



(10) **DE 10 2023 132 371 A1** 2025.05.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 132 371.7**

(22) Anmeldetag: **21.11.2023**

(43) Offenlegungstag: **22.05.2025**

(51) Int Cl.: **G01N 33/22** (2006.01)

G01N 21/59 (2006.01)

G01N 27/16 (2006.01)

G01N 27/26 (2006.01)

G01N 29/02 (2006.01)

G01D 3/028 (2006.01)

(71) Anmelder:
Dräger Safety AG & Co. KGaA, 23560 Lübeck, DE

(72) Erfinder:
Osswald, Jürgen, 23558 Lübeck, DE; Pöthig, Tom, 23558 Lübeck, DE; Balhorn, Sandra, 23558 Lübeck, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

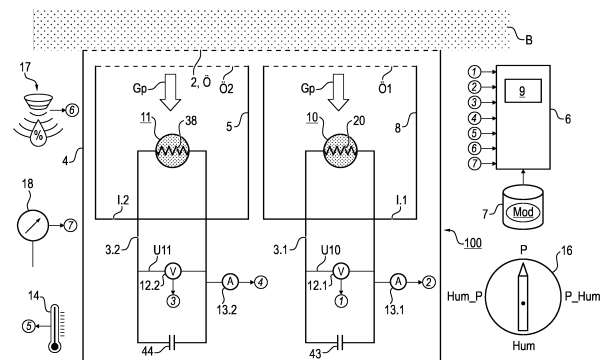
DE	41 30 099	A1
DE	10 2006 059 566	A1
DE	10 2017 005 713	A1
DE	10 2022 106 689	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Gasmessvorrichtung und Gasmessverfahren für ein Zielgas mit verbesserter Kompensation einer Umgebungsbedingung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Gasmessvorrichtung (100) und ein Gasmessverfahren, die die Konzentration eines Zielgases zu messen vermögen. Ein Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1) misst ein Maß für eine Detektionsgröße (U10) eines Detektors, wobei diese Detektor-Detektionsgröße (U10) mit der Konzentration des Zielgases in einer Gasprobe (Gp) korreliert. Ein Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2) misst ein Maß für eine Detektionsgröße (U11) eines Kompensators, wobei diese Kompensator-Detektionsgröße (U11) weniger mit der Zielgas-Konzentration korreliert. Die Gasmessvorrichtung (100) lässt sich in einem druckkompensierenden Modus und / oder in einem feuchtekompensierenden Modus betreiben. Im druckkompensierenden Modus wird der Einfluss des Umgebungsdrucks auf ein Messergebnis bestmöglich unter der Randbedingung, dass der Einfluss der Umgebungsfeuchte ausreichend klein bleibt, kompensiert. Im feuchtekompensierenden Modus wird der Einfluss der Umgebungsfeuchte auf ein Messergebnis bestmöglich unter einer entsprechenden Randbedingung kompensiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Gasmessvorrichtung und ein Gasmessverfahren, welche die Konzentration eines Zielgases zu messen vermögen und in unterschiedlichen Modi betrieben werden können, wobei in jedem Modus der Einfluss jeweils einer nicht direkt gemessenen Umgebungsbedingung auf eine Detektionsgröße gut kompensiert wird und wobei es vom Modus abhängt, welche Umgebungsbedingung kompensiert wird.

[0002] In einer bevorzugten Ausgestaltung wendet die Erfindung ein aus dem Stand der Technik bekanntes Prinzip an, das auch unter dem Namen „Wärmetönungs-Sensor“ bekannt geworden ist. Das Zielgas ist in dieser Ausgestaltung brennbar, lässt sich also oxidieren. Ein Detektor erhitzt eine Gasprobe in einer Messkammer, die Erhitzung des Detektors führt zu einer Oxidation von brennbarem Zielgas, durch die Oxidation wird Wärmeenergie freigesetzt, die freigesetzte Wärmeenergie erhitzt den Detektor weiter, und eine Detektor-Detektionsgröße, die mit der Temperatur des Detektors korreliert, wird gemessen. Die weitere Erhitzung und damit die Detektor-Detektionsgröße korrelieren mit der gesuchten Konzentration von brennbarem Zielgas.

[0003] Die weitere Erhitzung des Detektors hängt nicht nur von der Zielgas-Konzentration, sondern auch von Umgebungsbedingungen ab. Aus dem Stand der Technik ist weiterhin bekannt, einen Kompensator einzusetzen, der weniger oder überhaupt kein Zielgas oxidiert, aber auf Umgebungsbedingungen idealerweise genauso reagiert wie der Detektor. Eine Detektionsgröße des Kompensators wird gemessen und verwendet, um den Einfluss von Umgebungsbedingungen auf die Detektor-Detektionsgröße zu kompensieren.

[0004] Die Erfindung lässt sich auch für eine Gasmessvorrichtung anwenden, die ein anderes Prinzip anwendet, um die Konzentration eines Zielgases zu messen, insbesondere ein optisches Messverfahren mit einer Strahlungsquelle und einem Photodetektor oder ein akustisches Messverfahren mit einer Strahlungsquelle oder Schallquelle und einem Akustiksensoren.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gasmessvorrichtung und ein Gasmessverfahren bereitzustellen, welche die Konzentration eines Zielgases zu messen vermögen und besser als bekannte Gasmessvorrichtungen und Gasmessverfahren den Einfluss einer Umgebungsbedingung auf die Messung zu kompensieren vermögen.

[0006] Die Aufgabe wird durch eine Gasmessvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Gasmessverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung sind, soweit sinnvoll, auch vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Gasmessverfahrens und umgekehrt.

[0007] Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung vermag die Konzentration mindestens eines Zielgases in einem räumlichen Bereich zu messen. In einer Anwendung ist das Zielgas ein brennbares Zielgas, in einer anderen Anwendung ein sonstiges für Menschen schädliches Zielgas. Das Zielgas kann auch ein für Menschen lebensnotwendiges Gas sein, beispielsweise Sauerstoff, oder Kohlendioxid oder ein Narkosemittel. In der Regel liefert die Gasmessvorrichtung nur einen Schätzwert (Näherungswert) für die tatsächliche Zielgas-Konzentration. Das erfindungsgemäße Gasmessverfahren wird unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung durchgeführt.

[0008] Eine Gasprobe fließt aus dem zu überwachenden Bereich in das Innere der Gasmessvorrichtung und erreicht dort sowohl einen Detektor als auch einen Kompensator der Gasmessvorrichtung.

[0009] Der Detektor weist eine messbare Detektor-Detektionsgröße auf, z.B. die elektrische Spannung oder Stromstärke. Diese Detektor-Detektionsgröße korreliert mit der Konzentration des Zielgases in einer Gasprobe. Ein Detektor-Detektionsgrößen-Sensor der Gasmessvorrichtung vermag ein Maß für die Detektor-Detektionsgröße zu messen.

[0010] Der Kompensator weist eine messbare Kompensator-Detektionsgröße auf. Die Kompensator-Detektionsgröße korreliert weniger als die Detektor-Detektionsgröße oder sogar überhaupt nicht mit der Zielgas-Konzentration. Ein Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor der Gasmessvorrichtung vermag ein Maß für die Kompensator-Detektionsgröße zu messen. Möglich ist, dass ein Detektionsgrößen-Sensor eine Gesamt-Detektionsgröße zu messen vermag, die sowohl von der Detektor Detektionsgröße als auch von der Kompensator-Detektionsgröße abhängt.

[0011] Die Gasprobe stammt aus einem zu überwachenden räumlichen Bereich. Umgebungsbedingungen, insbesondere die Umgebungstemperatur, in diesem räumlichen Bereich wirken auf die Gasprobe ein. In der Regel wird die Detektor-Detektionsgröße daher zwangsläufig von mindestens einer Umgebungsbedingung beeinflusst, insbesondere von der Umgebungstemperatur. Die Kompensator-Detektionsgröße wird ebenfalls von dieser Umgebungsbedingung beeinflusst. Die Kompensator-Detektionsgröße korreliert aber weniger als die Detektor-Detektionsgröße mit der Zielgas-Konzentration und hängt in einer Ausgestaltung überhaupt nicht von der Zielgas-Konzentration ab. Idealerweise hängen beide Detektionsgrößen in gleicher Weise von allen Umgebungsbedingungen ab. In der Praxis ist diese ideale Situation in der Regel nicht zu erreichen.

[0012] Eine signalverarbeitende Auswerteeinheit vermag automatisch die Konzentration des Zielgases in der Gasprobe zu ermitteln. Für diese Ermittlung verwendet die Auswerteeinheit die gemessene Detektor-Detektionsgröße, also ein Signal des Detektor-Detektionsgrößen-Sensors, und die gemessene Kompensator-Detektionsgröße, also ein Signal des Kompensator-Detektionsgrößen-Sensors, und optional ein Signal eines Sensors für eine Umgebungsbedingung. Möglich ist, dass die Auswerteeinheit das jeweilige Signal von mindestens zwei Umgebungsbedingungen-Sensoren verwendet.

[0013] Die ermittelte Zielgas-Konzentration hängt also sowohl von der Detektor-Detektionsgröße als auch von der Kompensator-Detektionsgröße ab. Die Kompensator-Detektionsgröße ermöglicht es, bis zu einem gewissen Grad den Einfluss der Umgebungstemperatur und den Einfluss mindestens einer weiteren Umgebungsbedingung auf die Detektor-Detektionsgröße rechnerisch zu kompensieren.

[0014] In einer bevorzugten Realisierungsform wird eine Gesamt-Detektionsgröße durch Anwendung eines funktionalen Zusammenhangs berechnet, der bevorzugt ein gewichtetes Mittel der Detektor-Detektionsgröße und der Kompensator-Detektionsgröße umfasst. Die Zielgas-Konzentration wird abhängig von der Gesamt-Detektionsgröße ermittelt. Im druckkompensierenden Modus hängt dieser funktionale Zusammenhang anders von der Detektor-Detektionsgröße und / oder von der Kompensator-Detektionsgröße ab als im feuchtekompensierenden Modus. Beispielsweise unterscheiden sich der Gewichtungsfaktor, mit dem die Detektor-Detektionsgröße in den funktionalen Zusammenhang einfließt, und / oder der Gewichtungsfaktor der Kompensator-Detektionsgröße von Modus zu Modus.

[0015] In der Regel liefert die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung als Messergebnis nicht die tatsächliche Zielgas-Konzentration, sondern einen Schätzwert für die Zielgas-Konzentration. Im Folgenden wird vom „Messergebnis der Gasmessvorrichtung“ oder auch von der „ermittelten Zielgas-Konzentration“ gesprochen, wobei die ermittelte Zielgas-Konzentration in der Regel von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration abweicht. Die ermittelte Zielgas-Konzentration soll relativ gering von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration abweichen. Wie dies erfindungsgemäß erreicht wird, wird nachfolgend beschrieben.

[0016] Die Detektor-Detektionsgröße und damit das Signal des Detektor-Detektionsgrößen-Sensors hängen einerseits von der gesuchten Zielgas-Konzentration und andererseits von drei Umgebungsbedingungen ab, nämlich von der Umgebungstemperatur, der Umgebungsfeuchte und dem Umgebungsdruck. Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung kann einen Sensor für eine Umgebungsbedingung umfassen. Die Erfindung zeigt einen Weg auf, wie der jeweilige Einfluss dieser drei Umgebungsbedingungen berücksichtigt wird, ohne dass die Gasmessvorrichtung notwendigerweise für jede Umgebungsbedingung jeweils einen Sensor aufzuweisen braucht.

[0017] Die Gasmessvorrichtung lässt sich in mindestens einem von mindestens zwei verschiedenen Modi betreiben. Der eine dieser Modi ist ein druckkompensierender Modus, der oder ein anderer dieser Modi ein feuchtekompensierender Modus. Während eines Einsatzes wird die Gasmessvorrichtung in einem Modus betrieben. Möglich ist, dass sie bei zwei aufeinanderfolgenden Einsätzen in zwei unterschiedlichen Modi betrieben wird.

[0018] Im druckkompensierenden Modus ist der Einfluss des Umgebungsdrucks auf das Messergebnis wie folgt kompensiert:

- Die Randbedingung wird eingehalten, dass der Einfluss der Umgebungsfeuchte auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Feuchteinfluss-Schranke bleibt. Mit anderen Worten: Bei jedem Wert für die Umgebungsfeuchte, der beim Einsatz der Gasmessvorrichtung auftreten kann, weicht die ermittelte von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration um höchstens die obere Feuchteinfluss-Schranke ab. Diese obere Schranke wird beispielsweise in % UEG (untere Explosionsgrenze) angegeben.

- Der Einfluss des Umgebungsdrucks auf ein Messergebnis der Gasmessvorrichtung wird bestmöglich kompensiert, und zwar unter Einhaltung der gerade genannten Randbedingung.

[0019] Entsprechend wird im feuchtekompensierenden Modus der Einfluss der Umgebungsfeuchte auf das Messergebnis wie folgt kompensiert:

- Die Randbedingung wird eingehalten, dass der Einfluss des Umgebungsdrucks auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Druckeinfluss-Schranke bleibt.
- Der Einfluss der Umgebungsfeuchte auf ein Messergebnis wird unter Einhaltung dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert.

[0020] Im druckkompensierenden Modus hängt die ermittelte Zielgas-Konzentration auf eine erste Weise von der Detektor-Detektionsgröße und von der Kompensator-Detektionsgröße ab, im feuchtekompensierenden Modus auf eine zweite Weise. Diese beiden Weisen unterscheiden sich voneinander. Beispielsweise hängt die ermittelte Zielgas-Konzentration von einem gewichteten Mittel der beiden Detektionsgrößen ab, wobei mindestens ein Gewichtungsfaktor für den einen Modus anders ist als für den anderen Modus.

[0021] Erfindungsgemäß lässt sich die Gasmessvorrichtung in mindestens einem von mindestens zwei verschiedenen Modi betreiben. In einer Ausgestaltung lässt sie sich in mindestens einem von vier verschiedenen Modi betreiben, nämlich zusätzlich in einem druckoptimierten und / oder in einem feuchteoptimierten Modus. Im druckoptimierten Modus wird der Einfluss des Umgebungsdrucks auf ein Messergebnis der Gasmessvorrichtung bestmöglich kompensiert, also ohne eine Randbedingung betreffend eine andere Umgebungsbedingung einzuhalten. Entsprechend wird im feuchteoptimierten Modus der Einfluss der Umgebungsfeuchte auf das Messergebnis bestmöglich kompensiert, also ohne Einhaltung einer Randbedingung betreffend eine andere Umgebungsbedingung.

[0022] Die mindestens zwei unterschiedlichen Modi ermöglichen es, die Gasmessvorrichtung an eine bestimmte Einsatzbedingung sowie an bestimmte Anforderungen an die Genauigkeit des Messergebnisses anzupassen. Beispielsweise wird erwartet, dass der Umgebungsdruck bei einem Einsatz stark schwankt, während die Umgebungsfeuchte annähernd gleich bleibt. Diese Einsatzbedingung tritt beispielsweise dann auf, wenn die Zielgas-Konzentration in einem Rohr gemessen wird, wobei ein Gasgemisch durch das Rohr fließt. Dann wird bevorzugt die Gasmessvorrichtung im druckkompensierenden oder sogar im optionalen druckoptimierten Modus betrieben. Falls hingegen erwartet wird, dass die Umgebungsfeuchte stark schwankt, während der Umgebungsdruck annähernd gleich bleibt, wird bevorzugt die Gasmessvorrichtung im feuchtekompensierenden oder sogar im optionalen feuchteoptimierten Modus betrieben. Diese Einsatzbedingung tritt beispielsweise dann auf, wenn die Zielgas-Konzentration in einem vollständig oder wenigstens weitgehend umschlossenen Raum, beispielsweise in einer Messkammer, gemessen wird.

[0023] Die Erfindung erspart in vielen Fällen die Notwendigkeit, einen Kompromiss einzugehen, damit die Gasmessvorrichtung für jede mögliche Einsatzbedingung verwendet werden kann. Dieser Kompromiss kann dazu führen, dass sie bei manchen Einsatzbedingungen kein ausreichend gutes Messergebnis liefert.

[0024] Die Erfindung lässt sich in Kombination mit mindestens einem Sensor für eine Umgebungsbedingung verwenden. Die Erfindung spart aber die Notwendigkeit ein, dass die Gasmessvorrichtung für jede Umgebungsbedingung jeweils einen ausreichend zuverlässigen Sensor umfasst, also sowohl einen Temperatur-Sensor als auch einen Feuchte-Sensor als auch einen Druck-Sensor.

[0025] In einer Ausgestaltung lässt die Gasmessvorrichtung sich wahlweise in jedem der mindestens zwei, optional der vier verschiedenen Modi betreiben. Bevorzugt wird die Einstellung, in welchem Modus die Gasmessvorrichtung betrieben wird, ausschließlich durch Anpassung der Auswerteeinheit vorgenommen, also in der Regel durch Anpassung der Software. Beispielsweise wird mindestens eine Berechnungsvorschrift, die die Auswerteeinheit anwendet, um die Zielgas-Konzentrationen aus Signalen herzuleiten, entsprechend angepasst. Die Hardware kann hingegen in vielen Fällen die gleiche bleiben, und zwar für jeden möglichen Modus, in dem die Gasmessvorrichtung eingesetzt wird. Dies ermöglicht es, mehrere baugleiche Gasmessvorrichtungen herzustellen und dann jedes dieser baugleichen Geräte für den jeweiligen Modus einzustellen. Dieses Vorgehen ist in vielen Fällen zuverlässiger, insbesondere aufgrund einer möglichen Serienfertigung, als die Verwendung von Gasmessvorrichtungen mit unterschiedlichen Hardware-Bestandteilen für die verschiedenen Modi.

[0026] Möglich ist, dass eine Gasmessvorrichtung vorab an einen Modus angepasst wird, also bei einer Kalibrierung und / oder Justierung der Gasmessvorrichtung. In einer alternativen Ausgestaltung umfasst die Gasmessvorrichtung zusätzlich eine Auswahleinheit. Ein Benutzer wählt mit Hilfe dieser Auswahleinheit einen der mindestens zwei verschiedenen möglichen Modi aus. Die Gasmessvorrichtung wird dann in diesem Modus betrieben. Der Benutzer kann später einen anderen Modus auswählen. Diese Ausgestaltung ermöglicht es, dieselbe Gasmessvorrichtung nacheinander für unterschiedliche Einsatzbedingungen zu verwenden, ohne einen Bestandteil der Gasmessvorrichtung austauschen zu müssen.

[0027] Möglich ist auch, dass die Gasmessvorrichtung sich automatisch von einem Modus in einen anderen Modus umschaltet und nacheinander in jedem möglichen Modus jeweils einen Schätzwert für die Zielgas-Konzentration misst.

[0028] Wie bereits erwähnt, hängt die Detektor-Detektionsgröße nicht nur von der Zielgas-Konzentration ab, sondern zusätzlich von Umgebungsbedingungen, insbesondere von der Umgebungstemperatur, der Umgebungsfeuchte und dem Umgebungsdruck. In einer Ausgestaltung umfasst die Gasmessvorrichtung zusätzlich mindestens einen Sensor für eine Umgebungsbedingung, insbesondere einen Temperatur-Sensor. Der Temperatur-Sensor der Gasmessvorrichtung vermag ein Maß für eine Temperatur in der Umgebung der Gasmessvorrichtung zu messen. Die Auswerteeinheit der Gasmessvorrichtung verwendet zusätzlich jeweils ein Signal von dem oder jedem Sensor für eine Umgebungsbedingung, beispielsweise ein Signal, welches ein Maß für die gemessene Umgebungstemperatur ist. Möglich ist, dass die Gasmessvorrichtung für mindestens zwei Umgebungsbedingungen jeweils einen Sensor umfasst und die Auswerteeinheit zwei Signale von diesen beiden Sensoren verwendet, um die Zielgas-Konzentration zu ermitteln.

[0029] In einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Gasmessvorrichtung einen Temperatur-Sensor, aber weder einen Sensor für die Umgebungsfeuchte noch einen Sensor für den Umgebungsdruck. Dies ist in vielen Anwendungen insbesondere aus folgendem Grund von Vorteil: In der Regel kommen sowohl ein Sensor für die Umgebungsfeuchte als auch ein Sensor für den Umgebungsdruck in einen chemischen und mechanischen Kontakt mit der Umgebung und altern daher relativ schnell, zumindest dann, wenn keine geeigneten und häufig relativ teuren Gegenmaßnahmen getroffen werden. Ein Temperatur-Sensor hingegen kann von der Umgebung chemisch und mechanisch getrennt werden.

[0030] In einer Ausgestaltung lässt sich ein Sensor für eine Umgebungsbedingung wahlweise aktivieren oder deaktivieren, beispielsweise manuell von einem Benutzer oder auch automatisch von einem Steuergerät der Gasmessvorrichtung. Beispielsweise deaktivieren das Steuergerät oder auch ein Benutzer einen Sensor für eine Umgebungsbedingung, falls festgestellt wurde, dass dieser Sensor defekt ist. Oder ein Benutzer oder das Steuergerät deaktivieren einen Sensor für eine Umgebungsbedingung, wenn die Gasmessvorrichtung in einer Umgebung eingesetzt werden soll, die für diesen Sensor schädlich ist oder schädlich sein kann oder wenn dieser Sensor viel elektrische Energie verbraucht oder in dieser Umgebung keinen zuverlässigen Messwert für die Umgebungsbedingung zu liefern vermag. Beispielsweise umfasst die Gasmessvorrichtung einen Temperatur-Sensor, der dauerhaft aktiv ist, sowie einen Drucksensor und / oder einen Feuchtesensor, der wahlweise aktiviert oder deaktiviert ist.

