/22	(2006.01)
			G01N 21/17	(2006.01)

<p>(56) Entgegenhaltungen: WO 2014053353 A1 DE 102010040146 A1 DE 4341597 A1 US 5968452 A JP H01210849 A JP H10123052 A DE 3707622 A1</p>	<p>(73) Patentinhaber: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)</p> <p>(72) Erfinder: Reingruber Herbert Dr. 8045 Graz (AT) Reinisch Tristan BSc 8010 Graz (AT)</p> <p>(74) Vertreter: Patentanwälte Pinter & Weiss OG 1040 Wien (AT)</p>
--	---

(54) **Vorrichtung zur Messung eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils**

(57) Vorrichtung und Verfahren zur Messung eines in einem Rohgasstrom (r) enthaltenen Messbestandteils, insbesondere zur Partikelmessung. Die Vorrichtung weist einen Rohgaspfad (1), der von einem Rohgaseinlass (2) zu einer Mischeinheit (3) verläuft, einen Messgaspfad (13), der von der Mischeinheit (3) über eine Messzelle (4), einen Messgas-Massenflussmesser (5) und eine Messgaspumpe (6) verläuft, und einen Verdünnungspfad (7), der von einem Verdünnungsgaseinlass (8) über einen Verdünnungsgas- Massenflussmesser (9) und einen Durchflussregler (10) zur Mischeinheit (3) verläuft, auf. Der Rohgasstrom (r) und ein Verdünnungsgasstrom (v) werden in der Mischeinheit (3) zu einem Messgasstrom (m) vermischt, welcher die Messzelle (4) durchströmt. Die Vorrichtung weist eine Recheneinheit (11) auf, welche auf den von der Messzelle (4) ermittelten Messwert eine Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeiten des Verdünnungsgas- Massenflussmessers (9) und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers (5) auf zumindest eine Komponente des Verdünnungsgasstroms (v) und/oder des Rohgasstroms (r) anwendet.



Beschreibung

VORRICHTUNG ZUR MESSUNG EINES IN EINEM ROHGASSTROM ENTHALTENEN MESSBESTANDTEILS

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils, insbesondere zur Partikelmessung, wobei die Vorrichtung einen Rohgaspfad, der von einem Rohgaseinlass zu einer Mischeinheit verläuft, einen Messgaspfad, der von der Mischeinheit über eine Messzelle, einen Messgas-Massenflussmesser und eine Messgaspumpe verläuft, und einen Verdünnungspfad, der von einem Verdünnungsgaseinlass über einen Verdünnungsgas-Massenflussmesser und einen Durchflussregler zur Mischeinheit verläuft, aufweist, wobei der Rohgasstrom und ein Verdünnungsgasstrom in der Mischeinheit zu einem Messgasstrom vermischbar sind, mit welchem die Messzelle durchströmbar ist. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Kalibrieren einer solchen Vorrichtung und ein Verfahren zur Ermittlung eines Messwertes eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils mit dieser Vorrichtung.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur photoakustischen Spektroskopie (PAS) werden in vielen Bereichen der Gas- und Partikelmessstechnik sehr erfolgreich eingesetzt. Dabei werden mit Hilfe eines modulierten Lasers in einer resonanten Zelle Dichte- bzw. Druckschwankungen im zu untersuchenden Gas (Aerosol) erzeugt. Diese werden dann als Schallwelle von einem Mikrofon aufgefangen und in elektrische Signale umgewandelt, wobei diese Signale dann zur Ermittlung von Partikel- oder Gaskonzentrationen (d.h. der Messgröße) ausgewertet werden können. Entsprechende Systeme sind beispielsweise zur Bestimmung der Massenkonzentration von Rußpartikel in einem Abgas verfügbar.

[0003] Um verlässliche Ergebnisse zu erzielen, muss das Messgas (d.h. das Gas, das in der Messzelle photoakustisch angeregt wird) im Allgemeinen in Hinblick auf Druck/Temperatur/Feuchte und Partikelkonzentration konditioniert werden. Dies kann praktisch dadurch geschehen, dass das zu messende Gas (Rohgas) mit einem Verdünnungsgas (meist Luft) vermischt und dabei zu einem Messgas verdünnt wird.

[0004] Aufgrund der bekannten Mischungsverhältnisse wird dann aus dem von dem Messgas erhaltenen Messergebnis auf das gesuchte Messergebnis des Rohgases (also zum Beispiel die Massenkonzentration an Rußpartikeln in einem Abgas) auf Basis der bekannten Verdünnungsrate rückgerechnet.

[0005] Das Verdünnungsgas kann dazu beispielsweise in einer (separaten oder in die Vorrichtung integrierten) Konditioniereinheit bereitgestellt und in einer der Messzelle vorgelagerten Mischeinheit dem Rohgas geregelt zugemischt werden. Zur Regelung kann dabei der durch die Messzelle gezogene Probenstrom gemessen werden, wobei das Verdünnungsgas entsprechend der voreingestellten Verdünnungsrate zugemischt wird. Das Messen und Regeln der Gasströme kann beispielsweise mit bekannten Massenflussmessern und Regelventilen erfolgen.

