(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2015 219 250 A1** 2017.04.06

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 219 250.4**
(22) Anmeldetag: **06.10.2015**
(43) Offenlegungstag: **06.04.2017**

(51) Int Cl.: ***G01M 3/20*** (2006.01)

(71) Anmelder:
Inficon GmbH, 50968 Köln, DE

(74) Vertreter:
dompatent von Kreisler Selting Werner - Partnerschaft von Patentanwälten und Rechtsanwälten mbB, 50667 Köln, DE

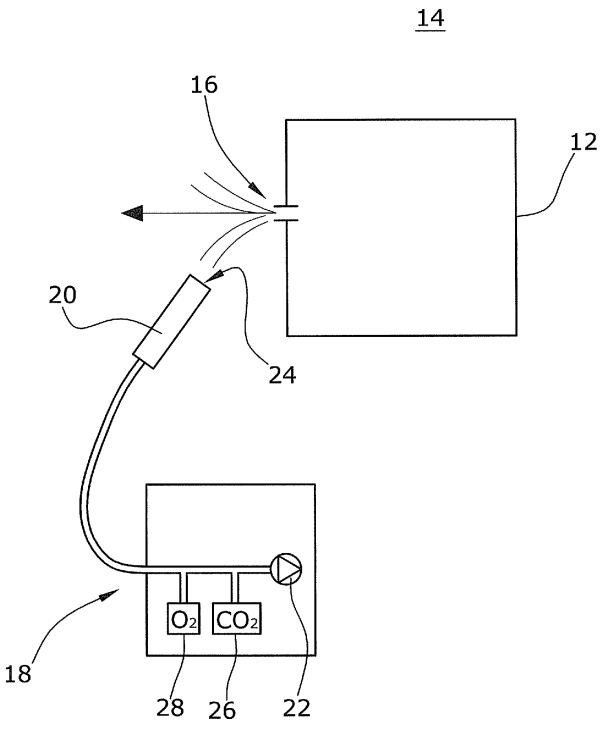
(72) Erfinder:
Wetzig, Daniel, 50968 Köln, DE; Gerdau, Ludolf, 50968 Köln, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
WO 01/ 44 775 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Erfassung von Prüfgasschwankungen bei der Schnüffellecksuche**



(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Erfassung von Schwankungen des Prüfgasanteils in dem mit einer Schnüffelsonde (20) eines Leckdetektors (18) erfassten Gasstrom aus der Umgebung eines mit sauerstofffreien und mindestens einen CO_2-Anteil aufweisenden Prüfgas druckbeaufschlagten Prüflings (12), dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffanteil der Umgebungsluft gemessen wird.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung und Kompensation der Schwankungen von Prüfgas in dem mit einer Schnüffelsonde eines Leckdetektors angesaugten Gasstrom aus der Umgebungsatmosphäre eines mit CO_2 als Prüfgas druckbeaufschlagten Prüflings.

[0002] Die Schnüffellecksuche ist ein etabliertes Verfahren, insbesondere zur Lokalisierung von Leckagen. Hierzu wird ein auf Dichtheit zu prüfender Hohlkörper (Prüfling) mit einem Prüfgas mit Überdruck beaufschlagt. Mit einer Schnüffelsonde wird aus der an den zu prüfenden Stellen des Prüfobjektes Luft eingesogen. Tritt an der geprüften Stelle Leckagegas aus dem Prüfling aus, so wird dieses mit dem Luftstrom eingesogen und erzeugt eine Erhöhung der Prüfgaskonzentration in dem eingesogenen Luftstrom. Diese Erhöhung der Konzentration wird als Maß für die Leckagerate ausgewertet. Hierzu wird der Partialdruck des Prüfgases mit einem geeigneten Prüfgasdetektor gemessen. Dieser Detektor befindet sich an geeigneter Stelle in dem Prüfsystem.

[0003] Der Detektor kann direkt an der Schnüffelspitze der Schnüffelsonde positioniert sein, oder im Handgriff oder auch im Hauptgerät des Leckdetektors vor oder hinter der gasfördernden Einheit (Pumpe, Kompressor) angeordnet sein. Die gasfördernde Einheit erzeugt den von der Schnüffelsonde angesaugten Gasstrom.