[0031] In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung umfasst die Gasmessvorrichtung jeweils einen Sensor für jede relevante Umgebungsbedingung, also insbesondere jeweils einen Sensor für die Umgebungstemperatur, für die Umgebungsfeuchte und den Umgebungsdruck. Jeder dieser Sensoren lässt sich aktivieren und deaktivieren, und zwar bevorzugt unabhängig von jedem anderen Sensor. Bevorzugt kann ein Benutzer jeden Sensor für eine Umgebungsbedingung wahlweise aktivieren oder deaktivieren. Die Ausgestaltung, dass die Gasmessvorrichtung jeden Sensor umfasst, erleichtert es, mehrere erfindungsgemäße Gasmessvorrichtungen herzustellen. Diese Gasmessvorrichtungen weisen alle die gleiche Hardware auf und umfassen insbesondere die Sensoren für die Umgebungsbedingungen. Um eine bestimmte Gasmessvorrichtung anzupassen, reicht es aus, einzelne Sensoren zu aktivieren oder zu deaktivieren. Nicht erforderlich ist, Gasmessvorrichtungen mit unterschiedlicher Hardware herzustellen.

[0032] In einer Ausgestaltung lässt sich die Gasmessvorrichtung wahlweise in einem Modus-Auswahl-Zustand betreiben, in dem mindestens einer der zwei oder sogar vier erfindungsgemäßen Modi ausgewählt und angewendet werden kann, oder in einem Standard-Zustand, in dem die Auswerteeinheit die Zielgas-Konzentration unabhängig von einem Modus ermittelt.

[0033] Die Ausgestaltung mit diesen beiden Zuständen lässt sich mit der Ausgestaltung kombinieren, bei der mindestens ein Sensor für eine Umgebung wahlweise aktiviert oder deaktiviert ist. Eine mögliche Anwendung

dieser Kombination ist die folgende: Die Gasmessvorrichtung umfasst einen Druck-Sensor, der wahlweise aktiviert oder deaktiviert ist. Bei aktiviertem Druck-Sensor verwendet die Auswerteeinheit das Signal des Druck-Sensors, um den Einfluss des Umgebungsdrucks auf die Ermittlung der Zielgas-Konzentration zu berücksichtigen. Bei deaktiviertem Druck-Sensor wird die Gasmessvorrichtung wenigstens zeitweise im druckkompensierenden Modus betrieben. Das Entsprechende gilt für einen Feuchte-Sensor und den feucht-ekompensierenden Modus. Im Standard-Zustand vermag die Gasmessvorrichtung beispielsweise jede für das Messergebnis relevante Umgebungsbedingungen zu messen. Der entsprechende Sensor ist also vorhanden und aktiviert.

[0034] In einer Realisierungsform ist die Gasmessvorrichtung als ein sogenannter Wärmetönungs-Sensor ausgestaltet. Der Detektor umfasst ein erhitzbares Detektor-Segment, und die Gasmessvorrichtung vermag das Detektor-Segment zu erhitzen. Insbesondere vermag die Gasmessvorrichtung eine elektrische Spannung an das Detektor-Segment anzulegen, und der dann fließende Strom erhitzt das Detektor-Segment. Das erhitzte Detektor-Segment oxidiert brennbares Zielgas, welches als Bestandteil der Gasprobe den Detektor erreicht hat - natürlich nur dann, wenn diese Gasprobe ausreichend viel brennbares Zielgas umfasst. Die Oxidierung des Zielgases setzt Wärmeenergie frei, und die freigesetzte Wärmeenergie vergrößert die Temperatur des Detektor-Segments. Die Temperatur des Detektor-Segments korreliert mit der Zielgas-Konzentration.

[0035] Der Kompensator umfasst ein erhitzbares Kompensator-Segment. Die Gasmessvorrichtung vermag das Kompensator-Segment zu erhitzen. In einer ersten Alternative vermag das erhitzte Kompensator-Segment pro Zeiteinheit weniger brennbares Zielgas zu oxidieren als das erhitzte Detektor-Segment, idealerweise überhaupt kein brennbares Zielgas. In einer anderen Ausgestaltung ist die Gasmessvorrichtung wie folgt ausgestaltet: Pro Zeiteinheit erreicht eine geringere Menge der Gasprobe den Kompensator als den Detektor. Diese beiden Alternativen können miteinander kombiniert werden.

[0036] Erfindungsgemäß umfasst die Gasmessvorrichtung einen Detektor-Detektionsgrößen-Sensor und zusätzlich einen Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor. Falls die Erfindung auf einen Wärmetönungs-Sensor angewendet wird, so ist die Gasmessvorrichtung wie folgt ausgestaltet: Der Detektor-Detektionsgrößen-Sensor misst ein Maß für die Temperatur des Detektor-Segments. Der Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor misst ein Maß für die Temperatur des Kompensator-Segments. Die Auswerteeinheit ermittelt die Zielgas-Konzentration abhängig von

- einem Signal des Detektor-Detektionsgrößen-Sensors,
- einem Signal des Kompensator-Detektionsgrößen-Sensors,
- bevorzugt einem Signal eines Temperatur-Sensors und
- optional einem Signal eines Feuchte-Sensors und / oder einem Signal eines Druck-Sensors.

[0037] In einer Realisierungsform wird eine sogenannte Brückenspannung gemessen, die sowohl von der Spannung, die am Detektor anliegt, als auch von der Spannung, die am Kompensator anliegt, abhängt. Die Auswerteeinheit ermittelt die Zielgas-Konzentration abhängig von der Brückenspannung und optional vom Signal des Temperatur-Sensors.

[0038] Idealerweise reagiert der Kompensator auf Umgebungsbedingungen genauso wie der Detektor, wird aber weniger oder sogar überhaupt nicht von einem brennbaren Zielgas beeinflusst. Diese ideale Bedingung ist in der Praxis in der Regel nicht zu realisieren.

[0039] Die Ausgestaltung als Wärmetönungs-Sensor erspart die Notwendigkeit vorzugeben, welche Zielgase in dem zu überwachenden Bereich auftreten können und detektiert werden sollen. In der Regel vermag ein Wärmetönungs-Sensor wenigstens näherungsweise die summierten Konzentrationen aller brennbaren Zielgase zu ermitteln.

[0040] Die Gasmessvorrichtung kann auch anders als gerade beschrieben ausgestaltet sein. Beispielsweise umfasst die Gasmessvorrichtung eine Strahlungsquelle oder Schallquelle, welche elektromagnetische Strahlung bzw. Schall zu emittieren vermag, und als Detektor einen Empfänger, der abhängig von der Intensität von auftreffender elektromagnetischer Strahlung oder Schall ein Signal zu erzeugen vermag. Die emittierte Strahlung oder der emittierte Schall durchdringen eine Messkammer, in der sich eine zu untersuchende Gasprobe befindet. Die gemessene Intensität fungiert als die Detektor-Detektionsgröße. Ein zu detektierendes Zielgas absorbiert in einem bestimmten Wellenlängenbereich einen Teil der Strahlung oder des Schalls und

reduziert daher die Intensität der auftreffenden Strahlung oder beeinflusst die Geschwindigkeit der auftreffenden Schalls. Der Detektor-Detektionsgrößen-Sensor misst ein Maß für die Intensität der auftreffenden Strahlung oder des Schalls.

[0041] Die Erfindung lässt sich z.B. auch in Kombination mit einem photoakustischen oder elektrochemischen Sensor verwenden.

[0042] Nachfolgend wird eine bevorzugte Realisierungsform einer derartigen Gasmessvorrichtung beschrieben. Die Strahlungsquelle emittiert elektromagnetische Strahlung. Der Detektor ist ein Photodetektor, der abhängig von der Intensität von auftreffender elektromagnetischer Strahlung ein Signal erzeugt und nachfolgend als Zielgas-Photodetektor bezeichnet wird. Das Signal des Zielgas-Photodetektors hängt nicht nur von der Zielgas-Konzentration ab, sondern zusätzlich von mindestens einer Umgebungsbedingung. Beispielsweise absorbieren sowohl das Zielgas als auch Wassertröpfchen und / oder Partikel in der Umgebung und damit in der Gasprobe elektromagnetische Strahlung.

[0043] Typischerweise absorbiert das zu detektierende Zielgas elektromagnetische Strahlung in einem bestimmten Wellenlängen-Bereich. Bevorzugt ist zwischen der Strahlungsquelle und dem Photodetektor daher ein Wellenlängen-Filter angeordnet, der ausschließlich oder wenigstens überwiegend nur Strahlung in dem Wellenlängen-Bereich passieren lässt, in dem das Zielgas die elektromagnetische Strahlung abschwächt.

[0044] Der Wellenlängen-Bereich des Zielgases kann aber mit einem Wellenlängen-Bereich, in dem Wassertröpfchen und / oder Partikel Strahlung abschwächen, überlappen. Außerdem kann ein Signal des Zielgas-Photodetektors auch von der Umgebungsfuchte und / oder dem Umgebungsdruck beeinflusst werden. In einer bevorzugten Realisierungsform umfasst die Gasmessvorrichtung daher zusätzlich einen Referenz-Photodetektor, der als der Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor fungiert. Ein weiterer Wellenlängen-Filter lässt elektromagnetische Strahlung in dem Wellenlängen-Bereich passieren, in dem Wassertröpfchen und / oder Partikel Strahlung abschwächen. Die Auswerteeinheit ermittelt die Zielgas-Konzentration abhängig von einem Signal des Zielgas-Photodetektors und einem Signal des Referenz-Photodetektors. Möglich ist auch, anstelle zweier Wellenlängen-Filter zwei verschiedene Strahlungsquellen vorzusehen, die elektromagnetische Strahlung in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen emittieren.

[0045] Bereits dargelegt wurde die bevorzugte Ausgestaltung, dass die Gasmessvorrichtung sich ausschließlich durch Anpassung oder Veränderung der Auswerteeinheit an den jeweiligen Modus anpassen lässt. In einer Ausgestaltung wird ein Software-Programm angepasst, welches die Auswerteeinheit anwendet, um die Zielgas-Konzentration zu ermitteln.

[0046] In einer Ausgestaltung besitzt die Auswerteeinheit dauerhaft oder wenigstens zeitweise Lesezugriff auf ein rechnerauswertbares Modell. Dieses Modell ist beispielsweise in einem Datenspeicher der Gasmessvorrichtung abgespeichert oder Bestandteil eines Programms, welches die Auswerteeinheit anwendet. Das Modell umfasst für den oder für jeden Modus, in dem die Gasmessvorrichtung sich betreiben lässt, jeweils einen funktionalen Zusammenhang. Der funktionale Zusammenhang für einen Modus beschreibt einen Zusammenhang zwischen

- der Zielgas-Konzentration einerseits und
- jeder Detektionsgröße, also dem jeweiligen Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors, bevorzugt der Umgebungstemperatur, also dem Signal des Temperatur-Sensors, sowie optional dem Signal des Feuchte-Sensors und / oder dem Signal des Druck-Sensors andererseits.

[0047] Beispielsweise treten im funktionalen Modell das Signal des Detektor-Detektionsgrößen-Sensors und das Signal des Kompensator-Detektionsgrößen-Sensors auf, außerdem bevorzugt das Signal des Temperatur-Sensors sowie optional das Signal des Feuchte-Sensors und / oder das Signal des Druck-Sensors.

[0048] Zu einem Zeitpunkt wird die Gasmessvorrichtung in einem Modus betrieben. Um in diesem Modus die Zielgas-Konzentration zu ermitteln, wendet die Auswerteeinheit den funktionalen Zusammenhang, der für diesen Modus gültig ist, auf das jeweilige Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors und bevorzugt das Signal des Temperatur-Sensors an. Dadurch liefert die Auswerteeinheit als Messergebnis eine ermittelte Zielgas-Konzentration.

[0049] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Kalibriervorrichtung und ein Kalibrierverfahren, durch welche sich eine Gasmessvorrichtung gemäß der gerade beschriebenen Ausgestaltung, also mit dem funktionalen Modell, kalibrieren lassen.

[0050] Die Kalibriervorrichtung vermag eine Vorgabe zu erfassen, die bevorzugt von einem Benutzer stammt. Die erfasste Vorgabe spezifiziert mindestens einen Modus, in dem die zu kalibrierende Gasmessvorrichtung betreibbar sein soll. Möglich ist, dass die Vorgabe mindestens zwei verschiedene Modi spezifiziert.

[0051] Die Kalibriervorrichtung vermag automatisch ein rechnerauswertbares Modell zu generieren. Das generierte Modell lässt sich von der Auswerteeinheit der Gasmessvorrichtung anwenden. Für den oder jeden Modus, der in der erfassten Vorgabe spezifiziert ist, umfasst das generierte Modell jeweils einen funktionalen Zusammenhang. Der funktionale Zusammenhang für einen Modus beschreibt in rechnerauswertbare Form einen Zusammenhang zwischen

- der Zielgas-Konzentration einerseits und
- dem jeweiligen Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors und bevorzugt dem Signal des Temperatur-Sensors und optional einem Signal eines weiteren Sensors für eine Umgebungsbedingung andererseits.

[0052] Um das Modell zu generieren, wendet die Kalibriervorrichtung eine vorgegebene Stichprobe und eine Menge von vorgegebenen möglichen Zusammenhängen an. In einer Realisierungsform weist jeder vorgegebene mögliche funktionale Zusammenhang jeweils mindestens einen Parameter auf, und die Kalibriervorrichtung ermittelt jeweils einen Wert für jeden Parameter. In jeden möglichen funktionalen Zusammenhang ist für den oder jeden Parameter einen Parameterwert eingesetzt.

[0053] Die vorgegebene Stichprobe wird vorab empirisch ermittelt und umfasst mehrere Stichprobenelemente, nämlich mindestens ein Referenz-Stichprobenelement, mindestens ein Druck-Stichprobenelement und mindestens ein Feuchte-Stichprobenelement. Jedes Stichprobenelement umfasst eine Kennzeichnung einer Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination, eine Signalwerte-Kombination und eine tatsächliche Zielgas-Konzentration. Die Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination ist eine Kombination einer Umgebungstemperatur, eines Umgebungsdrucks, einer Umgebungsfeuchte und einer tatsächlichen Zielgas-Konzentration. Die Signalwerte-Kombination enthält für das jeweilige Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors und optional für das Signal des Temperatur-Sensors jeweils einen Wert, der bei der Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination des Stichprobenelements gemessen ist. Die tatsächliche Zielgas-Konzentration des Stichprobenelements wird vorgegeben oder mit einem anderen Gerät gemessen und führt zu den Signalwerten der Detektionsgrößen-Sensoren.

[0054] Die Kalibriervorrichtung ist dazu ausgestaltet, für jeden Modus und für jedes Stichprobenelement jeweils die folgenden Schritte durchzuführen:

- Jeder mögliche funktionale Zusammenhang wird auf die Signalwerte-Kombination des Stichprobenelements angewendet. Dadurch wird ein resultierender Wert für die Zielgas-Konzentration berechnet.
- Der berechnete Wert für die Zielgas-Konzentration wird mit dem tatsächlichen Wert der Zielgas-Konzentration in diesem Stichprobenelement verglichen.

[0055] Weiterhin ist die Kalibriervorrichtung dazu ausgestaltet, für jeden Modus jeweils die folgenden Schritte durchzuführen:

- Einer der vorgegebenen möglichen funktionalen Zusammenhänge wird als derjenige funktionale Zusammenhang ausgewählt, der tatsächlich für diesen Modus verwendet wird. Um einen möglichen funktionalen Zusammenhang auszuwählen, werden die Vergleichsergebnisse verwendet, also die Ergebnisse des Vergleichs zwischen der berechneten und der tatsächlichen Zielgas-Konzentration in den Stichprobenelementen. Beispielsweise wird derjenige funktionale Zusammenhang verwendet, bei dem der berechnete Wert für die Zielgas-Konzentration am wenigsten von dem tatsächlichen Wert abweicht.
- Bewirkt wird, dass der ausgewählte funktionale Zusammenhang von der Auswerteeinheit als derjenige funktionale Zusammenhang verwendet wird, der tatsächlich in diesem Modus angewendet wird.

[0056] Diese Ausgestaltung ermöglicht es, die Kalibrierung empirisch durchzuführen. Nicht erforderlich ist es, ein vollständiges analytisches Modell, welches die Auswerteeinheit anwendet, vorzugeben.

[0057] Eine weitere Fortbildung der Ausgestaltung mit dem funktionalen Modell betrifft eine Anordnung mit einer ersten und einer zweiten erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung. Die erste Gasmessvorrichtung lässt sich im druckkompensierenden Modus betreiben, die zweite Gasmessvorrichtung im feuchtekompensierenden Modus. Die Auswerteeinheit der ersten Gasmessvorrichtung hat Lesezugriff auf ein erstes rechnerauswertbares Modell, die Auswerteeinheit der zweiten Gasmessvorrichtung Lesezugriff auf ein zweites rechnerauswertbares Modell. Das erste rechnerauswertbare Modell beschreibt eine Abhängigkeit der Zielgas-Konzentration von der oder jede Detektionsgröße und bevorzugt von der Umgebungstemperatur, und die Gasmessvorrichtung erfüllt bei der Verwendung des ersten Modells die Anforderungen an einen Betrieb im druckkompensierenden Modus. Das zweite rechnerauswertbare Modell beschreibt ebenfalls eine Abhängigkeit der Zielgas-Konzentration von der oder jede Detektionsgröße und bevorzugt von der Umgebungstemperatur und erfüllt die Anforderungen an einen Betrieb im feuchtekompensierenden Modus.

[0058] Die oder eine erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung kann als ein mobiles Gerät ausgestaltet sein, wobei ein Benutzer dieses Gerät mit sich führt, während der Benutzer sich in einem Bereich aufhält. Das Gerät informiert den Benutzer über die Konzentration mindestens eines Zielgases in dem räumlichen Bereich. Bevorzugt hat das mobile Gerät eine eigene Spannungsversorgungseinheit und eine eigene Ausgabereinheit. Die oder eine erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung kann auch als ein stationäres Gerät ausgestaltet sein, welches bestimmten Ort ähnlichen Bereich installiert ist und bevorzugt Nachrichten mit gemessenen Zielgas-Konzentrationen an einen räumlich entfernten Empfänger übermittelt.

[0059] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. Hierbei zeigt

Fig. 1 schematisch eine beispielhafte Ausgestaltung der Gasmessvorrichtung;

Fig. 2 eine beispielhafte Ausgestaltung des Detektors als Pellistor;

Fig. 3 eine beispielhafte abweichende Ausgestaltung des Detektors als flaches Bauteil;

Fig. 4 den Detektor von **Fig. 3** in einer Draufsicht;

Fig. 5 eine Randbedingung für die Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur;

Fig. 6 eine Randbedingung für die Abhängigkeit vom Umgebungsdruck;

Fig. 7 eine Randbedingung für die Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchte;

Fig. 8 beispielhaft zwei Messkurven in Abhängigkeit vom Verstärkungsfaktor für den Kompensator;

Fig. 9 eine Kalibriervorrichtung, welche zwei Gasmessvorrichtungen an zwei verschiedene Modi anpasst.

[0060] Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung und das erfindungsgemäße Gasmessverfahren vermögen im Ausführungsbeispiel einen räumlichen Bereich auf das Vorhandensein mindestens eines brennbaren Zielgases zu überwachen und / oder die Konzentration eines brennbaren Zielgases in diesem Bereich wenigstens näherungsweise zu ermitteln. In einer Anwendung vermag die Gasmessvorrichtung bei Vorhandensein von mehreren brennbaren Zielgasen ein Maß für eine Summe der Zielgas-Konzentrationen zu ermitteln. Die Gasmessvorrichtung nutzt ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren, um ein Gasgemisch in dem räumlichen Bereich zu analysieren.

[0061] Im Ausführungsbeispiel ist die Gasmessvorrichtung als ein stationäres Gerät ausgestaltet, das während eines Einsatzes an einer bestimmten Stelle in dem zu überwachenden Bereich angeordnet ist. Möglich ist, dass in diesem Bereich mehrere stationäre Gasmessvorrichtungen angeordnet sind. Die oder jede Gasmessvorrichtung steht jeweils wenigstens zeitweise in jeweils einer Datenverbindung mit einem räumlich entfernten Empfänger und übermittelt jeweils mindestens ein Signal an diesen Empfänger. Bevorzugt ist die Datenverbindung eine drahtlose Datenverbindung, wird also mit Funkwellen realisiert. Möglich ist auch eine kabelgebundene Datenverbindung.

[0062] Im Inneren eines Gehäuses der Gasmessvorrichtung befindet sich ein Detektor. Durch eine Öffnung des Gehäuses diffundiert eine Gasprobe aus dem zu überwachenden Bereich in das Innere des Gehäuses oder wird in das Innere gefördert, z.B. von einer Pumpe angesaugt.

[0063] Im Ausführungsbeispiel ist die Gasmessvorrichtung als ein Wärmetönungs-Sensor ausgestaltet. Dessen Prinzip wurde eingangs beschrieben. Die Erfindung lässt sich auch für eine Gasmessvorrichtung anwenden, die einen photooptischen oder photo-akustischen oder elektrochemischen Sensor umfasst.