[0006] Um eine genaue Verdünnungsrate zu gewährleisten, ist es notwendig beide Massenflussmesser zueinander zu kalibrieren. Dies erfolgt durch „hintereinanderschalten“ der Massenflussmesser, während sie mit demselben Kalibriergas durchströmt werden.

[0007] Abweichungen der Anzeigewerte (d.h. von den Massenflussmessern unmittelbar gemessenen Messsignale) können dadurch leicht erkannt und korrigiert werden, wobei dieses Verfahren als „Relativkalibrierung“ bezeichnet werden kann.

[0008] Damit diese Relativkalibrierung auch dann für korrekte Ergebnisse sorgt, wenn sich nach der Kalibrierung die Zusammensetzung des Verdünnungsgases ändert (etwa weil der Anteil einer Komponente des Verdünnungsgases sich geändert hat), werden im Stand der Technik für den Messgas-Massenflussmesser und den Verdünnungsgas-Massenflussmesser möglichst gleichartige Massenflussmesser verwendet. So ist es beispielsweise bekannt, sowohl für den

Messgas-Massenflussmesser, als auch für den Verdünnungsgas-Massenflussmesser einen kalorimetrischen bzw. thermischen Sensor zu verwenden.

[0009] Änderungen der Komponenten wirken sich dabei auf beide Sensoren im Wesentlichen gleich aus, sodass die Relativkalibrierung auch bei geänderter Gaszusammensetzung weiterhin für das korrekte Ergebnis sorgt (sofern sich der Anteil der relevanten Komponente im Verdünnungsgas und dem Messgas im Wesentlichen gleichartig ändert).

[0010] Ein Problem besteht hingegen, wenn eine Komponente, auf die ein Massenflussmesser eine Querempfindlichkeit hat, während der Messung über das Rohgas eingebracht wird, und daher den Verdünnungsgas-Massenflussmesser gar nicht durchströmt, sehr wohl aber den Messgas-Massenflussmesser. Auch ist man bei der Auswahl der Sensoren auf eine möglichst identische Bauart von Messgas-Massenflussmesser und Verdünnungsgas-Massenflussmesser eingeschränkt, da Massenflussmesser, die unterschiedliche Messverfahren anwenden, im Allgemeinen auch unterschiedliche Querempfindlichkeiten aufweisen.

[0011] Als „Querempfindlichkeit“ der Messzelle bzw. der Massenflussmesser und allgemein jeglicher Sensoren wird im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung eine Empfindlichkeit des Sensors auf eine Komponente oder Umgebungsbedingung bezeichnet, die nicht die Messgröße ist. Zu Beispielen solcher Querempfindlichkeiten zählen die Empfindlichkeit auf im Messgas enthaltene Komponentenkonzentrationen, insbesondere Feuchte (also Wasserdampf oder Wassertröpfchen), CO₂, Stickstoff und Stickoxide. Diese Querempfindlichkeiten können sowohl die Messzelle (insbesondere photoakustische Messzellen), als auch Massenflussmesser beeinträchtigen.

[0012] Grundsätzlich besteht also das Problem, dass die Unterschiede zwischen dem zur Kalibrierung verwendeten Kalibriergas und den während der Messung auftretenden Gaszusammensetzungen zu unerwarteten (und oft auch unbemerkt bleibenden) Messfehlern führen können, die in der Praxis schwer zu handhaben sind, insbesondere wenn sich die Umgebungsbedingungen während eines Messdurchgangs ändern.

[0013] Es ist eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, die für die Gasmesstechnik verwendeten Verfahren und Vorrichtungen zu verbessern und insbesondere eine höhere Genauigkeit über breitere Einsatzbereiche bzw. Umgebungsbedingungen zu erzielen.

[0014] Diese und weitere Aufgaben werden erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, die eine Recheneinheit aufweist, mit der auf den von der Messzelle ermittelten Messwert eine Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeiten des Verdünnungsgas-Massenflussmessers und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers auf zumindest eine Komponente des Verdünnungsgasstroms und/oder des Rohgasstroms anwendbar ist. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass Messfehler aufgrund von Querempfindlichkeiten, die sich auf den Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser unterschiedlich auswirken, ausgeglichen werden können.

[0015] Die Messzelle der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann in vorteilhafter Weise eine photoakustische Zelle aufweisen. Photoakustische Messzellen weisen ebenfalls Querempfindlichkeiten gegenüber Komponenten des Messgases auf, die im Gesamtsystem berücksichtigt werden können. Überdies ist es möglich, die Querempfindlichkeiten der photoakustischen Messzelle bei der Kalibrierung mit einem Prüfgas zu nutzen, indem mit der Messzelle eine hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihrer Konzentration bekannte Komponente des Prüfgases gemessen wird. Die Messzelle kann somit als Messsonde für die Komponente benutzt werden.

[0016] Durch die Anwendung der Korrekturfunktion ist es in vorteilhafter Weise auch möglich, in der Vorrichtung einen Verdünnungsgas-Massenflussmesser und einen Messgas-Massenflussmesser zu verwenden, die gemäß einem unterschiedlichen Messverfahren arbeiten. Dadurch können spezifische Vorteile unterschiedlicher Messverfahren genutzt werden.