[0004] Bei konstanter Konzentration des Prüfgases in der Prüfumgebung gilt für die Gesamt-Konzentration im Schnüffelgasstrom an der Leckage-Stelle:

$$c = \frac{Q_{Leckage}}{Q_{FL}} \cdot (1 - c_0) + c_0$$

$Q_{Leckage}$	Prüfgasleckrate
Q_{FL}	Schnüffelgasstrom
c_0	konstanter Offset an Prüfgas in der Luft
c	effektive CO_2-Konzentration im Schnüffelgasstrom

[0005] c_0 ist also die Anfangskonzentration des Prüfgases im angesaugten Gasstrom (Trägergasstrom). c ist die Prüfgaskonzentration, die den aus einem Leck heraustretenden Prüfgasanteil enthält. $Q_{Leckage}$ ist die Austrittsrate des Prüfgases am Leck. Q_{FL} kann auch als Trägergasfluss bezeichnet werden.

[0006] Die Schnüffellecksuche bei Verwendung des Prüfgases CO_2 wird stark durch die CO_2-Schwankungen der Umgebungskonzentration negativ beeinflusst. Die CO_2 Konzentration von ”Frischluft” beträgt etwa 400 ppm. Jedoch wird diese Konzentration durch verschiedene CO_2 Emittenten erhöht, zum Beispiel Atemgas vom Bediener, Abgaswolken von Verbrennungsmaschinen, etc.

[0007] Bei der Verbrennung von Fetten, Proteinen und Kohlehydraten im Körper des Bedieners wird Sauerstoff verbraucht, zum Beispiel lautet die chemische Reaktionsgleichung für die Oxidation von Glukose (Zucker): $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ + Energie.

[0008] Diese Instabilität der Umgebungskonzentration limitiert die kleinste nachweisbare Leckrate wesentlich.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Schwankungen von Prüfgas in dem mit einer Schnüffelsonde eines Leckdetektors angesaugten Gasstrom zu erfassen.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren ist definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 1. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist definiert durch die Merkmale von Patentanspruch 6.

[0011] Als Prüfgas wird ein möglichst sauerstofffreies Gas eingesetzt, das zumindest einen Anteil an CO_2 aufweist. Neben CO_2 kann das Prüfgas auch weitere sauerstofffreie Anteile aufweisen. Insbesondere kann es sich bei dem Prüfgas um CO_2 handeln. Entscheidend ist, dass ein Sauerstoffanteil in dem mit Prüfgas befüllten Prüfling vernachlässigbar oder nicht vorhanden ist.

[0012] Die Erfindung basiert somit auf dem Grundgedanken, den Sauerstoffanteil in der den Prüfling umgebenden Atmosphäre und möglichst in dem von der Schnüffelsonde angesaugten Gasstrom zu erfassen. Dieser Sauerstoffanteil soll als Hinweis auf denjenigen CO_2-Anteil im angesaugten Gasstrom dienen, der nicht aus einem Leck des Prüflings resultiert. Hierzu kann näherungsweise angenommen werden, dass eine Abnahme der Sauerstoffkonzentration in der umgebenden Atmosphäre proportional zu einer entsprechenden Zunahme der CO_2-Konzentration ist. Die Messung kann mit einem Massenspektrometer oder einem anderen den Prüfgaspartialdruck messenden Sensor erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Messung des Sauerstoffanteils mit Hilfe einer Lambda-Sonde und möglichst bei atmosphärischem Druck.

[0013] Im Atemgas der den Leckdetektor bedienenden Person ist die Sauerstoffkonzentration gegenüber der umgebenden Atmosphäre reduziert und der CO_2-Anteil erhöht. Wenn das Atemgas der bedienenden Person von der Schnüffelsonde eingesogen wird, erhöht sich der CO_2-Anteil in dem angesogenen Gasstrom, was zu einer Verfälschung des Messergebnisses führen würde, wenn der Prüfling mit CO_2 als

Prüfgas druckbeaufschlagt wird. Die CO_2-Sonde des Leckdetektors kann nicht beurteilen, ob ein CO_2-Anteil aus einem Leck des Prüflings oder aus der umgebenden Atmosphäre, beispielsweise durch Atemgas des Bedieners, resultiert. Dieser die Messung verfälschende CO_2-Anteil in der umgebenden Atmosphäre, der nicht aus einem Leck des Prüflings resultiert, wird im Folgenden als Offset bezeichnet. Dieser Offset kann auch beispielsweise aus dem Abgas von Verbrennungsmaschinen resultieren.