[0064] Der Detektor des Wärmetönungs-Sensors umfasst einen elektrisch leitenden Draht mit einem heizenden Segment. Das heizende Detektor-Segment ist beispielsweise eine Spule, die ein Segment des Drahts bildet. Das elektrisch leitende Material ist beispielsweise Platin oder Rhodium oder Wolfram oder eine Legierung unter Verwendung von mindestens einem dieser Metalle. An diesen Draht wird eine elektrische Spannung U angelegt, sodass elektrischer Strom durch den Draht fließt. Der fließende Strom erhitzt das heizende Detektor-Segment, und das erhitzte heizende Detektor-Segment gibt Wärmeenergie ab. Die abgegebene Wärmeenergie bewirkt, dass im Inneren des Gehäuses mindestens ein brennbares Zielgas oxidiert wird - natürlich nur dann, wenn der räumliche Bereich und damit die Gasprobe im Inneren brennbares Zielgas enthalten.

[0065] In einer Anwendung ist Methan (CH_4) ein zu detektierendes brennbares Zielgas. Durch die Zufuhr von Wärmeenergie reagiert Methan mit Sauerstoff, und es entstehen Wasser und Kohlendioxid. Aus CH_4 und 2 O_2 wird also $2 \text{ H}_2\text{O}$ und CO_2 .

[0066] Bei der Oxidation des Zielgases wird im Inneren des Gehäuses Wärmeenergie freigesetzt. Diese Wärmeenergie wirkt auf den Detektor ein und vergrößert die Temperatur des von Strom durchflossenen und erhitzten Drahts. Diese Temperatur-Erhöhung korreliert mit der freigesetzten Wärmeenergie und damit mit der Konzentration des Zielgases im Inneren des Gehäuses.

[0067] Die Temperatur-Änderung verändert eine Eigenschaft des Detektors, welche mit der Detektor-Temperatur korreliert, beispielsweise den elektrischen Widerstand R des vom Strom durchflossenen Drahts des Detektors. Bei vielen elektrisch leitenden Materialien ist der elektrische Widerstand bekanntlich umso höher, je höher die Temperatur des leitenden Materials ist. Die Gasmessvorrichtung misst mindestens eine messbare Größe, welche von der Eigenschaft und damit von der Detektor-Temperatur beeinflusst wird und welche im Folgenden als „Detektionsgröße“ bezeichnet wird. Die Detektionsgröße ist beispielsweise direkt die Temperatur oder eine Größe, die mit dem elektrischen Widerstand R des Drahts korreliert, beispielsweise die am Detektor anliegende elektrische Spannung U oder die Stromstärke I oder die vom Detektor-Draht aufgenommene elektrische Leistung P . Falls eine weitere messbare Größe, die ebenfalls von dem elektrischen Widerstand R abhängt, konstant gehalten wird, so korreliert die gemessene Detektionsgröße U oder I oder P mit der gesuchten Konzentration des Zielgases. Falls beispielsweise die Stromstärke I des durch den Detektor fließenden Stroms konstant gehalten wird, so korreliert die am Detektor anliegende elektrische Spannung U mit dem elektrischen Widerstand R des Drahts, der Widerstand R korreliert mit der Temperatur des Drahts, die Temperatur des Drahts korreliert mit der Zielgas-Konzentration, und damit korreliert die gemessene elektrische Spannung U mit der gesuchten Zielgas-Konzentration - bei Vorhandensein von mehreren Zielgasen mit der Kombination (Summe) der Zielgas-Konzentrationen.

[0068] Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Gasmessvorrichtung 100, die einen räumlichen Bereich B auf das Vorhandensein mindestens eines brennbaren Zielgases zu überwachen vermag. In dieser Ausgestaltung ist ein Detektor 10 in einer Detektorkammer 8 angeordnet. Ein weiter unten beschriebener Kompensator 11 ist in einer Kompensatorkammer 5 angeordnet. Die beiden Kammern 8, 5 sind in einem Gehäuse 4 angeordnet. Die Detektorkammer 8 und damit der Detektor 10 stehen über eine Öffnung Ö1 in einer Fluidverbindung mit dem zu überwachenden Bereich B . Die Kompensatorkammer 5 und damit der Kompensator 11 stehen über eine Öffnung Ö2 in einer Fluidverbindung mit dem Bereich B . Dank der Öffnungen Ö1 , Ö2 kann eine Gasprobe G_p aus dem Bereich B in das Innere des Gehäuses 4 und dort zu den beiden Kammern 8, 5 gelangen.

[0069] Ein optionaler Flammschutz 2, beispielsweise ein metallisches Gitter, vor den Öffnungen Ö1 , Ö2 reduziert das Risiko, dass Flammen aus einer Kammer 8, 5 nach außen schlagen. Optional trennt eine nicht gezeigte thermische Barriere im Inneren der Gasmessvorrichtung 100 den Detektor 10 thermisch von dem Kompensator 11.

[0070] Die am Detektor 10 anliegende elektrische Spannung U_{10} bewirkt, dass ein elektrischer Strom fließt. Der fließende Strom erhitzt das heizende Detektor-Segment 20 auf eine Arbeitstemperatur, die oft zwischen 400°C und 500°C liegt. Diese Arbeitstemperatur allein reicht aber in der Regel nicht aus, um ein brennbares Zielgas im inneren Gehäuse 1 zu oxidieren. Eine höhere Arbeitstemperatur ist oft unerwünscht, weil diese zu einem unkontrollierten Verbrennen oder einer Zersetzung oder gar zu einem Explodieren von brennbarem Zielgas führen könnte, was oft unerwünscht ist, und außerdem mehr elektrische Energie verbraucht.

[0071] Um trotz einer Arbeitstemperatur unterhalb von 500°C ein brennbares Zielgas oxidieren zu können, umfasst der Detektor 10 ein katalytisches Material, welches in Verbindung mit dem erhitzten heizenden

Detektor-Segment 20 das Zielgas oxidiert. Daher wird eine Gasmessvorrichtung mit einem solchen Detektor 10 auch als „katalytischer Sensor“ bezeichnet.

[0072] In einer häufig verwendeten Realisierung ist das heizende Detektor-Segment 20 von einer elektrischen Isolierung umgeben, beispielsweise von einer Keramikummantelung. Diese elektrische Isolierung isoliert elektrisch das heizende Detektor-Segment 20 und verhindert insbesondere einen unerwünschten Kurzschluss. Die elektrische Isolierung ist thermisch leitend, damit das heizende Detektor-Segment 20 Wärmeenergie in die Umgebung des Detektors 10 abgeben kann und umgekehrt Wärmeenergie im Inneren der Detektorkammer 8 das heizende Detektor-Segment 20 weiter aufheizen kann. Auf diese elektrische Isolierung ist eine Beschichtung aus einem katalytischen Material aufgetragen. Oder ein katalytisches Material ist in die elektrische Isolierung eingebettet. Diese katalytische Beschichtung kommt in Kontakt mit dem Gasgemisch in der Detektorkammer 8 und damit auch mit einem brennbaren Zielgas. Ein derartig aufgebauter Detektor 10 wird oft als „Pellistor“ bezeichnet.

[0073] Fig. 2 zeigt beispielhaft einen als Pellistor ausgestalteten Detektor 10 sowie schematisch die Umwandlung von Methan (CH_4) in CO_2 und H_2O . Der Detektor 10 umfasst

- einen spiralförmig gewickelten und elektrisch leitenden Draht 20, der als ein heizendes Detektor-Segment fungiert und beispielsweise aus Platin hergestellt ist,
- eine Keramikummantelung 25, welche das heizende Detektor-Segment 20 umgibt und im gezeigten Beispiel die Form einer Vollkugel hat,
- eine katalytische Beschichtung auf der äußeren Oberfläche der Keramikummantelung 25, welche in Fig. 2 durch Kreise 26 angedeutet ist,
- eine Montageplatte 27 und
- elektrische Kontaktierungen und mechanische Halterungen 24 für den Draht 20.

[0074] Als katalytisches Material wird beispielsweise Platin oder Palladium oder Rhodium oder eine Legierung mit mindestens einem dieser Materialien verwendet. Alternativ oder zusätzlich zu der katalytischen Beschichtung kann auch katalytisches Material 26 in die Keramikummantelung 25 eingebettet sein.

[0075] In einer bevorzugten Ausgestaltung hat die Vollkugel des Detektors 10 eine poröse Oberfläche mit einer katalytischen Beschichtung 26. In einer Ausgestaltung wird diese poröse Oberfläche wie folgt hergestellt: Der Detektor 10 mit der porösen Oberfläche, aber ohne die katalytische Beschichtung wird bereitgestellt. Die katalytische Beschichtung 26 wird auf die poröse Oberfläche aufgetragen, und ein Teil des katalytischen Materials dringt in das Innere des Detektors 10 ein. Dank dieser porösen Oberfläche hat der Detektor 10 eine größere Oberfläche verglichen mit einer glatten Oberfläche. Dank dieser größeren Oberfläche vermag der Detektor 10 besser brennbares Zielgas zu oxidieren, insbesondere weil eine größere Menge von Zielgas in Kontakt mit dem katalytischen Material kommt. Ein Gas kann dank der porösen Oberfläche in tiefere Schichten des Detektors 10 gelangen.

[0076] Der Kompensator 11 ist in einer Realisierungsform genauso aufgebaut wie der Detektor 10 und umfasst ebenfalls ein heizendes Segment, welches mit dem Bezugszeichen 38 bezeichnet ist. Jedoch kann in einer Realisierungsform pro Zeiteinheit eine geringere Menge von Gas den Kompensator 11 als den Detektor 10 erreichen. In einer anderen Realisierungsform umfasst der Kompensator 11 keine katalytische Beschichtung 26 oder eine katalytische Beschichtung 26, die pro Zeiteinheit weniger Zielgas zu oxidieren vermag als der Detektor 10.

[0077] Fig. 3 und Fig. 4 zeigen eine abweichende Ausgestaltung des Detektors 10 in einer perspektivischen Darstellung (Fig. 3) bzw. in einer Draufsicht (Fig. 4). Der Detektor 10 umfasst folgende Bestandteile:

- ein elektrisch leitendes Bauteil 30 mit einem heizenden Segment 32 und einer elektrischen Kontaktierung 46, wobei das Bauteil 30 die Form einer Leiterbahn aufweist,
- eine Schutzschicht 35,
- eine Trägerplatte 31, die sich in einer Ebene erstreckt, wobei diese Ebene schräg auf der Zeichenebene von Fig. 3 steht und in der Zeichenebene von Fig. 4 liegt,
- ein Wafer-Substrat 33, welches die Trägerplatte 31 trägt, und
- elektrische Kontaktstellen 34 für das elektrisch leitende Bauteil 30.

[0078] Die Schutzschicht 35 überdeckt wenigstens die Leiterbahn 30, bevorzugt die gesamte Trägerplatte 31, und verhindert, dass die Leiterbahn 30 in direktem Kontakt mit einem Gasgemisch kommt. In einer Realisierungsform ist die Schutzschicht 35 aus Siliziumnitrid hergestellt. Auf die Schutzschicht 35 ist ein katalytisch wirksames Material aufgebracht, und zwar wenigstens in einem Bereich oberhalb des heizenden Segments 32.

[0079] Der Kompensator 11 kann wiederum genauso aufgebaut sein wie der Detektor 10 von **Fig. 3** oder und **Fig. 4** oder aber weniger oder sogar gar kein katalytisch wirksames Material aufweisen.

[0080] Die Temperatur des Detektors 10 und damit auch die oder eine Detektionsgröße wird aber nicht nur von der freigesetzten Wärmeenergie beeinflusst, sondern auch von Umgebungsbedingungen in dem zu überwachenden Bereich B. Die drei wesentlichen Umgebungsbedingungen sind die Umgebungstemperatur Temp, der Umgebungsdruck P und die Umgebungsfeuchte Hum. Insbesondere hängen sowohl der Nullpunkt des Detektors 10 als auch die Erhöhung der Detektor-Temperatur nicht nur von der Zielgas-Konzentration, sondern auch von der Umgebungstemperatur Temp ab. Diese drei Umgebungsbedingungen Temp, P, Hum können auch die Bedingungen im Inneren des Gehäuses 4 und damit auch in der Detektorkammer 8 verändern. Diese Umgebungsbedingungen können nämlich ebenfalls die Detektor-Temperatur und damit eine Detektionsgröße U10 beeinflussen, beispielsweise weil die Wärmeleitfähigkeit in der Umgebung des Detektors 10 verändert wird. Gewünscht wird, dass die Gasmessvorrichtung 100 trotz variierender Umgebungsbedingungen einerseits zuverlässig ein brennbares Zielgas zu detektieren vermag und andererseits nur wenige Fehlalarme generiert, also nur selten entscheidet, dass ein Zielgas vorhanden ist, obwohl in Wirklichkeit kein Zielgas oberhalb einer Nachweisgrenze aufgetreten ist, was ein fehlerhaftes Ergebnis ist.

[0081] Anmerkung: Die drei Umgebungsbedingungen Temperatur, Druck, Feuchte werden mit Temp, P, Hum bezeichnet, Werte dieser drei Umgebungsbedingungen mit temp, p, hum.

[0082] Die erfindungsgemäße Gasmessvorrichtung 100 vermag bis zu einem gewissen Grad den Einfluss der drei Umgebungsbedingungen Temp, P, Hum auf die Detektionsgröße rechnerisch zu kompensieren. In der nachfolgenden Beschreibung wird die Stromstärke I.1 durch eine Regelung (closed-loop control) konstant gehalten, und als Detektionsgröße fungiert die am Detektor 10 anliegende elektrische Spannung U10. Wie bereits erwähnt, hängt diese Detektionsgröße U10 von der Temperatur des heizenden Detektor-Segments 20 ab. Diese Temperatur wiederum hängt einerseits von der Zielgas-Konzentration und andererseits von den drei gerade genannten Umgebungsbedingungen ab.

[0083] Um den Einfluss von Umgebungsbedingungen zu kompensieren, umfasst die Gasmessvorrichtung 100 zusätzlich zum Detektor 10 den bereits erwähnten Kompensator 11 in der Kompensatorkammer 5, vgl. **Fig. 1**. Der Kompensator 11 umfasst ebenfalls einen Draht mit einem heizenden Kompensator-Segment 38. Auch an den Kompensator 11 wird eine elektrische Spannung U11 angelegt, sodass elektrischer Strom I.2 fließt und das heizende Segment 38 des Kompensators 11 ebenfalls erhitzt wird. Der Kompensator 11 ist ebenfalls den variierenden Umgebungsbedingungen ausgesetzt.

[0084] In einer Realisierungsform umfasst der Kompensator 11 ebenfalls einen spiralförmig gewickelten und elektrisch leitenden Draht, der als heizendes Kompensator-Segment fungiert und mit dem Bezugszeichen 38 bezeichnet ist. Der Kompensator 11 umfasst ebenfalls eine Keramikummantelung, eine Montageplatte, elektrische Verbindungen und mechanische Halterungen. In einer Ausgestaltung ist die Keramikummantelung des Kompensators 11 im Gegensatz zum Detektor 10 aber nicht mit einer katalytischen Beschichtung versehen.

[0085] In einer anderen Realisierungsform ist der Kompensator 11 genauso aufgebaut wie der Detektor 10, umfasst also ebenfalls eine keramische Beschichtung. Diese keramische Beschichtung ist bei der anderen Realisierungsform ebenfalls katalytisch aktiv. Jedoch ist die Gasmessvorrichtung 100 so ausgestaltet, dass in einer Zeiteinheit weniger Gas aus dem zu überwachenden Bereich B zu dem Kompensator 11 als zu dem Detektor 10 gelangen kann.

[0086] Denkbar ist auch, dass das heizende Segment 38 des Kompensators 11 auf eine geringere Temperatur erhitzt wird als das heizende Segment 20 des Detektors 10.

[0087] **Fig. 1** zeigt den Kompensator 11 in der Kompensatorkammer 5. Zu sehen ist, dass der Detektor 10 das heizende Detektor-Segment 20 und der Kompensator 11 das heizende Kompensator-Segment 38 umfasst. Im gezeigten Beispiel ist der Kompensator 11 ebenfalls als kugelförmiger Pellistor ausgestaltet, umfasst aber im Gegensatz zum Detektor 10 keine katalytisch aktive Beschichtung 26.

[0088] Gemäß der Realisierungsform, die in **Fig. 1** gezeigt wird, werden der Detektor 10 und der Kompensator 11 unabhängig voneinander mit elektrischer Energie versorgt. Ein erster elektrischer Stromkreis verbindet den Detektor 10 mit einer ersten Spannungsquelle 43, ein zweiter elektrischer Stromkreis den Kompensator 11 mit einer zweiten Spannungsquelle 44. Die beiden Spannungsquellen werden bevorzugt mit wieder aufladbaren Batterien (Akkumulatoren) realisiert. Möglich ist, dass dieselbe Spannungsversorgungseinheit sowohl als die erste Spannungsquelle 43 als auch die zweite Spannungsquelle 44 fungiert.

[0089] Ein Spannungs-Sensor 12.1 misst die elektrische Spannung U_{10} , die am Detektor 10 anliegt. Ein Stromstärken-Sensor 13.1 misst die Stärke I_1 des elektrischen Stroms, der durch den Stromkreis für den Detektor 10 fließt. Ein Spannungs-Sensor 12.2 misst die elektrische Spannung U_{11} , die am Kompensator 11 anliegt. Ein Stromstärken-Sensor 13.2 misst die Stärke I_2 des elektrischen Stroms, der durch den Stromkreis für den Kompensator 11 fließt.

[0090] Idealerweise wirkt ein brennbares Zielgas nur auf den Detektor 10 ein, die Umgebungsbedingungen hingegen gleichartig auf den Detektor 10 und den Kompensator 11. Wenn diese idealen Bedingungen eingehalten sind, ist die Differenz zwischen der Detektor-Detektionsgröße U_{10} und der Kompensator-Detektionsgröße U_{11} ein zuverlässiges Maß für die gesuchte Konzentration des Zielgases, und zwar bei jeder möglichen Kombination von Umgebungsbedingungen. Diese ideale Bedingung ist in der Praxis aber in der Regel nicht erfüllt. Ein Grund ist, dass der Detektor 10 und der Kompensator 11 bereits aufgrund von bauartbedingten Unterschieden und / oder aufgrund von unvermeidlichen Fertigungstoleranzen verschieden auf Umgebungsbedingungen reagieren. Diese Unterschiede sind insbesondere dann relevant, wenn der Kompensator 11 weniger katalytisch wirksames Material als der Detektor 10 oder sogar überhaupt kein katalytisch wirksames Material aufweist. Ein anderer Grund ist, dass häufig die Oxidation von Zielgasen stärker zu Ablagerungen auf der Oberfläche des Detektors 10 führt als auf der Oberfläche des Kompensators 11. Nachfolgend wird eine erfindungsgemäße Ausgestaltung beschrieben, wie die Gasmessvorrichtung 100 trotz dieser unterschiedlich wirkenden Umgebungsbedingungen in vielen Fällen zuverlässig die Zielgas-Konzentration zu messen vermag.

[0091] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung misst die Gasmessvorrichtung 100 die Umgebungstemperatur, und zwar bevorzugt an einer Messposition an einer Oberfläche der Gasmessvorrichtung 100. Die Erfindung lässt sich auch realisieren, ohne dass die Gasmessvorrichtung 100 einen Temperatur-Sensor umfasst.

[0092] Im gezeigten Ausführungsbeispiel vermag ein Temperatur-Sensor 14 der Gasmessvorrichtung 100 ein Maß für die Umgebungstemperatur Temp zu messen. Im Ausführungsbeispiel liefert der Temperatur-Sensor 14 ein Maß für die Temperaturdifferenz ΔTemp zwischen der aktuellen Umgebungstemperatur und einer vorgegebenen Referenztemperatur von beispielsweise 20 Grad C. Der Temperatur-Sensor 14 liefert ein analoges oder ein digitales Signal, das mit der Umgebungstemperatur Temp - im Ausführungsbeispiel mit der Temperaturdifferenz ΔTemp - korreliert. Der Einfluss der Umgebungstemperatur Temp auf die Detektionsgröße wird mit Hilfe eines Signals des Temperatur-Sensors 14 bis zu einem gewissen Grad rechnerisch kompensiert.

[0093] Die Gasmessvorrichtung 100 von **Fig. 1** umfasst in einer Realisierungsform einen Sensor 17 für den Umgebungsdruck P und einen Sensor 18 für die Umgebungsfeuchte Hum. Die Sensoren 17, 18 können in einer Anwendung relativ einfach aufgebaut sein, so dass die Umgebungsfeuchte Hum und / oder der Umgebungsdruck P nur mit einem relativ großen Messfehler gemessen werden. In einer anderen Anwendung lässt sich jeder Sensor 17, 18 aktivieren und deaktivieren. Beispielsweise schaltet ein Benutzer einen Sensor 17 oder 18 aus, wenn die Gasmessvorrichtung 100 in einer Umgebung eingesetzt werden kann, in welcher der aktivierte Sensor 17 oder 18 beschädigt werden kann, beispielsweise aufgrund eines sehr hohen Drucks oder eines bestimmten Gases in der Umgebung. Möglich ist auch, dass ein Sensor 17, 18 defekt ist und die Gasmessvorrichtung 100 trotzdem eingesetzt werden soll.

[0094] Wie der Einfluss des Umgebungsdrucks P und der Umgebungsfeuchte Hum trotzdem wenigstens bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden, wird weiter unten beschrieben.