[0017] In vorteilhafter Weise kann etwa der Verdünnungsgas-Massenflussmesser gemäß einem kalorimetrischen Messverfahren arbeiten und/oder der Messgas-Massenflussmesser kann

gemäß einem differenzdruckbasierten Messverfahren arbeiten. Insbesondere kann dabei der Messgas-Massenflussmesser als Messblende oder Messblendenblock ausgebildet sein. Während thermische Massenflussmesser (also Massenflussmesser, die ein kalorimetrisches Messverfahren anwenden) im Verdünnungspfad vorteilhaft sind, bieten Blenden im Messgaspfad den Vorteil, dass sie gleichzeitig zur Gasflussmessung und zur Flusstabilisierung verwendet werden können. Außerdem sind sie meist kostengünstiger und weniger anfällig auf etwaige reaktive Abgaskomponenten.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann am Verdünnungspfad und/oder am Rohgaspfad und/oder am Messgaspfad zumindest eine Messsonde für die zumindest eine Komponente des Verdünnungsgasstroms und/oder des Rohgasstroms vorgesehen sein. Dadurch lässt sich die Korrekturfunktion unmittelbar anpassen, falls sich der Anteil der Komponente im Messgas während eines Prüflaufs ändert. So ist beispielsweise der CO₂-Anteil von Abgasen starken Schwankungen unterworfen, die sich jedoch nur auf die Sensoren im Messgaspfad auswirken. Diese können durch einen im Messgaspfad (und/oder im Rohgaspfad) angeordneten CO₂-Sensor ermittelt und durch Anpassung der Korrekturfunktion ausgeglichen werden. Die Feuchte, die beispielsweise über die Umgebungsluft in den Verdünnungspfad und den Messgaspfad gelangt, bewirkt ebenfalls deutliche Querempfindlichkeiten, die jedoch bei thermischen Flusssensoren und bei Blenden sehr unterschiedlich sind. Eine Veränderung der Umgebungsfeuchtigkeit während eines Prüflaufs kann daher die Relativkalibrierung verfälschen, insbesondere wenn unterschiedliche Messverfahren für den Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser verwendet werden. Durch eine Messung der Feuchte mit einem Feuchtesensor (vorzugsweise im Verdünnungspfad, gegebenenfalls aber auch im Messgaspfad und/oder im Rohgaspfad) können solche Änderungen durch entsprechende Anpassung der Korrekturfunktion ausgeglichen werden. Auch Querempfindlichkeiten auf Stickstoff und Stickoxide können in ähnlicher Weise korrigiert werden.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist daher zumindest eine Messsonde ausgewählt aus folgender Gruppe: CO₂-Sonde, Feuchtesensor, Stickstoffsensor, Stickoxidsensor.

[0020] In vorteilhafter Weise kann der Verdünnungspfad stromaufwärts des Verdünnungsgas-Massenflussmessers vorzugsweise mittels eines Schaltventils auf einen Nullgaseinlass umschaltbar sein, was zusätzlich eine Kalibrierung mit einem sauberen, trockenen und bekannten Gas erlaubt.

[0021] Das eingangs genannte Verfahren zur Kalibrierung der Vorrichtung kann erfindungsgemäß die folgenden Schritte aufweisen: Erzeugen eines Prüfgasstroms, welcher zumindest den Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser durchströmt; Ermitteln des Anteils einer Komponente im Prüfgasstrom; Ermitteln einer Messabweichung zwischen dem Messwert des Verdünnungsgas-Massenflussmessers und dem Messwert des Messgas-Massenflussmessers; und Ermitteln einer Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeit des Verdünnungsgas-Massenflussmessers und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers auf zumindest eine Komponente des Prüfgasstroms. Dabei wird durch den Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser dasselbe Gas gezogen, was eine genaue Relativkalibrierung ermöglicht.

[0022] In vorteilhafter Weise kann der Anteil der Komponente mittels einer Messsonde ermittelt werden. Dadurch lassen sich besondere Umgebungsbedingungen (etwa eine hohe Feuchtigkeit bei Tests in tropischen Gebieten) unmittelbar vor einem Prüflauf für die Kalibrierung berücksichtigen.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform kann der Anteil der Komponente mit der Messzelle auf Basis einer bekannten Querempfindlichkeit der Messzelle auf die Komponente ermittelt werden. Dadurch kann die Messzelle, die während der Relativkalibrierung der beiden Massenflussmesser keine Funktion hat, vorteilhaft als Sensor für die relevante Komponente verwendet werden.

[0024] Die Komponente kann in vorteilhafter Weise aus folgender Gruppe ausgewählt sein:

Feuchte (H_2O), Kohlendioxid (CO_2), Stickstoff (N), Stickoxiden (NO_x). Bei diesen Komponenten wurden vom Anmelder Querempfindlichkeiten ermittelt, die für das Messergebnis der Vorrichtung relevant sein können.

[0025] In vorteilhafter Weise kann der Prüfgasstrom aus der Umgebungsluft erhalten werden, sodass sich Unterschiede zwischen einer Laborsituation und einem Einsatz in einer realen Umgebung berücksichtigt werden können.

[0026] Andererseits kann der Prüfgasstrom auch über einen Nullgaseingang zugeleitet werden, sodass auch im Einsatz eine Kalibrierung auf „Laborbedingungen“ möglich ist.

[0027] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der Anteil der Komponente im Prüfgasstrom geregelt werden. Dies erlaubt eine spezifische Anpassung der Korrekturfunktion.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung eines Messwertes eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung weist die folgenden Schritte auf: Leiten eines Rohgasstroms über den Rohgaseinlass zu der Mischeinheit; in der Mischeinheit Mischen des Rohgasstroms mit einem Verdünnungsgasstrom zu einem Messgasstrom; Leiten des Messgasstroms über die Messzelle; Ermitteln eines Messwertes der Messzelle; Ermitteln des Anteils zumindest einer Komponente im Rohgasstrom und/oder dem Verdünnungsgasstrom und/oder dem Messgasstrom; In Abhängigkeit von dem Anteil der Komponente Ermitteln einer Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeit des Verdünnungsgas-Massenflussmessers und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers auf die zumindest eine Komponente; Anwenden der Korrekturfunktion auf den Messwert der Messzelle zur Ermittlung des Messwertes des Messbestandteils.

[0029] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figur 1 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung erläutert. Dabei zeigt

[0030] Fig.1 ein schematisiertes Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Messvorrichtung.

[0031] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 wird im Folgenden eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Messung eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils beschrieben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden lediglich die für die Beschreibung relevanten Elemente und Leitungen schematisch dargestellt.

[0032] Die Vorrichtung lässt sich im Wesentlichen in einen Rohgaspfad 1, einen Messgaspfad 13 und einen Verdünnungsgaspfad 7 einteilen, wobei Rohgaspfad 1 und Verdünnungsgaspfad 7 in einer Mischeinheit 3 münden in der Messgaspfad 13 seinen Ausgangspunkt hat. Während des Messbetriebs wird in der Mischeinheit 3 ein Rohgasstrom r , der über den Rohgaspfad 1 zugeführt wird, mit einem Verdünnungsgasstrom v , der über den Verdünnungsgaspfad 7 zugeführt wird, miteinander gemischt. Das Gemisch aus Rohgasstrom r und Verdünnungsgasstrom v wird im Zusammenhang mit der gegenständlichen Offenbarung als Messgasstrom m bezeichnet, und dieser durchströmt den Messgaspfad 13.

[0033] Im Messgaspfad 13 durchströmt das Messgas m eine photoakustische Messzelle 4 und einen Messgas-Massenflussmesser 5. Eine Messgaspumpe 6 im Messgaspfad 13 dient als Hauptpumpe, die das Messgas durch die Vorrichtung zieht. Der Messgaspfad 13 mündet in einem Abgasausgang 16, der üblicherweise zu einer (in Fig. 1 nicht dargestellten) Abgasentsorgung führt. Die CO_2 -Konzentration im Messgas kann gegebenenfalls über einen CO_2 -Sonde 12a ermittelt werden.

[0034] Der Rohgaspfad 1 leitet einen Rohgasstrom von einem Rohgaseinlass 2 zur Mischeinheit 3. Das Rohgas kann beispielsweise unverdünntes Abgas, etwa von einem zu testenden Verbrennungskraftmotor, sein, wobei der Rohgasstrom gegebenenfalls vor der Mischeinheit 3 in einem Druckreduzierer vorkonditioniert werden kann.

[0035] Der Verdünnungspfad 7 geht von einem Verdünnungsgaseinlass 8 aus und verläuft über ein Schaltventil 15, einen Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9, einen Durchflussregler 10 und mündet ebenfalls in der Mischeinheit. Gegebenenfalls kann die über den Verdünnungsga-

seinlass 8 angesaugte Umgebungsluft über einen Luftstromtrockner (in Fig. 1 nicht dargestellt) getrocknet werden. Über das Schaltventil 15 kann der Verdünnungspfad auf einen Nullgaseinlass 14 umgeschaltet werden, über den beispielsweise zur Kalibrierung trockene, saubere Pressluft zugeführt werden kann.

[0036] Gegebenenfalls können am Verdünnungspfad 7 und/oder am Messgaspfad 13 und/oder am Rohgaspfad 1 zusätzliche Sensoren angeordnet sein, wobei in Fig. 1 ein Feuchtesensor 12b, ein Stickstoffsensor 12c und ein Stickoxidsensor 12d beispielhaft dargestellt sind.

[0037] Alle Sensoren und steuerbaren Komponenten können mit einer zentralen Recheneinheit 11 angeschlossen sein. Die Recheneinheit 11 erlaubt einerseits eine zentrale Regelung der regelbaren Komponenten, wie etwa des Lasers der Messzelle 4, des Durchflussreglers 10, des Schaltventils 15, der Messgaspumpe 6 sowie gegebenenfalls aller weiterer in der Vorrichtung enthaltener Pumpen, Ventile und schaltbaren Organe. Auch können die Messwerte aller Sensoren mit der Recheneinheit 11 zentral gemäß programmiertechnisch beeinflussbarer Verfahren ausgewertet, verwendet und gegebenenfalls über Schnittstellen an weitere Geräte ausgegeben werden.

[0038] Im Folgenden werden beispielhafte Verfahren beschrieben, die mit der dargestellten Vorrichtung durchgeführt werden können, wobei insbesondere auf das eigentliche Messverfahren und auf vor der Messung durchführbare Kalibrierverfahren detailliert eingegangen wird. Dem Fachmann ist bewusst, dass an der Vorrichtung, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, auch andere Verfahren, wie etwa Spül-, Reinigungs-, Wartungs-, und/oder Funktionalitätsprüfungsverfahren durchgeführt werden können, wobei gegebenenfalls zusätzliche Komponenten, Ventile und Leitungen erforderlich sein können, die hierin der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt sind.

[0039] Um vor einer Messung eine Relativkalibrierung durchzuführen, werden der Messgas-Massenflussmesser 5 und der Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9 in Serie geschaltet und mit einer identischen Gaszusammensetzung, vorzugsweise Umgebungsluft (oder gegebenenfalls Nullgas), durchströmt. Dabei wird mit der Messgaspumpe Umgebungsluft als Prüfgasstrom p über den Verdünnungsgaseinlass 8 angesaugt, strömt durch den Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9, den Durchflussregler 10, die Mischeinheit 3, die Messzelle 5 und den Messgas-Massenflussmesser 5, und wird über den Abgasausgang 16 abgegeben. Der Rohgaseinlass 2 ist dabei geschlossen. Da somit sowohl der Messgas-Massenflussmesser 5, als auch der Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9 von demselben Prüfgasstrom p mit derselben Gaszusammensetzung (Feuchte, CO_2 , NO_x ,...) durchflossen wird, kann der Messwert des Messgas-Massenflussmessers 5 auf den Messwert des Verdünnungsgas-Massenflussmessers 9 kalibriert werden, sodass die (kalibrierten) Messwerte der beiden Flussmesser übereinstimmen.

[0040] Zusätzlich kann während der Kalibrierung der Anteil von Komponenten in der Gaszusammensetzung mit den Messsonden 12a-12d gemessen werden, insbesondere eine Feuchte, ein CO_2 -Anteil, ein Stickstoffanteil und/oder eine Stickoxidanteil. Während der auf die Kalibrierung folgenden Messung können eine oder mehrere der Komponenten im Verdünnungsgasstrom v oder dem Messgasstrom m laufend ermittelt werden, und die Kalibrierung kann auf Basis bekannter oder zuvor ermittelter Querempfindlichkeiten korrigiert werden, falls bekannt ist, dass sich Querempfindlichkeiten unterschiedlich auf einzelne Komponenten auswirken.

[0041] Alternativ kann die Relativkalibrierung auch über ein trockenes, vorkonditionierte Nullgas bekannter Zusammensetzung erfolgen, das über den Nullgaseingang 14 in der gleichen Weise wie zuvor beschrieben als Prüfgasstrom p verwendet wird.

[0042] Die Relativkalibrierung kann in mehreren Schritten ausgeführt werden, etwa um die Kalibrierung bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten durchzuführen.

[0043] Da die Messzelle 4 während der Kalibrierung nicht für die eigentliche Messung des eigentlichen Messbestandteils verwendet wird (der Rohgaseinlass 2, über den der Messbestandteil zugeführt wird, ist ja bei der Kalibrierung geschlossen), kann für die Ermittlung eines Anteils einer Komponente anstelle der Messsonden 12a-12d auch die Messzelle 4 verwendet

werden. Voraussetzung ist, dass die Messzelle 4 eine ausreichend große Querempfindlichkeit auf diese Komponente aufweist. Insbesondere besteht bei photoakustischen Messzellen mitunter eine ausgeprägte Querempfindlichkeit auf Wasserdampf, die sich zur Messung der Feuchte im Prüfgasstrom verwenden lässt. Die jeweilige Querempfindlichkeit ist abhängig von der konkreten Ausgestaltung der Messzelle 4 und von der Anregefrequenz, die üblicherweise zur Minimierung störender Querempfindlichkeiten ausgelegt ist. Dennoch lassen sich bestimmte Querempfindlichkeiten nicht vollständig vermeiden, sodass oft eine Messung bestimmter Komponenten möglich ist, was hier erfindungsgemäß ausgenutzt werden kann.

[0044] Nach erfolgter Kalibrierung kann dann mit der eigentlichen Messung begonnen werden.

[0045] Dabei wird über den Rohgaseinlass 2 und den Rohgaspfad 1 das Rohgas mit dem zu ermittelnden Messbestandteil (z.B. Rußpartikel) als Rohgasstrom r der Mischeinheit 3 zugeführt, in der Mischeinheit 3 mit dem Verdünnungsgasstrom v vermischt und dann als Messgasstrom m durch die Messzelle 4 geleitet. Die Messzelle 4 erzeugt dabei ein Messsignal. Bei einer photoakustischen Messzelle 4 wird das Messgas mittels Laserstrahlung angeregt, und das dabei erzielte akustische Signal wird von einem Mikrophon aufgezeichnet. Dieses Signal (bzw. der aus diesem Signal ausgewertete Wert) stellt das Messsignal dar.

[0046] Um aus dem Messsignal zu dem Messwert des Messbestandteils zu gelangen, muss zuerst die aktuelle Verdünnung „herausgerechnet“ werden. Dies ist einfach möglich, da ja die Verdünnung ständig über den Durchflussregler 10 auf Basis der Messwerte des Messgas-Massenflussmessers 5 und des Verdünnungsgas-Massenflussmessers 9 auf einen bekannten Verdünnung geregelt wird. Auf Basis dieser bekannten Verdünnung wird aus dem Messsignal ein (vorerst unkorrigierter) Messwert ermittelt. Dieser unkorrigierte Messwert kann jedoch (trotz der erfolgten Kalibrierung) fehlerbehaftet sein, nämlich dann, wenn eine Änderung des Anteils einer (oder mehrerer) Komponenten aufgrund von Querempfindlichkeiten den Messwert der Massenflussmesser relativ zueinander „verschoben“ hat, sodass die zuvor unter anderen Bedingungen vorgenommene Relativkalibrierung nicht mehr stimmt. Während der Messung bewirkt eine fehlerhafte Relativkalibrierung unmittelbar, dass die Regelung des Durchflussreglers 10 auf einer falschen Messbasis basiert. Dies wirkt sich wiederum auf die Verdünnungsrate aus, wodurch unmittelbar der Messwert, der auf Basis dieser Verdünnungsrate erzeugt wurde, verfälscht wird.

[0047] In der Praxis ist dies beispielsweise immer dann relevant, wenn sich ein Anteil einer Komponente während einer Messung gegenüber dem Anteil während der Kalibrierung verändert. Vom Anmelder an einer Versuchsanordnung durchgeführte Untersuchungen haben beispielsweise ergeben, dass eine Veränderung der Umgebungsluft (d.h. der Luft, mit der die Kalibrierung durchgeführt wird) von 22 °C bei 30% Luftfeuchtigkeit bei der Kalibrierung auf 40 °C bei 75% Luftfeuchtigkeit während der Messung eine Fehlmessung des als Blendenanordnung ausgeführten Messgas-Massenflussmessers von 0,11 l/min gegenüber der Messung des kalorimetrischen Verdünnungsgas-Massenflussmessers bewirkte (bei einem Gesamtfluss von ca. 6 l/min). Die Anmelder haben berechnet, dass diese Abweichung in der Praxis (abhängig von der Verdünnungsrate und dem Gesamtfluss) zu einem Verdünnungsfehler von bis zu 33 % führen kann.

[0048] Dieselbe Problematik kann in der Praxis relevant werden, beispielsweise wenn eine Testfahrt von einer tropischen Umgebung (Kalibrierung mit hoher Luftfeuchtigkeit) in eine Bergregion (geringe Luftfeuchtigkeit) führt oder umgekehrt. Problematisch könnte sich auch eine Kalibrierung mit Umgebungsluft bei hoher Luftfeuchtigkeit auswirken, wenn dann während der Messung die Verdünnungsluft über einen Luftstromtrockner geführt und getrocknet wird.

[0049] Um diese Problematik auszugleichen werden die unterschiedlichen Auswirkungen der geänderten Feuchtigkeit auf den Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser ermittelt, und diese Auswirkungen werden in der Korrekturfunktion abgebildet. Während der Messung wird mit dem Feuchtesensor 12b laufend die Feuchtigkeit des Verdünnungsluftstroms gemessen. Sobald sich die Feuchte von dem bei der Kalibrierung gemessenen Wert unterscheidet, wird die Relativkalibrierung mit der Korrekturfunktion angepasst und

dadurch die Messunterschiede zwischen Verdünnungsgas-Massenflussmesser und den Messgas-Massenflussmesser wieder ausgeglichen.

[0050] Entsprechende Korrekturfunktionen können nicht nur für die Feuchte, sondern auch für andere Komponenten des Verdünnungsgasstroms v angewendet werden, wobei die erforderlichen Anpassungen bei Kenntnis der Lehren dieser Offenbarung im Bereich der Kenntnisse eines Durchschnittsfachmanns liegen.

[0051] Eine Korrekturfunktion kann nicht nur für Komponenten des Verdünnungsluftstroms v , sondern allgemein für Komponenten verwendet werden, deren Anteile sich lediglich auf einen der Massenflussmesser auswirken. Dies ist insbesondere dann zu berücksichtigen, wenn die entsprechende Komponente mit dem Rohgasstrom r zugeführt wird, und daher zwar im Messgasstrom m vorhanden ist, der den Messgas-Massenflussmesser 5 durchströmt, nicht aber im Verdünnungsgasstrom v , der den Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9 durchströmt. Auch in diesem Fall kann aufgrund der Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers 5 auf die Komponente eine Fehlmessung auftreten, die von der Relativkalibrierung nicht ausgeglichen wurde. Im Zusammenhang mit der Abgasmessung von Verbrennungsmotoren sind in diesem Zusammenhang insbesondere der CO_2 -Anteil und der Feuchteanteil im Rohgasstrom r relevant. Vor allem CO_2 im zu messenden Rohgas wirkt sich bemerkbar auf den Ausgabewert von Massenflussmessern aus, sowohl bei thermischen Massenflussmessern, als auch bei Messblenden.

[0052] Um die Auswirkungen von Änderungen der CO_2 -Konzentration im Messergebnis korrigieren zu können, wird erfindungsgemäß der CO_2 -Anteil im Messgasstrom m mit dem CO_2 -Sensor gemessen. Ändert sich der CO_2 -Anteil wird der Messwert bzw. die Verdünnungsrate auf Basis zuvor ermittelter Querempfindlichkeiten korrigiert.

[0053] Auf ähnliche Weise kann auch eine Korrekturfunktion für andere Komponenten im Rohgasstrom r , etwa eine geänderte Feuchte, ein geänderter Stickstoffanteil oder ein geänderter Anteil an Stickoxiden, implementiert werden, wobei gegebenenfalls entsprechende zusätzliche Sensoren am Messgaspfad 13 und/oder am Verdünnungsgaspfad 7 und/oder am Rohgaspfad 1 vorzusehen sind.

BEZUGSZEICHEN:

Rohgaspfad 1

Rohgaseinlass 2

Mischeinheit 3

Messzelle 4

Messgas-Massenflussmesser 5

Messgaspumpe 6

Verdünnungspfad 7

Verdünnungsgaseinlass 8

Verdünnungsgas-Massenflussmesser 9

Durchflussregler 10

Recheneinheit 11

Messsonde 12

Messgaspfad 13

Nullgaseinlass 14

Schaltventil 15

Abgasausgang 16

Rohgasstrom r

Verdünnungsgasstrom v

Messgasstrom m

Prüfgasstrom p

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung eines in einem Rohgasstrom (r) enthaltenen Messbestandteils, insbesondere zur Partikelmessung, wobei die Vorrichtung einen Rohgaspfad (1), der von einem Rohgaseinlass (2) zu einer Mischeinheit (3) verläuft, einen Messgaspfad (13), der von der Mischeinheit (3) über eine Messzelle (4), einen Messgas-Massenflussmesser (5) und eine Messgaspumpe (6) verläuft, und einen Verdünnungspfad (7), der von einem Verdünnungsgaseinlass (8) über einen Verdünnungsgas-Massenflussmesser (9) und einen Durchflussregler (10) zur Mischeinheit (3) verläuft, aufweist, wobei der Rohgasstrom (r) und ein Verdünnungsgasstrom (v) in der Mischeinheit (3) zu einem Messgasstrom (m) vermischbar sind, mit welchem Messgasstrom (m) die Messzelle (4) durchströmbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Recheneinheit (11) aufweist, mit der auf einen von der Messzelle (4) ermittelten Messwert eine Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeiten des Verdünnungsgas-Massenflussmessers (9) und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers (5) auf zumindest eine Komponente des Verdünnungsgasstroms (v) und/oder des Rohgasstroms (r) anwendbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messzelle (4) eine photoakustische Zelle aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdünnungsgas-Massenflussmesser (9) und der Messgas-Massenflussmesser (5) gemäß einem unterschiedlichen Messverfahren arbeiten.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdünnungsgas-Massenflussmesser (9) gemäß einem kalorimetrischen Messverfahren arbeitet und/oder dass der Messgas-Massenflussmesser (5) gemäß einem differenzdruckbasierten Messverfahren arbeitet, wobei der Messgas-Massenflussmesser (5) insbesondere als Messblende oder Messblendenblock ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Verdünnungspfad (7) und/oder am Rohgaspfad (1) und/oder am Messgaspfad (13) zumindest eine Messsonde (12) für die zumindest eine Komponente des Verdünnungsgasstroms (v) und/oder des Rohgasstroms (r) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Messsonde (12) ausgewählt ist aus folgender Gruppe: CO₂-Sonde (12a), Feuchtesensor (12b), Stickstoffsensoren (12c), Stickoxidsensoren (12d).
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdünnungspfad (7) stromaufwärts des Verdünnungsgas-Massenflussmessers (9) vorzugsweise mittels eines Schaltventils (15) auf einen Nullgaseinlass (14) umschaltbar ist.
8. Verfahren zur Kalibrierung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet** dass das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Erzeugen eines Prüfgasstroms (p), welcher zumindest den Verdünnungsgas-Massenflussmesser (9) und den Messgas-Massenflussmesser (5) durchströmt,
 - Ermitteln des Anteils einer Komponente im Prüfgasstrom (p),
 - Ermitteln einer Messabweichung zwischen dem Messwert des Verdünnungsgas-Massenflussmessers (9) und dem Messwert des Messgas-Massenflussmessers (5), und
 - Ermitteln einer Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeit des Verdünnungsgas-Massenflussmessers (9) und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers (5) auf zumindest eine Komponente des Prüfgasstroms (p).
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der Komponente mittels einer Messsonde (12) ermittelt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der Komponente mit der Messzelle (4) auf Basis einer bekannten Querempfindlichkeit der Messzelle (4) auf die Komponente ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Komponente aus folgender Gruppe ausgewählt ist: Feuchte (H_2O), Kohlendioxid (CO_2), Stickstoff (N), Stickoxiden (NO_x).
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfgasstrom (p) aus der Umgebungsluft erhalten wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfgasstrom (p) über einen Nullgaseingang (14) zugeleitet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil der Komponente im Prüfgasstrom (p) geregelt wird.
15. Verfahren zur Ermittlung eines Messwertes eines in einem Rohgasstrom enthaltenen Messbestandteils mit einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Verfahren **durch** die folgenden Schritte **gekennzeichnet** ist:
 - Leiten eines Rohgasstroms (r) über den Rohgaseinlasse (2) zu der Mischeinheit (3),
 - in der Mischeinheit (3) Mischen des Rohgasstroms (r) mit einem Verdünnungsgasstrom (v) zu einem Messgasstrom (m),
 - Leiten des Messgasstroms (m) über die Messzelle (4),
 - Ermitteln eines Messsignals der Messzelle (4),
 - Ermitteln des Anteils zumindest einer Komponente im Rohgasstrom (3) und/oder dem Verdünnungsgasstrom (v) und/oder dem Messgasstrom (m),
 - Ermitteln einer Korrekturfunktion für eine Querempfindlichkeit des Verdünnungsgas-Massenflussmessers (9) und/oder eine Querempfindlichkeit des Messgas-Massenflussmessers (5) auf die zumindest eine Komponente,
 - Anwenden der Korrekturfunktion auf das Messsignal der Messzelle (4) zur Ermittlung des Messwertes des Messbestandteils.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1/1

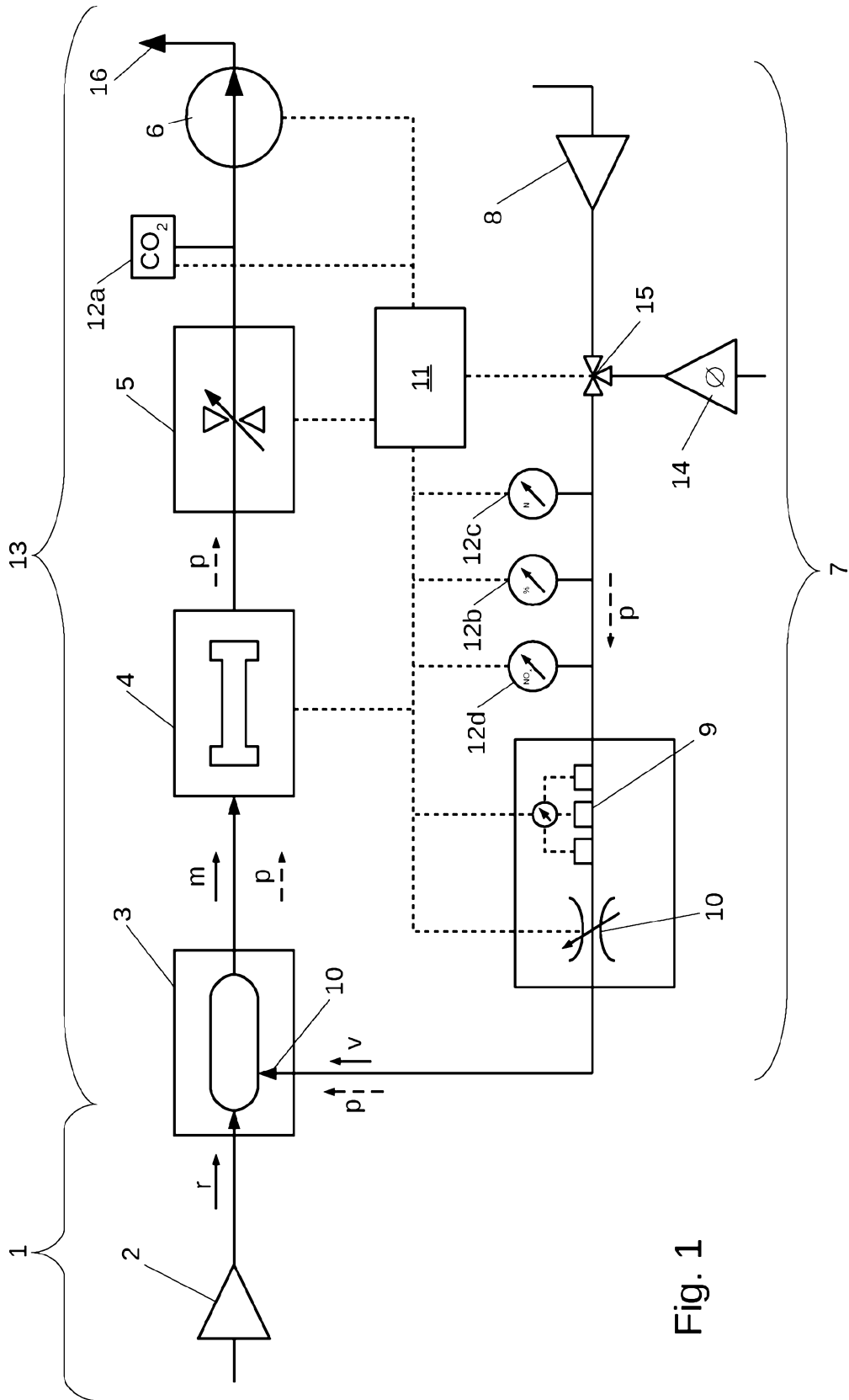


Fig. 1