[0014] Mit Hilfe der Sauerstoffsonde wird der O_2-Anteil in der umgebenden Atmosphäre bzw. in dem von der Schnüffelsonde angesaugten Gasstrom ermittelt. Dieser Sauerstoffanteil kann nicht aus einem Leck des Prüflings entstammen, wenn der Prüfling mit sauerstofffreiem Prüfgas, zum Beispiel ausschließlich mit CO_2 als Prüfgas, gefüllt ist. Somit kann aus dem gemessenen Sauerstoffanteil auf den Offset-CO_2-Anteil geschlossen werden.

[0015] Dieser Offset $c_2(t)$ setzt sich zusammen aus einem konstanten Offset c_0 in der angesaugten Luft und aus einem zeitabhängig schwankenden Offset $c_1(t)$ an Prüfgas in der angesaugten Luft. Die Berechnung des Offsets $c_2(t)$ kann folgendermaßen erfolgen:

$Q_{Leckage}$	Prüfgasleckrate
Q_{FL}	Schnüffelgasstrom

$Q_{Leckage} < Q_{FL}$
$c_0; c_1; c_2 < 1$

c	effektive CO_2-Konzentration im Schnüffelgasstrom
c_0	konstanter Offset an Prüfgas in der Luft
$c_1(t)$	zeitabhängiger Offset an Prüfgas in der Luft
$c_2(t) = c_0 + c_1(t)$	gesamter Offset an Prüfgas in Luft
a	Verhältnisfaktor zwischen O_2-Konzentration und CO_2-Konzentration
b	Empfindlichkeitsfaktor für O_2 der Lambda-Sonde
ΔI	Signal der Lambda-Sonde
Δc_{O_2}	Änderung der O_2-Konzentration

$$\Delta c_1(t) = a \cdot \frac{1}{\Delta c_{o_2}}$$

$$\Delta c_{o_2} = b \cdot \Delta I$$

$$Q_{Leckage} = Q_{FL} \cdot \left[\frac{c - c_2(t)}{1 - c_2(t)}\right]$$

$$\text{mit } c_2(t) = c_0 + \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\Delta I(t)}$$

[0016] Im Folgenden wird anhand der Figur ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Die Figur zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0017] Bei dem Prüfling **12** kann es sich beispielsweise um eine Lebensmittelverpackung handeln. Der Prüfling **12** wird gegenüber der umgebenden Atmosphäre **14** mit Überdruck druckbeaufschlagt und sauerstofffrei mit Prüfgas mindestens des Typs CO_2 gefüllt. Durch ein Leck **16** strömt das Prüfgas aufgrund des Überdrucks gegenüber der umgebenden Atmosphäre **14** aus.

[0018] Der Leckdetektor **18** arbeitet nach dem Prinzip der Schnüffellecksuche und weist hierzu eine Schnüffelsonde **20** auf, die mit einer Pumpe **22** oder einem Kompressor **22** verbunden ist. Die Pumpe **22** bzw. der Kompressor **22** erzeugen einen Gasstrom, der durch den Einlass **24** der Schnüffelsonde **20** angesaugt wird. Der Leckdetektor **18** weist ferner einen auf CO_2 ansprechenden Partialdrucksensor **26** in Form eines Massenspektrometers auf, der den CO_2-Prüfgasanteil in dem von der Schnüffelsonde **20** angesaugten Gasstrom ermittelt. Wenn die Schnüffelsonde **20** entlang der Außenfläche des Prüflings **12** in Richtung des Lecks **16** bewegt wird, steigt der Prüfgasanteil in dem angesaugten Gasstrom, was mit Hilfe des Partialdrucksensors **26** erfasst werden kann.