[0095] Die bevorzugte Ausgestaltung, dass die Gasmessvorrichtung 100 zwar einen zuverlässigen Sensor 14 für die Umgebungstemperatur Temp, aber nur einen relativ einfachen und / oder deaktivierbaren Sensor 18 für den Umgebungsdruck P und einen relativ einfachen und / oder deaktivierbaren Sensor 17 für die Umgebungsfeuchte Hum umfasst, hat insbesondere den nachfolgend beschriebenen Vorteil: Ein Temperatur-Sensor 14 lässt sich chemisch von der Umgebung isolieren, und zwar durch Isoliermaterial mit einer guten Wärmeleitfähigkeit. Der Temperatur-Sensor 14 vermag relativ zuverlässig die Umgebungstemperatur

Temp zu messen, ist aber nicht den übrigen Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Sowohl ein Druck-Sensor als auch ein Feuchte-Sensor müssen hingegen in der Regel in einer Fluidverbindung mit der Umgebung, also mit dem zu überwachenden räumlichen Bereich B stehen, und können daher über einen sehr langen Zeitraum brennbaren Zielgasen und anderen möglicherweise schädlichen Substanzen ausgesetzt sein. Ein Sensor, der in einer Fluidverbindung mit der Umgebung steht und dennoch ausreichend robust und zuverlässig ist, ist oft relativ teuer und / oder schwer und / oder erfordert relativ viel elektrische Energie. Ein Temperatur-Sensor weist diesen Nachteil nicht oder zumindest nur in geringerem Umfang auf.

[0096] Ein schematisch gezeigtes Steuergerät 6 mit einer Auswerteeinheit 9 empfängt Signale von den Sensoren 12.1, 12.2, 13.1, 13.2, 14 und leitet einen Schätzwert für die aktuelle Konzentration eines brennbaren Zielgases im überwachten Bereich B her. Dieser Schätzwert ist in der Regel zeitlich veränderlich. Falls in dem Bereich B mehrere brennbare Zielgase vorhanden sind, beschreibt der Schätzwert die summierten Konzentrationen dieser brennbaren Zielgase. Das Steuergerät 6 und damit die Auswerteeinheit 9 haben wenigstens zeitweise Lesezugriff auf einen Datenspeicher 7, in dem ein Auswerteprogramm und / oder ein rechnerauswertbares Modell Mod mit mehreren funktionalen Zusammenhänge abgespeichert sind.

[0097] Ideal wäre es, wenn das die Gasmessvorrichtung 100 mit Hilfe des Kompensators 11 und des Temperatur-Sensors 14 den Einfluss aller drei Umgebungsbedingungen, also sowohl den Einfluss der Umgebungstemperatur Temp als auch den Einfluss des Umgebungsdrucks P als auch den Einfluss der Umgebungsfeuchte Hum vollständig kompensieren würde. Dies ist in der Praxis aber in der Regel nicht möglich, zumindest dann nicht, wenn der Umgebungsdruck P und / oder die Umgebungsfeuchte Hum im Laufe eines Einsatzes erheblich variieren können und weder ein Druck-Sensor noch ein Feuchte-Sensor vorhanden und aktiviert sind. Ein wesentlicher Grund ist, dass in vielen Fällen der Kompensator 11 und der Detektor 10 auf mindestens eine Umgebungsbedingungen unterschiedlich reagieren, insbesondere aufgrund konstruktionsbedingter oder bauartbedingter Unterschiede oder unvermeidlicher Fertigungstoleranzen.

[0098] Die Gasmessvorrichtung 100 des Ausführungsbeispiels lässt sich wahlweise in einem von vier möglichen unterschiedlichen Modi betreiben. Beispielhaft ist ein Schalter 16 gezeigt, mit dem ein Benutzer einen dieser vier möglichen Modi auswählen kann. In einer Ausgestaltung wird bei der Konfiguration der Gasmessvorrichtung 100 einer dieser vier Modi ausgewählt und mittels entsprechender Software realisiert. Das Modell Mod im Datenspeicher 7 ist dann für diesen ausgewählten Modus gültig. Die Gasmessvorrichtung 100 lässt sich im Betrieb nicht notwendigerweise von einem Modus in einen anderen Modus umschalten.

[0099] In einer anderen Ausgestaltung betätigt ein Benutzer den Schalter 16, um von einem Modus in einen anderen Modus umzuschalten. Dieser Schalter 16 kann z.B. als mechanischer Schalter oder mit Hilfe eines berührungssensitiven Bildschirms (Touchscreen) oder mithilfe von mehreren Tasten realisiert sein. Im Datenspeicher 7 ist denn für jeden Modus jeweils ein Modell abgespeichert.

[0100] In einer weiteren Ausgestaltung schaltet die Gasmessvorrichtung 100 sich im laufenden Betrieb automatisch von einem Modus in den anderen Modus um, so dass sie während des Einsatzes in jedem der möglichen Modi betrieben wird. In jedem Modus ermittelt die Gasmessvorrichtung 100 jeweils einen Schätzwert für die Zielgas-Konzentration. In der Regel unterscheiden sich die Schätzwerte von Modus zu Modus. Eine bevorzugte Ausgestaltung, um einen Schätzwert herzuleiten und bevorzugt einem Benutzer anzuzeigen, ist die folgende: Solange ein Schätzwert, der in einem Modus ermittelt wird, in einem vorgegebenen Soll-Konzentrationsbereich liegt, wird dieser Schätzwert ausgegeben. Oder es wird gar keine Mitteilung ausgegeben oder die Mitteilung, dass keine unzulässige Zielgas-Konzentration vorliegt. Falls hingegen mindestens ein Schätzwert außerhalb des vorgegebenen Soll-Konzentrationsbereichs liegt, so wird derjenige Schätzwert ausgegeben, der am weitesten vom vorgegebenen Soll-Konzentrationsbereichs entfernt ist, also der größte Schätzwert eines gefährlichen Zielgases oder auch der kleinste Schätzwert eines lebensnotwendigen Zielgases, z.B. Sauerstoff. Bei dieser Ausgestaltung „liegt man auf der sicheren Seite.“

[0101] Im Ausführungsbeispiel werden folgende vier Modi unterschieden:

P	Der Einfluss des Umgebungsdrucks P wird bestmöglich kompensiert (druckoptimierter Modus).
Hum	Der Einfluss der Umgebungsfeuchte Hum wird bestmöglich kompensiert (feuchteoptimierter Modus).

P_Hum	Der Einfluss des Umgebungsdrucks P wird so gut kompensiert, wie dies bei Einhaltung einer die Umgebungsfeuchte Hum betreffenden Randbedingung möglich ist (druckkompensierender Modus).
Hum_P	der Einfluss der Umgebungsfeuchte wird so gut kompensiert, wie dies bei Einhaltung einer den Umgebungsdruck P betreffenden Randbedingung möglich ist (feuchtekompensierender Modus).

[0102] Die Randbedingung, die die Umgebungsfeuchte Hum betrifft, ist vorgegeben und legt beispielsweise fest, dass der Messwert con für die Zielgas-Konzentration Con dann um höchstens x % variiert, wenn die Umgebungsfeuchte Hum in einem vorgegebenen Feuchtebereich bleibt. Bei einem Einsatz liegt die Umgebungsfeuchte Hum stets in diesem Feuchtebereich. Das entsprechende gilt für die Randbedingung, die den Umgebungsdruck P betrifft.

[0103] Die Gasmessvorrichtung 100 lässt sich also in einem von vier möglichen Modi betreiben. Dadurch lässt sich die Gasmessvorrichtung 100 an unterschiedliche Einsatzbedingungen anpassen.

[0104] Eine mögliche Einsatzbedingung ist die folgende: Die Zielgas-Konzentration in einem Rohr soll gemessen werden, wobei ein Gasgemisch durch dieses Rohr fließt. Bei dieser Einsatzbedingung kann der Umgebungsdruck P stark schwanken, weswegen der Modus P oder der Modus P_Hum sinnvoll ist.

[0105] Eine andere mögliche Einsatzbedingung ist die folgende: Die Zielgas-Konzentration in einem umschlossenen Raum soll gemessen werden. Dieser umschlossene Raum steht nur über eine relativ kleine Öffnung mit der Umgebung in einer Fluidverbindung. Oder der umschlossene Raum ist eine Prüfkammer, in der unterschiedliche Umgebungsbedingungen und insbesondere verschiedene Feuchten erzeugt werden, um ein Bauteil zu prüfen. Bei dieser anderen Einsatzbedingung kann die Umgebungsfeuchte Hum stark schwanken, weswegen der Modus Hum oder der Modus Hum_P sinnvoll ist.

[0106] Die Erfindung ermöglicht es, eine Menge von baugleichen Gasmessvorrichtungen zu produzieren und jede Gasmessvorrichtung 100 dieser Menge an die jeweilige Einsatzbedingung dadurch anzupassen, dass eine der vier möglichen Modi ausgewählt wird. Der Betrieb in einem bestimmten Modus erfordert die Implementierung oder auch die Auswahl von Software, während die Hardware unverändert bleibt. Diese Ausgestaltung erhöht in vielen Fällen die Zuverlässigkeit und reduziert die Baukosten verglichen mit einer Ausgestaltung, bei der mindestens zwei Mengen von unterschiedlichen Gasmessvorrichtungen hergestellt werden, nämlich jeweils eine Menge für eine Einsatzbedingung.

[0107] In der nachfolgenden Darstellung fungiert die am Detektor 10 anliegende elektrische Detektor-Spannung U10 als die Detektionsgröße, die mit der Temperatur des heizenden Segments 20 des Detektors 10 korreliert. Die Stromstärke I.1 wird konstant gehalten. Entsprechend fungiert die am Kompensator 11 anliegende elektrische Kompensator-Spannung U11 als die Detektionsgröße, die mit der Temperatur des heizenden Segments 38 des Kompensators 11 korreliert. Die Stromstärke I.2 wird konstant gehalten.

[0108] Die drei Sensoren 14, 17 und 18 liefern ebenfalls jeweils ein elektrisches Signal - natürlich nur dann, wenn sie intakt und aktiviert sind. Dieses Signal wird mit U(Δ Temp), U(Hum) bzw. U(Δ P) bezeichnet. Im Ausführungsbeispiel wird die Annahme verwendet, dass die drei Umgebungsbedingungen Umgebungstemperatur Temp, Umgebungsfeuchte Hum und Umgebungsdruck P jeweils linear auf die Detektionsgrößen wirken. Daher wird vorab für jede dieser drei Umgebungsbedingungen jeweils ein Proportionalitätsfaktor ermittelt, bevorzugt empirisch ermittelt, und beim Einsatz verwendet.

[0109] Die Auswerteeinheit 9 berechnet abhängig von den Werten für die fünf Variablen U10, U11, U(Δ Temp), U(Hum), U(Δ P) einen Wert für eine Gesamt-Detektionsgröße Det. Hierbei wendet die Auswerteeinheit 9 die Berechnungsvorschrift

$$\text{Det} = F[U10, U11, U(\Delta\text{Temp}), U(\text{Hum}), U(\Delta P)] \quad (1)$$

an. In einer Ausgestaltung hängt die Funktion F von jeweils mindestens einem Parameter für U10 und U11 ab, optional von mindestens einem weiteren Parameter. In einer bevorzugten Realisierungsform dieser Ausgestaltung hat die Berechnungsvorschrift (1) die Form

$$\text{Det} = U10 - \alpha * U11 - \beta * U(\Delta\text{Temp}) - \gamma * U(\text{Hum}) - \xi * U(\Delta P) - x0. \quad (2)$$

mit einem Verstärkungsfaktor α für die Kompensator-Spannung U_{11} , einem Verstärkungsfaktor β für das Signal $U(\Delta\text{Temp})$ des Temperatur-Sensors 14 und einem Nullwert x_0 . Der Verstärkungsfaktor α kompensiert bis zu einem gewissen Grad bauartbedingte Unterschiede zwischen dem Detektor 10 und dem Kompensator 11 und ist bevorzugt größer als 1,1. Der Verstärkungsfaktor β kompensiert bis zu einem gewissen Grad den als linear angenommenen Einfluss der Umgebungstemperatur Temp auf die Gesamt-Detektionsgröße Det . Entsprechend kompensieren die Faktoren γ und ξ den ebenfalls als jeweils linear angenommenen Einfluss der Umgebungsfeuchte Hum beziehungsweise des Umgebungsdrucks ΔP .

[0110] Falls weder ein Feuchte-Sensor 17 noch ein Druck-Sensor 18 vorhanden ist oder beide Sensoren 17, 18 deaktiviert oder defekt sind, so wird folgende Berechnungsvorschrift angewendet:

$$\text{Det} = U_{10} - \alpha * U_{11} - \beta * U(\Delta\text{Temp}) - x_0. \quad (3)$$

[0111] Die Parameter der Funktion F werden empirisch mit Hilfe einer Stichprobe berechnet. Möglich ist auch, dass die Funktion F die Form eines neuronalen Netzes hat oder durch ein sonstiges lernendes Verfahren erzeugt wird.

[0112] Aus dem Wert für die Gesamt-Detektionsgröße Det berechnet die Auswerteeinheit 9 einen Wert für die Zielgas-Konzentration Con und wendet hierbei die Rechenvorschrift

$$\text{Con}_{\text{meas}} = F_{\text{Con}}(\text{Det}) \quad (4)$$

an. Beispielsweise gilt

$$\text{Con}_{\text{meas}} = \gamma_{\text{Con}} * \text{Det} \quad (5)$$

mit einem empirisch bestimmten Faktor γ_{Con} . Anmerkung: Mit Con wird die tatsächliche Zielgas-Konzentration bezeichnet, mit Con_{meas} die gemessene Größe. Idealerweise gilt $\text{Con}_{\text{meas}} = \text{Con}$.

[0113] Sowohl die Funktion F als auch die Funktion F_{Con} sind in geeigneter rechnerauswertbarer Weise im Datenspeicher 7 abgespeichert und bilden einen Teil des Modells Mod .

[0114] Je nach dem angewendeten Modus verwendet die Auswerteeinheit 9 als Funktion F in der Berechnungsvorschrift (1) eine Funktion F_P , F_{P_Hum} , F_{Hum} oder F_{Hum_P} . Falls die Berechnungsvorschrift (2) oder (3) angewendet wird, so wird je nach Modus als Verstärkungsfaktor α für die Kompensator-Spannung U_{11} ein Verstärkungsfaktor α_P , α_{P_Hum} , α_{Hum} oder α_{Hum_P} angewendet. Entsprechend wird als Verstärkungsfaktor β für das Signal $U(\Delta\text{Temp})$ des Temperatur-Sensors 14 ein Verstärkungsfaktor β_P , β_{P_Hum} , β_{Hum} oder β_{Hum_P} angewendet. In einer Ausgestaltung werden entsprechend vier verschiedene Nullwerte angewendet, in einer anderen Ausgestaltung unabhängig vom Modus stets derselbe Nullwert x_0 .

[0115] **Fig. 5 bis Fig. 7** veranschaulichen vorgegebene Randbedingungen dafür, wie der Messwert Con_{meas} für die Zielgas-Konzentration Con von der Temperaturdifferenz ΔTemp (**Fig. 5**), vom Umgebungsdruck P (**Fig. 6**) bzw. von der Umgebungsfeuchte Hum (**Fig. 7**) abhängt. In diesem Beispiel wurden die Berechnungsvorschrift (3) mit den Verstärkungsfaktoren von $\alpha = 1,8$ und $\beta = -1,11$ sowie die Berechnungsvorschrift (5) angewendet. Auf der x-Achse ist die Temperaturdifferenz ΔTemp in [Grad C] (**Fig. 5**), die Abweichung ΔP des Umgebungsdrucks P von einem vorgegebenen Referenzdruck in [mbar] (**Fig. 6**) bzw. die Umgebungsfeuchte Hum in [% rel. Feuchte] aufgetragen. Auf der y-Achse ist jeweils die Abweichung zwischen dem Messwert con_{meas} und der tatsächlichen Zielgas-Konzentration con in [% UEG] aufgetragen. Dargestellt sind ein Toleranzband Tol_{Temp} für die Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur Temp , ein Toleranzband Tol_P für die Abhängigkeit vom Umgebungsdruck P und ein Toleranzband Tol_{Hum} für die Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchte Hum .

[0116] Nachfolgend wird beispielhaft beschrieben, wie Werte für die Parameter der Berechnungsvorschrift (2) hergeleitet werden. Bei dieser Herleitung wird davon ausgegangen, dass die drei Umgebungsbedingungen Temp , P , Hum und die tatsächliche Zielgas-Konzentration Con unabhängig voneinander auf die Gesamt-Detektionsgröße Det und damit auf die gemessene Zielgas-Konzentration Con_{meas} einwirken. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Umgebungstemperatur Temp annähernd linear auf die Gesamt-Detektionsgröße Det und damit auf die gemessene Zielgas-Konzentration Con_{meas} einwirkt, so dass der Einfluss der Umgebungstemperatur Temp ausreichend genau mit dem Faktor β kompensiert werden kann. Diese Annahmen stimmen in vielen Fällen ausreichend genau mit der Realität überein.

[0117] Zunächst wird eine sogenannte Nullpunkt-Justierung vorgenommen. Diese Nullpunkt-Justierung wird am Beispiel der Berechnungsvorschrift (2) erläutert. Hierbei wird die Gasmessvorrichtung 100 einer definierten Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} ausgesetzt. Die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} weist eine Referenz-Konzentration con_{Ref} von zu detektierendem Zielgas, eine Referenz-Umgebungstemperatur temp_{Ref} , einen Referenz-Umgebungsdruck p_{Ref} und eine Referenz-Umgebungsfeuchte hum_{Ref} auf. Beispielsweise sind $\text{con}_{\text{Ref}} = 0$ und $\text{Hum}_{\text{Ref}} = 0\%$, die Zielgas-Konzentration Con und die Umgebungsfeuchte Hum nehmen also den jeweils geringstmöglichen Wert an.

[0118] In einer Realisierungsform wird der Faktor β_{Ref} anfänglich auf 0 gesetzt, d.h. der Einfluss der Umgebungstemperatur Temp und damit das Signal $U(\Delta\text{Temp})$ werden anfänglich vernachlässigt. Der Faktor α_{Ref} wird anfänglich auf 1 gesetzt, d.h. die Gesamt-Detektionsgröße Det hängt von der Differenz zwischen den beiden Spannungen U_{10} und U_{11} ab. Im Laufe der Nullpunkt-Justierung können die Faktoren α_{Ref} und β_{Ref} andere Werte einnehmen. Der Nullwert x_0 wird stets so eingestellt, dass die Gesamt-Detektionsgröße Det und damit die gemessene Zielgas-Konzentration Con_{meas} für die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} , also bei Abwesenheit von brennbarem Zielgas, den Wert 0 annehmen.

[0119] Anschließend wird empirisch ein Wert für den Faktor γ_{Con} in der Berechnungsvorschrift (5) ermittelt. Die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} wird dergestalt abgewandelt, dass sie nacheinander verschiedene Zielgas-Konzentrationen $\text{con}(1)$, ... aufweist. Für jede Zielgas-Konzentration $\text{con}(1)$, ... liefert die Gasmessvorrichtung 100 jeweils einen Wert $\text{det}(1)$, ... für die Gesamt-Detektionsgröße Det . Hierfür verwendet die Gasmessvorrichtung 100 die gerade ermittelten oder eingestellten Faktoren α_{Ref} , β_{Ref} und x_0 . Dieses Vorgehen liefert eine Stichprobe $\{\text{con}(1), \text{det}(1), \dots\}$. Der Faktor γ_{Con} wird unter Verwendung dieser Stichprobe mithilfe einer Regressionsanalyse festgelegt.

[0120] Nunmehr wird mindestens eine gegenüber der Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} veränderte Testumgebung hergestellt, indem mindestens eine Umgebungsbedingung verändert wird. **Fig. 8** und **Fig. 9** veranschaulichen beispielhaft ein Vorgehen, bei der die Gasmessvorrichtung 100 zwei verschiedenen definierten Testumgebungen Cond_{Hum} und Cond_P ausgesetzt wird. In **Fig. 9** werden eine Kalibriervorrichtung 110 mit einem ersten Bestandteil 110.1 und einem zweiten Bestandteil 110.2 sowie eine weitere Gasmessvorrichtung 100.1 gezeigt, wobei die Gasmessvorrichtung 100.1 zur Gasmessvorrichtung 100 baugleich ist.

[0121] Die Testumgebung Cond_{Hum} weist eine deutlich erhöhte Umgebungsfeuchte Hum auf als die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} , während die anderen Umgebungsbedingungen Con , Temp , P gleich sind. Beispielsweise beträgt die relative Umgebungsfeuchte Hum bei der Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} 0% und bei der Testumgebung Cond_{Hum} 90%, das ist der größte Wert, bei dem die Gasmessvorrichtung 100 noch eingesetzt werden kann. Die Testumgebung Cond_P weist eine deutlich erhöhten oder auch verringerten Umgebungsdruck P auf als die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} , während die anderen Umgebungsbedingungen Con , Temp , Hum gleich sind. Beispielsweise weist die Testumgebung Cond_P einen um 200 mbar erhöhten Umgebungsdruck P auf als die Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} .

[0122] Die Gasmessvorrichtung 100 liefert bei der Testumgebung Cond_{Hum} jeweils einen Wert $u_{10}(\text{Cond}_{\text{Hum}})$, $u_{11}(\text{Cond}_{\text{Hum}})$, $u(\Delta\text{Temp})(\text{Cond}_{\text{Hum}})$ für die drei Signale U_{10} , U_{11} , $U(\Delta\text{Temp})$, bei der Testumgebung Cond_P jeweils einen Wert $u_{10}(\text{Cond}_P)$, $u_{11}(\text{Cond}_P)$, $u(\Delta\text{Temp})(\text{Cond}_P)$. Zunächst werden die Werte β_{Ref} und γ_{Con} , die so wie gerade beschrieben ermittelt oder eingestellt worden sind, verwendet. Für den Verstärkungsfaktor α wird ein Wert ermittelt, was nachfolgend beschrieben wird. Der Nullwert x_0 wird so eingestellt, dass in der Referenz-Testumgebung Cond_{Ref} , also bei Abwesenheit von brennbarem Zielgas, eine Zielgas-Konzentration von Null gemessen wird.

[0123] **Fig. 8** zeigt zwei Messkurven 50_P , 50_{Hum} , die mit derselben Gasmessvorrichtung 100 erzeugt wurden. Auf der x-Achse ist der Verstärkungsfaktor α aufgetragen, auf der y-Achse die resultierende Abweichung des Messergebnisses con_{meas} von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration con in % LEL (Lower Explosion Level, Untere Explosionsgrenze UEG), wobei diese Abweichung $\text{con}_{\text{meas}} - \text{con}$ vom Verstärkungsfaktor α abhängt. Hierfür wurden die Berechnungsvorschriften (3) und (5) angewendet. Daher können eine positive oder eine negative Abweichung der gemessenen Zielgas-Konzentration Con_{meas} von der tatsächlichen Zielgas-Konzentrationen Con auftreten. Die Messkurve 50_P wurde bei der Testumgebung Cond_P gewonnen, die Messkurve 50_{Hum} bei der Testumgebung Cond_{Hum} .

[0124] Zu sehen ist, dass die Messkurve 50_{Hum} die x-Achse bei $\alpha_{\text{Hum}} = 1,2$ schneidet. Dies bedeutet: Beim Wert $\alpha_{\text{Hum}} = 1,2$ für den Verstärkungsfaktor α und beim resultierenden Nullwert $x_{0_{\text{Hum}}}$ liefert die Gasmessvorrichtung 100 den richtigen Wert 0 für die Zielgas-Konzentration Con . Dies gilt für die Testumgebung Cond_{Hum} .

In vielen Fällen ist die Annahme gerechtfertigt, dass der Wert $\alpha_{\text{Hum}} = 1,2$ auch bei einer niedrigeren Umgebungsfeuchtigkeit Hum zu einem richtigen Wert für die Zielgas-Konzentration Con führt. Anschließend wird der Wert β , mit dem der Einfluss der Umgebungstemperatur Temp kompensiert wird, eingestellt, beispielsweise indem die Gasmessvorrichtung 100 einer veränderten Umgebungstemperatur ausgesetzt wird und der resultierende Messwert con_{meas} geprüft wird. Dieses Vorgehen liefert einen Satz $\alpha_{\text{Hum}}, \beta_{\text{Hum}}, x0_{\text{Hum}}$ von Parameterwerten. Dieser Satz von Parameterwerten wird für den feuchteoptimierten Modus Hum verwendet

[0125] In **Fig. 8** ist anhand der Messkurve 50_P zu sehen, dass der feuchteoptimierte Modus Hum bei einem veränderten Druck P zu einem falschen Messwert führt, nämlich zu $\text{con}_{\text{meas}} - \text{con} = -8,5 \text{ LEL}$. Dies wird in manchen Anwendungen in Kauf genommen, beispielsweise wenn die Gasmessvorrichtung 100 in einer Prüfkammer mit stark variierender Umgebungsfeuchte Hum eingesetzt wird. Im feuchtekompensierenden Modus Hum_P soll hingegen eine vorgegebene Randbedingung betreffend den Umgebungsdruck P eingehalten werden. Die gemessene Zielgas-Konzentration Con_{meas} soll bei jedem Umgebungsdruck P und daher auch jeder Druckdifferenz ΔP von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration Con um maximal 5% LEL differieren. Diese Randbedingung wird in **Fig. 8** durch ein Toleranzband $\text{ToI}_P = \pm 5\% \text{ LEL}$ um die x-Achse veranschaulicht. Der Einfluss der Umgebungsfeuchte Hum soll im feuchtekompensierenden Modus Hum_P unter Einhaltung dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert werden. Wie man aus **Fig. 8** ablesen kann, führt die Einhaltung dieser Randbedingung zu einem Wert $\alpha_{\text{Hum}_P} = 1,8 \text{ LEL}$. Ein Satz von Parameterwerten $\alpha_{\text{Hum}_P}, \beta_{\text{Hum}_P}, x0_{\text{Hum}_P}$ für den feuchtekompensierenden Modus Hum_P wird hergeleitet.

[0126] Die Messkurve 50_P schneidet die x-Achse in $\alpha_P = 2,8$. Dieser Wert wird für den druckoptimierten Modus P verwendet. Ein Satz von Parameterwerten $\alpha_P, \beta_P, x0_P$ für den druckoptimierten Modus P wird hergeleitet. Für den druckkompensierenden Modus P_{Hum} wird die Randbedingung verwendet, dass die gemessene Zielgas-Konzentration Con_{meas} von der tatsächlichen Zielgas-Konzentration Con bei jeder Umgebungsfeuchte Hum um maximal 10% LEL abweichen soll. Diese Randbedingung wird in **Fig. 8** durch das Toleranzband ToI_{Hum} angedeutet. Diese Randbedingung führt zu einem Wert $\alpha_{P_{\text{Hum}}} = 2,3$ für den druckkompensierenden Modus P_{Hum}. Ein Satz von Parameterwerten $\alpha_{P_{\text{Hum}}}, \beta_{P_{\text{Hum}}}, x0_{P_{\text{Hum}}}$ für den druckkompensierenden Modus P_{Hum} wird hergeleitet.

[0127] Wie bereits dargelegt, ist in vielen Fällen die Annahme gerechtfertigt, dass die Zielgas-Konzentration Con unabhängig von den Umgebungsbedingungen Temp, P, Hum auf die Detektionsgrößen U10, U11, U (ΔTemp) einwirkt. Daher wird bevorzugt die Berechnungsvorschrift (5) mit dem bereits ermittelten Faktor γ_{Con} verwendet. Möglich ist auch, für jeden Modus jeweils einen Faktor γ_{Con} empirisch zu ermitteln.

[0128] veranschaulicht beispielhaft, wie zwei Gasmessvorrichtungen 100 und 100.1 mithilfe einer Kalibrier- vorrichtung 110 vor dem ersten Einsatz kalibriert werden. Die beiden Gasmessvorrichtungen 100 und 100.1 sind baugleich und weisen insbesondere die gleichen Detektoren und Kompensatoren auf. Sie sind beispielsweise so wie mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben aufgebaut, umfassen aber nicht notwendigerweise einen Schalter 16. Die Gasmessvorrichtung 100 soll im druckkompensierenden Modus P_{Hum} betrieben werden, die Gasmessvorrichtung 100.1 im feuchtekompensierenden Modus Hum_P. Die Kalibriervorrichtung 110 liefert einen Satz $\alpha_{P_{\text{Hum}}}, \beta_{P_{\text{Hum}}}, x0_{P_{\text{Hum}}}$ von Parameterwerten für den druckkompensierenden Modus P_{Hum} und einen Satz $\alpha_{\text{Hum}_P}, \beta_{\text{Hum}_P}, x0_{\text{Hum}_P}$ von Parameterwerten für den feuchtekompensierenden Modus Hum_P. Um diese beiden Sätze von Parameterwerten herzuleiten, wird die Gasmessvorrichtung 100 mit den Temperatur-Sensor 14 verwendet. Außerdem werden ein Feuchte-Sensor 117 und ein Druck-Sensor 118 verwendet, um die jeweilige Testumgebung $\text{Cond}_{\text{Ref}}, \text{Cond}_P, \text{Cond}_{\text{Hum}}$ herzustellen. Die beiden Sensoren 117 und 118 sind robust und zuverlässig und werden nur für die Kalibrierung verwendet und sind keine Bestandteile der Gasmessvorrichtungen 100, 100.1.

[0129] Bei dem gerade beschriebenen Vorgehen werden die Berechnungsvorschriften (3) und (5) verwendet, und drei verschiedene Testumgebungen $\text{Cond}_{\text{Ref}}, \text{Cond}_P, \text{Cond}_{\text{Hum}}$ werden verwendet. In vielen Fällen führt dieses Vorgehen zu einer Gasmessvorrichtung 100, 100.1, die in dem jeweiligen Modus ausreichend genau die Zielgas-Konzentration Con zu messen vermag. Nachfolgend wird ein Vorgehen beschrieben, das allgemeiner anwendbar ist. Dieses Vorgehen erfordert mehr Aufwand und Rechenzeit.

[0130] Zunächst wird die Kalibrierung für den Modus P beschrieben, also in dem Modus, bei dem der Einfluss des Umgebungsdrucks P bestmöglich kompensiert wird. In der in **Fig. 1** gezeigten Stellung steht der Schalter 16 auf diesem Modus P.

[0131] Nachfolgend wird beispielhaft beschrieben, wie die Funktion $F = F_P$ empirisch bestimmt wird. Eine erste Messwerte-Stichprobe wird ermittelt. Für die erste Messwerte-Stichprobe werden bevorzugt folgende

Bedingungen hergestellt: Kein brennbares Zielgas ist vorhanden, d.h. die Zielgas-Konzentration beträgt Null. Die Umgebungsfeuchte Hum nimmt einen gleichbleibenden Wert hum_0 an, beispielsweise 0%. Der Umgebungsdruck P nimmt M verschiedene Werte $p(1), \dots, p(M)$ an, die Umgebungstemperatur N verschiedene Werte $temp(1), \dots, temp(N)$. Bevorzugt gilt $N < M$. Möglich ist, dass N gleich 1 gilt, dass also die Umgebungstemperatur Temp für alle Werte der ersten Messwerte-Stichprobe die gleiche ist. Die M Werte $p(1), \dots, p(M)$ für den Umgebungsdruck P und die N Werte $temp(1), \dots, temp(N)$ für die Umgebungstemperatur Temp sind so gewählt, dass sie bei einem Einsatz tatsächlich auftreten können.

[0132] Für die erste Messwerte-Stichprobe werden insgesamt also $M \cdot N$ verschiedene Bedingungen hergestellt. Jede Bedingung $x_{i,j}$ ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N$) legt jeweils eine gleichbleibende Zielgas-Konzentration $con(1)$ [bevorzugt $con(1)$ gleich Null], einen Umgebungsdruck $p(i)$, eine Umgebungstemperatur $temp(j)$ und die Umgebungsfeuchte $hum(1)$ fest. Die Gasmessvorrichtung 100 wird nacheinander diesen $M \cdot N$ verschiedenen Bedingungen $x_{1,1}, \dots, x_{M,N}$ ausgesetzt, und die drei Detektionsgrößen U10, U11, $U(\Delta Temp)$ werden gemessen. Jede Bedingung $x_{i,j}$ führt zu jeweils drei Messwerten $u10(x_{i,j}), u11(x_{i,j}), u(\Delta Temp)(x_{i,j})$ für die drei Variablen U10, U11, $U(\Delta Temp)$. Die erste Messwerte-Stichprobe besteht also aus $M \cdot N$ Stichprobenelementen, wobei jedes Stichprobenelement die Form

$$\{[u10(x_{i,j}), u11(x_{i,j}), u(\Delta Temp)(x_{i,j})]; [p(i), \Delta temp(j), hum(1)]\} \quad (6)$$

aufweist.

[0133] Wie oben bereits dargelegt, hängt die Funktion $F = F_P$ in der Berechnungsvorschrift (1) von mehreren Parametern $Par(1), \dots, Par(x)$ ab, $x \geq 2$. Falls beispielsweise die Berechnungsvorschrift (3) verwendet wird, so sind dies die $x = 3$ Parameter $\alpha = \alpha_P, \beta = \beta_P, x_0 = x_{0P}$ oder bei konstantem Nullwert x_0 die beiden Parameter $\alpha = \alpha_P$ und $\beta = \beta_P$. Falls jedem Parameter $Par(1), \dots, Par(x)$ in der Funktion F_P jeweils ein Wert $par(1), \dots, par(x)$ zugewiesen wird und dann die Berechnungsvorschrift (1) auf ein Tripel $[u10(x_{i,j}), u11(x_{i,j}), u(\Delta Temp)(x_{i,j})]$ angewendet wird, so liefert die Anwendung einen Wert

$$\det(x_{i,j}) = F_P[u10(x_{i,j}), u(x_{i,j}), u(\Delta Temp)(x_{i,j})] \quad (7)$$

für die Gesamt-Detektionsgröße Det. Dies liefert eine erste Detektionsgrößen-Stichprobe mit $M \cdot N$ Stichprobenelementen, wobei jedes Stichprobenelement die Form

$$\{\det(x_{i,j}); [u10(x_{i,j}), u11(x_{i,j}), u(\Delta Temp)(x_{i,j})]\} \quad (8)$$

hat ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N$).

[0134] Beim Betrieb im Modus P soll der Einfluss des Umgebungsdrucks P so weit wie möglich rechnerisch kompensiert werden. Dies bedeutet: Die Gesamt-Detektionsgröße Det wird so festgelegt, dass sie so wenig wie möglich, idealerweise überhaupt nicht, vom Umgebungsdruck P abhängt. In Kauf genommen wird, dass sie relativ stark von der Umgebungsfeuchte Hum und wenigstens etwas von der Umgebungstemperatur Temp abhängt.

[0135] Um die Gesamt-Detektionsgröße Det für den Betrieb im Modus P festzulegen, sind x Werte $par(1), \dots, par(x)$ für die x Parameter $Par(1), \dots, Par(x)$ der Funktion F_P festzulegen. Jeder Satz $par(1), \dots, par(x)$ von Parameterwerten führt zu jeweils einer empirischen Varianz $Var = Var[par(1), \dots, par(x)]$ der resultierenden ersten Detektionsgrößen-Stichprobe. Die Parameterwerte $par(1), \dots, par(x)$ werden so festgelegt, dass sie zu einer minimalen empirischen Varianz Var in der ersten Detektionsgrößen-Stichprobe führen. Um die Parameterwerte $par(1), \dots, par(x)$ festzulegen, wird also eine Zielfunktion numerisch minimiert. Die Variablen dieser Zielfunktionen sind die x Parameter $Par(1), \dots, Par(x)$ der Funktion F_P . Die Zielfunktion ist ein Maß für die empirische Varianz Var der Gesamt-Detektionsgröße $Det = F_P[U10, U11, U(\Delta Temp)]$.

[0136] Dieses Vorgehen wird beispielhaft für die bevorzugte Ausgestaltung erläutert, dass die Berechnungsvorschrift (3) verwendet wird. Jedes Tripel von Werten für die drei Parameter $\alpha_P, \beta_P, x_{0P}$ führt zu einem Wert var für die empirische Varianz Var der resultierenden ersten Detektionsgrößen-Stichprobe. Es gilt

$$\det(x_{i,j}) = u10(x_{i,j}) - \alpha_P * u11(x_{i,j}) - \beta_P * u(\Delta Temp)(x_{i,j}) - x_{0P} \quad (9)$$

[0137] Die zu minimierende Zielfunktion ist also das Maß für die empirische Varianz Var der Gesamt-Detektionsgröße $\text{Det} = U_{10} - \alpha_P \cdot U_{11} - \beta_P \cdot U(\Delta \text{Temp}) - x_{0P}$ als Funktion der drei Parameter α_P , β_P , x_{0P} .

[0138] Als Maß für die empirische Varianz Var lässt sich die Differenz zwischen dem größten Wert $\max \{\det(x_{i,j})\}$, wobei $i=1, \dots, M$; $j=1, \dots, N$ und dem kleinsten Wert $\min \{\det(x_{i,j})\}$, wobei $i=1, \dots, M$; $j=1, \dots, N$ für die Gesamt-Detektionsgröße Det verwenden. Möglich ist auch, folgende Rechenvorschrift zu verwenden:

$$\text{Var} = \frac{1}{M \cdot N - 1} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\det(x_{i,j}) - \det_{\text{avg}}]^2 \quad (10)$$

mit

$$\det_{\text{avg}} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \det(x_{i,j}) \quad (11)$$

[0139] Das nachfolgend beschriebene zweistufige Verfahren reduziert den Rechenaufwand deutlich. In vielen Fällen führt es zu einem ähnlich guten Ergebnis für den Modus P.

[0140] Die Funktion F_P der Rechenvorschrift (1) wird vereinfacht und in zwei Funktionen aufgeteilt, nämlich

$$\text{Det} = F_{P,10,11}[U_{10}, U_{11}] - F_{P,\text{Temp}}[U(\Delta \text{Temp})]. \quad (12)$$

[0141] Die beiden Funktionen $F_{P,10,11}$ und $F_{P,\text{Temp}}$ hängen von jeweils mindestens einem Parameter ab. Eine Sonderform von (12) ist die Rechenvorschrift (3) mit

$$\begin{aligned} F_{P,10,11}[U_{10}, U_{11}] &= U_{10} - \alpha_P \cdot U_{11} - x_{0P} \quad \text{und} \\ F_{P,\text{Temp}}[U(\Delta \text{Temp})] &= \beta_P \cdot U(\Delta \text{Temp}). \end{aligned} \quad (13)$$

[0142] Zunächst wird für den oder jeden Parameter der Funktion $F_{P,10,11}$ jeweils ein Wert festgelegt. Bei der Ausgestaltung gemäß der Rechenvorschrift (3) wird jeweils ein Wert für die Parameter α_P und x_{0P} festgelegt. Hierfür wird eine reduzierte erste Detektionsgrößen-Stichprobe verwendet, in der die Messwerte des Temperatur-Sensors 14 fortgelassen sind. Jedes Stichprobenelement dieser reduzierten Detektionsgrößen-Stichprobe hat also die Form

$$\left\{ \left[\det(x_{i,j}); [u_{10}(x_{i,j}), u_{11}(x_{i,j})] \right] \right\} \quad (14)$$

[0143] Mithilfe dieser reduzierten ersten Detektionsgrößen-Stichprobe wird der jeweilige Wert für den oder jeden Parameter der Funktion $F_{P,10,11}$ so festgelegt, dass das Maß für die empirische Varianz Var minimiert wird.

[0144] Nunmehr ist die Funktion $F_{P,10,11}$ festgelegt. Diese Funktion $F_{P,10,11}$ wird auf die reduzierte Detektionsgrößen-Stichprobe angewendet. Genauer gesagt: Die Funktion $F_{P,10,11}$ wird auf die jeweiligen beiden Werte $u_{10}(x_{i,j})$, $u_{11}(x_{i,j})$ in jedem Stichprobenelement der Form (8), nämlich

$$\left\{ \det(x_{i,j}); [u_{10}(x_{i,j}), u_{11}(x_{i,j}), u(\Delta \text{Temp})(x_{i,j})] \right\} \quad (8)$$

angewendet. Mit der Bezeichnung $\det_{P,10,11}(x_{i,j}) = F_{P,10,11}[u_{10}(x_{i,j}), u_{11}(x_{i,j})]$ wird eine reduzierte zweite Detektionsgrößen-Stichprobe erzeugt, in der jedes Stichprobenelement die Form

$$\left\{ \det(x_{i,j}); [\det_{P,10,11}(x_{i,j}), u(\Delta \text{Temp})(x_{i,j})] \right\} \quad (15)$$

aufweist. Mithilfe dieser Stichprobe wird jeweils ein Wert für den oder jeden Parameter der Funktion $F_{P,\text{Temp}}$ festgelegt. Im Falle der Berechnungsvorschrift (3) ist dies ein Wert für den einzigen Parameter β_P . Der oder jeder Wert wird wieder so festgelegt, dass das Maß für die Varianz Var minimiert wird.

[0145] Bei einer weiteren Vereinfachung wird bei typischen Umgebungsbedingungen und abhängig von einem Verstärkungsfaktor α der Nullwert x_{0P} bestimmt. Die Umgebungsbedingungen sind beispielsweise 20

Grad C, 1000 mbar und 0% relative Feuchte. Die beiden gerade beschriebenen Detektionsgrößen-Stichproben werden dafür verwendet, um zunächst den Verstärkungsfaktor α_P für die Kompensator-Spannung U11 und anschließend den Verstärkungsfaktor β_P für die gemessene Umgebungstemperatur $U(\Delta\text{Temp})$ zu berechnen. Hierbei wird der vorab verwendete Nullwert x_0 verwendet, ohne ihn zu verändern.

[0146] Verschiedene Varianten dieses Vorgehens sind möglich.

[0147] Wie oben beschrieben, wird aus der ersten Messwerte-Stichprobe eine erste Detektionsgrößen-Stichprobe hergeleitet, wobei die erste Messwerte-Stichprobe die Form (6) und die erste Detektionsgrößen-Stichprobe die Form (7) hat und jede Stichprobe jeweils $M \cdot N$ Stichprobenelemente aufweist. Möglich ist auch, aus der ersten Messwerte-Stichprobe eine erste Konzentrations-Stichprobe mit $M \cdot N$ Stichprobenelementen herzuleiten, wobei jedes Stichprobenelement die Form

$$\text{con}(x_{i,j}) = F_{\text{Con}} \left\{ F_P \left[u10(x_{i,j}), u11(x_{i,j}), u(\Delta\text{Temp})(x_{i,j}) \right] \right\} \quad (16)$$

hat ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N$).

[0148] In einer Ausgestaltung wird zusätzlich zur ersten eine zweite Messwerte-Stichprobe ermittelt. Genau wie bei der ersten Messwerte-Stichprobe nimmt die Umgebungsfeuchte Hum den gleichbleibenden Wert hum_0 an, der Umgebungsdruck P M verschiedene Werte, die Umgebungstemperatur Temp N verschiedene Werte. Im Gegensatz zur ersten Messwerte-Stichprobe ist jedoch brennbares Zielgas in der Umgebung vorhanden. Die Funktion, welche empirisch mit Hilfe der ersten Messwerte-Stichprobe hergeleitet wird, wird mit $F_{P,0}$ bezeichnet. Mit Hilfe der zweiten Messwerte-Stichprobe wird empirisch eine Funktion $F_{P,\text{con}}$ hergeleitet. Die angewendete Funktion F wird durch eine geeignete Mittelung aus den beiden Funktionen $F_{P,0}$ und $F_{P,\text{con}}$ hergeleitet.

[0149] Nunmehr wird die Konfiguration für den Modus P_Hum beschrieben. Der Messwert con_{meas} für die Zielgas-Konzentration Con_{meas} soll abhängig von der Umgebungsfeuchte Hum dann um höchstens x % variieren, wenn die Umgebungsfeuchte Hum in einem vorgegebenen Feuchtebereich bleibt.

[0150] Wiederum wird die erste Messwerte-Stichprobe verwendet, also eine Stichprobe mit Stichprobenelementen, wobei jedes Stichprobenelement die Form (6) hat, also

$$\left\{ \left[u10(x_i), u11(x_i), u(\Delta\text{Temp})(x_i) \right]; \left[\Delta\text{temp}(i), p(i), \text{hum}(1) \right] \right\} \quad (6)$$

aufweist. Bei der ersten Messwerte-Stichprobe liegt durchgehend die gleiche Umgebungsfeuchte $\text{hum}(x_1)$ vor.

[0151] Zusätzlich werden $K-1$ weitere Messwerte-Stichproben erzeugt, $K \geq 2$. Bei jeder zweiten Stichprobe wird durchgehend jeweils ein Wert $\text{hum}(2), \dots, \text{hum}(K)$ für die Umgebungsfeuchte Hum eingestellt, wobei die insgesamt K Werte $\text{hum}(1), \dots, \text{hum}(K)$ alle voneinander verschieden sind. Die erste Stichprobe wurde bei $M \cdot N$ Bedingungen $x_{i,j,1} = x_{i,j}$ ($i=1, \dots, M \cdot N$) erzeugt, wobei die Umgebungsbedingungen $\text{con}(1), p(i), \Delta\text{temp}(j), \text{hum}(1)$ vorlagen ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N$). Bei jeder weiteren Stichprobe liegen die $M \cdot N$ Bedingungen $x_{i,j,k}$ ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N; k=2, \dots, K$) vor.

[0152] Insgesamt liegen K Stichproben mit jeweils $M \cdot N$ Stichprobenelementen vor, wobei die Stichprobe Nr. k die Form

$$\left\{ \left[u10(x_{i,j,k}), u11(x_{i,j,k}), u(\Delta\text{Temp})(x_{i,j,k}) \right]; \left[p(i), \Delta\text{temp}(i), \text{hum}(k) \right] \right\} \quad (17)$$

aufweist ($i=1, \dots, M; j=1, \dots, N; k=1, \dots, K$).

[0153] Im Modus P_Hum wendet die Auswerteeinheit 9 die Berechnungsvorschrift

$$\text{Det} = F_{P,\text{Hum}} \left[U10, U11, U(\Delta\text{Temp}) \right] \quad (18)$$

an. Bevorzugt hat die Berechnungsvorschrift (18) die Form

$$\text{Det} = U_{10} - \alpha_{P_Hum} * U_{11} - \beta_{P_Hum} * U(\Delta\text{Temp}) - x_{0P_Hum}. \quad (19)$$

[0154] Für die x Parameter $\text{Par}(1), \dots, \text{Par}(x)$ der Funktion F_{P_Hum} sind Werte zu berechnen.

[0155] Weiter oben wurde mit Bezug auf die Berechnungsvorschrift (7) die Herleitung einer ersten Detektionsgrößen-Stichprobe beschrieben. Dieses Verfahren wird abgewandelt. Entsprechend werden K Detektionsgrößen-Stichproben hergeleitet. Jede Detektionsgrößen-Stichproben hat jeweils $M*N$ Stichprobenelemente, wobei jedes Stichprobenelement die Form

$$\text{det}(x_{i,j,k}) = F_{P_Hum} \left[u_{10}(x_{i,j,k}), u_{11}(x_{i,j,k}), u(\Delta\text{Temp})(x_{i,j,k}) \right] \quad (20)$$

aufweist.

[0156] Die oben erwähnte Randbedingung, dass der Messwert con für die Zielgas-Konzentration Con abhängig von der Umgebungsfeuchte Hum um höchstens x % variieren soll, führt zu einer Randbedingung für die Gesamt-Detektionsgröße Det . Diese soll in Abhängigkeit von der Umgebungsfeuchte Hum um höchstens y % variieren. Der Faktor y hängt von dem vorgegebenen funktionalen Zusammenhang zwischen der Zielgas-Konzentration Con und der Gesamt-Detektionsgröße Det ab, wobei dieser Zusammenhang durch die Rechenvorschrift (4), insbesondere durch die Rechenvorschrift (5), beschrieben wird. Beispielsweise soll die Gesamt-Detektionsgröße Det bei schwankender Umgebungsfeuchte Hum in einem Toleranzband der Breite y % liegen. Dies führt z.B. zu der Anforderung

$$(1-y) * \text{det}_{\text{avg}} \leq \text{det}(x_{i,j,k}) \leq (1+y) * \text{det}_{\text{avg}} \quad (21)$$

für alle $i=1, \dots, M; j=1, \dots, N; k=1, \dots, K$,

wobei det_{avg} der Mittelwert aller Stichprobenelemente der Detektionsgrößen-Stichprobe(n) ist.

[0157] Die Parameterwerte $\text{par}(1), \dots, \text{par}(x)$ für die Funktion F_{P_Hum} der Rechenvorschrift (18) werden so festgelegt, dass die Randbedingung (21) eingehalten wird.

Bezugszeichenliste

100	Gasmessvorrichtung, umfasst den Detektor 10, den Kompensator 11, den Temperatur-Sensor 14, das Steuergerät 6 und den Datenspeicher 7 sowie optional den Feuchte-Sensor 17 und den Druck-Sensor 18
2	optionaler Flammschutz vor den Öffnungen Ö1, Ö2
5	Kompensatorkammer, umgibt den Kompensator 11
6	Steuergerät, empfängt Signale von den Sensoren 12.1, 12.2, 13.1, 13.2, 14
7	Datenspeicher, in dem das Modell Mod abgespeichert ist
7.1	Datenspeicher der weiteren Gasmessvorrichtung 100.1, in dem das Modell $\text{Mod}.1$ abgespeichert ist
8	Detektorkammer, umgibt den Detektor 10
9	Auswerteeinheit, gehört zum Steuergerät 6, leitet die Zielgas-Konzentration Con_{meas} her
10	Detektor, umfasst das heizende Segment 20
11	Kompensator, umfasst das heizende Segment 38
12.1	Spannungs-Sensor, misst die Spannung U_{10}
12.2	Spannungs-Sensor, misst die Spannung U_{11}
13.1	Stromstärken-Sensor, misst die Stromstärke $I.1$
13.2	Stromstärken-Sensor, misst die Stromstärke $I.2$
14	Temperatur-Sensor, misst die Differenz ΔTemp zwischen der Umgebungstemperatur und einer Referenztemperatur

16	Auswahleinheit in Form eines Schalters, mit dem ein Benutzer einen Modus auswählen kann
17	Feuchte-Sensor der Gasmessvorrichtung 100, misst die Umgebungsfeuchte Hum
18	Druck-Sensor der Gasmessvorrichtung 100, misst die Druckdifferenz ΔP
20	heizendes Segment des Detektors 10
24	elektrische Kontaktierungen für das heizende Detektor-Segment 20
25	Keramikummantelung um das heizende Detektor-Segment 20
26	katalytische Beschichtung auf der Keramikummantelung 25
27	Montageplatte des Detektors 10
30	elektrisch leitendes Bauteil in Form einer Leiterbahn des als flaches Bauteil ausgestalteten Detektors 10
31	Trägerplatte für das Bauteil 30
32	heizendes Segment, gehört zum Bauteil 30
33	Wafer-Substrat, trägt die Trägerplatte 31
34	elektrische Kontaktstellen 34 für das Bauteil 30
35	Schutzschicht auf dem Bauteil 30
38	heizendes Segment des Kompensators 11
43,44	Spannungsquellen
46	elektrische Kontaktierung für das Bauteil 30
50 _{Hum}	Abhängigkeit des Messfehlers Con_{meas} - Con vom Verstärkungsfaktor α in der Testumgebung Con_{Hum}
50 _P	Abhängigkeit des Messfehlers Con_{meas} - Con vom Verstärkungsfaktor α in der Testumgebung Con_P
100	Gasmessvorrichtung
100.1	weitere Gasmessvorrichtung
110	Kalibriervorrichtung, erzeugt die Modelle Mod und Mod.1, umfasst den Feuchte-Sensor 117 und den Druck-Sensor 118, umfasst die Bestandteile 110.1 und 110.2
117	Feuchte-Sensor der Kalibriervorrichtung 110
118	Druck-Sensor der Kalibriervorrichtung 110
α	Verstärkungsfaktor für die Kompensator-Spannung U_{11} in der Gesamt-Detektionsgröße Det
α_{Hum}	Verstärkungsfaktor für den feuchteoptimierten Modus
α_{Hum_P}	Verstärkungsfaktor für den feuchtekompensierenden Modus
α_P	Verstärkungsfaktor für den druckoptimierten Modus
α_{P_Hum}	Verstärkungsfaktor für den druckkompensierenden Modus
β	Verstärkungsfaktor für das Signal $U(\Delta Temp)$ in der Gesamt-Detektionsgröße Det
B	räumlicher Bereich, der auf das Vorhandensein eines brennbaren Zielgases überwacht werden soll
Con	tatsächliche Zielgas-Konzentration
Con_{meas}	von der Gasmessvorrichtung 100 hergeleitete Zielgas-Konzentration
Con_{Hum}	Testumgebung mit einer Umgebungsfeuchte Hum von 90 % relativer Feuchtigkeit
Con_P	Testumgebung mit einem um 200 mbar erhöhten Umgebungsdruck P

Cond _{Ref}	Referenz-Testumgebung mit einer Umgebungsfeuchte hum von 0 % relativer Feuchtigkeit und einer Zielgas-Konzentration con von 0 % LEL
Det	Gesamt-Detektionsgröße, hängt von U10, U11 und U(Δ Temp) ab, optional zusätzlich von U (Hum) und U(Δ P)
Gp	Gasprobe aus dem Bereich B
Hum	Umgebungsfeuchte, zugleich feuchteoptimierter Modus
Hum_P	feuchtekompensierender Modus
I.1	Stromstärke des durch den Detektor 10 fließenden Stroms
I.2	Stromstärke des durch den Kompensator 11 fließenden Stroms
Mod	rechnerauswertbares Modell mit funktionalen Zusammenhängen zwischen den Detektionsgrößen U10 und U11, dem Signal U(Δ Temp) und der Zielgas-Konzentration Con _{meas} , wird von der Auswerteeinheit 9 angewendet
Mod. 1	rechnerauswertbares Modell, welches die Auswerteeinheit der weiteren Gasmessvorrichtung 100.1 anwendet, im Datenspeicher 7.1 abgespeichert
Ö1	Öffnung der Detektorkammer 8
Ö2	Öffnung der Kompensatorkammer 5
P	Umgebungsdruck, zugleich druckoptimierter Modus
P_Hum	druckkompensierender Modus
Δ P	Differenz zwischen dem Umgebungsdruck P und einem vorgegebenen Referenzdruck, vom Druck-Sensor 18 gemessen
Temp	Umgebungstemperatur
Δ Temp	Differenz zwischen der aktuellen Umgebungstemperatur Temp und einer vorgegebenen Referenztemperatur, vom Temperatur-Sensor 14 gemessen
U10	elektrische Spannung, die am Detektor 10 anliegt
U11	elektrische Spannung, die am Kompensator 11 anliegt
U(Δ Temp)	vom Temperatur-Sensor 14 geliefertes Signal, korreliert mit der Temperaturdifferenz Δ Temp
x0	Konstante in der Gesamt-Detektionsgröße Det

Patentansprüche

1. Gasmessvorrichtung (100),
welche dazu ausgestaltet ist, die Konzentration eines brennbaren Zielgases (CH₄) in einem räumlichen Bereich (B) zu messen,
wobei die Gasmessvorrichtung (100)
- einen Detektor (10),
- einen Kompensator (11),
- einen Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1),
- einen Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2) und
- eine signalverarbeitende Auswerteeinheit (9)
umfasst,
wobei die Gasmessvorrichtung (100) so ausgestaltet ist, dass wenigstens zeitweise eine Gasprobe (Gp) aus dem räumlichen Bereich (B) den Detektor (10) und den Kompensator (11) erreicht,
wobei der Detektor (10) eine Detektor-Detektionsgröße (U10) aufweist, die mit der Konzentration des Zielgases (CH₄) in der Gasprobe (Gp) korreliert,
wobei der Kompensator (11) eine Kompensator-Detektionsgröße (U11) aufweist, die
- durch mindestens eine auf die Gasprobe (Gp) wirkende Umgebungsbedingung beeinflusst wird und
- weniger als die Detektor-Detektionsgröße (U10) oder sogar überhaupt nicht mit der Zielgas-Konzentration korreliert,
wobei der Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1) dazu ausgestaltet ist, ein Maß für die Detektor-Detektionsgröße (U10) zu messen,
wobei der Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2) dazu ausgestaltet ist, ein Maß für die Kompensa-

tor-Detektionsgröße (U11) zu messen,
 wobei die Auswerteeinheit (9) dazu ausgestaltet ist, abhängig von der gemessenen Detektor-Detektionsgröße (U10) und von der gemessenen Kompensator-Detektionsgröße (U11) die Konzentration des Zielgases (CH₄) in der Gasprobe (Gp) zu ermitteln,
 wobei die Gasmessvorrichtung (100) während eines Einsatzes in einem druckkompensierenden Modus oder in einem feuchtekompensierenden Modus betreibbar ist,
 wobei im druckkompensierenden Modus der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) dergestalt kompensiert ist, dass

- die Randbedingung eingehalten wird, dass der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Feuchteinfluss-Schranke bleibt, und
- der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) auf ein Messergebnis der Gasmessvorrichtung (100) unter dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert ist,

wobei im feuchtekompensierenden Modus der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) dergestalt kompensiert ist, dass

- die Randbedingung eingehalten wird, dass der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Druckeinfluss-Schranke bleibt, und
- der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) auf das Messergebnis unter dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert ist, und

wobei die Auswerteeinheit (9) so ausgestaltet ist, dass im druckkompensierenden Modus die Abhängigkeit der ermittelten Zielgas-Konzentration von der Detektor-Detektionsgröße (U10) und / oder von der Kompensator-Detektionsgröße (U11) anders ist als im feuchtekompensierenden Modus.

2. Gasmessvorrichtung (100) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Gasmessvorrichtung (100) zusätzlich in einem druckoptimierten Modus und / oder in einem feuchteoptimierten Modus betreibbar ist,
 wobei im druckoptimierten Modus der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) auf ein Messergebnis der Gasmessvorrichtung (100) ohne Einhaltung einer Randbedingung bestmöglich kompensiert ist,
 wobei im feuchteoptimierten Modus der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) auf das Messergebnis ohne Einhaltung einer Randbedingung bestmöglich kompensiert ist und
 wobei die Auswerteeinheit (9) so ausgestaltet ist, dass in jedem Modus die Abhängigkeit der ermittelten Zielgas-Konzentration von der Detektor-Detektionsgröße (U10) und / oder von der Kompensator-Detektionsgröße (U11) anders ist als in jedem anderen Modus.

3. Gasmessvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Gasmessvorrichtung (100) wahlweise im druckkompensierenden Modus oder im feuchtekompensierenden Modus betreibbar ist und
 optional zusätzlich wahlweise im druckoptimierten Modus oder im feuchteoptimierten Modus betreibbar ist.

4. Gasmessvorrichtung (100) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Gasmessvorrichtung (100) eine Auswahleinheit (16) umfasst,
 wobei die Auswahleinheit (16) dazu ausgestaltet ist, eine Vorgabe eines Benutzers oder einer übergeordneten Steuerung zu erfassen,
 wobei die erfasste Vorgabe einen Modus festlegt, in dem die Gasmessvorrichtung (100) betrieben werden soll,
 wobei die Gasmessvorrichtung (100) dazu ausgestaltet ist, abhängig von einer Betätigung der Auswahleinheit (16) im druckkompensierenden Modus oder im feuchtekompensierenden Modus betrieben zu werden, und
 wobei die Gasmessvorrichtung (100) optional zusätzlich dazu ausgestaltet ist, abhängig von einer Betätigung der Auswahleinheit (16) im druckoptimierten Modus oder im feuchteoptimierten Modus betrieben zu werden.

5. Gasmessvorrichtung (100) nach Anspruch 3 oder Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Gasmessvorrichtung (100) dazu ausgestaltet ist,
 - in mindestens zwei verschiedenen Modi jeweils einen Schätzwert für die Zielgas-Konzentration in derselben Gasprobe (Gp) zu ermitteln und

- einen Alarm zu erzeugen, wenn mindestens ein ermittelter Schätzwert außerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs für die Zielgas-Konzentration liegt.

6. Gasmessvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gasmessvorrichtung (100) zusätzlich mindestens einen Sensor (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung umfasst, wobei der oder jeder Sensor (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung dazu ausgestaltet ist, jeweils ein Maß für die Umgebungsbedingung zu messen, wobei bevorzugt der oder ein zusätzlicher Sensor (14) ein Temperatur-Sensor ist, und wobei die Auswerteeinheit (9) dazu ausgestaltet ist, die Konzentration des Zielgases (CH_4) in der Gasprobe (Gp) zusätzlich abhängig von dem jeweiligen Signal des oder mindestens eines Sensors (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung zu ermitteln.

7. Gasmessvorrichtung (100) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder mindestens ein Sensor für eine Umgebungsbedingung, insbesondere ein Sensor (17) für die Umgebungsfeuchte oder ein Sensor (18) für den Umgebungsdruck, wahlweise aktiviert oder deaktiviert ist, wobei die Gasmessvorrichtung (100) so ausgestaltet ist, dass die Auswerteeinheit (9) bei aktiviertem Sensor (17, 18) die Konzentration des Zielgases (CH_4) in der Gasprobe (Gp) zusätzlich abhängig von dem Signal des aktivierten Sensors (17, 18) ermittelt und die Gasmessvorrichtung (100) mindestens bei deaktiviertem Sensor (17, 18) wahlweise im druckkompensierenden Modus oder im feuchtekompensierenden Modus betreibbar ist.

8. Gasmessvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (10) ein erhitzbares Detektor-Segment (20) umfasst und der Kompensator (11) ein erhitzbares Kompensator-Segment (38) umfasst, wobei die Gasmessvorrichtung (100) dazu ausgestaltet ist, das Detektor-Segment (20) so zu erhitzen, dass das erhitzte Detektor-Segment (20) brennbares Zielgas (CH_4) in der Gasprobe (Gp) oxidiert und die Oxidation das Detektor-Segment (20) weiter erhitzt, wobei die Gasmessvorrichtung (100) dazu ausgestaltet ist, das Kompensator-Segment (38) zu erhitzen, wobei die Gasmessvorrichtung (100)
- in einer ersten Alternative so ausgestaltet ist, dass das erhitzte Kompensator-Segment (38) pro Zeiteinheit weniger brennbares Zielgas als das erhitzte Detektor-Segment (20) oxidiert und
in einer zweiten Alternative so ausgestaltet ist, dass pro Zeiteinheit eine geringere Menge der Gasprobe den Kompensator (11) als den Detektor (10) erreicht, und
wobei der Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1) dazu ausgestaltet ist, als Detektor-Detektionsgröße ein Maß (U10) für die Temperatur des Detektor-Segments (20) zu messen, und
wobei der Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2) dazu ausgestaltet ist, als Kompensator-Detektionsgröße ein Maß (U11) für die Temperatur des Kompensator-Segments (38) zu messen.

9. Gasmessvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (9) wenigstens zeitweise Lesezugriff auf ein rechnerauswertbares Modell (Mod) aufweist, wobei das Modell (Mod) für den oder jeden Modus, in dem die Gasmessvorrichtung (100) betreibbar ist, jeweils einen funktionalen Zusammenhang umfasst, wobei der funktionale Zusammenhang für einen Modus einen Zusammenhang zwischen
- der Zielgas-Konzentration einerseits und
- dem jeweiligen Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors (12.1, 12.2) und
optional mindestens eines Signals eines Sensors (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung, andererseits beschreibt und
wobei die Auswerteeinheit (9) dazu ausgestaltet ist, bei der Ermittlung der Zielgas-Konzentration den funktionalen Zusammenhang für den Modus, in dem die Gasmessvorrichtung (100) aktuell betrieben wird, auf das jeweilige Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors (12.1, 12.2) und optional auf das jeweilige Signal optionalen Sensors (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung anzuwenden.

10. Anordnung umfassend

- eine erste Gasmessvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und
 - eine zweite Gasmessvorrichtung (100.1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei die Auswerteeinheit (9) der ersten Gasmessvorrichtung (100) wenigstens zeitweise Lesezugriff auf ein erstes rechnerauswertbares Modell (Mod) hat, welches eine erste Abhängigkeit der Zielgas-Konzentration mindestens von der Detektor-Detektionsgröße (U10) und von der Kompensator-Detektionsgröße (U11) und optional von mindestens einer Umgebungsbedingung für einen Betrieb im druckkompensierenden Modus beschreibt, und
- wobei die Auswerteeinheit (9.1) der zweiten Gasmessvorrichtung (100.1) wenigstens zeitweise Lesezugriff auf ein zweites rechnerauswertbares Modell (Mod.1) hat, welches eine zweite Abhängigkeit der Zielgas-Konzentration mindestens von der Detektor-Detektionsgröße (U10) und von der Kompensator-Detektionsgröße (U11) und optional von mindestens einer Umgebungsbedingung für einen Betrieb im feuchte-kompensierenden Modus beschreibt.

11. Kalibriervorrichtung (110) zum Kalibrieren einer Gasmessvorrichtung (100) gemäß Anspruch 9,

- wobei die Kalibriervorrichtung (110) dazu ausgestaltet ist,
- eine Vorgabe zu erfassen, wobei die erfasste Vorgabe mindestens einen Modus spezifiziert, in dem die Gasmessvorrichtung (100) betreibbar sein soll,
- ein rechnerauswertbares Modell (Mod) dergestalt zu generieren, dass das generierte Modell (Mod)
- für den oder jeden erfassten Modus jeweils einen funktionalen Zusammenhang umfasst und
 - von der Auswerteeinheit (9) der Gasmessvorrichtung (100) anwendbar ist,
- wobei die Kalibriervorrichtung (110) dazu ausgestaltet ist, für die Generierung des Modells eine vorgegebene Stichprobe und eine Menge von vorgegebenen möglichen funktionalen Zusammenhängen zu verwenden,
- wobei die Stichprobe mindestens ein Referenz-Stichprobenelement, mindestens ein Druck-Stichprobenelement und mindestens ein Feuchte-Stichprobenelement umfasst,
- wobei jedes Stichprobenelement
- eine Kennzeichnung einer Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination, nämlich eine Kombination einer Umgebungstemperatur, eines Umgebungsdrucks, einer Umgebungsfeuchte und eine tatsächliche Zielgas-Konzentration und
 - eine Signalwerte-Kombination,
- die für das jeweilige Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors (12.1, 12.2) jeweils einen bei dieser Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination gemessenen Wert aufweist,
- umfasst,
- wobei die Kalibriervorrichtung (110) dazu ausgestaltet ist, für jeden Modus und für jedes Stichprobenelement jeweils die Schritte durchzuführen,
- jeden vorgegebenen möglichen funktionalen Zusammenhang auf die Signalwerte-Kombination des Stichprobenelements anzuwenden und dadurch einen Wert für die Zielgas-Konzentration zu berechnen und
 - den berechneten Wert für die Zielgas-Konzentration mit dem tatsächlichen Wert der Zielgas-Kombination in diesem Stichprobenelement zu vergleichen, und
- wobei die Kalibriervorrichtung (110) dazu ausgestaltet ist, für jeden Modus
- unter Verwendung der Vergleichsergebnisse einen möglichen funktionalen Zusammenhang auszuwählen und
 - zu bewirken, dass der ausgewählte funktionale Zusammenhang als der in diesem Modus anzuwendende funktionale Zusammenhang von der Auswerteeinheit (9) verwendet wird.

12. Gasmessverfahren zum Messen der Konzentration eines brennbaren Zielgases (CH_4) in einem räumlichen Bereich (B)

unter Verwendung einer Gasmessvorrichtung (100), die

- einen Detektor (10),
- einen Kompensator (11),
- einen Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1) und
- einen Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2)

umfasst,

wobei der Detektor (10) eine Detektor-Detektionsgröße (U10) aufweist, die mit der Konzentration des Zielgases (CH_4) in einer Gasprobe (Gp) korreliert,

wobei der Kompensator (11) eine Kompensator-Detektionsgröße (U11) aufweist, die

- durch mindestens eine auf die Gasprobe (Gp) wirkende Umgebungsbedingung beeinflusst wird und

- weniger als die Detektor-Detektionsgröße (U10) oder sogar überhaupt nicht mit der Zielgas-Konzentration korreliert,

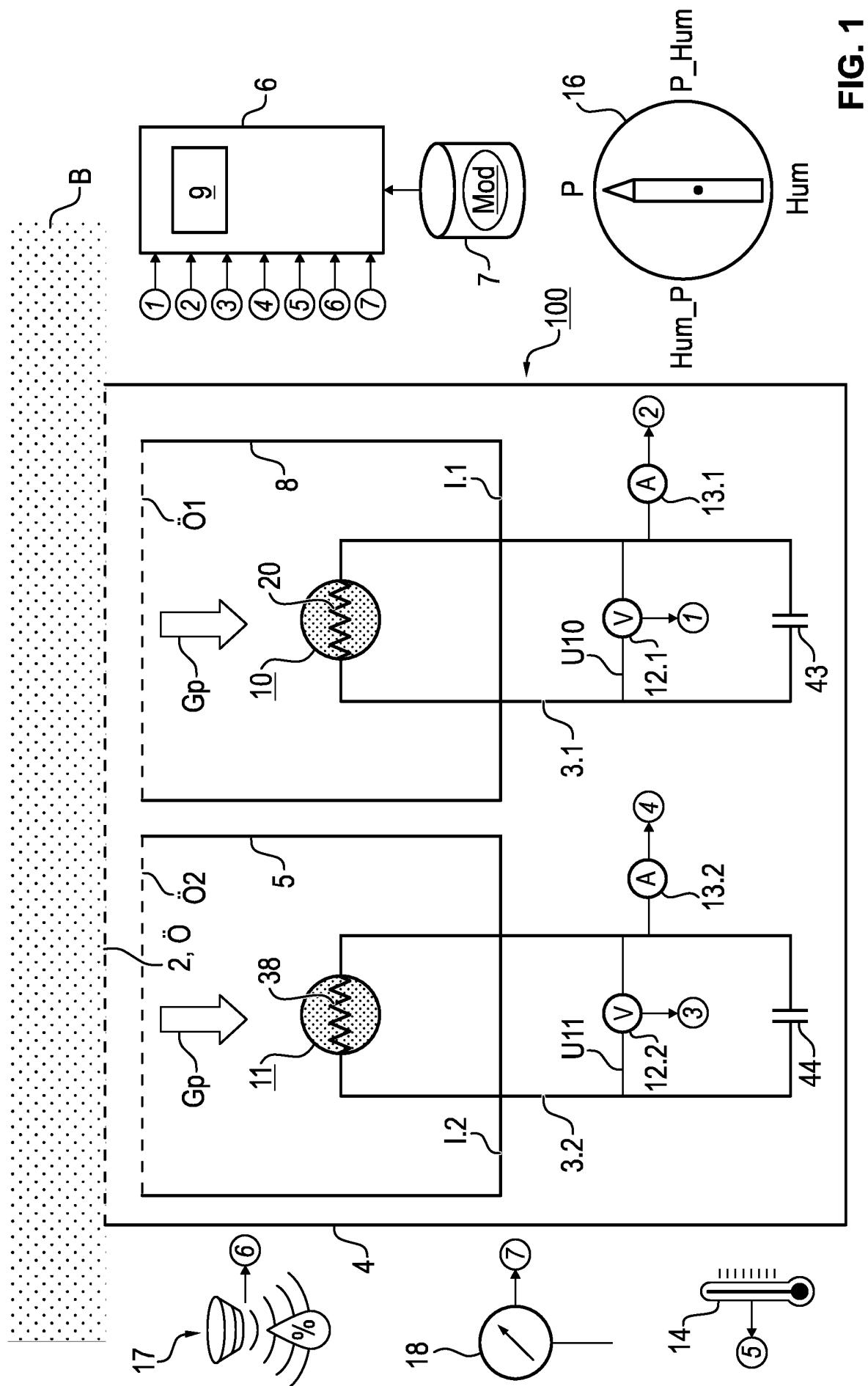
wobei das Gasmessverfahren die Schritte umfasst, dass

- bewirkt wird, dass wenigstens zeitweise eine Gasprobe (Gp) aus dem Bereich des Detektor (10) und des Kompensator (11) erreicht,
 - der Detektor-Detektionsgrößen-Sensor (12.1) ein Maß für die Detektor-Detektionsgröße (U10) misst,
 - der Kompensator-Detektionsgrößen-Sensor (12.2) ein Maß für die Kompensator-Detektionsgröße (U11) misst und
 - abhängig von der gemessenen Detektor-Detektionsgröße (U10) und der gemessenen Kompensator-Detektionsgröße (U11) die Konzentration des Zielgases (CH_4) in der Gasprobe (Gp) ermittelt wird,
- wobei die Gasmessvorrichtung (100) bei der Durchführung des Gasmessverfahrens in einem druckkompensierenden Modus oder in einem feuchtekompensierenden Modus betrieben wird,
- wobei im druckkompensierenden Modus der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) dergestalt kompensiert wird, dass
- die Randbedingung eingehalten wird, dass der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Feuchteinfluss-Schranke bleibt, und
 - der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) auf ein Messergebnis der Gasmessvorrichtung (100) unter dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert wird, und
- wobei im feuchtekompensierenden Modus der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) dergestalt kompensiert wird, dass
- die Randbedingung eingehalten wird, dass der Einfluss des Umgebungsdrucks (P) auf das Messergebnis unterhalb einer vorgegebenen oberen Druckeinfluss-Schranke bleibt, und
 - der Einfluss der Umgebungsfeuchte (Hum) auf das Messergebnis unter dieser Randbedingung bestmöglich kompensiert wird, und
- wobei im druckkompensierenden Modus die Abhängigkeit der ermittelten Zielgas-Konzentration von der Detektor-Detektionsgröße (U10) und / oder von der Kompensator-Detektionsgröße (U11) anders ist als im feuchtekompensierenden Modus.

13. Kalibrierverfahren zum Kalibrieren einer Gasmessvorrichtung (100) gemäß Anspruch 9,
- wobei eine Stichprobe und eine Menge von vorgegebenen möglichen funktionalen Zusammenhängen vorgegeben werden,
- wobei die Stichprobe mindestens ein Referenz-Stichprobenelement, mindestens ein Druck-Stichprobenelement und mindestens ein Feuchte-Stichprobenelement umfasst,
- wobei jedes Stichprobenelement
- eine Kennzeichnung einer Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination,
- nämlich eine Kombination einer Umgebungstemperatur, eines Umgebungsdrucks, einer Umgebungsfeuchte und einer Zielgas-Konzentration und
- eine Signalwerte-Kombination,
- nämlich für das jeweilige Signal jedes Detektionsgrößen-Sensors (12.1, 12.2) jeweils einen bei dieser Umgebungsbedingungen-Zielgas-Kombination gemessenen Wert,
- optional zusätzlich mindestens einen Wert eines Sensors (14, 17, 18) für eine Umgebungsbedingung, umfasst,
- wobei das Kalibrierverfahren die Schritte umfasst, dass
- eine Vorgabe erfasst wird,
- wobei die erfasste Vorgabe mindestens einen Modus spezifiziert, in dem die Gasmessvorrichtung (100) betreibbar sein soll, und
- ein rechnerauswertbares Modell (Mod) dergestalt generiert wird,
- dass das generierte Modell (Mod) für den oder jeden erfassten Modus jeweils einen funktionalen Zusammenhang umfasst und von der Auswerteeinheit (9) der Gasmessvorrichtung (100) anwendbar ist, und
- wobei das Kalibrierverfahren die Schritte umfasst, dass
- für jeden Modus und für jedes Stichprobenelement jeweils jeder vorgegebene mögliche funktionale Zusammenhang auf die Signalwerte-Kombination des Stichprobenelements angewendet wird,
- dadurch einen Wert für die Zielgas-Konzentration berechnet wird und
- der berechnete Wert für die Zielgas-Konzentration mit dem tatsächlichen Wert der Zielgas-Kombination in diesem Stichprobenelement verglichen wird,
- für jeden Modus unter Verwendung der Vergleichsergebnisse ein möglichen funktionalen Zusammenhang ausgewählt wird und
- bewirkt wird, dass der ausgewählte funktionale Zusammenhang als der in diesem Modus anzuwendende funktionale Zusammenhang von der Auswerteeinheit (9) verwendet wird.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



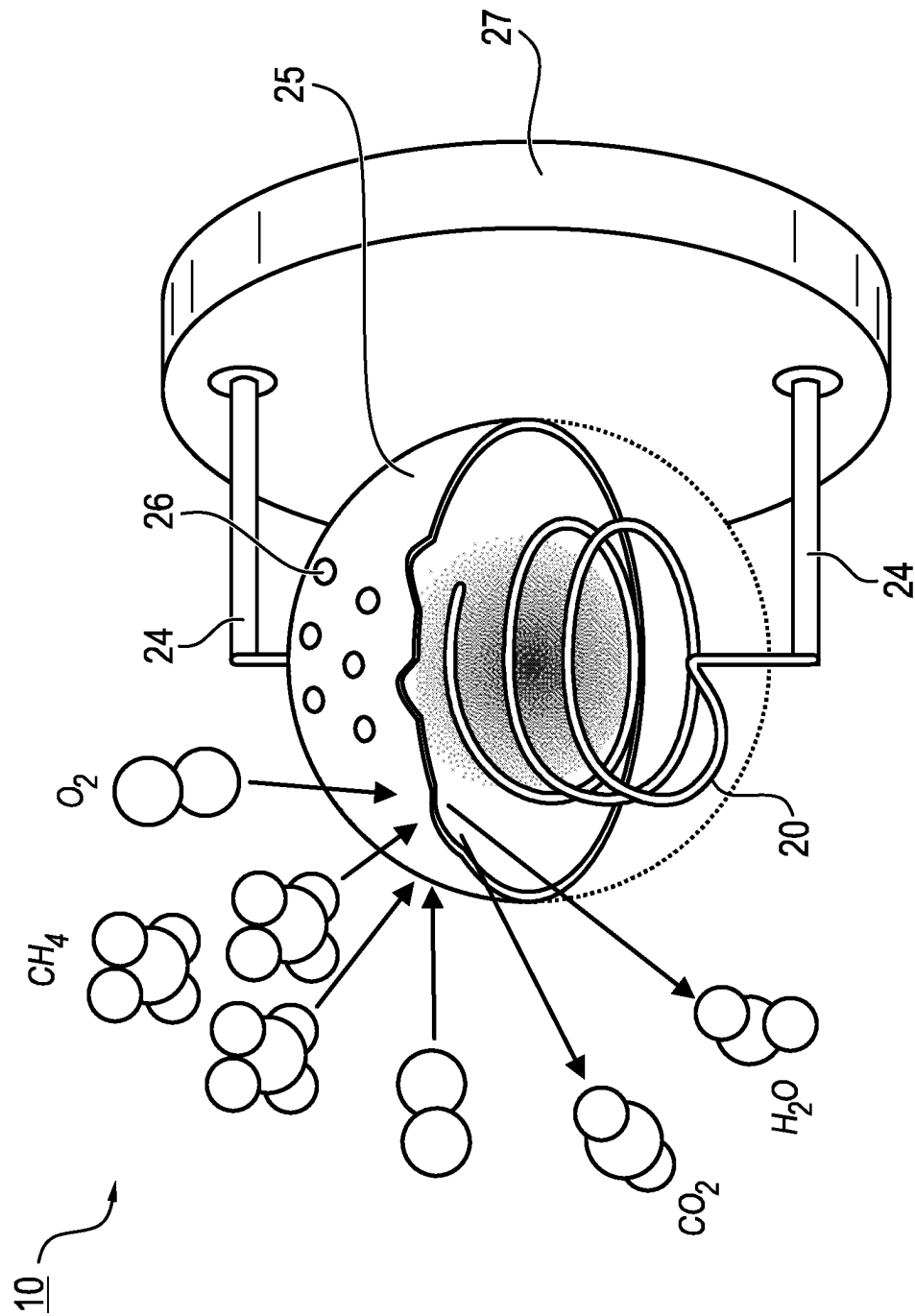
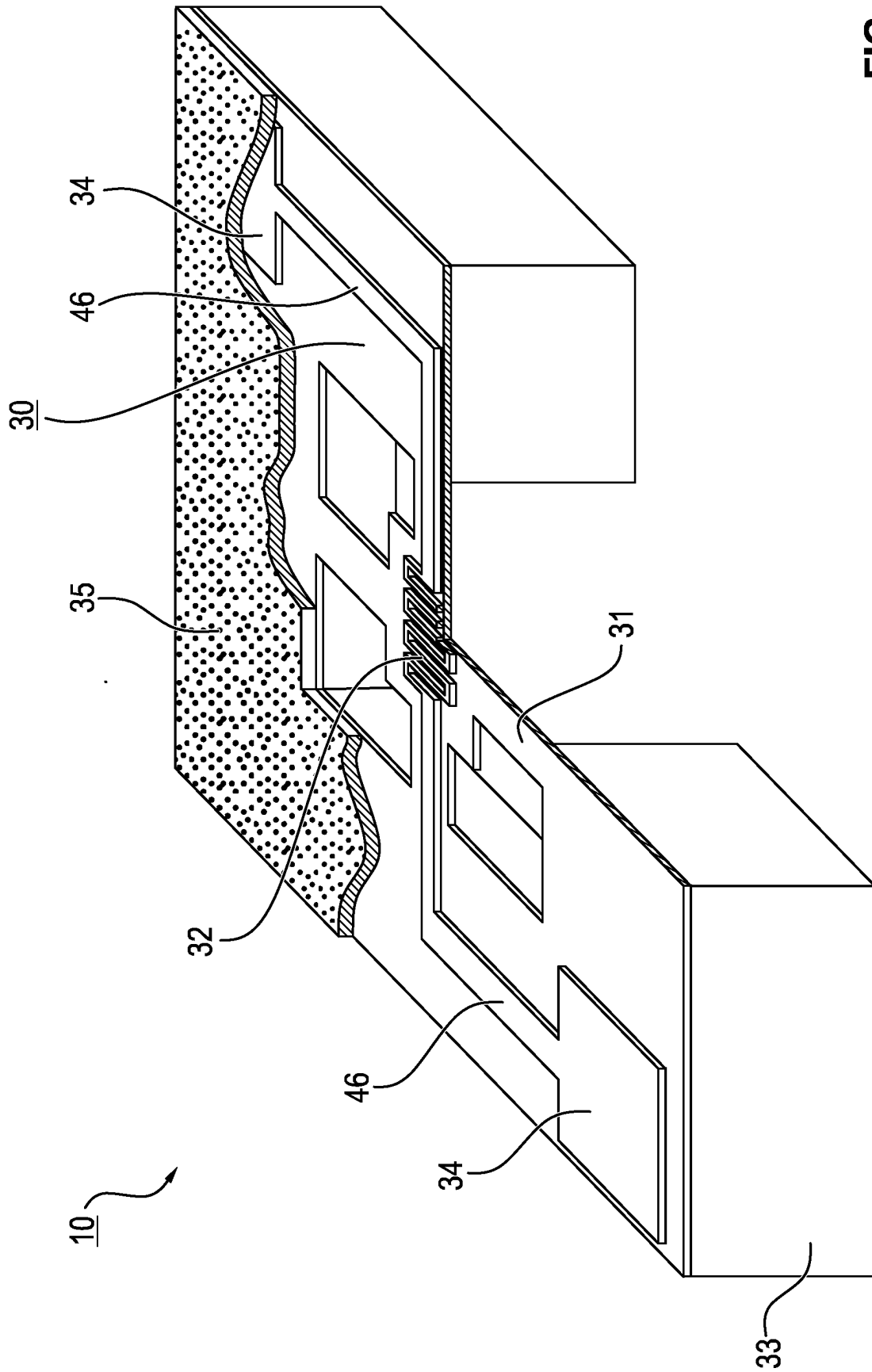


FIG. 2

**FIG. 3**

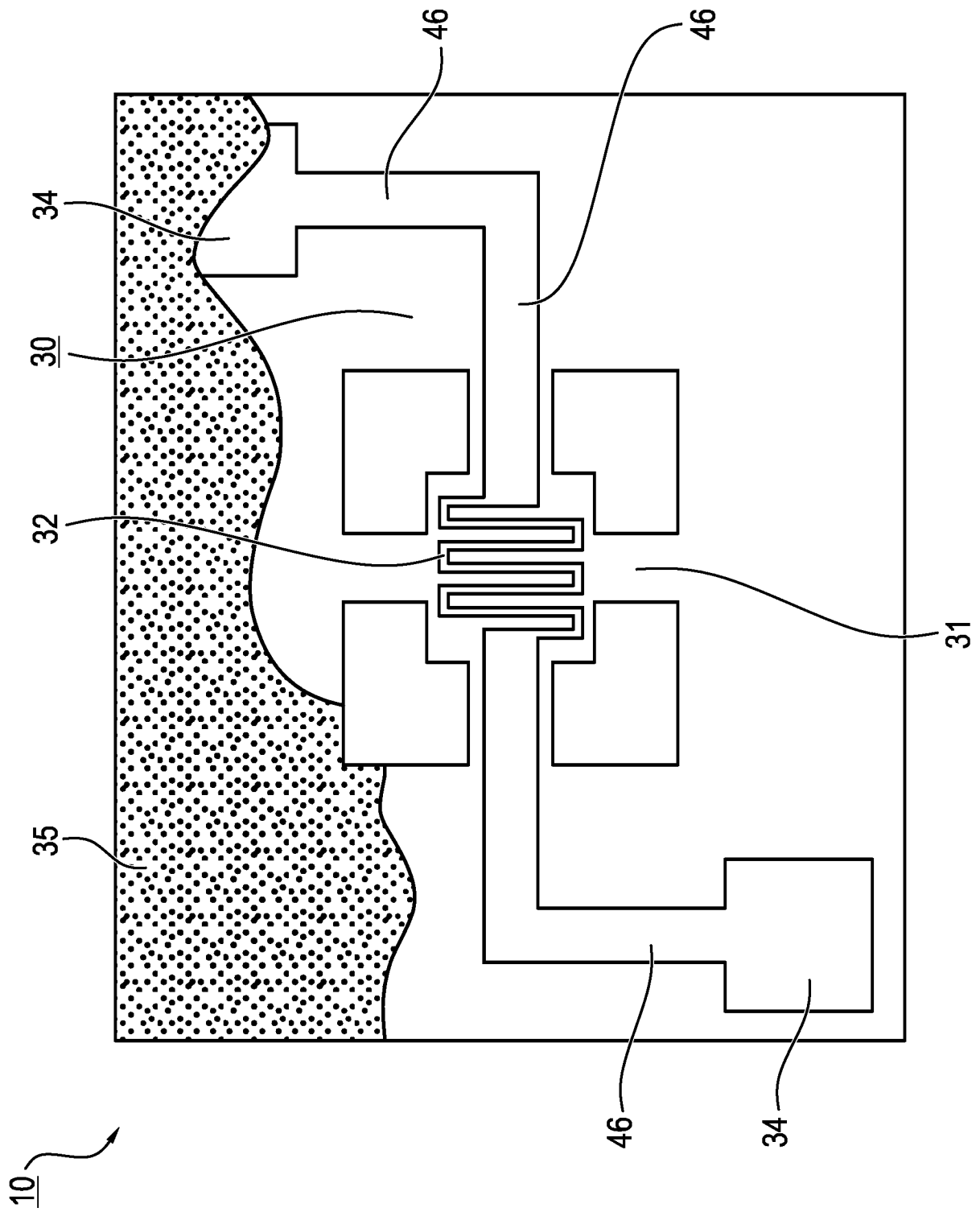


FIG. 4

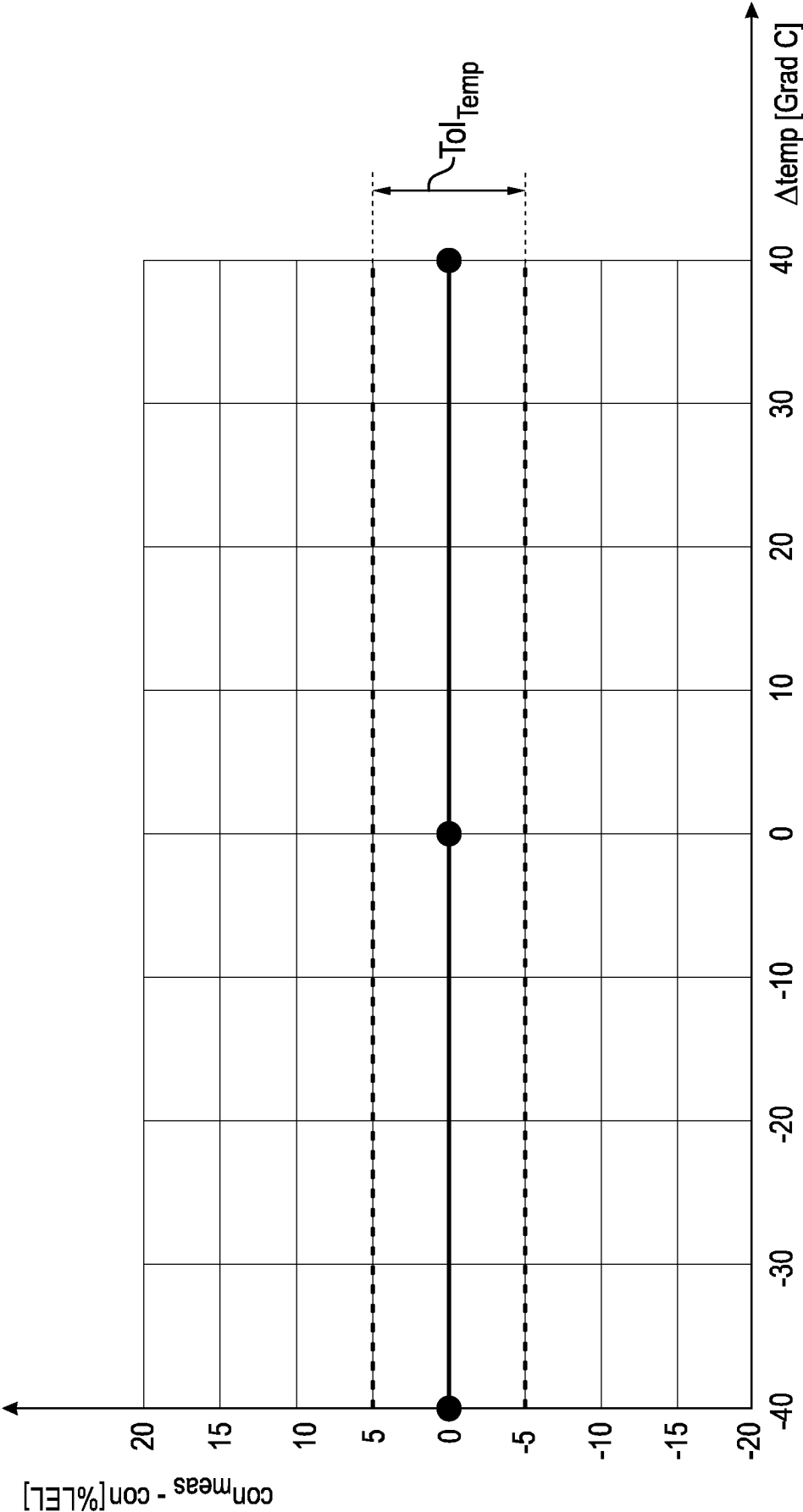


FIG. 5

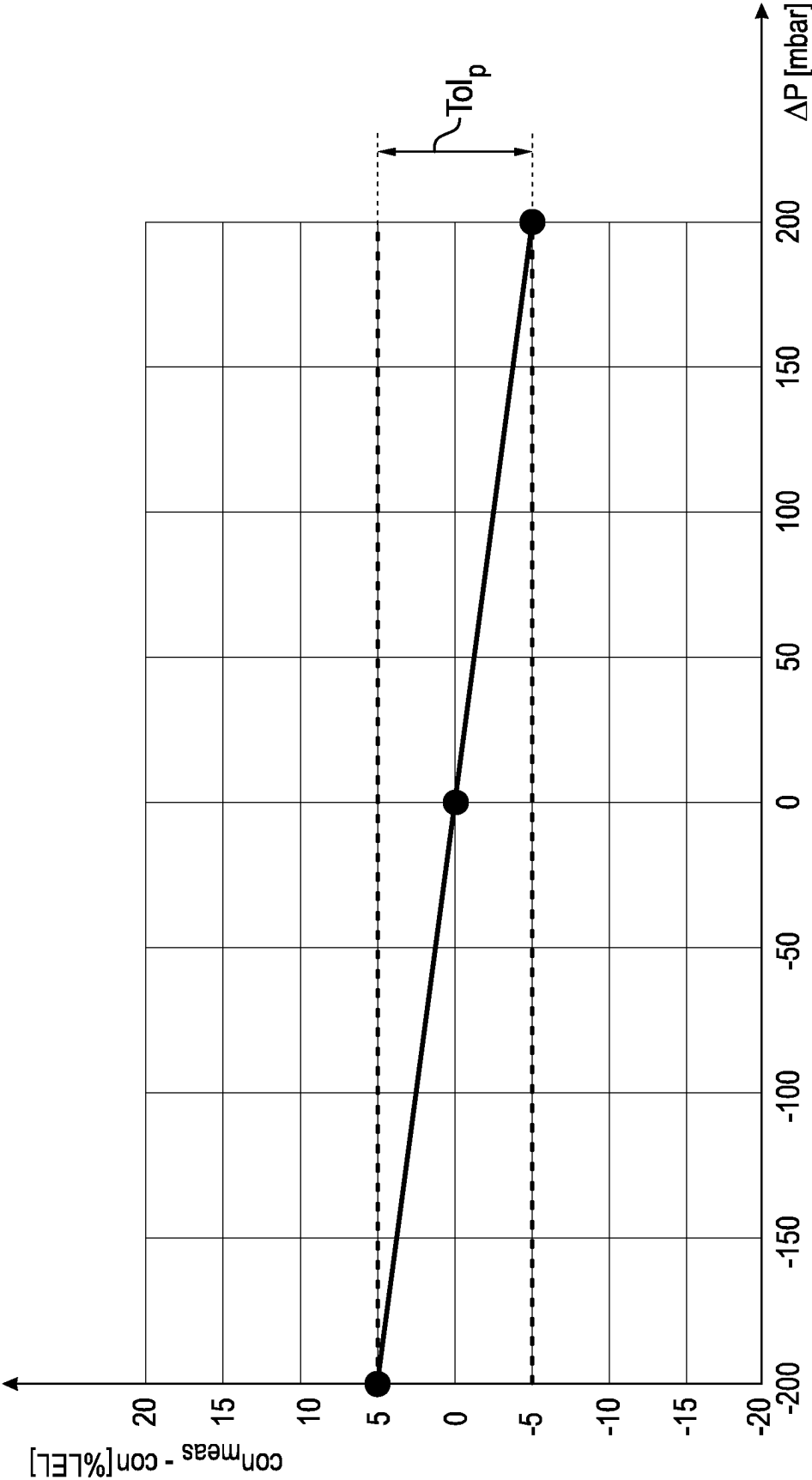


FIG. 6

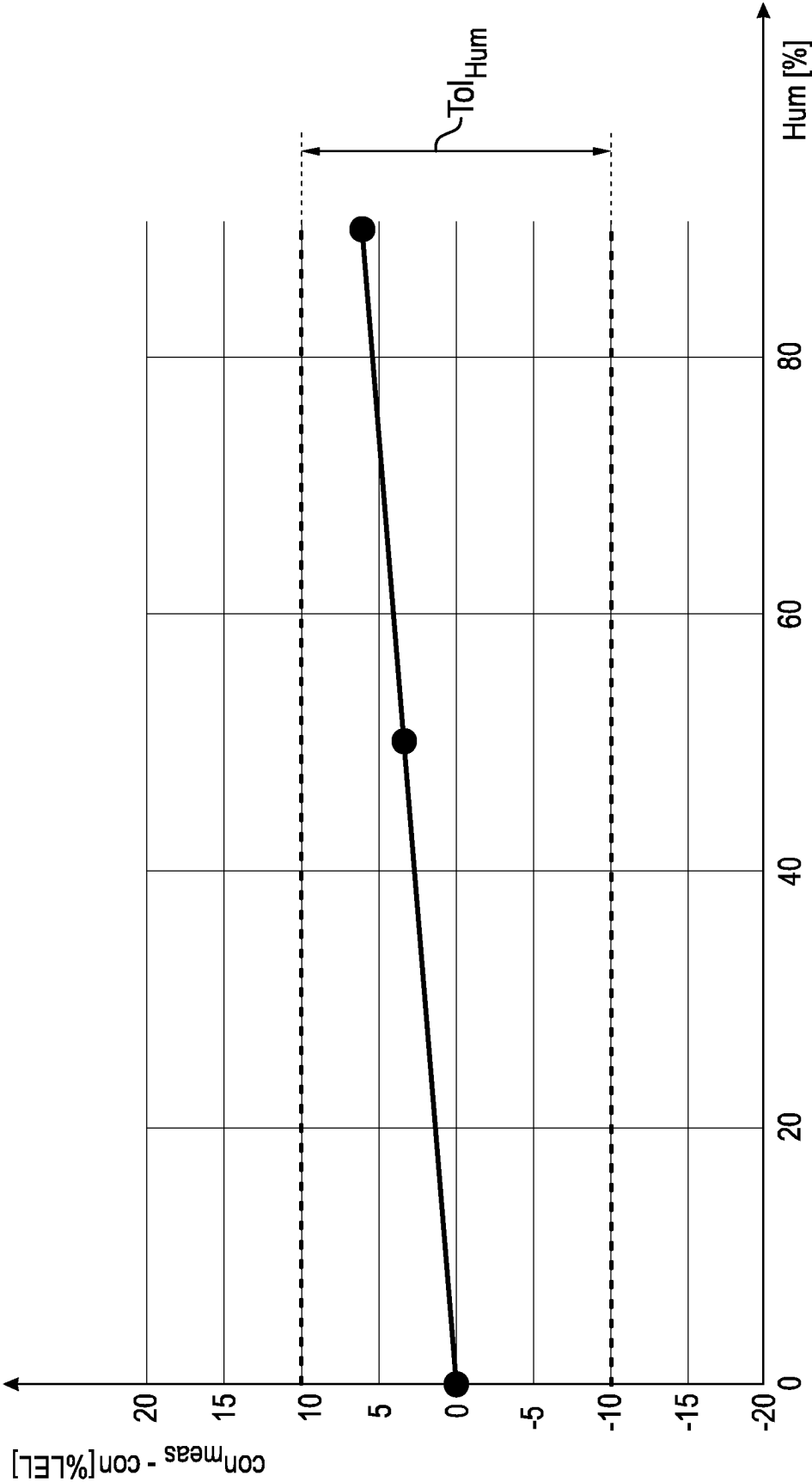


FIG. 7

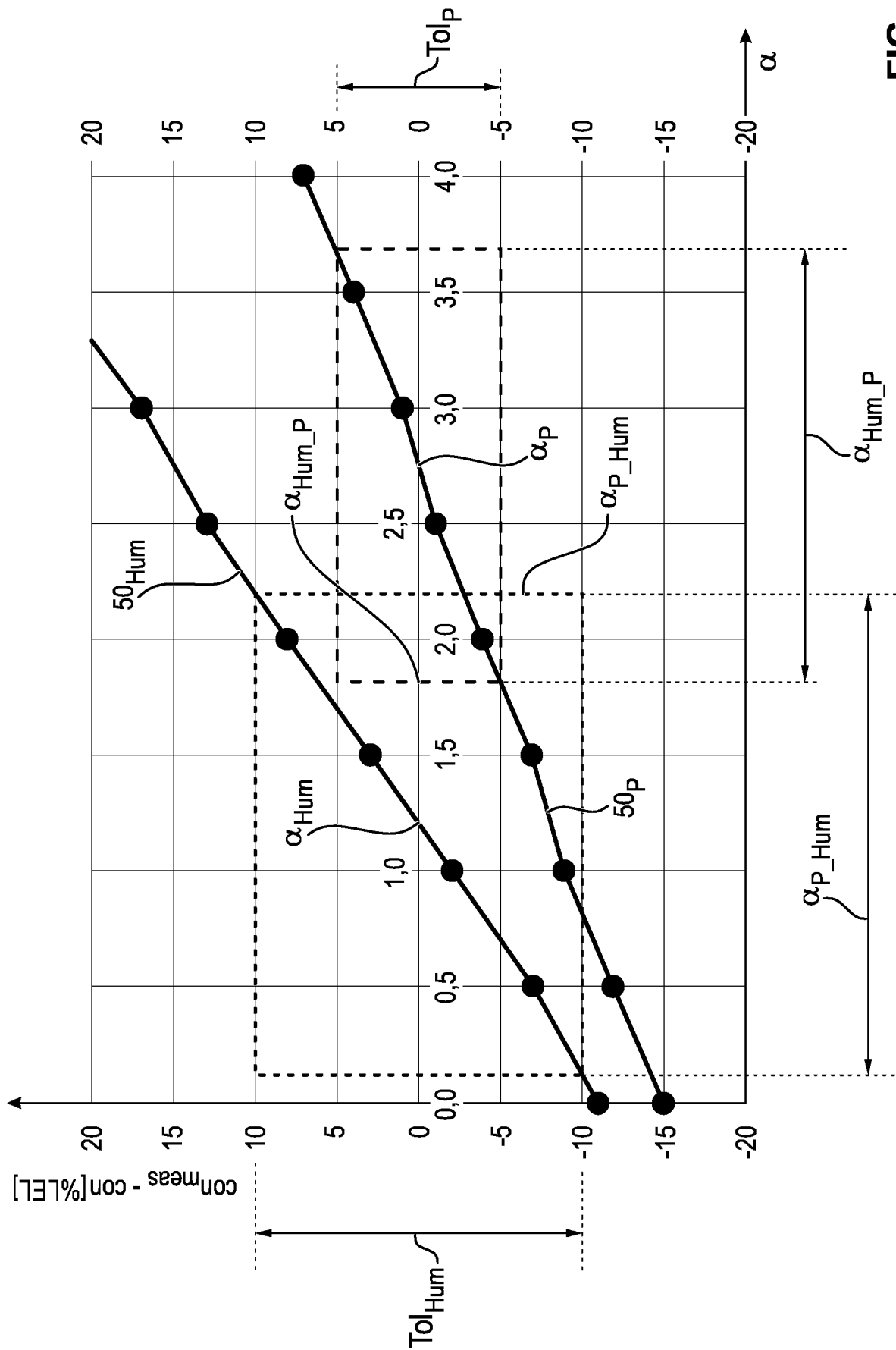


FIG. 8

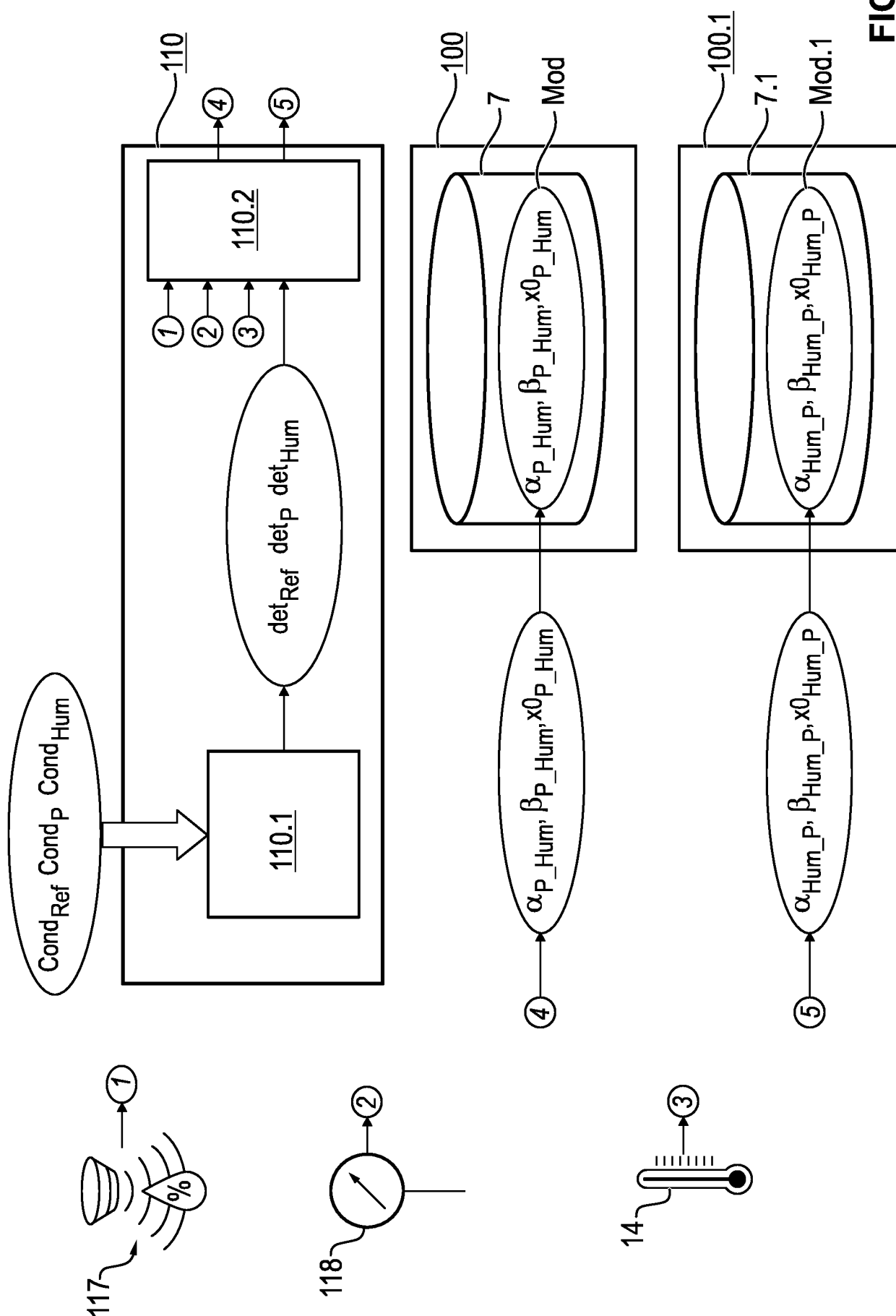


FIG. 9