[0019] Der CO_2-Anteil in dem angesaugten Gasstrom kann jedoch auch aus anderen Gründen ansteigen, beispielsweise wenn das Atemgas der die Schnüffelsonde **20** führenden Person von der Schnüffelsonde angesaugt wird oder sich die Schnüffelsonde **20** in der Nähe des Abgasstroms eines Verbrennungsmotors befindet. In diesem Fall erfasst der Partialdrucksensor **26** einen ansteigenden CO_2-Anteil. Um zu verhindern, dass dies fälschlicherweise als Hinweis auf ein Leck **16** des Prüflings **12** gedeutet wird, ist erfindungsgemäß ein Sauerstoffsensor **28** vorgesehen, der den O_2-Anteil in dem angesaugten Luftstrom misst.

[0020] Bei dem Sauerstoffsensor **28** kann es sich um einen den Partialdruck von Sauerstoff erfassenden

Sensor, zum Beispiel ein Massenspektrometer, oder auch zum Beispiel um eine herkömmliche Lambda-Sonde handeln.

[0021] Der Sauerstoffsensor **28** ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in dem Gasstrom zwischen der Schnüffelsonde **20** und der Pumpe **22** angeordnet. Alternativ kann der Sauerstoffsensor direkt in dem Handgriff **20** vorgesehen sein oder am Auslass der Pumpe **22** deren Abgasstrom messen.

[0022] Der gemessene Sauerstoffanteil wird herangezogen, um denjenigen CO_2-Anteil in dem angesaugten Gasstrom zu erfassen, der nicht aus einem Leck **16** des Prüflings **12** stammt, sondern aus einer Verbrennung von Sauerstoff resultiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung von Schwankungen des Prüfgasanteils in dem mit einer Schnüffelsonde (**20**) eines Leckdetektors (**18**) erfassten Gasstrom aus der Umgebung eines mit sauerstofffreien und mindestens einen CO_2-Anteil aufweisenden Prüfgas druckbeaufschlagten Prüflings (**12**), **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sauerstoffanteil der Umgebungsluft gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass aus dem gemessenen Sauerstoffanteil auf den CO_2-Anteil der Umgebungsluft geschlossen wird, der nicht aus einer Leckage des Prüflings (**12**) resultiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messung bei atmosphärischem Druck der Umgebungsatmosphäre (**14**) des Prüflings (**12**) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Messung des Sauerstoffanteils in dem Gasstrom der Schnüffelsonde (**20**) oder in dem Abgasstrom einer mit der Schnüffelsonde (**20**) verbundenen gasfördernden Pumpe (**22**) des Leckdetektors (**18**) erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Offset $c_2(t)$ des im angesaugten Gasstroms enthaltene Prüfgasanteil, der nicht aus einem Leck (**16**) des Prüflings (**12**) stammt, aus der Beziehung

$$c_2(t) = c_0 + c_1(t) \text{ mit } c_1(t) = \frac{a}{b} \cdot \frac{1}{\Delta I(t)}$$

ermittelt wird, wobei
c_0 der konstante Offset an CO_2 in der angesaugten Luft,
$c_1(t)$ der zeitabhängige Offset-Anteil an CO_2 in der angesaugten Luft,
a der Verhältnisfaktor zwischen der gemessenen Sauerstoffkonzentration und der vorhandenen CO_2-Offset-Konzentration,
b der Empfindlichkeitsfaktor für den Sauerstoffanteil der Sauerstoffsonde und
$\Delta I(t)$ die Änderung des Messsignals der Sauerstoffsonde sind.

6. Vorrichtung zur Schnüffellecksuche, mit einer Schnüffelsonde (**20**) eines Leckdetektors (**18**), wobei die Schnüffelsonde (**20**) mit einer gasfördernden Pumpe (**22**) zum Ansaugen und Messen des Gases, das aus einem mit einem Prüfgas gegenüber der umgebenden Atmosphäre (**14**) druckbeaufschlagten Prüfling (**12**) in die den Prüfling (**12**) umgebende Atmosphäre ausströmt, wobei das Prüfgas (**12**) sauerstofffrei ist und mindestens einen CO_2-Anteil aufweist, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Sauerstoffsensor (**28**) zur Messung des Sauerstoffanteils in dem von der Schnüffelsonde (**20**) angesaugten Gasstrom vorgesehen ist.

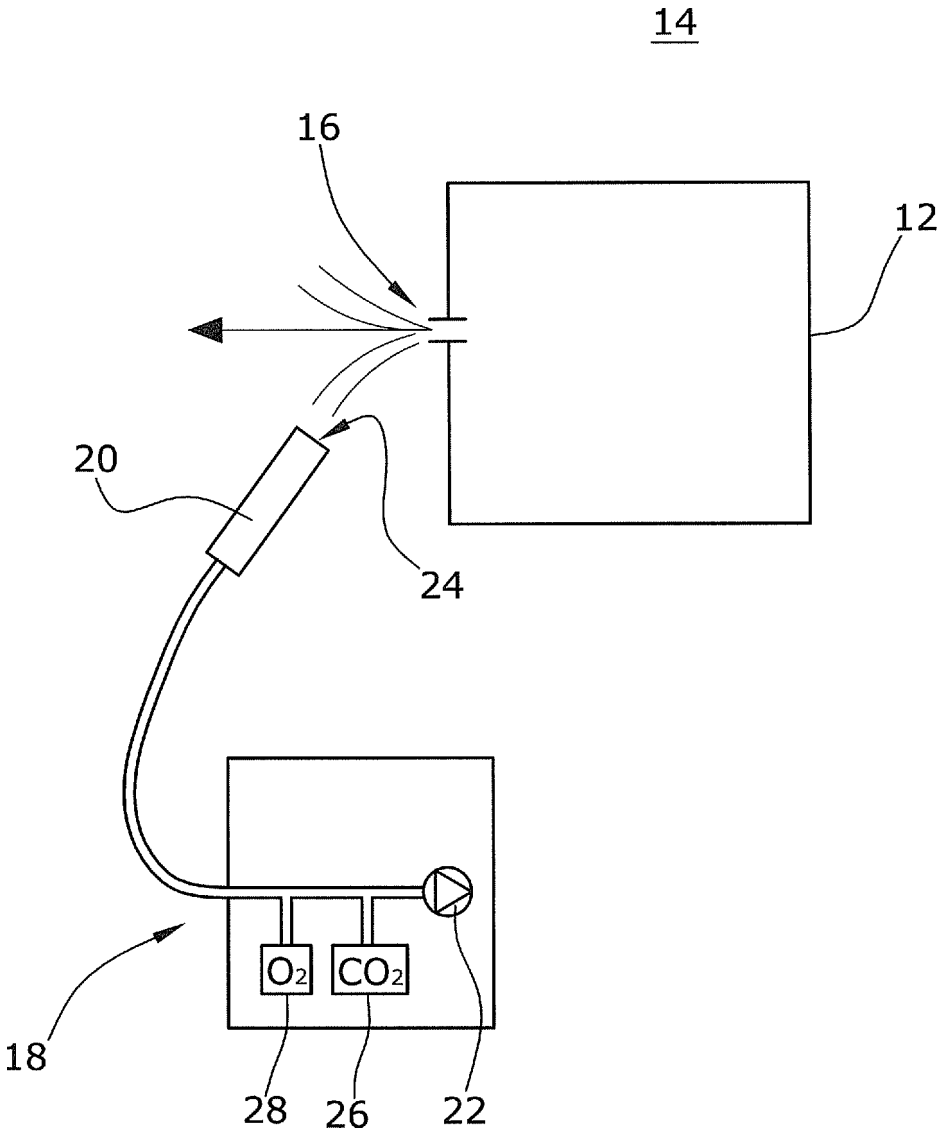
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sauerstoffsensor eine Lambda-Sonde ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sauerstoffsensor ein den Partialdruck von Sauerstoff erfassender Sensor, insbesondere ein Massenspektrometer, ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6–8, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sauerstoffsensor stromaufwärts der Pumpe (**22**) zur Messung des die Schnüffelsonde (**20**) durchströmenden Gasstromes oder stromabwärts der Pumpe (**22**) zur Messung des Abgasstromes der gasfördernden Pumpe (**22**) angeordnet und ausgebildet ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur