

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Februar 2019 (21.02.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/034570 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 33/497 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)
G01N 27/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/071838

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. August 2018 (10.08.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17186145.3 14. August 2017 (14.08.2017) EP

(71) Anmelder: **HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT
FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG E.V.** [DE/DE];
Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwen-
ningen (DE). **KARL KÜFNER GMBH & CO. KG**

[DE/DE]; Rossentalstr. 87-89, Albstadt-Tailfingen, 72461
(DE).

(72) Erfinder: **HEDRICH, Frank**; Reschenhardweg 20, 78052
Villingen-Schwenningen (DE). **KATTINGER, Gerhard**;
Urbanweg 72B, 78122 St. Georgen (DE). **STORZ, Matthi-
as**; Fürstenbergstraße 34, 78647 Trossingen (DE). **BRON-
NER, Rolf**; Eberbachstraße 61, 76532 Baden Baden (DE).
BILLAT, Sophie; Reschenhardweg 20, 78052 Villing-
en-Schwenningen (DE).

(74) Anwalt: **BURGER, Markus** et al.; Schoppe, Zimmer-
mann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlko-
ferstr. 2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: SENSOR ASSEMBLY COMPRISING A PRESSURE SENSOR AND A THERMAL GAS SENSOR

(54) Bezeichnung: SENSORANORDNUNG MIT DRUCKSENSOR UND THERMISCHEM GASSENSOR

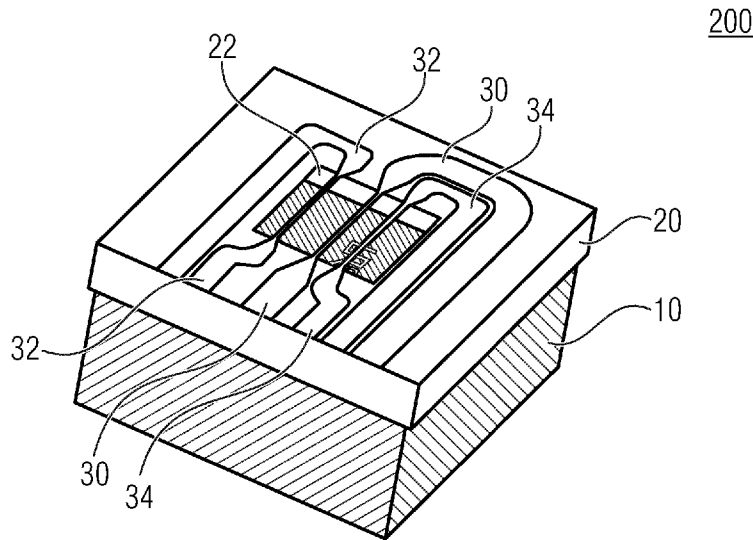


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a sensor assembly (100) comprising a barometric pressure sensor (10) and a thermal gas sensor (20), the thermal gas sensor (20) being situated on the barometric pressure sensor (10) or next to the barometric pressure sensor (10), such that a gas-permeable measuring structure (22) of the thermal gas sensor (20) is situated in front of a gas inlet opening of the barometric pressure sensor (10), or in front of a pressure-sensitive surface of the barometric pressure sensor (10).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensoranordnung (100), mit einem barometrischen Drucksensor (10) und einem thermischen Gassensor (20), wobei der thermische Gassensor (20) derart auf dem barometrischen Drucksensor (10) oder neben dem barometrischen Drucksensor (10) angeordnet ist, dass eine für Gase durchlässige Messstruktur (22) des thermischen Gas-



WO 2019/034570 A1

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

SENSORANORDNUNG MIT DRUCKSENSOR UND THERMISCHEM GASSENSOR

5

Die vorliegende Anmeldung bezieht sich auf eine Sensoranordnung, eine Sensorvorrichtung sowie auf ein Verfahren zur Herstellung einer Sensoranordnung, insbesondere auf Sensoranordnungen, Sensorvorrichtungen und Herstellungsverfahren für eine Sensoranordnung zur Bestimmung eines expiratorischen CO₂-Gehalts von Atemluft.

10

Sensoranordnungen bzw. Sensorvorrichtungen können verwendet werden, um, zum Beispiel in der medizinischen Diagnostik, eine Atemluftanalyse durchzuführen. So ist beispielsweise der CO₂-Gehalt in der Ausatemluft eines Patienten eine wichtige Messgröße in der Anästhesie.

15

Herkömmliche CO₂ Sensoren, sogenannte Kapnometer, verwenden hauptsächlich infrarotspektroskopische Messverfahren, die eine Absorption an CO₂-Molekülen messen. Diese sogenannten nicht-dispersiven Infrarotsensoren (NDIR) messen die Konzentration von CO₂ im Atemgas durch eine Absorptions-Messung, genauer einer Infrarotabsorption bei 4,3 µm Wellenlänge. Derartige Sensoren sind nicht verbrauchend und ermöglichen eine Messung im Hauptstrom. Deren Funktionsweise bedingt einen entsprechend präzisen Aufbau, und umfasst teure optische Komponenten. Die verwendeten Komponenten sind sehr empfindliche gegenüber Verschmutzung durch Sekrete und Atemfeuchte, und die verwendete Fotodiode unterliegt einem Alterungsprozess.

25

Des Weiteren kommen sogenannte Metalloxidsensoren (MOX) zum Einsatz, diese verwenden eine chemische Reaktion einer Dünnschicht und haben eine hohe Sensitivität bei kleinen Konzentrationen. Diese Sensoren sind kostengünstig, nachteilig ist dass der Sensor sich beim Betrieb verbraucht und keine Langzeitstabilität aufweist. Ebenso ist die Selektivität die Gasart betreffend gering, und derartige Sensoren sind nicht für CO₂ geeignet. Da die Betriebstemperatur bei bis zu 800 °C liegt ist der Einsatz im Hauptstrom riskant.

30

Sogenannte elektrochemisch potenziometrische Sensoren (NASICON) weisen eine hohe Genauigkeit bei geringen Dimensionen auf. Nachteilig ist, dass sich das Elektrodenmaterial verbraucht, und diese Sensoren verhältnismäßig teuer bei geringer Lebensdauer sind.

35

Des Weiteren gibt es mikroelektromechanische Drahtsensoren, sogenannte „MEMS“ Drahtsensoren, die einen geringen Bauraum benötigen. Aufgrund deren physikalischen Messprinzips sind diese nicht verbrauchend und sind kostengünstig herzustellen. Ebenso vorteilhaft ist, dass die Messung im beruhigten Hauptstrom möglich ist. Nachteilig ist, dass
5 solche Sensoren keine echte Gasanalytik anbieten, vielmehr müssen die Gaskomponenten bekannt sein. Auch ist die thermische Auflösung begrenzt und liegt bei 0,2 Vol.-% CO₂.

Um Messungen direkt am Patienten, sogenannte Point-of-Care Messungen, durchzuführen, existieren verschiedene tragbare Geräte für die Atemgasanalytik. Ein tragbarer Kapnograph zur CO₂-Messung aus Auswertung der mit einem Infrarotsensor arbeitet, wird beispielsweise von der Firma *Weinman Diagnostics* angeboten. Die Patientenanbindung erfolgt über eine Nasenbrille und die ausgeatmete Luft wird im Nebenstrom durch einen
10 langen Schlauch zum Gerät zur Bestimmung des CO₂ Gehalts geführt.

Des Weiteren existieren verschiedene Systeme zur Patientenbeatmung, diese werden unterschieden je nach Einsatz im klinischen oder im Homecare-Bereich. Diese Systeme können Messeinrichtungen zur Bestimmung von Druck, Atemfluss und Atemgasanalyse umfassen, dazu müssen mehrere Geräte kombiniert werden, die überwiegend patienten-
15 fern messen. Daraus lässt sich ableiten, dass eine kostengünstige patientennahe Messung von Atemstrom und CO₂-Gehalt heute noch nicht umgesetzt ist.

Somit besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein Konzept für die Messung eines zu untersuchenden Gases mittels eines entsprechenden Sensors zu schaffen, das
25 einerseits einfach und patientennah einsetzbar ist und andererseits eine hohe Messauflösung bei der Gasanalyse erfüllt.

Gemäß einer ersten Ausführungsform umfasst eine Sensoranordnung einen barometrischen Drucksensor und einen thermischen Gassensor, wobei der thermische Gassensor
30 derart auf dem barometrischen Drucksensor oder neben dem barometrischen Drucksensor angeordnet ist, dass eine für Gase durchlässige Messstruktur des thermischen Gassensors, beispielsweise unmittelbar vor einer Gas-Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors oder vor einer druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors angeordnet ist. Die druckempfindliche Oberfläche des Drucksensors kann bei-
35 spielsweise eine Membran sein, und die für Gase durchlässige Messstruktur kann unmit-

telbar vor der Gas-Einlassöffnung oder der druckempfindlichen Oberfläche angeordnet sein.

5 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, die räumliche Entfernung zwischen Gassensor und Drucksensor zu minimieren, was den Vorteil hat, dass systematische Messfehler hierdurch so klein wie möglich ausfallen, da die Messwerte des Gassensors abhängig vom Druck sein können.

10 In einer zweiten Ausführungsform umfasst der thermische Gassensor, beispielsweise als die für Gase durchlässige Messstruktur oder als Teil derselben, mindestens drei elektrische Leiterstrukturen, beispielsweise Drähte bzw. Siliziumdrähte, wobei die elektrischen Leiterstrukturen durch Zwischenräume beabstandet sind. Von diesen Leiterstrukturen ist eine erste elektrische Leiterstruktur, beispielsweise ein Draht, eingerichtet, um mit einem Heizsignal beaufschlagt zu werden, und eine zweite und eine dritte Leiterstruktur, be-
15 spielsweise Drähte, unsymmetrisch bezüglich der ersten Leiterstruktur angeordnet, z. B. derart, dass ein Abstand zwischen dem ersten Draht und dem zweiten Draht sich von dem Abstand zwischen dem ersten und dem dritten Draht unterscheidet, z. B. durch eine Anordnung auf unterschiedlichen Seiten des ersten Drahtes bzw. auf unterschiedlichen Seiten neben dem ersten Draht. Die zweiten und dritten Leiterstrukturen sind eingerichtet,
20 um als Temperatursensoren zu arbeiten, so dass beispielsweise ein Unterschied in der Wärmeleitung durch das Gas bzw. Gasgemisch zwischen dem ersten und dem zweiten und der Wärmeleitung zwischen dem ersten und dritten Draht ermittelt werden kann, so dass basierend auf dem Unterschied der Wärmeübertragungen beispielsweise auf die Konzentration eines Anteils des Gasgemisches geschlossen werden kann.

25 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, einen Gassensor mit drei asymmetrisch angeordneten Leiterstrukturen zu verwenden, da diese die thermische Wärmeübertragung sehr zuverlässig messen können.

30 In einer dritten Ausführungsform sind die elektrischen Leiterstrukturen, z.B. Drähte bzw. Heizer/Detektoren, freitragend gespannt, so dass beispielsweise durch die Leerräume zwischen den Leiterstrukturen, z. B. Drähte, Gas zu der Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors oder zu der druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors gelangen kann.

35

Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es vorteilhaft ist, die Leiterstrukturen freitragend zu spannen, da dies durch das Nicht-Vorhandensein von Stützstrukturen den Drucksensor in seiner Arbeitsweise so gering wie möglich beeinflusst.

- 5 In einer vierten Ausführungsform sind die elektrischen Leiterstrukturen kristalline Siliziumdrähte, oder in einer weiteren Ausführungsform sind die elektrischen Leiterstrukturen ein polykristalliner Heizer auf einem Membranmaterial sowie Halbleiter-Temperatur-
- 10 Detektoren oder Thermostapel. Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es vorteilhaft ist, bestimmte Materialien wie beispielsweise kristalline Siliziumdrähte als Material für die elektrischen Leiterstrukturen auszuwählen, die eine gute elektrische
- 15 und thermische Leitfähigkeit aufweisen sowie einen hohen Temperatur-Koeffizienten des Widerstandes (TKR) und im Vergleich beispielsweise zu Platindrähten bei filigranem Durchmesser und kurzer Leitbahnlänge einen für elektrische Auswerteschaltungen vorteilhaften Grundwiderstand besitzen, die den Auswertestrom und damit die thermische
- Eigenerwärmung gering hält, um die Gasmessung möglichst schnell, d. h. ohne größere Verzögerung, ausführen zu können.

- In einer fünften Ausführungsform umfasst der thermische Gassensor mindestens zwei elektrische Leiterstrukturen, wobei die elektrischen Leiterstrukturen durch zumindest einen Zwischenraum beabstandet sind. Eine erste elektrische Leiterstruktur ist hier einge-
- 20 richtet, um mit einem Heizsignal beaufschlagt zu werden wobei eine zweite elektrische Leiterstruktur eingerichtet ist, um als Temperatursensor zu arbeiten.

- In einer sechsten Ausführungsform ist die Sensoranordnung ausgelegt um in einem ersten Zeitintervall die erste Leiterstruktur mit einem Heizsignal zu beaufschlagen und die
- 25 zweite Leiterstruktur als Temperatursensor zu verwenden und weiterhin um in einem zweiten Zeitintervall die zweite Leiterstruktur mit einem Heizsignal zu beaufschlagen und die erste Leiterstruktur als Temperatursensor zu verwenden.

- In einer siebenten Ausführungsform umfasst der thermische Gassensor beispielsweise als
- 30 die für Gase durchlässige Messstruktur oder als Teil derselben mindestens drei elektrisch leitfähige Stege, wobei die Stege durch Zwischenräume beabstandet sind, und wobei eine Metallisierung oder Dotierung des ersten Stegs mit einem Heizsignal beaufschlagt wird und ein zweiter und ein dritter Steg unsymmetrisch bezüglich des ersten Stegs angeordnet sind, beispielsweise auf unterschiedlichen Seiten des ersten Stegs bzw. auf unter-
- 35 schiedlichen Seiten neben dem ersten Steg, und wobei Metallisierungen oder Dotierun-

gen des zweiten und dritten Stegs eingerichtet sind, um als Temperatursensoren zu arbeiten.

5 Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es vorteilhaft ist, Stege als Leiterstrukturen zu verwenden, da diese mechanisch belastbar sind und somit einen guten Kompromiss zwischen Robustheit und minimaler Beeinträchtigung des Drucksensors bieten.

10 In einer achten Ausführungsform sind die elektrischen Leiterstrukturen oder Drähte oder Stege von einem zu analysierenden Gas umgeben, wobei die erste elektrische Leiterstruktur oder der erste Draht oder der erste Steg eingerichtet ist, um einen Wärmeübertrag über das zu analysierende Gas, z. B. ein Gasgemisch, auf die zweite elektrische Leiterstruktur, den zweiten Draht oder den zweiten Steg und auf die dritte elektrische Leiterstruktur oder den dritten Draht oder Steg zu ermöglichen, und wobei die zweiten und
15 dritten elektrischen Leiterstrukturen, Drähte oder Stege eingerichtet sind, um durch beispielsweise eine Auswerteeinrichtung als Sensoren für den Wärmeübertrag zu dienen.

Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es von Vorteil ist, die Gasmessung mittels Wärmeübertrag durchzuführen, da dies eine zuverlässige, verschleißfreie und schnelle Messung von Gasanteilen in einer Gasmischung ermöglicht.
20

In einer neunten Ausführungsform wird das Heizsignal als ein periodisches Heizsignal bereitgestellt. Im Gegensatz zur statischen Heizeranregung lässt sich im periodischen Betrieb ein weiterer Gasparameter extrahieren, z.B. neben der Wärmeleitfähigkeit die Temperaturleitfähigkeit des Gases. Die Temperaturleitfähigkeit a des Gases kann beispielsweise wie folgt bestimmt werden:
25

$$a = \frac{\lambda}{\rho * c_p}$$

wobei λ der der Wärmeleitfähigkeit, ρ der Dichte und c_p der Wärmekapazität entspricht.

30 Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Verwendung eines periodischen Heizsignals es ermöglicht, die Messung am zu analysierenden Gas sehr schnell mit einer guten Zeitauflösung durchzuführen, so dass es möglich ist, beispielsweise den CO_2 -Gehalt eines Gasgemisches zeitaufgelöst und/oder mit hoher Genauigkeit zu messen.

In einer zehnten Ausführungsform weist der thermische Gassensor ein Trägermaterial, beispielsweise ein Substrat wie Silizium auf. Das Trägermaterial kann ein Schichtmaterial sein, das beispielsweise auf dem barometrischen Drucksensor angeordnet ist. In dieser Ausführungsform weist der thermische Gassensor in einem zentralen Bereich eine durch-
5 gehende Ausnehmung, beispielsweise ein Loch, auf, die sich von einer dem Drucksensor abgewandten Oberfläche bis hin zu einer dem barometrischen Drucksensor zugewandten Oberfläche des Gassensors, beispielsweise des Trägermaterials, erstreckt, und wobei die für Gase durchlässige Messstruktur in einem Bereich der Ausnehmung, also beispielswei-
10 se in der Ausnehmung oder von dem Drucksensor aus gesehen in einer oberen Begrenzung der Ausnehmung, angeordnet ist, und z. B. den freitragend aufgespannten Heizer bzw. Heizdraht und die freitragend gespannten Detektoren bzw. Detektordrähte/Detektorelemente aufweist.

Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es von Vorteil ist, den ther-
15 mischen Gassensor in unmittelbarer Nähe zu dem aktiven Bereich des Drucksensors anzuordnen, so dass der thermische Gassensor die Messung des Gases praktisch an dem gleichen Ort durchführt, an dem der Druck und die Gastemperatur durch den Drucksensor gemessen wird, wodurch systematische Fehler in den Messwerten bzw. der Messwertbe-
20 trachtung eliminiert werden können.

In einer elften Ausführungsform weist der thermische Gassensor einen Rahmen auf, der auf dem barometrischen Drucksensor angeordnet ist, und wobei der Rahmen ausgelegt ist, um die für Gase durchlässige Messstruktur zu tragen, so dass aktive Bereiche, wie z. B. Drähte bzw. freitragend gespannte Siliziumdrähte, freitragende Brückenstrukturen, wie
25 beispielsweise ein freitragendes Heizelement und/oder freitragende Temperatursensorelemente, der Messstruktur einen freien Innenbereich, beispielsweise die durchgehende Ausnehmung bzw. ein Loch, des Gassensors, der von dem Rahmen umgeben ist, überspannen, und wobei die Gas-Einlassöffnung des Drucksensors oder die druckempfindliche Oberfläche, beispielsweise eine Membran, des Drucksensors an den freien Innenbe-
30 reich des barometrischen Drucksensors angrenzt, so dass beispielsweise die Entfernung zwischen Druckmessmembran und den aktiven Bereichen der Messstruktur kleiner ist als das Dreifache der Länge eines der aktiven Bereiche oder kleiner ist als das Fünffache, oder kleiner ist als die größte Abmessung des freien Innenbereichs, beispielsweise Diagonale oder Durchmesser.

Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es vorteilhaft ist, einen Rahmen zu verwenden, um die Gasmessung des Gassensors räumlich möglichst nahe der Druckmessung durchzuführen, was durch den Rahmen ermöglicht wird, und wobei der Rahmen gleichzeitig den Gassensor mechanisch unterstützt. Der Rahmen kann gleichzeitig den Gas-Messraum (die Kaverne) nach außen abdichten, damit die benötigte Diffusionszeit bis zum vollständigen Ausgleich nach einer Gaskonzentrations-Änderung minimiert wird. Es ist darüber hinaus vorteilhaft, dass die Druckmessung, beispielsweise durch eine Druckmessmembran, in einer Entfernung von dem aktiven Bereich der Gasmessstruktur stattfindet, die kleiner ist als das Fünffache oder Dreifache der Länge der aktiven Bereiche oder kleiner ist als die größte Abmessung des freien Innenbereich, wodurch erreicht wird, dass die jeweiligen Messungen an praktisch dem gleichen Ort stattfinden, was zur Eliminierung von systematischen Messfehlern beiträgt.

In einer zwölften Ausführungsform ist der thermische Gassensor, beispielsweise das Trägermaterial oder der Rahmen, mittels eines Klebstoffs mit dem barometrischen Drucksensor verbunden, so dass der Klebstoff nicht mit der Gas-Einlassöffnung oder der druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors Kontakt hat. Diesem Merkmal liegt der Erkenntnis zugrunde, dass es vorteilhaft ist, den thermischen Gassensor auf den Drucksensor zu kleben, da dies eine minimale mechanische Zusatzbelastung für den Drucksensor darstellt und somit der Drucksensor so gering wie möglich in seiner Funktion beeinträchtigt wird, insbesondere wenn sichergestellt ist, dass der Klebstoff nicht mit der Einlassöffnung oder der empfindlichen Oberfläche des Drucksensors in Kontakt ist.

In einer dreizehnten Ausführungsform weist die Sensoranordnung ein Leiterplattenmaterial, wie z. B. FR4, Flex oder Keramik, auf, und der Drucksensor und auf diesem der thermische Sensor sind auf einer Seite des Leiterplattenmaterials, oder beispielsweise einer Leiterplatte, angeordnet, und wobei auf der anderen, von dem Drucksensor und dem thermischen Sensor abgewandten Seite des Leiterplattenmaterials, oder beispielsweise der Leiterplatte, ein Stecker oder Lötkontakt zur elektrischen Kontaktierung angeordnet ist, oder wobei der Drucksensor und auf diesem der thermische Sensor in einer Ausnehmung des Leiterplattenmaterials, oder beispielsweise der Leiterplatte, angeordnet sind, und wobei auf einer anderen, von dem Drucksensor und dem thermischen Sensor abgewandten Seite des Leiterplattenmaterials ein Stecker oder Lötkontakt zur elektrischen Kontaktierung angeordnet ist, oder beispielsweise der Leiterplatte, angeordnet sind, und wobei auf einer Seite des Leiterplattenmaterials ein Stecker zur elektrischen Kontaktie-

dc

nung angeordnet ist, wobei beispielsweise eine Berandung der Ausnehmung des Leiterplattenmaterials einen Gasraum der Sensoranordnung begrenzt.

5 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, die Sensoranordnung auf ein Leiterplattenmaterial aufzubringen, da dies eine vereinfachte Handhabung der Sensoranordnung ermöglicht, insbesondere wenn hierdurch zur Vereinfachung der Kontaktierung ein Stecker oder Lötkontakt angeordnet werden kann.

10 In einer vierzehnten Ausführungsform ist der barometrische Drucksensor ein mikroelektromechanischer, MEMS, Drucksensor, der beispielsweise ein barometrischer Höhenmesser sein kann.

15 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, den Drucksensor als mikroelektromechanische Vorrichtung zu implementieren, da diese eine möglichst kompakte Bauweise ermöglicht. Des Weiteren ist von Vorteil, dass ein solcher MEMS Drucksensor ein geringes Gewicht aufweist, da es von Vorteil ist, bei einer patientennahen Messung eine Sensoranordnung zu verwenden, die möglichst wenig Gewicht aufweist, um den Patienten geringstmöglich zu belasten.

20 In einer 15. Ausführungsform umfasst die Sensoranordnung eine Auswerteeinrichtung, die eingerichtet ist, um eine Gaskonzentration, beispielsweise eines Gasbestandteils des Gasgemisches, so z. B. eine CO₂-Konzentration basierend auf einer Phase und Amplitude von Sensorsignalen, beispielsweise Signalen von Sensordrähten oder Sensorstegen, die unter Verwendung des Gassensors erhalten werden, und abhängig von einer von dem
25 Drucksensor gelieferten Druckinformation und ggf. Temperaturinformation zu ermitteln. Beispielsweise kann die Auswerteeinrichtung nicht auf der Leiterplatte selbst integriert sein, sondern von dieser getrennt sein, kann aber nach einer entsprechenden Miniaturisierung beispielsweise auf der Leiterplattenrückseite integriert werden.

30 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, die Gaskonzentration basierend auf Phase und Amplitude von Sensorsignalen zu ermitteln, da dies eine sehr schnelle Bestimmung der Gaskonzentration ermöglicht, beispielsweise schon nach einer einzigen Periodendauer des periodischen Sensorsignals, und ermöglicht, wenn mehrere Periodendauern des Sensorsignals in Betracht gezogen werden, eine wiederholte Messung der Gaskonzentration, wodurch man eine Reihe von Messwerten er-
35

hält, über die gemittelt werden kann, um einen statistisch relevanteren Messwert zu erhalten.

In einer 16. Ausführungsform ist die Sensoranordnung von einem Gehäuse umgeben, das
5 in seinem Inneren ein Volumen bereitstellt, in dem sich die Sensoranordnung befindet, wobei das Gehäuse eine Gehäuseöffnung, beispielsweise eine einzige Gehäuseöffnung, aufweist, durch die ein zu analysierendes Gas von der Außenseite des Gehäuses zu der sich in dem Volumen befindlichen Sensoranordnung durch einen Diffusionsvorgang gelangen kann, wobei beispielsweise die Gehäuseöffnung, die Messstruktur und die Gas-
10 Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors oder dessen druckempfindliche Oberfläche unmittelbar benachbart angeordnet sind.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, die Sensoranordnung von einem zur Umgebung gasdichten Gehäuse zu umgeben, in das das zu analysierende Gas durch einen Diffusionsvorgang gelangen kann, da der Diffusionsvorgang
15 ein beruhigtes Gas darstellt, im Gegensatz zu einem Strömungsvorgang, bei dem das Gas zusätzlich zur Molekularbewegung eine Strömungsrichtung und Geschwindigkeit aufweist. Eine Messung in einem strömenden Medium ist fehlerbehafteter als die Messung an einem diffundierenden Medium, da durch ein strömendes Medium durch die
20 Strömung Transportprozesse auftreten, insbesondere Wärmetransportprozesse aufgrund der Strömung, was die Messung der Gaskonzentration beeinträchtigen würde.

In einer 17. Ausführungsform weist die Öffnung des Gehäuses ein Gitter auf, das als mechanischer Schutz für die Sensoranordnung, und beispielsweise optional als Stützgitter
25 für eine Membran, dient.

Dieser Ausführungsform liegt die Überlegung zugrunde, dass ein Gitter in oder vor der Gehäuseöffnung verhindern kann, dass makroskopische Partikel, beispielsweise Flüssigkeitströpfchen in der Ausatemluft, in die Sensoranordnung gelangen, was die Funktion der
30 Sensoranordnung beeinträchtigen würde. Ein weiterer Vorteil ist, dass ein solches Gitter eine Membran stützen kann, eine solche Membran würde auch vor der Öffnung des Gehäuses angeordnet werden, um auch solche Partikel aufzuhalten, die durch ein Gitter alleine nicht von der Sensoranordnung ferngehalten werden können. Die Verwendung einer Membran ermöglicht es, beispielsweise Bakterien und/oder Viren von der Sensoranordnung fernzuhalten, so dass diese steril gehalten werden kann.
35

In einer 18. Ausführungsform weist die Öffnung des Gehäuses eine Membran auf, die die Sensoranordnung vor einer Verschmutzung, beispielsweise durch Feuchtigkeit, Viren oder Bakterien, schützt und die Diffusion eines zu analysierenden Gases ermöglicht.

- 5 Dieser Ausführungsform liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Verwendung einer Membran vorteilhaft ist, um die Sensoranordnung vor einer Verschmutzung zu schützen, d. h. diese steril zu halten, was in einem klinischen Umfeld unerlässlich ist, um die Sensoranordnung wiederholt zu verwenden, ohne dass diese gereinigt bzw. sterilisiert werden müsste.

10

In einer 19. Ausführungsform weist das Gehäuse eine Öffnung auf, dies kann beispielsweise die einzige des Gehäuses sein, durch die, beispielsweise in einem betriebsfertigen Zustand der Sensoranordnung, das Gas in das Innere des Gehäuses gelangen kann. Beispielsweise wird hierdurch in dem Gehäuse ein strömungsberuhigtes Gebiet geschaffen, in dem sich der Gassensor befindet, so dass kein Durchfluss durch das Gehäuse
15 stattfindet und so durch die für Gase durchlässige Messstruktur, beispielsweise durch die Ebene, in der die Drähte liegen, nur Gas durchtritt, das sich in die Druckkammer, die eine Sackdruckmesskammer sein kann, des barometrischen Drucksensors bewegt, beispielsweise hinein diffundiert, oder dass sich aus der Druckmesskammer des Drucksensors
20 herausbewegt, beispielsweise durch Diffusion.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, ein strömungsberuhigtes Gebiet zu schaffen, in dem sich der thermische Gassensor befindet, da ein Durchfluss durch das Gehäuse, in dem sich der Sensor befindet, sich nachteilig auf die
25 Messgenauigkeit der Sensoranordnung auswirken würde, da zum einen durch Wärmetransportprozesse der Gassensor in einer Funktion beeinträchtigt sein kann, und ebenso der Drucksensor einen falschen, in der Regel zu kleinen Druck messen würde.

Gemäß einer 20. Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, umfasst eine Sensorvorrichtung einen Strömungskanal, der beispielsweise hohlzylindrisch, z. B. ein Strömungsrohr/Tubus, sein kann, wobei der Strömungskanal in einer Wandung eine Öffnung aufweist, und eine Sensoranordnung gemäß einem der Ausführungsformen 1 bis 17 umfasst, wobei die Sensoranordnung durch die Öffnung mit dem Inneren des Strömungskanals räumlich verbunden ist, um einen Gasaustausch, beispielsweise durch Diffusion, zwischen dem Inneren des Strömungskanals und der Sensoranordnung zu ermöglichen.
30
35

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, einen Strömungskanal mit einer Sensoranordnung zu kombinieren, wobei die Sensoranordnung durch eine Öffnung in der Wandung des Strömungskanals mit dem Inneren des Strömungskanals verbunden ist, um eine Gasmessung des sich in dem Strömungskanal befindenden Gases durchzuführen, da zum einen die Messung strömungsberuhigt nicht im Hauptkanal stattfindet, und die Sensoranordnung aufgrund deren räumlicher Anordnung als wiederverwendbares Modul, das leicht an dem Strömungskanal angebracht werden kann. In der Regel sind die Strömungskanäle preisgünstige Wegwerfartikel, die Sensoranordnung soll hingegen mehrfach verwendet werden. Durch die Anordnung der Sensoranordnung außerhalb des Strömungskanals wird eine einfache bauliche Trennung ermöglicht; des Weiteren wird gerade eben durch die seitliche Anordnung des Sensors erreicht, dass dieser nicht direkt in den Hauptkanal der Strömung eintaucht, sondern nur tangential mit der strömenden Ein- oder Ausatemluft in Kontakt kommt. Durch diese Bauart bedingt findet keine Strömung durch den Sensor bzw. die Sensoranordnung statt, sondern es kommt zu einem strömungsfreien Diffusionsvorgang des zu messenden Gases in die Sensoranordnung hinein, wodurch wie zuvor beschrieben, systematische Messungenauigkeiten wegfallen.

In einer 21. Ausführungsform ist die Öffnung mit einer, beispielsweise bakterien- oder virenfilternden, Membran abgedeckt, wobei beispielsweise die Membran durch eine, beispielsweise poröse oder feinmaschige Gitterstruktur abgestützt wird, die in einer Öffnung eines die Sensoranordnung umgebenden Gehäuses angeordnet ist.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, die Öffnung durch eine Membran abzudecken, um beispielsweise Bakterien oder Viren, die sich außerhalb der Sensoranordnung im Strömungskanal befinden können, nicht in die Sensoranordnung hineingelangen können, so dass der Sensor steril bzw. keimfrei bleibt, um wiederholt verwendet werden zu können, ohne dass es nötig ist, den Sensor zu reinigen bzw. zu sterilisieren. Da die Membran dünn genug sein soll, um eine Diffusion des zu analysierenden Gases zu ermöglichen, muss die Membran hinreichend dünn sein, wodurch diese mechanisch anfällig wird, daher ist es von Vorteil, die Membran durch eine Gitterstruktur abzustützen, um ein Zerreißen der Membran zu verhindern.

In einer 22. Ausführungsform diffundiert das zu analysierende Gas, das sich im Innern der Sensorvorrichtung befindet, das beispielsweise durch den Strömungskanal fließt, durch die Membran hindurch zu der Sensoranordnung. Die Ausführungsform basiert auf

der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, das zu analysierende Gas in die Sensoranordnung hinein diffundieren zu lassen, um Messwertverfälschung aufgrund von Strömungseffekten zu vermeiden.

- 5 In einer 23. Ausführungsform ist der Abstand zwischen der Membran der Sensorvorrichtung und einer der Membran zugewandten Oberfläche des Gassensors kleiner als die Hälfte der größten Abmessung des Strömungskanals senkrecht zur mittleren Strömungsrichtung eines zu analysierenden Gases. Beispielsweise wird die mittlere Strömungsrichtung am Ort der Öffnung bzw. im Durchmesser bei einem runden Strömungskanal oder in
10 der Diagonale bei einem rechteckigen Querschnitt des Strömungskanals betrachtet.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, den Gassensor möglichst nahe an der Membran zu positionieren, wobei der Abstand zwischen Membran und Sensor umso kleiner ist, je kleiner der Durchmesser des Strömungskanals ist, d. h.
15 der Abstand skaliert mit dem Durchmesser des Strömungskanals. Ist der Abstand zwischen Membran und Gassensor möglichst gering, kann der Gassensor die Messung möglichst präzise und zeitnah durchführen, wodurch es zu einer möglichst genauen und unverfälschten Messung kommt.

- 20 In einer 24. Ausführungsform ist das die Sensoranordnung umgebende Volumen, das in Richtung des Strömungskanals durch die Öffnung, beispielsweise durch eine Membran, begrenzt ist, beispielsweise der von dem Strömungskanal aus gesehen hinter der Membran liegende Bereich der Sensoranordnung, kleiner als 1000, 500 oder 250 mm³.

- 25 Die Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, dass die Sensoranordnung umgebende Volumen zu begrenzen, auf ein möglichst kleinen Volumen, um eine weitestgehend vollständige Diffusion des zu messenden Gases in das Volumen in möglichst kurzer Zeit zu ermöglichen. Eine möglichst schnelle Diffusion ist wünschenswert, da das Messprinzip auf einer Phasenmessung eines periodischen Signales beruhen
30 kann und die Periodendauer des Signales größer sein muss als die apparatspezifische Diffusionszeit, um eine durch die Sensorgeometrie bedingte Beeinträchtigung des Zeitkurvenverlaufs des Messwertes zu minimieren. Der Rahmen kann gleichzeitig den Gas-Messraum (die Kaverne) nach außen abdichten, damit die benötigte Diffusionszeit bis zum vollständigen Ausgleich nach einer Gaskonzentrations-Änderung minimiert wird.

In einer 25. Ausführungsform ist die Sensorvorrichtung so ausgelegt, dass die Zeitdauer bis zum Ausgleich der Gaskonzentration im Bereich des Gassensors um höchstens 0,5 Vol.-% von der Gaskonzentration im Strömungskanal abweicht, kleiner als 10 ms ist. Dies kann beispielsweise erreicht werden durch eine geeignete Wahl von Membran und Gasvolumen in der die Sensoranordnung enthaltenden Kammer hinter der Membran.

Die Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, die Zeitdauer des Gaskonzentrationsausgleichs möglichst gering zu halten, um die Messung der Gaskonzentration in möglichst kurzer Zeit durchführen zu können. Es ist von Vorteil, dass die Zeit möglichst gering ist, da die Gaskonzentrationsmessung auf der Messung eines periodischen Zeitsignals beruhen kann, und wenn die Periodendauer des Zeitsignals in der Größenordnung der Zeitdauer liegt, die nötig ist, um die Gaskonzentration anzugleichen, kann eine derartige Messung nicht fehlerfrei durchgeführt werden.

In einer 26. Ausführungsform stellt die die Sensoranordnung enthaltende Kammer ein strömungsberuhigtes Gebiet dar. Dies kann beispielsweise erreicht werden durch eine geeignete Anordnung der Öffnung und/oder mal der Geometrie der die Sensoranordnung enthaltende Kammer und/oder durch Wahl einer zwischen dem Strömungskanal und Kammer angeordneten Membran oder Filterstruktur. Die Kammer kann beispielsweise durch die Öffnung und optional durch eine Membran an den Strömungskanal angekoppelt sein. Das strömungsberuhigte Gebiet kann beispielsweise eine beruhigte Zone oder eine nahezu strömungsfreie Zone sein, so dass beispielsweise die für Gase durchlässige Messstruktur nicht in einem Strömungsbereich liegt.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, die Sensoranordnung in einem strömungsberuhigten Gebiet anzuordnen, da Strömungseffekte einen negativen Einfluss auf die Messgenauigkeit der Sensoranordnung haben können, da zum einen Strömungen die Arbeitsweise des Temperaturgassensors beeinträchtigen, und ebenso die Druckmessung verfälschen können.

In einer 27. Ausführungsform weist die Sensorvorrichtung einen Strömungssensor auf, der eine Strömungsgeschwindigkeit und/oder einen Gasmassestrom und/oder einen Volumenstrom in dem Strömungskanal ermitteln kann, beispielsweise kann dieser als Sensorfinger, der in den Strömungskanal ragt, ausgeführt sein.

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es vorteilhaft ist, einen Strömungssensor in der Sensorvorrichtung vorzusehen, da durch diesen Messgrößen erfasst werden können, die eine Aussage darüber erlauben, ob der Gassensor unter den gemessenen Bedingungen, wie beispielsweise Strömungsgeschwindigkeit, aussagekräftig ist.

- 5 So könnte beispielsweise in dem Fall einer sehr großen Strömungsgeschwindigkeit die Strömungsfreiheit innerhalb der Sensoranordnung nicht garantiert sein, wodurch die Messwerte verfälscht sein können. In diesem Fall könnte man potentiell verfälschte Messwerte verwerfen, wenn der Strömungssensor eine Strömungsgeschwindigkeit feststellt, die oberhalb einer gewissen Grenze liegt.

10

In einer 28. Ausführungsform weist die Sensorvorrichtung einen zweiten barometrischen Drucksensor auf, der einen Umgebungsdruck misst. Die Sensorvorrichtung ist beispielsweise eingerichtet, um den Atemdruck abhängig von einer Differenz zwischen den Druckwerten des ersten und zweiten Drucksensors zu bestimmen.

15

Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, den Atemdruck zu ermitteln, unter Verwendung des Druckwerts des barometrischen Drucksensors und des zweiten barometrischen Drucksensors, um beurteilen zu können, ob die Gasanteilmessung, die von der Sensoranordnung ausgeführt wird, ein gültiges Messergebnis liefert. Im Fall, dass der Atemdruck außerhalb eines bestimmten Bereiches liegt, kann die Gasmessung unter Umständen nicht akkurat sein.

20

In einer 29. Ausführungsform erkennt die Sensorvorrichtung einen Zeitpunkt für eine Kalibrierung basierend auf einer Information über die Strömungsgeschwindigkeit im Strömungskanal und/oder auf einer Information über eine Strömungsrichtung im Strömungskanal, z. B. wenn erkannt wird, dass genügend Frischluft oder mit Anästhesiegas angereicherte Frischluft angesaugt oder appliziert wurde, um entsprechend darauf eine Kalibrierung, beispielsweise eine Neukalibrierung, des thermischen Gassensors durchzuführen.

25

- 30 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, die Sensorvorrichtung wenn nötig zu kalibrieren bzw. neu zu kalibrieren, und dass Informationen über die Strömungsgeschwindigkeit oder der Strömungsrichtung im Strömungskanal gute Kriterien sind, um zu entscheiden, ob eine solche Kalibrierung durchgeführt werden soll.

In einer 30. Ausführungsform gibt die Sensorvorrichtung eine Warnung zum Zeitpunkt der Kalibrierung aus, entsprechend auf einer Erkennung einer zu hohen Konzentration, beispielsweise höher als ein Schwellwert, eines bestimmten Gasanteils.

5 Diese Ausführungsform basiert auf der Erkenntnis, dass es von Vorteil ist, wenn ein zu hoher Gasanteil zum Zeitpunkt der Kalibrierung festgestellt wird eine Warnung auszugeben, damit erkannt werden kann, dass die Kalibrierung unter Umständen nicht akkurat durchgeführt wurde, und ggf. die Kalibrierung erneut durchgeführt werden kann, unter Umständen unter bestimmten Randbedingungen, beispielsweise nach einem Durchspülen der Sensorvorrichtung mit einem bestimmten Gasgemisch.

10

Gemäß einer 31. Ausführungsform ist ein Verfahren zur Herstellung einer Sensoranordnung gegeben, wobei das Verfahren das Bereitstellen eines barometrischen Drucksensors und eines thermischen Gassensors, sowie das Fixieren des thermischen Gassensors, beispielsweise durch Kleben, auf dem barometrischen Drucksensor oder neben dem barometrischen Drucksensor umfasst, so dass eine für Gase durchlässige Messstruktur des thermischen Gassensors, beispielsweise unmittelbar, vor einer Gas-Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors oder vor einer druckempfindlichen Oberfläche, beispielsweise einer Membran, des barometrischen Drucksensors angeordnet ist.

20

Gemäß einer 32. Ausführungsform ist ein Verfahren zum Betrieb einer Sensorvorrichtung gegeben, wobei das Verfahren ein Erkennen eines Zeitpunkts für eine Kalibrierung basierend auf einer Information über ein Strömungssignal und/oder über eine Strömungsrichtung in dem Strömungskanal aufweist, wenn beispielsweise erkannt wird, dass genügend Frischluft oder mit Anästhesiegas angereicherte Frischluft angesaugt wurde, und ein Durchführen einer Kalibrierung, beispielsweise einer Neukalibrierung, eines thermischen Gassensors entsprechend darauf, beispielsweise auf das Erkennen eines Zeitpunkts für die Kalibrierung, umfasst.

30 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Sensoranordnung gemäß einer Ausführungsform.

Wie zuvor beschrieben ist es für bestimmte Anwendungen notwendig einen CO₂-Gehalt von Gasen bzw. Gasgemischen zu bestimmen. Fig. 1 zeigt eine mögliche Ausführungsform einer Sensoranordnung, die geeignet ist, um Eigenschaften von Gasen zu messen. Die Sensoranordnung umfasst einen barometrischen Drucksensor 10 und einen thermi-

schen Gassensor 20. Der thermische Gassensor ist auf oder neben dem barometrischen Drucksensor 10 angeordnet und weist eine für Gase durchlässige Messstruktur 22, die beispielsweise ein Loch sein kann, auf, wobei die Messstruktur derart angeordnet ist, dass sich diese vor der druckempfindlichen Oberfläche oder der Gaseinlassöffnung des Drucksensors befindet. Dadurch, dass sich der Drucksensor in unmittelbarer Nähe zu dem Gassensor befindet, kann sichergestellt werden, dass sowohl die Druckmessung als auch die Messung des Gases im Wesentlichen am gleichen Ort stattfinden. Dies ist von Vorteil, da die Messwerte des thermischen Gassensors 20 unterschiedlich ausfallen können, je nachdem welcher Druck und welche Temperatur im Bereich des thermischen Gassensors vorliegt. Ist beispielsweise die Druck- und Temperaturabhängigkeit der Messwerte des thermischen Gassensors 20 bekannt, können diese gegebenenfalls angepasst bzw. entsprechend interpretiert werden. Dies trägt zur Steigerung der Aussagekraft der Messwerte des thermischen Gassensors 20 bei.

Solch eine Anordnung 100 stellt ein miniaturisiertes Sensorsystem dar, das zur Konzentrationsbestimmung von Gasen bzw. Gasgemischen, beispielsweise bei der patientennahe Bestimmung einer CO₂-Konzentration in Expirationsgas bei der Ausatmung dar, welches als ein sogenanntes Chip Scale Package ausgeführt sein kann. Ein solches Chip Scale Package ist im Allgemeinen ein Gehäuse in der Größenordnung eines elektronischen Chips und umfasst in diesem Fall einen Drucksensor sowie einen Gassensor. Diese Sensoranordnung 100 kann des Weiteren eine gasdichte Messkammer umfassen, und kann an einen Strömungskanal, durch den beispielsweise das Atemgas eines Patienten geleitet wird, angebunden sein, beispielsweise über eine Seitenbohrung eines solchen Kanals.

Obwohl die Sensoranordnung 100 in Fig. 1 in einer quadratischen Ausführung gezeigt ist, versteht es sich, dass diese rechteckig, rund oder auch vieleckig ausgeführt sein kann. Ähnliches gilt für die durchlässige Messstruktur 22, die in Fig. 1 quadratisch gezeigt ist. Es ist ebenso selbstverständlich, dass diese Messstruktur auch rechteckig, vieleckig, rund oder auch oval sein kann oder auch unregelmäßig geformt sein kann.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Sensoranordnung, wie diese schon im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben wurde. Die Sensoranordnung 200 weist einen barometrischen Drucksensor 10 und einen thermischen Gassensor 20 auf. In dieser Ausführungsform umfasst der thermische Gassensor drei elektrische Leiterstrukturen 30, 32 und 34. Die Leiterstrukturen überspannen die Bereich der durchlässigen Messstruktur 22. Der

die für Gase durchlässige Messstruktur 22 überspannender Teil der Leiterstrukturen 30, 32, 34 kann als Draht oder Steg ausgeführt sein. In einer Ausführungsform ist der mittlere Draht 30 eingerichtet, um mit einem Heizsignal beaufschlagt zu werden, die beiderseitig von dem mittleren Draht angeordneten Drähte 32 und 34 sind in unterschiedlichen Abständen zu dem mittleren Draht 30 angeordnet und dienen als Temperatursensoren. Die
5 erwähnten Drähte können beispielsweise kristalline Siliziumdrähte sein.

Der in Fig. 2 gezeigte thermische Gassensor umfasst in diesem Beispiel drei freitragend-
gespannte filigrane kristalline Siliziumdrähte, die von dem zu analysierenden Gas umge-
ben sind. Die Drähte können zwischen einem Rahmen, der diese trägt, gespannt sein.
10 Der mittlere Draht kann mit einem Heizsignal beaufschlagt werden, dies kann ein periodisches Heizsignal sein. Die beiden relativ zum Heizdraht links und rechts unsymmetrisch angeordneten Drähte arbeiten als Temperatursensoren. Diese Temperatursensoren mes-
sen den Wärmeübertrag von dem Heizdraht auf die Sensordrähte, der Wärmeübertrag
15 erfolgt über die an sich unbekannten Wärmeübergänge vom Heizdraht in das zu analysierende Gas und von diesem Gas auf die Sensordrähte. Durch die Messung der Temperaturantwort mit zwei Sensordrähten, die im Allgemeinen identisch sind, aber in unterschiedlichen Abständen zu dem Heizdraht angeordnet sind, lassen sich die unbekannten Wärmeübergänge in der Messanordnung eliminieren. Durch Messung von Phase und
20 Amplitude der beiden Sensorsignale in den beiden Sensordrähten kann auf die Bestandteile des Gases bzw. des Gasgemisches zurückgeschlossen werden, die Phase und Amplitude sind im Wesentlichen von dem Wärmeübertrag durch das Gas abhängig.

Wie zuvor erwähnt, kann das Sensorsystem als ein Chip Scale Package ausgeführt sein
25 und umfasst in diesem Fall, wie in Fig. 3 gezeigt, eine Leiterplatte 40, einen barometrischen Drucksensor 10, der ein mikroeletomechanischer (MEMS) Drucksensor mit beispielsweise 24 Bit Auflösung sein kann, wie beispielsweise ein barometrischer Höhenmesser und umfasst einen darüber geklebten thermischen Sensor 20, der ebenfalls ein mikroeletomechanisches Bauteil sein kann.

30

Zur Kontaktierung des Sensorsystems 200 umfasst die runde Leiterplatte Kontaktierungs-
vorrichtungen 42, die mittels Bondingdrähten eine Kontaktierung der elektrischen Lei-
terstrukturen der Sensoranordnung 200 ermöglichen. Des Weiteren kann die Leiterplatte
elektrische Bauteile wie Kondensatoren, Dioden oder aktive elektronische Bauelemente
35 44 umfassen, die beispielsweise beim Betrieb des Sensorsystems Verwendung finden. Es können ganze miniaturisierte Auswerteschaltungen auf dem Modul angeordnet sein.

Wie in Fig. 4 gezeigt, kann auf die Rückseite der Leiterplatte 40 ein Stecker zur elektrischen Kontaktierung angeordnet sein. Dieser Stecker, der beispielsweise ein Fine-Pitch-Stecker, ein Federkontakt-System oder eine feste Lötverbindung sein kann, ermöglicht
5 eine standardisierte und leichte Kontaktierung des Sensorsystems. Das gesamte Sensorsystem kann beispielsweise von einem Gehäuse umschlossen sein, wie in Fig. 6 gezeigt ist. Fig. 6 zeigt die Sensoranordnung mit Leiterplatte und rückseitigem Stecker, welche von einem Gehäuse umschlossen ist.

10 Fig. 5 zeigt den gesamten Sensorstapel, wie dieser in Fig. 4 gezeigt ist, einmal in seitlicher Ansicht, in einer Draufsicht und in einer steckerseitigen Ansicht. Die Dimensionsangaben sind in Millimetern, wodurch ersichtlich wird, dass das Sensorsystem eine sehr kleine Bauform aufweist. So beträgt der Durchmesser der Leiterplatte 8 mm und die Kantenmaße des Drucksensors liegen bei etwa 2,6 mm. So ergibt sich eine sehr kleine Bauform von beispielsweise ca. 1 cm³ bezogen auf die Außenabmessungen. Ist der Sensor
15 noch mit einem Gehäuse umgeben, ist der Gasmessraum beispielsweise ca. 250 mm³ groß. Hierbei bietet die Sensoranordnung die Messung von Druck, Temperatur und Gaskonzentration, beispielsweise die CO₂-Konzentration. Die Messung von Druck und Temperatur erfolgt beispielsweise im Gassensor bzw. im sogenannten CO₂-Modul. Hierdurch
20 ist eine genaue Driftkorrektur, beispielsweise einer CO₂-Konzentrationsmessung, möglich.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform der Sensoranordnung mit einem Strömungskanal 700, der als einmalig verwendbarer Beatmungstubus (disposable flow-tubus) ausgebildet ist. Die gezeigte Vorrichtung dient beispielsweise zur Konzentrationsbestimmung von Gasen,
25 vorliegend zur patientennahen Bestimmung der CO₂-Konzentration in der vom Patienten ausgeatmeten Luft. Der Strömungskanal 700 weist in einer Wandung eine Öffnung auf wobei die als CO₂-Modul ausgebildete Sensoranordnung 100 in einer Messkammer angeordnet ist. Die Sensoranordnung ist durch die Öffnung mit dem Inneren des Strömungskanals 700 räumlich verbunden, um einen Gasaustausch zwischen dem Inneren
30 des Strömungskanals 700 und der Sensoranordnung zu ermöglichen. An seiner Öffnung zum Strömungskanal 700 ist eine Gitterstruktur 702 angeordnet, durch den der Gasaustausch erfolgt. Während einer Einatmungsphase des Patienten (Inspiration 704) erfolgt eine Umströmung des CO₂-Moduls in der Messkammer mit frischer Luft oder einem Kalibrierigas. Während einer Ausatmungsphase des Patienten erfolgt eine Umströmung der
35 Sensoranordnung mit der ausgeatmeten Luft, wobei die CO₂-Konzentration in der vom Patienten ausgeatmeten Luft gemessen werden kann.

Durch die seitliche Anordnung des Sensors taucht dieser nicht direkt in den Hauptkanal der Strömung ein, sondern nur tangential mit der strömenden Ein- oder Ausatemluft in Kontakt kommt. Durch diese Bauart bedingt findet keine Strömung durch den Sensor bzw.
5 die Sensoranordnung statt, sondern es kommt zu einem strömungsfreien Diffusionsvorgang des zu messenden Gases in die Sensoranordnung hinein, wodurch systematische Messungenauigkeiten wegfallen.

10 Die Öffnung zur Messkammer ist durch eine Membran abgedeckt, um Bakterien oder Viren, die sich außerhalb der Sensoranordnung im Strömungskanal 700 befinden können, nicht in die Sensoranordnung hineingelangen können, so dass der Sensor steril bzw. keimfrei bleibt, um wiederholt verwendet werden zu können.

15 Die Sensorvorrichtung aus Fig. 7 weist weiterhin einen Strömungssensor 706 auf, der eine Strömungsgeschwindigkeit und/oder einen Gasmassestrom 708 und/oder einen Volumenstrom in dem Strömungskanal 700 ermitteln kann. Durch diesen als Sensorfinger ausgebildete Strömungssensor 706, der in den Strömungskanal 700 ragt, können Messgrößen erfasst werden, die eine Aussage darüber erlauben, ob der Gassensor unter den gemessenen Bedingungen, wie beispielsweise Strömungsgeschwindigkeit, aussagekräftig
20 ist. So könnte beispielsweise in dem Fall einer sehr großen Strömungsgeschwindigkeit die Strömungsfreiheit innerhalb der Sensoranordnung nicht garantiert sein, wodurch die Messwerte verfälscht sein können.

Nachfolgend sind weitere Ausführungsbeispiele und Aspekte der Erfindung dargestellt:

25 Es sei darauf hingewiesen, dass die Ausführungsbeispiele für sich genommen eingesetzt werden können. Ferner können die verschiedenen Merkmale, Funktionalitäten und Details der einzelnen Ausführungsbeispiele auch in anderen Ausführungsbeispielen eingesetzt werden, soweit nicht zwingende technische Gründe dem entgegenstehen.

30 Eine Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein miniaturisiertes Sensorsystem zur Konzentrationsbestimmung von Gasen, beispielsweise zur patientennahen Bestimmung der CO₂-Konzentration im Expirationsgas bei der Ausatmung, welches als Chip-Scale Package (Chip-Größen-Gehäuse) ausgeführt ist, das mit einer gasdichten Messkammer und über eine Seitenbohrung an den Haupt-Strömungs-Kanal angebunden ist.

Das Chip-Scale Package (Chip-Größen-Gehäuse) aus Fig. 4 umfasst beispielsweise eine runde Leiterplatte, einen barometrischen MEMS (mikroelektromechanischen) Drucksensor (beispielsweise mit 24bit Auflösung, barometrischer Höhenmesser) und einen beispielsweise darüber geklebten thermischen Sensor (MEMS bzw. mikroelektromechanisch, Hahn-Schickard). Rückseitig ist beispielsweise ein Fine-Pitch-Stecker, ein Federkontakt-System oder eine feste Lötverbindung zur elektrischen Kontaktierung angeordnet. Der Sensorstapel wird beispielsweise mit einem RP (Rapid-Prototyping; Schnelle Prototypen-erstellung) Gehäuse umschlossen, das an seiner Öffnung zum Strömungsröhr beispielsweise eine Gitterstruktur und eine Vertiefung zur Aufnahme eines gegen Leakage abdichtenden O-Rings aufweist.

Zu den Vorteilen einer solchen Anordnung zählen beispielsweise: eine sehr kleine Bauform: beispielsweise ca. 1 cm^3 . (Außenabmessungen) mit einem Gas-Mess-Raum mit beispielsweise ca. 250 mm^3 , und eine gebotene Funktionalität zur Messung von Druck, Temperatur und der CO_2 Konzentration. Die Messung von Druck und Temperatur erfolgt beispielsweise im CO_2 Modul (z.B. im Gas-Sensor), wobei eine genaue Drift-Korrektur (beispielsweises einer CO_2 -Konzentrations-Messung) ermöglicht sein kann. Eine Messung des Atemwegdrucks kann beispielsweise durch Differenzbildung zwischen den beiden barometrischen Drucksensoren (im Modul und im Gerät) erfolgen.

Zu den weiteren Vorteilen zählen beispielsweise:

- Eine sehr kleine Gas-Messkammer,
- Ein schneller Gas-Austausch über Diffusion über Viren-Filter,
- Es wird wenig Atem-Gas für die Analyse, geringes Totraumvolumen benötigt,
- Eine unmittelbare CO_2 Konzentration wird direkt am Mundstück, im Trachealtubus gemessen,
- Eine schnelle Diagnose des metabolischen Patienten-Zustandes,
- Eine Messung direkt am Tubus,
- Eine Messung durch Bakterien/Viren-Filter,
- Keine Zeitverzögerung: atemzug aufgelöste Konzentrationsbestimmung der CO_2 Konzentration,
- Ein niedriger Energiebedarf, nicht verbrauchend, physikalisches Messprinzip,
- Eine Auto-Kalibrierung am Ende der Inspirations-Phase auf Frischluft-Konzentration.
- Eine mechanisch und fluidisch zuverlässige einfach und schnell wechselbare Vorrichtung über Rastnasen zum Einspannen des Fluss-Tubus in das wiederverwendbare Gerät.

Im Folgenden ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt und beschrieben.

5 Fig. 7 zeigt einen Gasfluss während einer Inspiration (Einatmungsphase): Eine Spülung der kleinen Kammer beinhalten das Sensor-Modul mit frischer Luft oder spezielle Gase (für Anästhesie als Beispiel), die als Kalibriergase verwendet werden können. Der Gasaustausch erfolgt hier durch ein Viren-Filter.

10 Fig. 8 zeigt einen Gasfluss während einer Expiration (Ausatmungsphase): Hier kann die CO₂ Konzentration in der ausgeatmeten Luft der Patienten ausgewertet werden. Für die Diffusion der CO₂ Moleküle durch das Bakterien-Filter wird als Beispiel: mit 1µm Maschenweite eine Diffusionszeit von 7,2ms für einen Konzentrationssprung auf 5 vol% am Sensor benötigt.

15

Zu den Eigenschaften eines solchen Ausführungsbeispiels zählen beispielsweise:

- Ein Wegwerf-Fluss-Tubus (Disposable Flow-Tubus) mit Virenfilter,
- Eine Auskopplung des Messgases über Diffusion,
- Ein Leakage-freier Anschluss über O-Ringe und/oder Flächendichtung und/oder ange-
- 20 spritzte 2K-Kunststoff-Dichtung,
- Eine sichere Vorrichtung über Rastnasen,
- Ein CO₂ Modul befindet sich im wiederverwendbaren Gerät.

20

Folgendes Ausführungsbeispiels zeigt beispielsweise einen Aufbau eines thermischen Gas-Sensors und ein entsprechendes Sensor-Prinzip.

25

Der thermische Gassensor aus den Fig. 9 und Fig. 10 besteht aus (oder umfasst) beispielsweise drei zwischen einem Rahmen freitragend gespannten filigranen kristallinen Silizium-Drähten, die vom zu analysierenden Gas umgeben sind. Fig. 10 zeigt einen Sensorchip mit Silizium-Mikrodrähten zur Unterscheidung von Gasgemischen. Der mittlere Draht wird mit einem beispielsweise periodischen Heizsignal beaufschlagt, die beiden zum Heizer links und rechts unsymmetrisch angeordneten Silizium-Drähte arbeiten als Temperatur-Sensoren. Der Wärmeübertrag erfolgt über die unbekannten Wärmeübergänge vom Heizer ins zu analysierende Gas und vom Gas in den Sensor-Draht. Durch die

30

35 Messung der Temperatur-Antwort mit zwei identischen Sensoren in unterschiedlichen Abständen zum Heizer lassen sich die unbekannten Wärmeübergänge in der Messanord-

nung eliminieren. Phase und Amplitude der beiden Sensorsignale sind im Wesentlichen von der Wärmeübertragung durch das Gas abhängig.

5 In Fig. 11 ist das Grundprinzip des thermischen Sensors schematisch dargestellt: Deutlich zu sehen ist die räumliche Trennung von Heizer und Sensordrähten mit thermischer Kopplung durch das zu analysierende Gasgemisch, sowie die Messung mit Sensordrähten in unterschiedlichen Abständen zum Heizer.

10 Heizer und Sensor(en) sind im Medium getrennt angeordnet und sind vom zu analysierenden Gas umgeben. Der Wärmestrom vom Heizer zu den Temperatursensoren findet nur über das Gas selbst statt. Der Wärmetransport findet auch über die unbekannten Wärmeübergänge vom Heizer ins zu analysierende Gas und vom Gas in den Sensordraht statt. Bei einer Messung in zwei Abständen sind die Wärmeübergänge nahezu dieselben. Die Differenz beider Sensorsignale hängt im Wesentlichen von der Wärmeübertragung
15 durch das Medium selbst ab.

Elektrische Analogie: Um die Wärmeströme zu identifizieren und abzuschätzen, wurde eine elektrische Analogie erstellt. Die Optimierung des Wärmeverlusts ist ein wesentlicher Faktor, um die Empfindlichkeit des Sensors zu steigern, ohne eine zu hohe Heizleistung
20 einspeisen zu müssen.

Fig. 12 zeigt eine schematische Darstellung des Wärmetransports am Sensor. Der Wärmetransport vom Heizer (Temperatur T_H) zum Sensor (Temperatur T_S) findet im Wesentlichen durch das zu messenden Gas statt.

25 Bei einer sinusförmigen Heizleistung ergibt sich ein sinusförmiger Verlauf der Sensorsignale, der stark von den thermischen Eigenschaften des Gases abhängig ist, welches die Sensordrähte umgibt. Durch die Messung der Temperatur des Heizers mit zwei identischen Sensoren in unterschiedlichen Abständen zum Heizer lassen sich die unbekannten Wärmeübergänge in der Messanordnung eliminieren, wie schon o.a. beschrieben.
30

Zur Auswertung werden wie in Fig. 13 dargestellt, ausgesendete und empfangene Sinuswellen verglichen. Mit einer Kalibration des Signals über die Phasenverschiebung zwischen Heizer und den Sensoren kann beispielsweise der CO_2 -Gehalt in Luft mit 0,2 vol% aufgelöst werden. Da Gase kompressibel sind und durch Druck- und Temperatur ihre
35 Dichte ändern, sollten die entsprechenden Driften kompensiert werden.

Über die Auswertung weiterer Messgrößen, die der Sensor liefert, lassen sich Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit und bei bekannter Dichte des Gases auch die spezifische Wärmekapazität bestimmen – ein möglicher Weg, um auch unbekannte Gasgemische zu analysieren.

5

Fig. 13 zeigt weiterhin Signale bei einer Anregung mit einer sinusförmigen Heizleistung für CO₂ und N₂ im Vergleich. Bei gleicher Heizleistung unterscheiden sich die empfangenen Sensorsignale in Amplitude, Offset und Phasenlage.

- 10 Durch den konstruktiven Unterschied freitragender Brückenstrukturen gegenüber geschlossener Dünnschicht-Membranen wird weitgehend die parasitäre thermische Entkopplung zwischen Heizer und Detektor-Elementen erreicht und die Signalqualität deutlich erhöht. Aufgrund der geringen thermischen Masse des Heizers ist es möglich, den Heizer mit Frequenzen bis zu 300 Hertz zu modulieren, da die Wärme schnell zu- und abgeführt
15 werden kann.

Ein weiterer Erfindungsaspekt bezieht sich auf eine Aufteilung in ein wieder verwendbares Gerät und einen Atemkanal, der beispielsweise ein Einwegartikel sein kann. Fig. 14. zeigt eine solche Trennung zwischen wieder verwendbarem Gerät und Atemkanal als Einwegartikel. Im linken Bild ist der Atemkanal als Einwegartikel grün / links schraffiert dargestellt. Er besteht aus dem Atemstrom-Kanal mit Standard-Konus-Anschlüssen und enthält optional einen MEMS Durchflusssensor und ein Filter.

Das blau / rechts schraffiert dargestellte Teil ist ein auf den Atemkanal aufsteckbares Messgerät, und kann beispielsweise mehrfach wiederverwendet werden, weil es nicht mit dem Atemgas des Patienten in Berührung kommt. Der hellblaue / kreuzschraffierte Block in der Darstellung auf der rechten Seite von Fig. 14 zeigt schematisch den Gas-Messraum als Hohlraum im Sensor-Gehäuse mit einer Größe von ca. 250mm³. Der CO₂-Sensor, beispielsweise ein thermischer Gassensor, befindet sich in diesem Hohlraum und ist nach
25
30 außen gegen Berührung mit einem Gitter geschützt.

Das optionale Viren-/Bakterien-Filter verhindert, dass der CO₂-Sensor durch das Atemgas des Patienten kontaminiert wird. Das Filter ist hier als Bestandteil des Atemkanals ein Einwegartikel. Der Leckage-freie Anschluss der Gas-Mess-Kammer des CO₂-Sensors
35 wird entweder durch O-Ringe, eine Flächendichtung oder über eine angespritzter 2K-

Kunststoff-Dichtung erreicht, die entweder Teil des wieder verwendbaren Gerätes oder des Atemkanals sein kann.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung bezieht sich auf die Abschätzung der Diffusionszeit bis zu einem Konzentrationsausgleich. Der CO₂-Sensor sollte, da er zum wieder verwendbaren Teil gehört, möglichst vor jeglicher Kontamination durch das Atemgas des Patienten geschützt werden. Aus diesem Grund trennt ein Viren-/Bakterien-Filter den kontaminierten Bereich im Atemkanal von dem nicht kontaminierten wiederverwendbaren Messgerät mit dem CO₂-Sensor. Das Filter ist beispielsweise Bestandteil des Atemkanals (dem Einwegartikel), da er durch das Atemgas des Patienten kontaminiert ist.

Fig. 15 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines CO₂ Sensors. Dieser weist folgende Merkmale auf:

- ein wiederverwendbares angeclipstes Gehäuse - reusable clipped housing
- einen Wegwerf-Kanal - disposable channel
- einen Flusssensor (gehört zum Wegwerf-Kanal) - flow sensor (belongs to disposable channel)
- Atem - Breath
- einen CO₂-Sensor - CO₂ sensor
- eine Sensorkammer - Sensor chamber
- ein Bakterien-Filter - bacterial filter
- Wegwerf bzw. wegwerfbar - disposable
- wiederverwendbar - reusable

Das Filter verringert die Diffusionsgeschwindigkeit der CO₂-Moleküle in die Gas-Mess-Kammer des Sensor-Gehäuses, wodurch die Ansprechzeit des Sensors erhöht wird. Deshalb muss die Diffusions-Zeit bis zum Ausgleich der Konzentration im Atemkanal und in der Gas-Mess-Kammer des Sensors in Bezug auf Filterdurchmesser und Porengröße geschätzt werden.

In Fig. 16 ist eine Berechnung unter vereinfachten statischen Randbedingungen bei einer Temperatur von 300 K, atmosphärischem Druck und ohne Berücksichtigung der Atemfeuchte dargestellt.

Zu den Einflussparametern auf die Diffusion nach dem Gesetz von Fick gehören:

Expired air = ausgeatmete Luft

External Air = äußere Luft

Channel = Kanal

Sensor's chamber = Sensorkammer

Filter=Filter

Porosity=Porösität

Sensor=Sensor

- 5 Diffusion of gases through the filter=Diffusion von Gasen durch das Filter

Für den Diffusionsfluss J definiert das Erste Fick'sche Gesetz folgenden Zusammenhang:

$$J = -D \frac{\partial \varphi}{\partial x}$$

$$J = -D \frac{(C_2 - C_1)}{\delta}$$

10

wobei D der Diffusionskoeffizient des Gases 1 ins Gas 2 ist (als konstant angenommen), C_1 und C_2 die Konzentrationen des Stoffes in den beiden Gase sind und δ das geometrische Verhältnis ist.

- 15 Für die Berechnung wurden folgende Parameter festgelegt: CO_2 -Konzentration des Expirationsgases $C_1 = 1,62 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$, CO_2 -Konzentration in der Frischluft $C_2 = 1,62 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$, Diffusionskoeffizient $D = 14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (Diffusionskoeffizient für CO_2 in Luft unter atmosphärischem Druck bei 300 K) und für die Filter-Membran eine Porosität von 0,5 bei einer Dicke $\delta = 10 \text{ } \mu\text{m}$ und einer effektiven Membranfläche von $S = 1,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$, wobei das Volumen der Sensorkammer (des Gas-Mess-Raumes) mit $V_1 = 5,14823 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ bei einem ersten Prototyp und mit $V_2 = 1,378 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ beim derzeitigen Sensoraufbau angenommen wurde. Damit ergibt sich Diffusionsfluss von $J = 2,25 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, was bedeutet, dass pro Sekunde eine Stoffmenge von 2,25 Mol CO_2 eine 1 m^2 große Filterfläche durchqueren würde. Umgerechnet auf die tatsächliche Filterfläche ergibt sich ein Fluss von wenigen $\mu\text{mol/s}$ der ausreicht, um die Gas-Mess-Kammer nach 7,2 ms (erster Prototyp) auf die Konzentration C_1 des Expirationsgases zu bringen.
- 20
- 25

Ist die Gas-Mess-Kammer mit V_2 um Faktor 30 kleiner gegenüber V_1 , so ergibt sich eine Verzögerungszeit bis zum Konzentrationsausgleich von nur etwa 0,2 ms. Der zeitliche Diffusionsverlauf in Fig. 17 zeigt, dass je kleiner die Gas-Mess-Kammer gewählt wird, desto schneller der Konzentrationsausgleich am Sensor erfolgt.

30

Das Ergebnis der Abschätzung ist unterbestimmt, da sich die tatsächliche Diffusionszeit bis zum Konzentrationsausgleich aufgrund der Druckerhöhung während der Expiration im Atemkanal entsprechend der Wroblewski Gleichung weiter verkürzt:

$$J = P \frac{(p_2 - p_1)}{\partial x}$$

5

wobei p_1 der Druck im Atemkanal ist, p_2 der Druck in der Gas-Mess-Kammer und P die Permeabilität des Filters. Bei einer Gasströmung im Kanal erhöht sich die Differenz $p_2 - p_1$, so dass der Diffusionsfluss zunimmt und die CO_2 -Diffusion durch das Filter ebenfalls zunimmt. Diese Druckdifferenz führt zu einer Strömung in die Sensorkammer hinein, die die Gasdiffusion durch das Filter begünstigt.

10

Strömungseinfluss auf das Sensorsignal : Das Signal des CO_2 -Sensors kann leicht gestört werden, da es gegenüber dem thermischen Strömungssignal eine geringere Sensitivität zeigt. Daher sollte der parasitäre Einfluss des Flusses auf das Signal des CO_2 -Sensors vermieden werden, um die Gaskonzentration genau messen zu können.

15

Filter, Geometrie des Einlaufgitters und miniaturisierte Gas-Mess-Kammer schaffen bei einem Ausführungsbeispiel ein beruhigtes Gebiet, in dem der thermische Sensor ungestört vom äußeren Durchfluss arbeiten kann.

20

Mögliche Anwendungsgebiete der Ausführungsbeispiele der Erfindung sind beispielsweise in der Medizintechnik für die Beatmung von Patienten (Kapnometrie) oder in der Erdgas Analyse, wo beispielsweise eine Bestimmung des Brennwertes eines Gases erfolgen soll. Für die Kapnometrie sind verschiedene CO_2 Sensoren im Einsatz, die nachfolgend zusammengefasst angeführt sind. Hauptsächlich wird mit der Infrarot-Spektroskopie die Absorption an den CO_2 Molekülen gemessen.

25

Fig. 18 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Metalloxid-Sensors (MOX).

Zu dessen Vorteile gehören folgende Merkmale:

30

- Einfaches Prinzip (Chemische Reaktion einer Dünnschicht)
- hohe Sensitivität bei kleinen Konzentrationen
- kostengünstig

Zu dessen Nachteile gehören folgende Merkmale:

35

- Sensor verbraucht sich
- keine Langzeitstabilität

- geringe Selektivität der Gasart
- für CO₂ nicht geeignet
- Betriebstemperatur bis zu 800 °C und dementsprechend Risiko für den Einsatz im Hauptstrom

5

Fig. 19 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Elektrochemisch potentiometrische Sensoren (NASICON).

Zu dessen Vorteile gehören folgende Merkmale:

- hohe Genauigkeit
- 10 - geringe Dimensionen

Zu dessen Nachteile gehören folgende Merkmale:

- Elektrodenmaterial verbraucht sich
- relativ teuer bei geringer Lebensdauer

15

Fig. 20 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines nichtdispersiven Infrarot-Sensors (NDIR).

Zu dessen Vorteile gehören folgende Merkmale:

- Infrarotabsorption bei 4,3 µm Wellenlänge, Messung der Konzentration von CO₂ im Atemgas durch Absorption
- 20 - nicht verbrauchend
- Messung in Hauptstrom möglich

Zu dessen Nachteile gehören folgende Merkmale:

- Die Funktionsweise bedingt einen entsprechend präzisen Aufbau
- 25 teure Optik Komponenten
- sehr empfindliche Komponenten gegenüber Verschmutzung: Sekret und Atemfeuchte
- Alterung der Photodiode

Fig. 21 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines MEMS Draht-Sensor (Hahn-Schickard)

30

Zu dessen Vorteile gehören folgende Merkmale:

- Geringer Bauraum
- Physikalisches Messprinzip – nicht verbrauchend
- Kostengünstig
- 35 - Messung im beruhigten Hauptstrom möglich

Zu dessen Nachteile gehören folgende Merkmale:

- Im Vorentwicklungsstadium – noch kein Produkt

- Messung der thermischen Gaseigenschaften Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit: keine echte Gasanalyse, Gas-Komponenten müssen bekannt sein
- Begrenzte thermische Auflösung (0,2% Vol. CO₂)

5

Für die Kapnometrie existieren verschiedene tragbare Geräte für die Atemgasanalytik. Beispielfhaft kann ein Produkt der Firma Weinman Diagnostics genannt werden: Ein Tragbarer Kapnograph zur CO₂-Messung und -Auswertung, der intern mit einem Infrarotsensor arbeitet. Die Patientenanbindung erfolgt über eine Nasenbrille und die ausgeatmete Luft wird im Nebenstrom durch einen langen Schlauch zum Gerät zur Bestimmung des CO₂ Gehaltes geführt.

10

Eine weitere Vorrichtung der Art ist das von Bluepoint medical angebotene CapnoTrue AMP, welches im Hauptstromverfahren mit dem IRMA Mainstream Analyzer von Phasein arbeitet.

15

Am Markt existieren heute verschiedene Systeme zur Patientenbeatmung. Diese werden unterschieden nach Einsatz im klinischen und im Homecare-Bereich (z.B. Systeme der Firmen Heinen+Löwenstein, Dräger und Stephan Medizintechnik). Die Systeme dieser Anbieter beinhalten nur in ihren Top-Varianten alle notwendigen Messeinrichtungen zur Bestimmung von Druck, Atemfluss und Atemgasanalyse. Dazu müssen mehrere Geräte kombiniert werden, die überwiegend patientenfern messen.

20

Die optionale Integration beider Sensoren (CO₂ und Strömung) in ein Sensorsystem kann zu einer deutlichen Reduzierung des Bauraums und des Systemgewichtes führen (ein wesentliches Kriterium bei intubierten Patienten). Erst der patientennahe Messort unmittelbar an Maske oder Tubus – so nah wie möglich an den Atemwegen – ermöglicht eine ausreichend genaue Messung, um Einflüsse durch Schläuche, Bewegungen oder andere Störquellen zu vermeiden. Durch das thermische Messprinzip werden außerdem genauere Strömungsmessungen und eine schnelle Gasanalyse erwartet.

25

30

Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele und Aspekte der Erfindung beschrieben, die für sich genommen oder in Verbindung mit weiteren hierin beschriebenen Aspekten bzw. Ausführungsbeispielen oder Merkmalen eingesetzt werden können.

35

Ein Ausführungsbeispiel (Aspekt 1) bezieht sich auf ein miniaturisiertes Gehäuse (Package) zur Konzentrationsbestimmung von Gasen,

ur

beispielsweise zur Bestimmung des CO₂ Anteils im Expirationsgas bei der Ausatmung, welches ausgeführt ist als gasdichte Messkammer mit einer nach außen gegen Leckage abgedichteter Öffnung zum Gasaustausch über Diffusion, welches ausgeführt ist als Stapel bestehend aus

- 5 - einem Verdrahtungsträger,
- einem barometrischen MEMS Drucksensor,
 vorzugsweise (aber nicht notwendigerweise) einem barometrischen Höhen-
 messer mit digitaler Schnittstelle
 und (optional) hoher A/D Auflösung (vorzugsweise 24bit)
- 10 - und einem thermischen MEMS Gas-Sensor,
 wobei (optional) Heizer und mindestens zwei Detektoren im Gasmessraum
 freitragend aufgespannt sind,
 wobei (optional) thermische Gasantwort, barometrischer Gasdruck und Gas-
 temperatur unmittelbar auf engstem Raum an einem Messort gemessen wer-
15 den und
 (optional) aufgrund der mechanischen Auftrennung zwischen Heizer und De-
 tektoren der Wärmetransfer vom Heizer zu den Detektoren vorwiegend über
 das Messgas erfolgt,
 wobei (optional) die Detektoren seitlich vom Heizer in unterschiedlichen defi-
20 nierten Abständen zu diesem angeordnet sind,
 wobei (optional) der Heizer des thermischen Sensors mit einer periodischen
 Heizleistung (vorzugsweise 120Hz oder größer) beaufschlagt wird
 und (optional) an den Detektoren die gaskonzentrationsabhängige Amplitude
 und Phasenverschiebung gegenüber dem Heizsignal ermittelt wird,
25 wobei (optional) die Detektor-Signale sowohl zueinander als auch zum Hei-
 zersignal absolut und differentiell verglichen werden,
 wobei (optional) zur Kalibration auf die gasartabhängige Gaskonzentration
 (vorzugsweise CO₂) eine Synthese aus Differenz- und Summen-Bildung der
 Signale genutzt wird,
30 wobei (optional) zur druck- und temperatur-abhängigen Driftkorrektur die mit
 dem barometrischen Drucksensor im Gasmessraum ermittelten Werte für Ab-
 solutdruck und Temperatur vorzugsweise über Polynome verrechnet wird,
 wobei (optional) die Temperaturauflösung und absolute Genauigkeit über eine
 Temperatur-Kalibration der Detektoren des thermischen Gassensors und Nut-
35 zung deren Messsignale wesentlich erhöht werden kann,
- wobei (optional) das Sensor-Gehäuse ein Einlaufgitter als mechanischen Schutz
 aufweist,

- wobei (optional) das miniaturisierte Sensor-Package (Sensor-Gehäuse) zur Konzentrationsbestimmung von Gasen unmittelbar hinter einer Seitenbohrung am Strömungsrohr angeordnet ist,
- wobei (optional) das Messgas über Diffusion durch ein Bakterien- oder Virenfilter aus dem Strömungskanal ausgekoppelt wird und
- wobei (optional) der Konzentrationsausgleich unter normaler Atmung innerhalb von 10ms erfolgt, da aufgrund des miniaturisierten Aufbaus das Volumen des Gasmessraums bevorzugt kleiner als 250mm³ ist,
- wobei (optional) das miniaturisierte Sensor-Package (Sensor-Gehäuse) an das Strömungsrohr über einen elastischen O-Ring, eine Flachdichtung oder über angespritzten 2K Kunststoff vom Gehäuse mechanisch gegen Leckage gedichtet wird,
- wobei (optional) Filter, Geometrie des Einlaufgitters und miniaturisierte Gas-Mess-Kammer ein beruhigtes Gebiet schaffen, in dem der thermische Sensor ungestört vom äußeren Durchfluss arbeiten kann,
- wobei (optional) das Strömungsrohr welches das Bakterien- oder Virenfilter trägt als Wegwerfartikel („Disposable“) ausgeführt sein kann,
- wobei (optional) das miniaturisierte Sensor-Package (Sensor-Gehäuse) zur Konzentrationsbestimmung von Gasen einschließlich seiner Mikro-Prozessor basierten Signalauswertung nur wenige Gramm wiegt, eine geringe Baugröße besitzt und aufgrund der Verwendung von MEMS Bauteilen einen geringeren Leistungsbedarf bevorzugt kleiner 50mW aufweist und damit in Maske, Mundstück oder Trachealtubus unmittelbar am Patienten eingesetzt werden kann, um eine genaue und zeitlich unverfälschte Messung zu ermöglichen.

25

Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Vorrichtung nach Aspekt 1 in Kombination mit einem zweiten barometrischen Höhenmesser, der sich außerhalb des Strömungskanals im Messgerät befindet und den barometrischen Luftdruck des Raumes erfasst,

30

- wobei das Messgerät beispielsweise die Differenz aus dem vom barometrischen MEMS Drucksensor im miniaturisierten Sensor-Package (Sensor-Gehäuse) ermittelten Absolutdruck des Strömungskanals und dem barometrischen Luftdruck des Raumes bildet und damit den Atemdruck errechnet.

35

Ein weiteres Ausführungsbeispiel (Aspekt 3) bezieht sich auf eine Vorrichtung nach Aspekt 1 oder Aspekt 2 in Kombination mit einem MEMS Strömungssensor im Strömungsrohr zur Messung der Atemwerte im Hauptstromverfahren,

- wobei beispielsweise mit Hilfe der vom barometrischen MEMS Drucksensor im miniaturisierten Sensor-Package ermittelten Werte für Absolutdruck und Gastemperatur der Atemluft aus dem vom MEMS Strömungssensor gemessenen Massenstrom in den aktuellen Volumenstrom unter ATP-Bedingungen (Ambient Temperature and Pressure=Umgebungstemperatur und Druck) umgerechnet wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel (Aspekt 4) bezieht sich auf eine Vorrichtung gemäß einem der Aspekte 1 bis 3, ergänzt um einen Null-Punkt-Abgleich in Verbindung mit dem Fluss-Signal des Strömungs-Sensors im Atemtubus: Dynamische Kalibration des CO₂-Sensors auf Frischgas bzw. Anästhesie-Gas-Konzentrationen aus dem Respirator.

Der thermische Sensor besitzt eine erhöhte Signal-Abhängigkeit gegenüber den Umwelteinflüssen Absolutdruck und Temperatur. D.h., werden diese Parameter nicht gemessen, dann würden falsche Konzentrationswerte für das CO₂ / oder andere Gase angenommen werden: Deshalb werden direkt am selben Messort (Stack) der Absolutdrucksensor platziert, der neben dem barometrischen Luftdruck gleichzeitig auch die Temperatur misst.

Nun besteht im Einsatz die Möglichkeit, dass sich trotz Membran (Virenfilter) über eine längere Zeitdauer leichte Verschmutzungen an den Detektordrähten des Sensors absetzen können, wobei das Signal driften kann. Auch die Elektronik zeigt eine umweltabhängige (meist Temperatur) Drift.

Deshalb kann es praktisch sinnvoll sein, den Sensor in Gegenwart eines bekannten Gases auf seinen Null-Punkt abzugleichen. Sehr oft wird dazu Frischluft also die Raumluft verwendet. Das ist ein vorteilhaftes Vorgehen beim Einschalten / Inbetriebnahme des Sensors an einem neuen Patienten oder nach Sensor-Wechsel. Der Sensor wird aus seiner Verpackung genommen, elektrisch angeschlossen und der Frischluft beim Initialisieren ausgesetzt. Bei bekannten Luftbedingungen (Standard) kalibriert er sich selbst. Dieses Vorgehen ist sowohl bei Hitzdrahtanemometern (Atemgasmessung) als auch bei Kapnometern (NDIR CO₂-Messung) üblich.

Vorstellbar ist (also optionales Merkmal bei Ausführungsbeispielen der Erfindung) eine dynamische Nachkorrektur während der Beatmung: Wenn der angeschlossene Strömungstubus das Ende der Inspirationsphase detektiert (dem Patienten wurde soeben Frischluft oder mit Anästhesiegas angereicherte Frischluft zugeführt), könnte der aktuelle Messwert des Sensors als Nullpunkt für diesen bekannten Gaszustand interpretiert und der Sensor ggf. nachjustiert werden. (Die Anästhesie-Gaskonzentration aus dem Respirator ist dem Respirator beispielsweise bekannt und wird dem Spirometer-Device (Spirome-

ter-Bauteil) mitgeteilt)

Aber auch ein umgekehrtes Szenario wäre denkbar: Durch Fehler im Patienten-Schlauchsystem wird das ausgeatmete CO₂ nicht korrekt abgeführt und die CO₂-

5 Konzentration (auch bei der Frischluft) steigt kritisch an: Hier dürfte nicht dynamisch nachkalibriert werden, sondern es muss aufgrund der zu hohen CO₂-Konzentration bei der Inspiration (Frischluft-Messung) ein Alarm ausgelöst werden.

10 Aufgrund der unmittelbaren geometrischen Nähe der Messorte für Strömung und Gas-Konzentration laufen Flow-Signal (Fluss-Signal) und CO₂-Signal bei unserem System synchron. So lassen sich Fehler oder Nachjustierungen direkt innerhalb eines Atemhubes korrigieren.

15 Im noch üblichen Seitenstromverfahren der Kapnometrie wird Gas aus dem Hauptstrom aktiv abgesaugt und gelangt in den dünnen Schläuchen über ca. 1,5m an das Kapnometer im Respirator. Dadurch entsteht ein zeitlicher Versatz zwischen Durchfluss- und CO₂-Signal, der softwareseitig/rechnerisch korrigiert wird. Nur Kapnometer mit direkter Durchstrahlung des Atemstromtubus (optische Fenster) messen zeitsynchron zum Flow-Signal (Fluss-Signal).

20 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt eine Auskopplung in eine abgeschlossenen Kammer und Gasdiffusion durch Filter.

25 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weisen Ausführungsbeispiele ein geringes Kammer-Gasvolumen auf, was besonders vorteilhaft ist. Aufgrund dessen wird es erst möglich, über Diffusion ein konzentrationsabhängiges dynamisches Signal am Sensor synchron zum Atemzyklus darzustellen.

30 Gemäß einem Aspekt sind eine oder mehrere der folgenden Vorgaben für Membran und Kammer (bzw. für den Sensor oder die Sensoranordnung allgemein) zu beachten:

- Die Membran vor der Sensor-Messkammer teilt den Gasraum in eine beruhigte Zone ab: Die nahezu Strömungsfreie Zone ist eine wichtige Voraussetzung für die thermische Gaskonzentrations-Messung.

35

- Wichtig ist bei einigen Ausführungsbeispielen, dass das sehr geringe Kammervolumen in Verbindung mit der kleinen Diffusionszeitkonstante erst die dynamische Konzentrationsmessung zulässt. Schließlich ist der Gasaustausch in der Mess-

kammer ein passiver Prozess und abhängig von der mittleren freien Weglänge der Teilchen. (siehe theoretische Diskussion der Diffusions-Zeiten weiter oben)

- 5 - Die Membran ist (optional) eine hydrophobe Viren- / oder Bakterien-Membran, die z.B. vom Millipore zugekauft wird. Das optionale Filter kann beispielsweise das Eindringen von Flüssigkeiten in die Messkammer verhindern.
- 10 - Der Filtermembrandurchmesser sollte den Durchmesser des Atemstromtubus nicht überschreiten, sonst müsste die Filterdichtung über die Kontur/Flanken des Tubus ausgeführt werden und wäre nicht mehr eine ebene Fläche.
Dadurch müsste der Anpressdruck zwischen Tubus und Gerät erhöht werden, da die Kammer gasdicht (Leckagefrei) an den Atemtubus angeschlossen werden sollte. Eine gute Wahl sind beispielsweise 60% des äußeren Atemtubus-
- 15 Rohrdurchmessers.
- 20 - Da das Filter bei Gebrauch verschmutzt, ist es (optional) Teil des Einweg-Atemtubus: Somit werden bei neuem Tubus definierte Diffusionskonstanten erreicht. Der Gas-Sensor, der im wiederverwendbaren Gerät platziert ist, trägt selbst ein Gitter als mechanischen Schutz, damit sich das Filter nicht unkontrolliert in den Messraum durchbiegt und das Ergebnis verfälscht (mech. Abstützen der Filter-
- 25 Membran bei Überdruck / Husten, Verhindern des unkontrollierten Reißens). Das Sensor-Gitter kann selbst auch eine Filter-Membran tragen, die bei der Nass-Sterilisation des Gerätes das Eindringen von Desinfektionslösung in den Mess-
- 30 raum verhindert. (Diese zusätzliche Membran muss beim Gasaustausch / Dimensionierung berücksichtigt werden.)
- 30 - Die Dichtung kann entweder an der Geräteseite um den Sensor erfolgen (heutige Lösung mit einer O-Ring-Dichtung) oder durch eine an den Wegwerf-Tubus angespritzte / mit dem Filter eingeklebte Dichtlippe oder beides.
- 35 - Der mechanische (Steck-)Verschluss des Atemstrumtubus und das Gerät sollte die Leckagefreiheit zwischen Tubus und Messkammer gewähren.
- 35 - Die Membran dient (optional) der Trennung vor bakterieller / vireller Kontamination des wieder verwendbaren Gerätes aus dem Atemgas, schützt aber auch gleichzeitig den Sensor vor Eindringen von Flüssigkeiten (niederschlagende Feuchte, Sputum)

- Die Membran dient allgemein als Bakterien-/Viren-Filter
- das Messvolumen ist bei Ausführungsbeispielen relativ klein
- der Sensor insgesamt ist ebenso relativ klein

Gemäß einem Aspekt ist nicht nur ein mittlerer Wert der CO₂-Konzentration messbar, sondern eine dynamische Änderung wie diese in der Atemgasanalytik gefordert wird.

Gemäß einem Aspekt handelt es sich bei dem Drucksensor beispielsweise um einen Sensor vom Typ LPS25H vom Hersteller STMicroelectronics, wie in Fig. 22 gezeigt. Hier wird in Draufsicht ein R1 Druck-Anschluss (pressure port) und eine Markierung Pin1 vom Anschluss 1 gezeigt. Es kann aber auch ein beliebiger barometrischer Drucksensor zum Einsatz kommen, dessen geometrische Abmessungen geeignet sind für den Aufbau der Sensoranordnung und dessen Messfrequenz, Messauflösung und Genauigkeit im geforderten Bereich liegt.

Die Fig. 23 und 24 zeigen weitere Ausführungsbeispiele und optionale Merkmale, wie z.B.:

- Trennung in wiederverwendbares Gerät und Atemkanal als Wegwerfprodukt zur Einmalverwendung (zum Beispiel Tubus und Flussensor als Einweg-Teile)
- Messung von Flow, Druck, Temperatur und CO₂
- Umgang mit Atemdynamik und Feuchte
- Kommunikation über Bluetooth oder USB Stream

Die Fig. 25 und 26 zeigen weitere Ausführungsbeispiele mit Bezug auf eine erfinderische Systemarchitektur (Details optional): Der Flow-Sensor bezieht sich hier auf einen Fluss-Sensor.

Die Fig. 27 und 28 zeigen weitere Ausführungsbeispiele mit Bezug auf weitere beispielhafte Vorrichtungen in einem modularen Aufbau.

tube=Rohr; CO₂Module=CO₂-Modul; plastic parts=Plastikteile;
Flow Module = Fluss-Modul; tube with flow sensor=Rohr mit Flußsensor

Fig. 29 zeigt beispielhaft einen Einweg-Tubus einer Multisensor-Plattform zur patienten-nahen Messung von CO₂-Konzentration und Volumenstrom der Atemluft.

Fig. 30 zeigt ein Ausführungsbeispiele eines wiederverwendbares Geräts, das in Fig. 31 auf einem Einweg-Tubus einer Multisensor-Plattform zur patientennahen Messung von CO₂-Konzentration und Volumenstrom der Atemluft aufgekoppelt ist.

Ansprüche

1. Sensoranordnung (100), mit folgenden Merkmalen:
einem barometrischen Drucksensor (10); und
5 einem thermischen Gassensor (20);
wobei der thermische Gassensor (20) derart auf dem barometrischen Drucksensor (10) oder neben dem barometrischen Drucksensor (10) angeordnet ist, dass eine für Gase durchlässige Messstruktur (22) des thermischen Gassensors (20) vor einer Gas-Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors (10) oder vor einer
10 druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors (10) angeordnet ist.
2. Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, wobei der thermische Gassensor (20) mindestens drei elektrische Leiterstrukturen (30, 32, 34) umfasst, wobei die
15 elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) durch Zwischenräume beabstandet sind, wobei eine erste elektrische Leiterstruktur eingerichtet ist, um mit einem Heizsignal beaufschlagt zu werden und wobei eine zweite elektrische Leiterstruktur und eine dritte elektrische Leiterstruktur unsymmetrisch bezüglich der ersten elektrischen Leiterstruktur angeordnet sind, und wobei die zweite elektrische Leiterstruktur und die dritte elektrische Leiterstruktur eingerichtet sind, um als Temperatursensoren zu arbeiten.
3. Sensoranordnung gemäß Anspruch 2, wobei die elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) freitragend gespannt sind.
25
4. Sensoranordnung gemäß Anspruch 3, wobei die elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) kristalline Siliziumdrähte sind oder wobei die elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) ein polykristalliner Heizer auf Membranmaterial sowie Halbleiter Temperatur-Detektoren oder Thermostapel sind.
30
5. Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, wobei der thermische Gassensor (20) mindestens zwei elektrische Leiterstrukturen (30, 32) umfasst, wobei die elektrischen Leiterstrukturen (30, 32) durch zumindest einen Zwischenraum beabstandet sind, wobei eine erste elektrische Leiterstruktur eingerichtet ist, um mit
35 einem Heizsignal beaufschlagt zu werden und wobei eine zweite elektrische Leiterstruktur eingerichtet ist, um als Temperatursensor zu arbeiten.

6. Sensoranordnung gemäß Anspruch 5, wobei die Sensoranordnung ausgelegt ist, um in einem ersten Zeitintervall die erste Leiterstruktur mit einem Heizsignal zu beaufschlagen und die zweite Leiterstruktur als Temperatursensor zu verwenden, und

5

wobei die Sensoranordnung ausgelegt ist, um in einem zweiten Zeitintervall die zweite Leiterstruktur mit einem Heizsignal zu beaufschlagen und die erste Leiterstruktur als Temperatursensor zu verwenden.

10

7. Sensoranordnung gemäß Anspruch 1, wobei der thermische Gassensor (20) mindestens drei elektrisch leitfähige Stege umfasst, wobei die Stege durch Zwischenräume beabstandet sind, wobei eine Metallisierung oder Dotierung eines ersten Stegs eingerichtet ist, um mit einem Heizsignal beaufschlagt zu werden und wobei ein zweiter und ein dritter Steg unsymmetrisch bezüglich des ersten Stegs angeordnet sind, und wobei Metallisierungen oder Dotierungen des zweiten Stegs und des dritten Stegs eingerichtet sind, um als Temperatursensoren zu arbeiten.

15

8. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei die elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) oder Drähte oder Stege eingerichtet sind, um von einem zu analysierenden Gas umgeben zu sein, und wobei die erste elektrische Leiterstruktur oder der erste Draht oder der erste Steg eingerichtet ist, um einen Wärmeübertrag über das zu analysierende Gas auf die zweite elektrische Leiterstruktur oder auf den zweiten Draht oder auf den zweiten Steg und auf die dritte elektrische Leiterstruktur oder auf den dritten Draht oder auf den dritten Steg zu ermöglichen, und wobei die zweiten und dritten elektrischen Leiterstrukturen (30, 32, 34) oder Drähte oder Stege eingerichtet sind, um als Sensoren für den Wärmeübertrag zu dienen.

20

25

9. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei die Vorrichtung ausgelegt ist, um als das Heizsignal ein periodisches Heizsignal bereitzustellen.

30

10. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der thermische Gassensor (20) ein Trägermaterial aufweist, wobei der thermische Gassensor (20) in einem zentralen Bereich eine durchgehende Ausnehmung aufweist, die sich von einer dem barometrischen Drucksensor (10) abgewandten Oberfläche des thermischen Gassensors (20) bis hin zu einer

35

dem barometrischen Drucksensor (10) zugewandten Oberfläche des thermischen Gassensors (20) erstreckt, und
wobei die für Gase durchlässige Messstruktur (22) in einem Bereich der Ausnehmung angeordnet ist.

5

11. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10,
wobei der thermische Gassensor (20) einen Rahmen aufweist, der auf dem barometrischen Drucksensor (10) angeordnet ist, und
wobei der Rahmen ausgelegt ist, um die für Gase durchlässige Messstruktur (22)
10 zu tragen, so dass aktive Bereiche der für Gase durchlässigen Messstruktur (22) einen freien Innenbereich des thermischen Gassensors (20), der von dem Rahmen umgeben ist, überspannen;
wobei die Gas-Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors (10) oder die druckempfindliche Oberfläche des barometrischen Drucksensors (10) an den
15 freien Innenbereich des barometrischen Drucksensors (10) angrenzt.

12. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der thermische Gassensor (20) mittels eines Klebstoffs mit dem barometrischen Drucksensor (10) verbunden ist, so dass der Klebstoff nicht mit der Gas-Einlassöffnung
20 des barometrischen Drucksensors (10) oder mit der druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors (10) in Kontakt ist.

13. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Sensoranordnung ein Leiterplattenmaterial aufweist;
25 wobei auf einer Seite des Leiterplattenmaterials der barometrische Drucksensor (10) und auf diesem der thermische Gassensor (20) angeordnet sind, und wobei auf einer anderen, von dem Drucksensor und dem thermischen Gassensor (20) abgewandten Seite des Leiterplattenmaterials ein Stecker oder Lötkontakt zur elektrischen Kontaktierung angeordnet ist, oder
30 wobei der barometrische Drucksensor (10) und auf diesem der thermische Gassensor (20) in einer Ausnehmung des Leiterplattenmaterials angeordnet sind, und wobei auf einer Seite des Leiterplattenmaterials ein Stecker zur elektrischen Kontaktierung angeordnet ist.

35 14. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der barometrische Drucksensor (10) ein mikroelektromechanischer, MEMS, Drucksensor ist.

15. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Sensoranordnung eine Auswerteeinrichtung umfasst, wobei die Auswerteeinrichtung eingerichtet ist, um eine Gaskonzentration basierend auf einer Phase und einer Amplitude von Sensorsignalen, die unter Verwendung des Gassensors erhalten werden, und abhängig von einer von dem barometrischen Drucksensor (10) gelieferten Druck-information und ggf. Temperaturinformation zu ermitteln.

16. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Sensoranordnung von einem Gehäuse umgeben ist, das in seinem Inneren ein Volumen bereitstellt, in dem sich die Sensoranordnung befindet, wobei das Gehäuse eine Gehäuseöffnung aufweist, durch die ein zu analysierendes Gas von einer Außenseite des Gehäuses zu der sich in dem Volumen befindlichen Sensoranordnung durch einen Diffusionsvorgang gelangen kann.

17. Sensoranordnung gemäß Anspruch 16, wobei die Öffnung des Gehäuses ein Gitter aufweist, das eingerichtet ist, um als mechanischer Schutz für die Sensoranordnung zu dienen.

18. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 16 oder 17, wobei die Öffnung des Gehäuses eine Membran aufweist, die eingerichtet ist, um die Sensoranordnung vor einer Verschmutzung zu schützen und wobei die Membran eingerichtet ist, um eine Diffusion eines zu analysierenden Gases zu ermöglichen.

19. Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei das Gehäuse nur eine Öffnung aufweist, durch die das Gas in das Innere des Gehäuses gelangen kann.

20. Sensorvorrichtung, mit folgenden Merkmalen:
einem Strömungskanal (700),

wobei der Strömungskanal (700) in einer Wandung eine Öffnung aufweist; und
einer Sensoranordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die Sensoranordnung (100) derart angeordnet ist, dass die Sensoranordnung durch die Öffnung mit dem Inneren des Strömungskanals (700) räumlich verbunden ist, um einen Gasaustausch zwischen dem Inneren des Strömungskanals (700) und der Sensoranordnung zu ermöglichen.

21. Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 20, wobei die Öffnung mit einer Membran abgedeckt ist.

22. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 21 wobei die Sensorvorrichtung eingerichtet ist, um eine Diffusion eines zu analysierenden Gases, das sich im Innern der Sensorvorrichtung befindet, durch die Membran hindurch zu der Sensoranordnung zu ermöglichen.

23. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die Sensorvorrichtung so eingerichtet ist, dass ein Abstand zwischen der Membran der Sensorvorrichtung und einer der Membran zugewandten Oberfläche des Gassensors kleiner ist als die Hälfte der größten Abmessung des Strömungskanals (700) in einer Richtung senkrecht zu einer mittleren Strömungsrichtung eines zu analysierenden Gases.

24. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 23, wobei das die Sensoranordnung umgebende Volumen, das in Richtung des Strömungskanals (700) durch die Öffnung begrenzt ist, kleiner ist als 1000mm^3 , oder kleiner ist als 500mm^3 oder kleiner ist als 250mm^3 .

25. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 24, wobei die Sensorvorrichtung so ausgelegt ist, dass eine Zeitdauer, bis zum Ausgleich der Gaskonzentration im Bereich des Gassensors um höchstens 0,5 vol% von der Gaskonzentration im Strömungskanal (700) abweicht, kleiner als 10 ms ist.

26. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 25, wobei die Sensorvorrichtung so ausgelegt ist, dass eine die Sensoranordnung enthaltende Kammer ein Strömungs-beruhigtes Gebiet darstellt.

27. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 26, wobei die Sensorvorrichtung einen Strömungssensor (706) aufweist, wobei der Strömungssensor (706) derart angeordnet ist, um eine Strömungsgeschwindigkeit, und/oder einen Gas-Massestrom und/oder einen Volumenstrom in dem Strömungskanal (700) ermitteln zu können.

28. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 27, wobei die Sensorvorrichtung einen zweiten barometrischen Drucksensor aufweist, der ausgelegt ist, um einen Umgebungsdruck zu messen.

29. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 20 bis 28, wobei die Sensorvorrichtung ausgelegt ist, um basierend auf einer Information über eine Strömungsgeschwindigkeit in dem Strömungskanal (700) und/oder basierend auf einer Information über eine Strömungsrichtung in dem Strömungskanal (700) einen
5 Zeitpunkt für eine Kalibrierung zu erkennen, und um ansprechend darauf eine Kalibrierung des thermischen Gassensors (20) durchzuführen.

30. Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 29, wobei die Sensorvorrichtung ausgelegt ist, um ansprechend auf eine Erkennung einer zu hohen Konzentration eines
10 Gasanteils zum Zeitpunkt der Kalibrierung eine Warnung auszugeben.

31. Verfahren zur Herstellung einer Sensoranordnung, mit folgenden Schritten:
Bereitstellen eines barometrischen Drucksensors (10) und eines thermischen Gassensors (20);
15 Fixieren des thermischen Gassensors (20) derart auf dem barometrischen Drucksensor (10) oder neben dem barometrischen Drucksensor (10), dass eine für Gase durchlässige Messstruktur (22) des thermischen Gassensors (20) vor einer Gas-Einlassöffnung des barometrischen Drucksensors (10) oder vor einer druckempfindlichen Oberfläche des barometrischen Drucksensors (10) angeordnet ist.

20

32. Verfahren zum Betrieb einer Sensorvorrichtung,
wobei das Verfahren ein Erkennen eines Zeitpunkts für eine Kalibrierung basierend auf einer Information über ein Strömungssignal in einem Strömungskanal (700) und/oder basierend auf einer Information über eine Strömungsrichtung in
25 dem Strömungskanal (700) aufweist, und wobei das Verfahren ein Durchführen einer Kalibrierung eines thermischen Gassensors (20) ansprechend darauf aufweist.

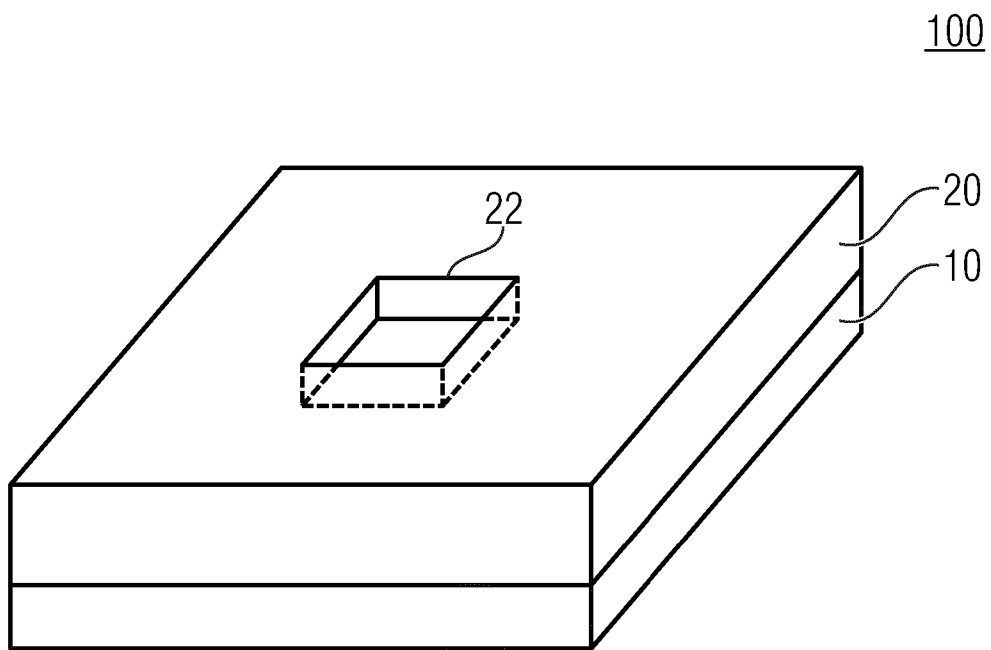


Fig. 1

2/20

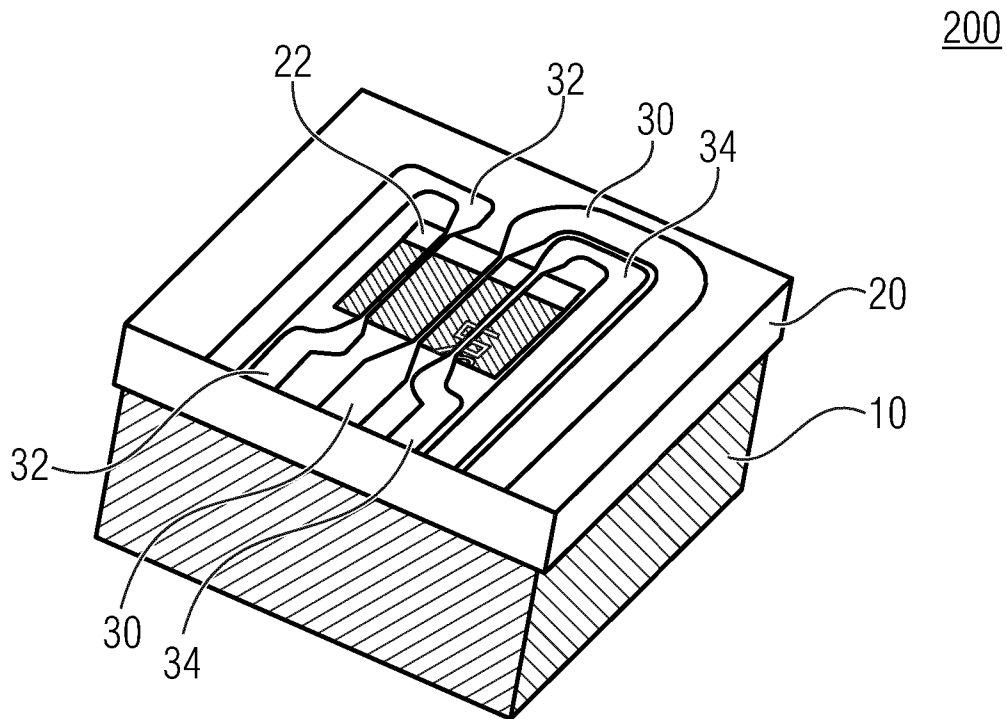


Fig. 2

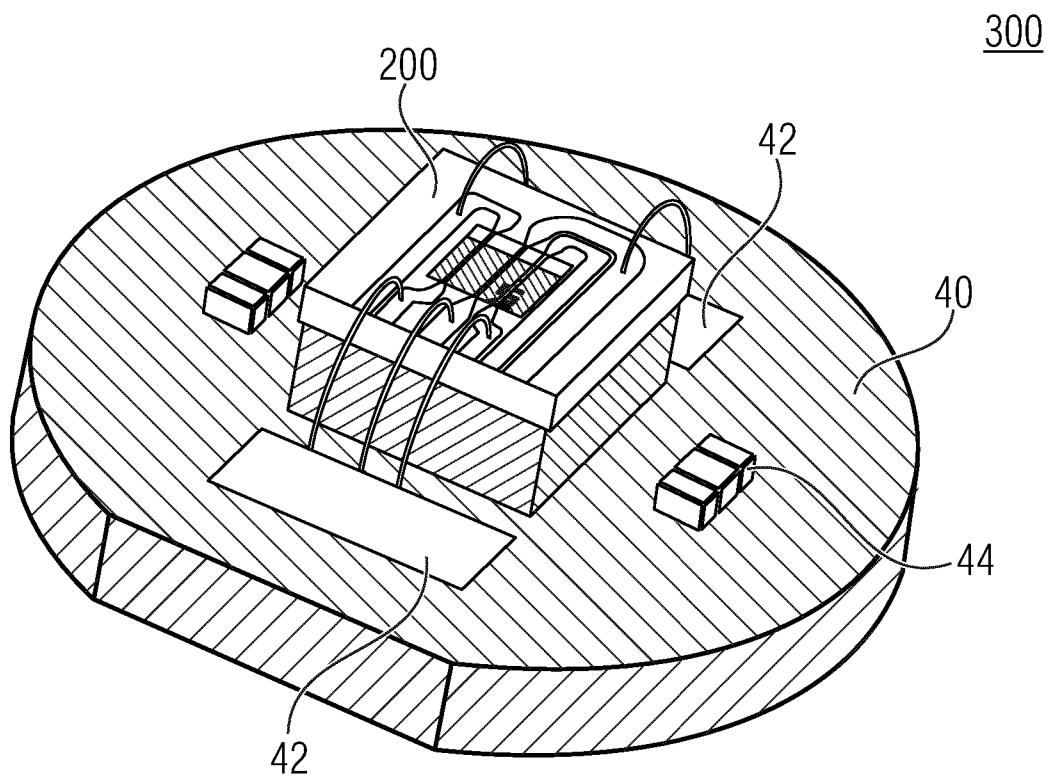


Fig. 3

3/20

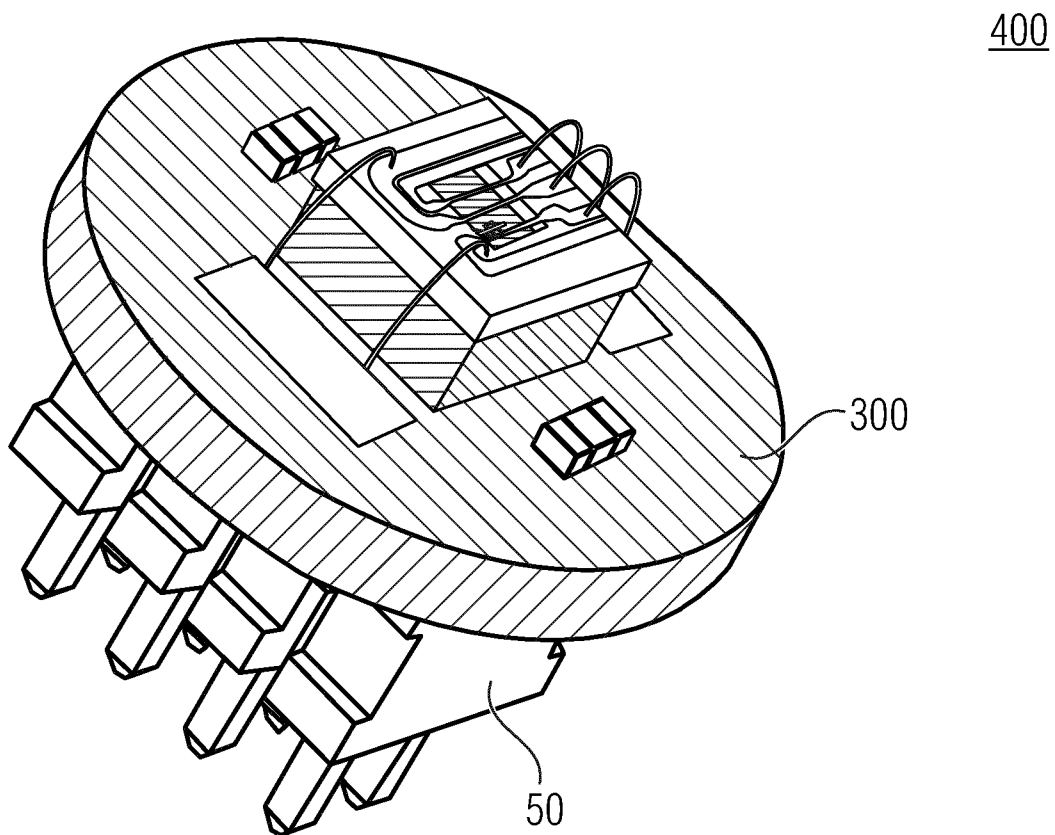


Fig. 4

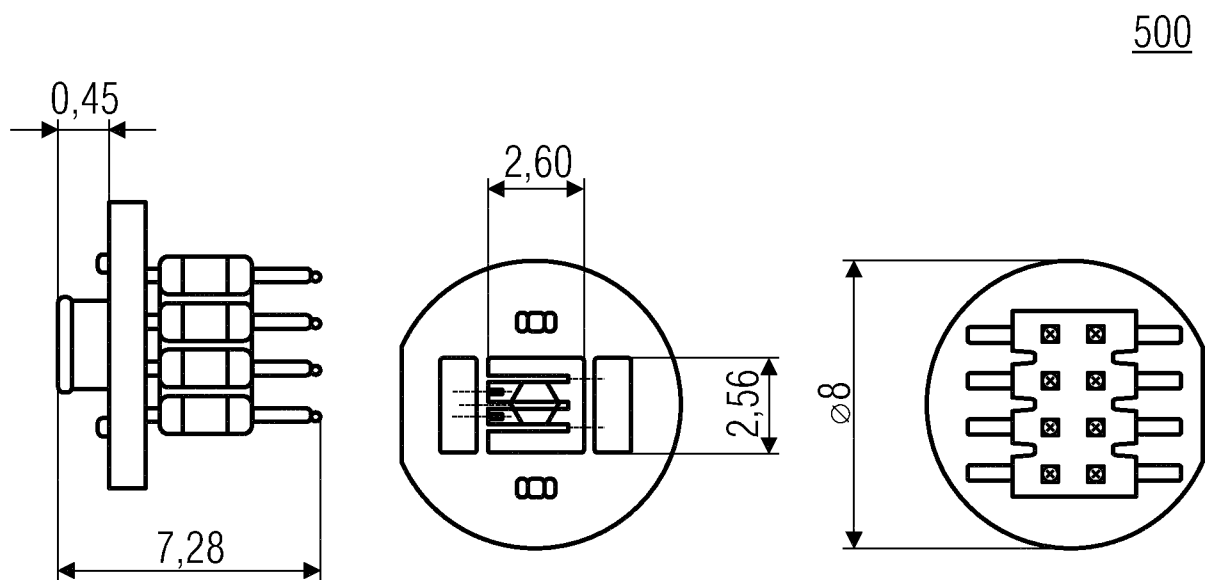


Fig. 5

600

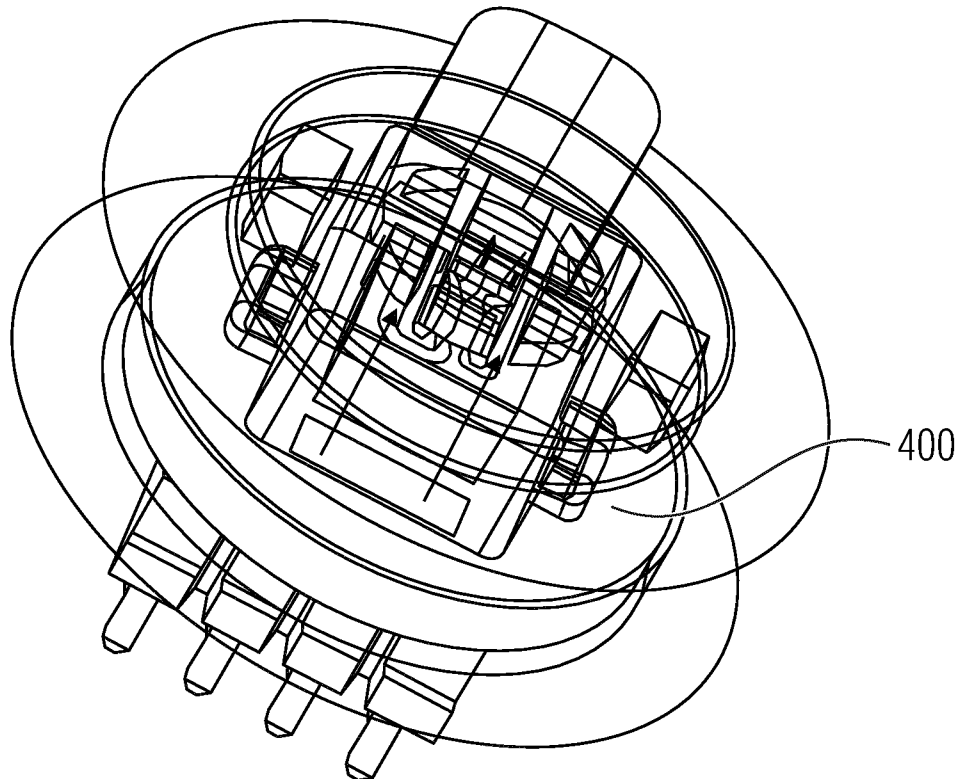


Fig. 6

700

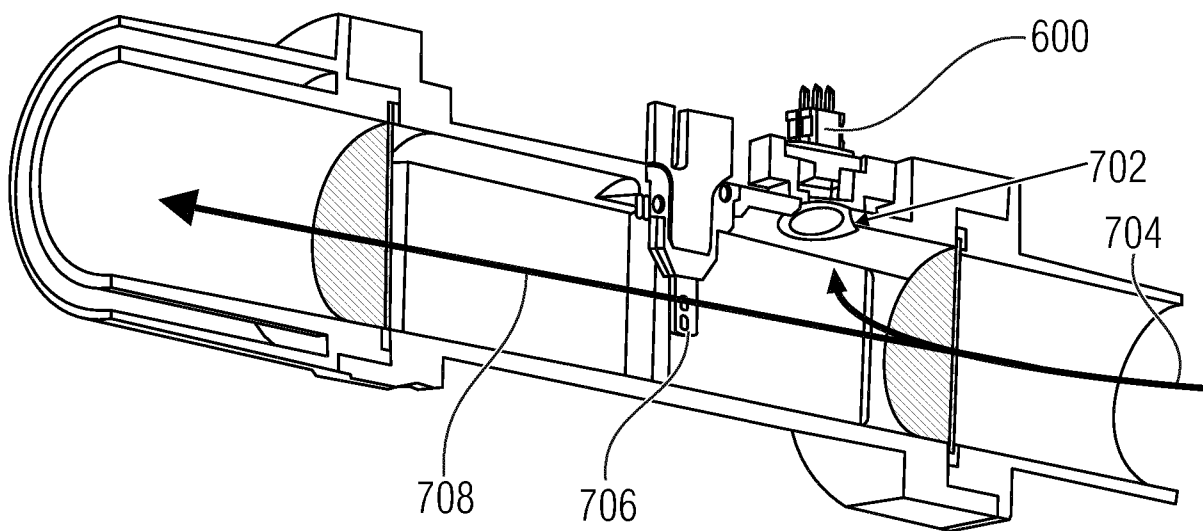
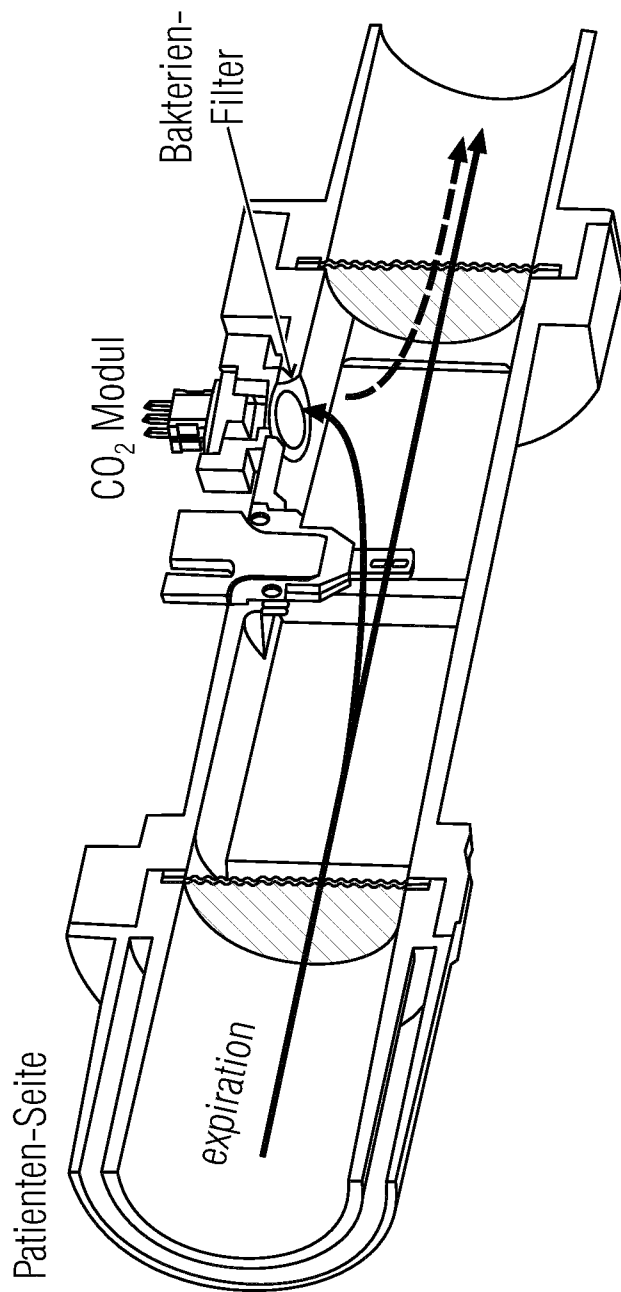


Fig. 7



Während Expiration: CO_2 Konzentration der Patienten in ausgetatmeter Luft
 Diffusion der CO_2 Moleküle durch Bakterien Filter (als Beispiel: mit $1\mu\text{m}$ Maschenweite wird
 eine Diffusionszeit von 7,2ms für einen Konzentrationsprung auf 5vol% am Sensor benötigt).

Fig. 8

6/20

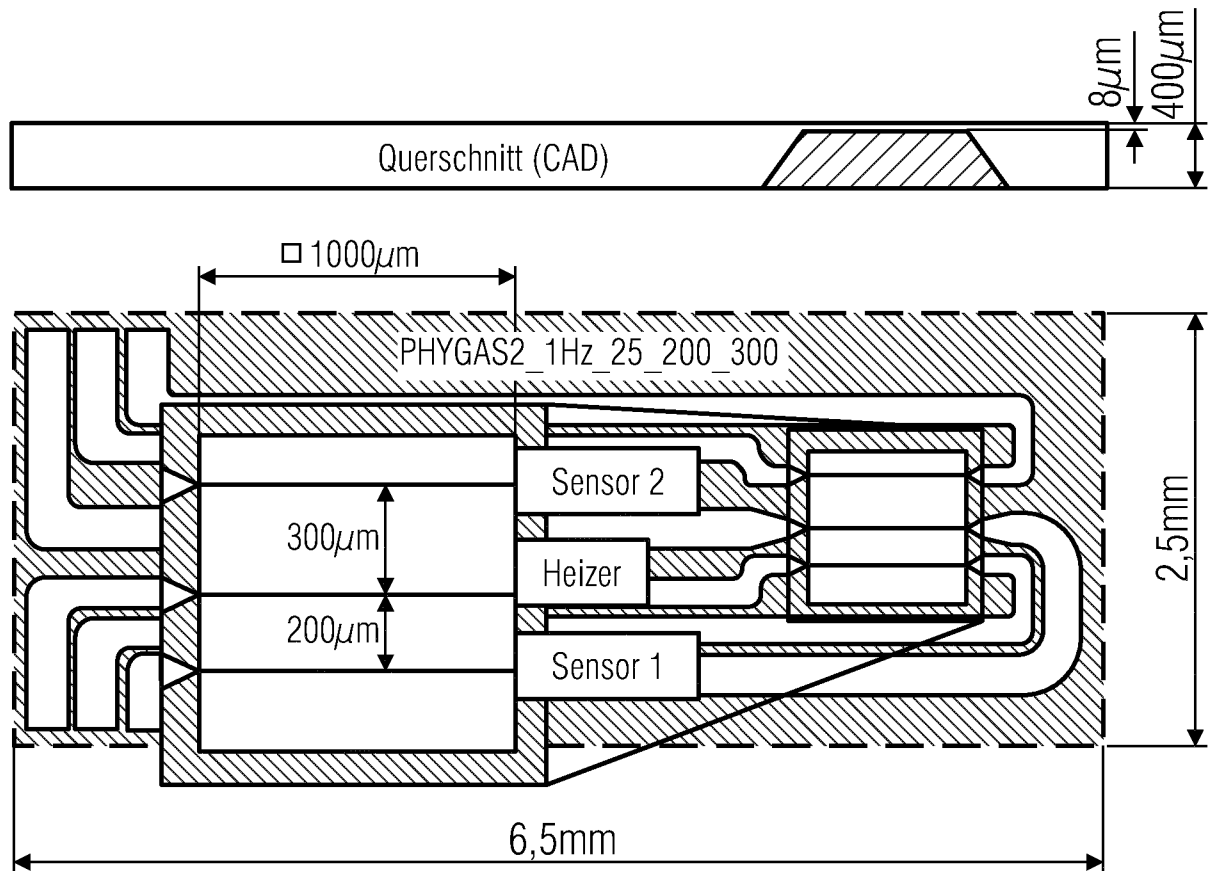


Fig. 9

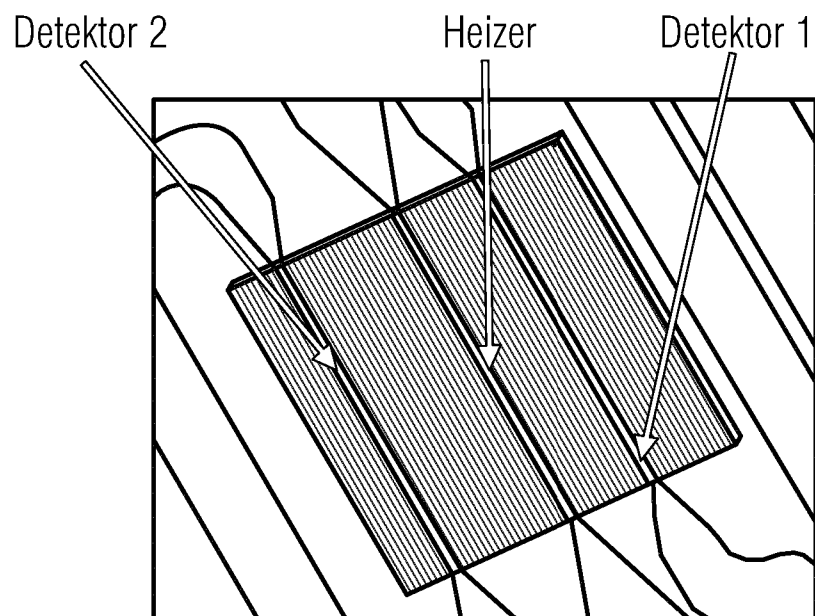


Fig. 10

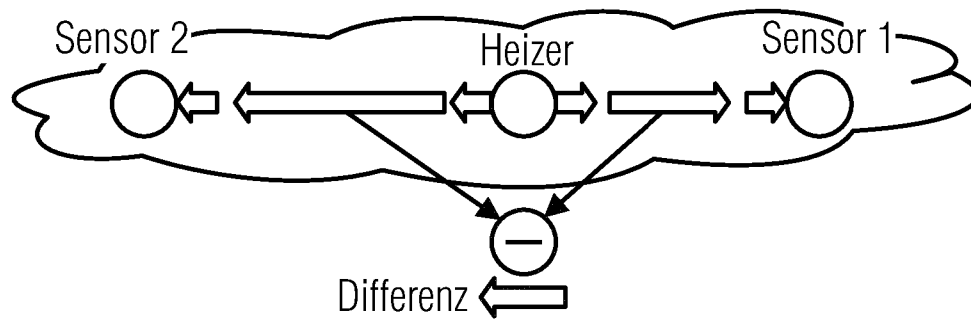


Fig. 11

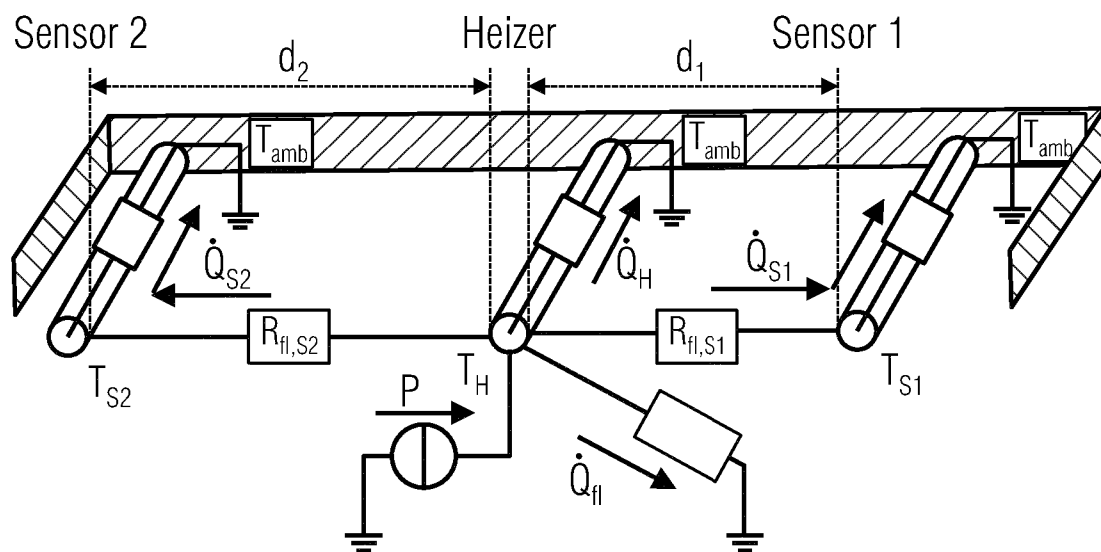


Fig. 12

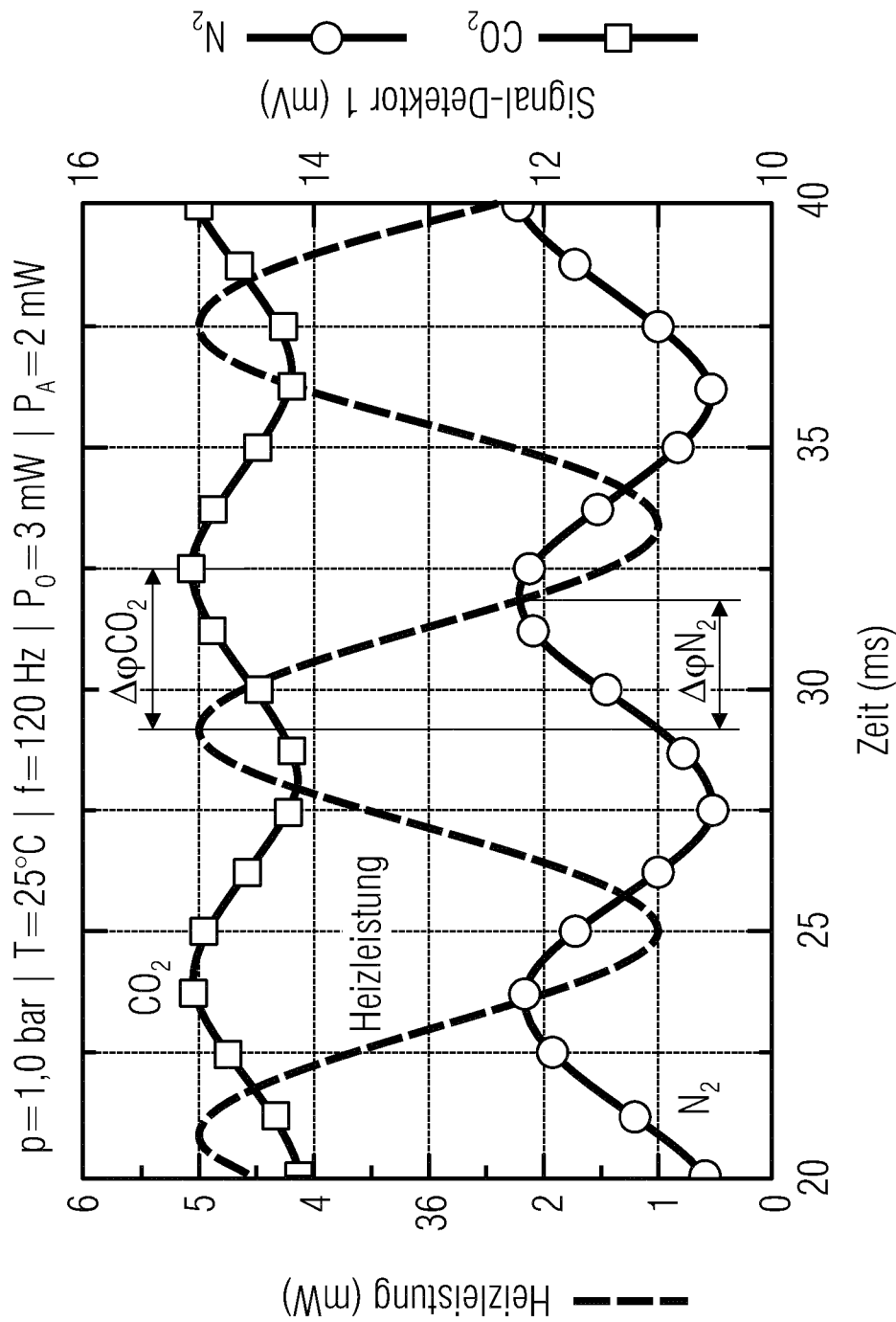


Fig. 13

9/20

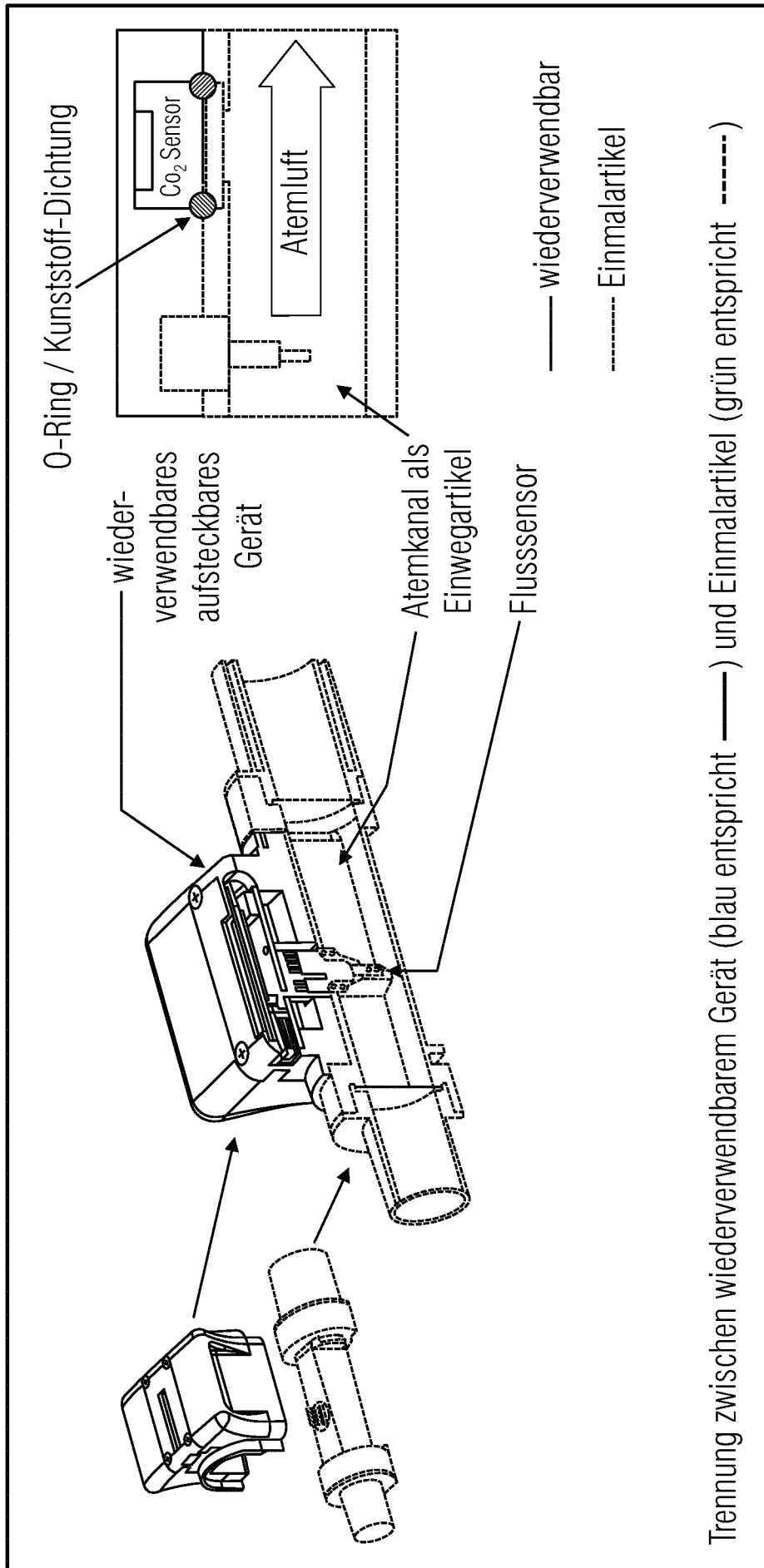


Fig. 14

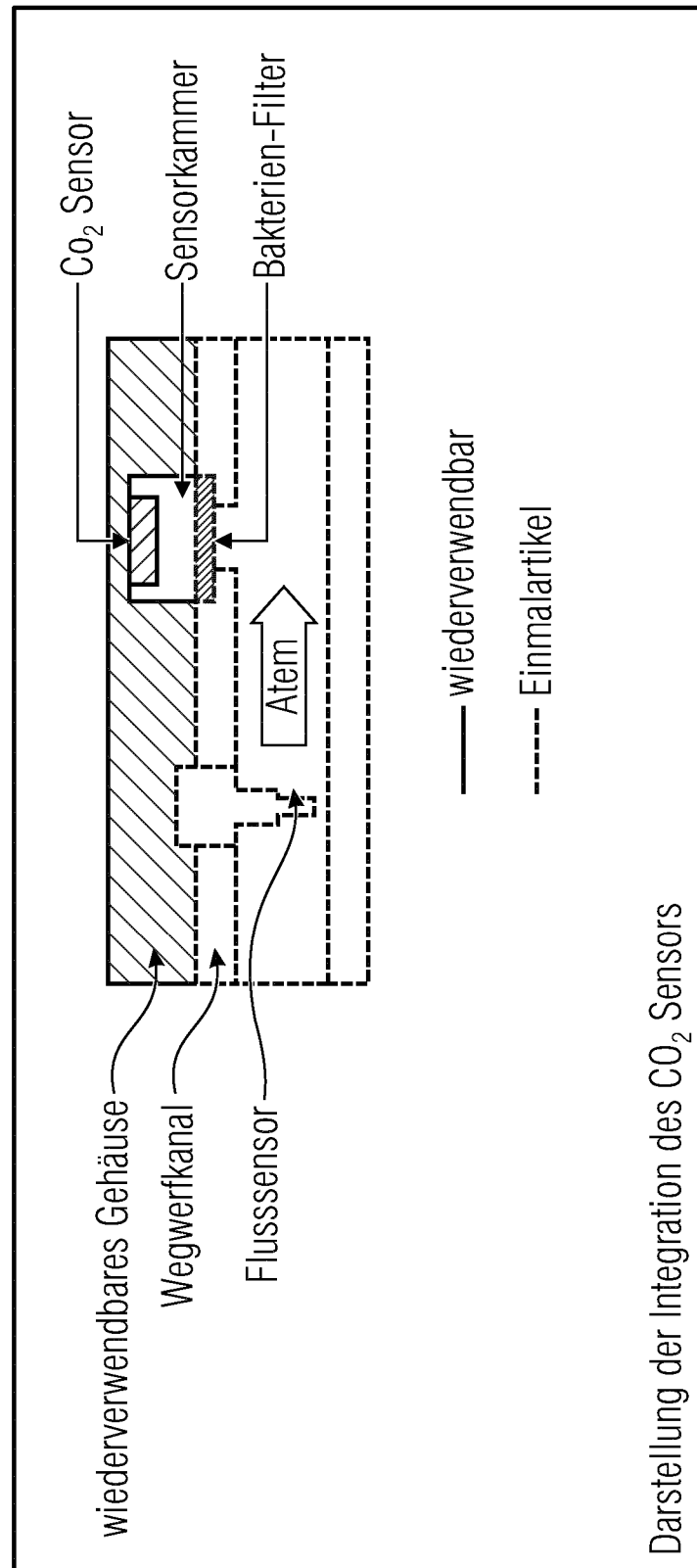
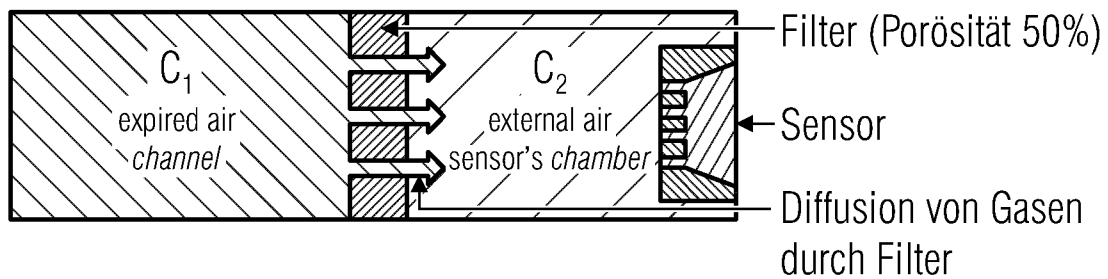


Fig. 15

11/20



Einflussparameter auf die Diffusion nach dem Gesetz von Fick:

Expired air = ausgeatmete Luft

External Air = äußere Luft

Channel = Kanal

Sensor's chamber = Sensorkammer

Filter = Filter

Porosity = Porösität

Sensor = Sensor

Diffusion of gasses through the filter = Diffusion von Gasen durch den Filter

Fig. 16

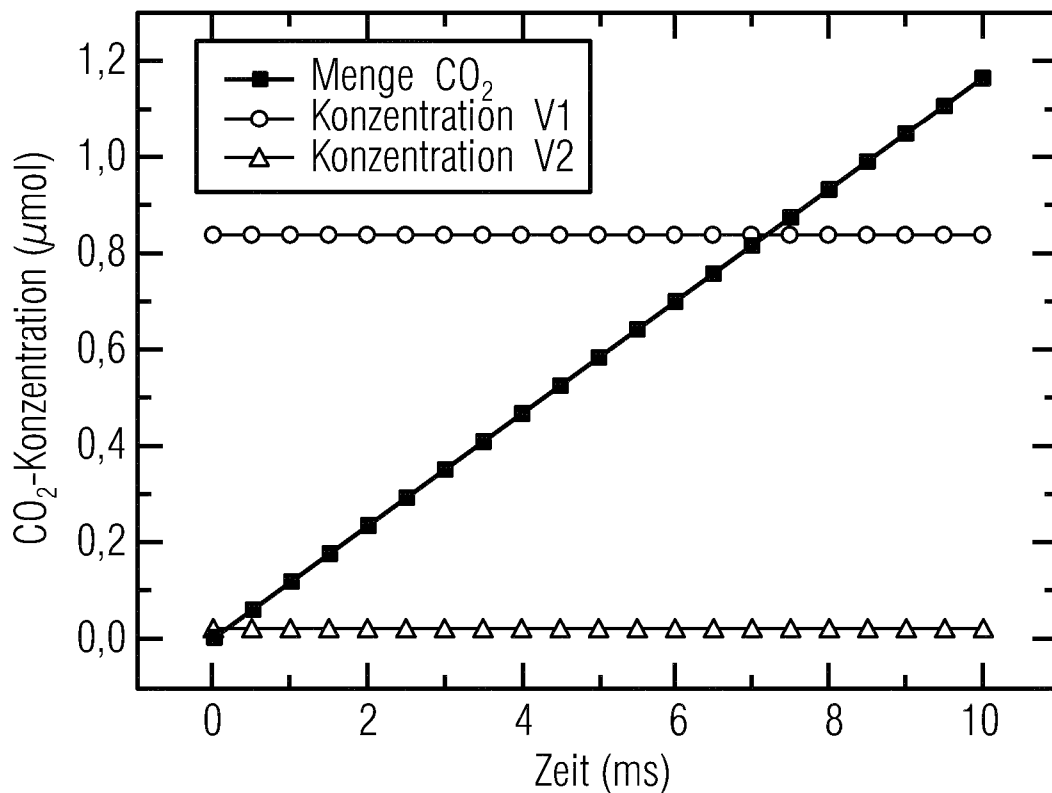
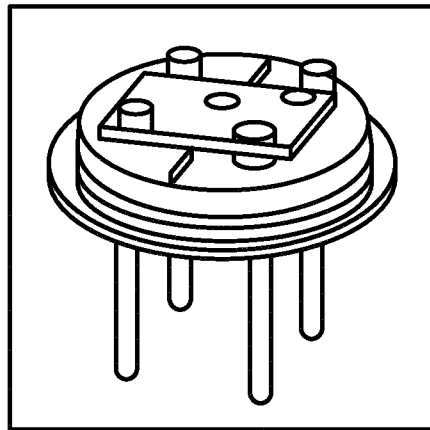


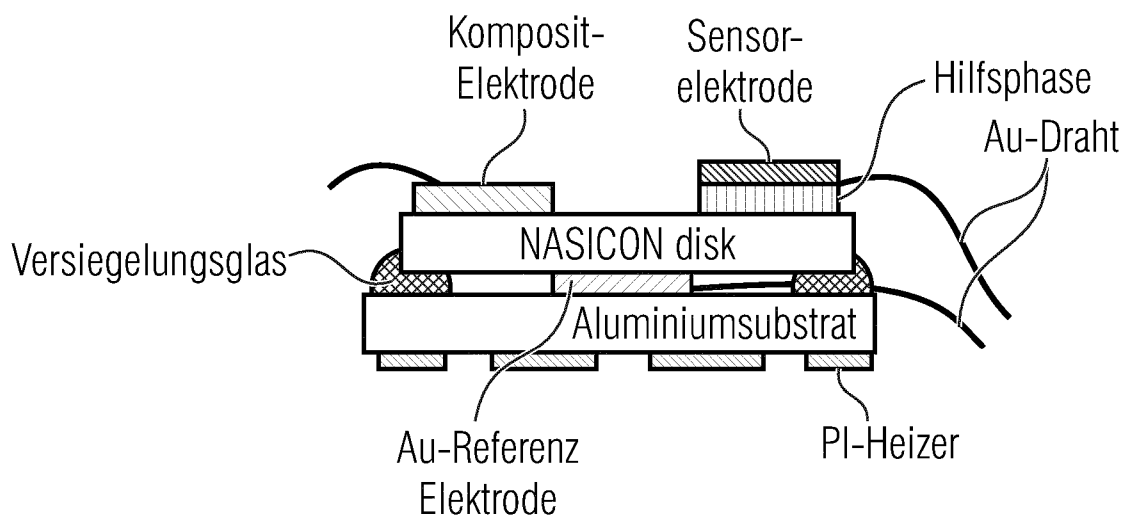
Fig. 17

12/20



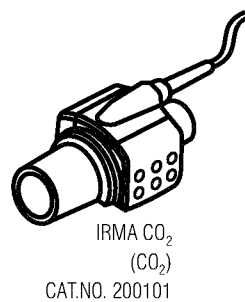
Metalloxid-Sensoren (MOX)

Fig. 18



Elektrochemisch potenziometrische Sensoren (NASICON)

Fig. 19



nichtdispersiver Infrarot-Sensor (NDIR)

Fig. 20

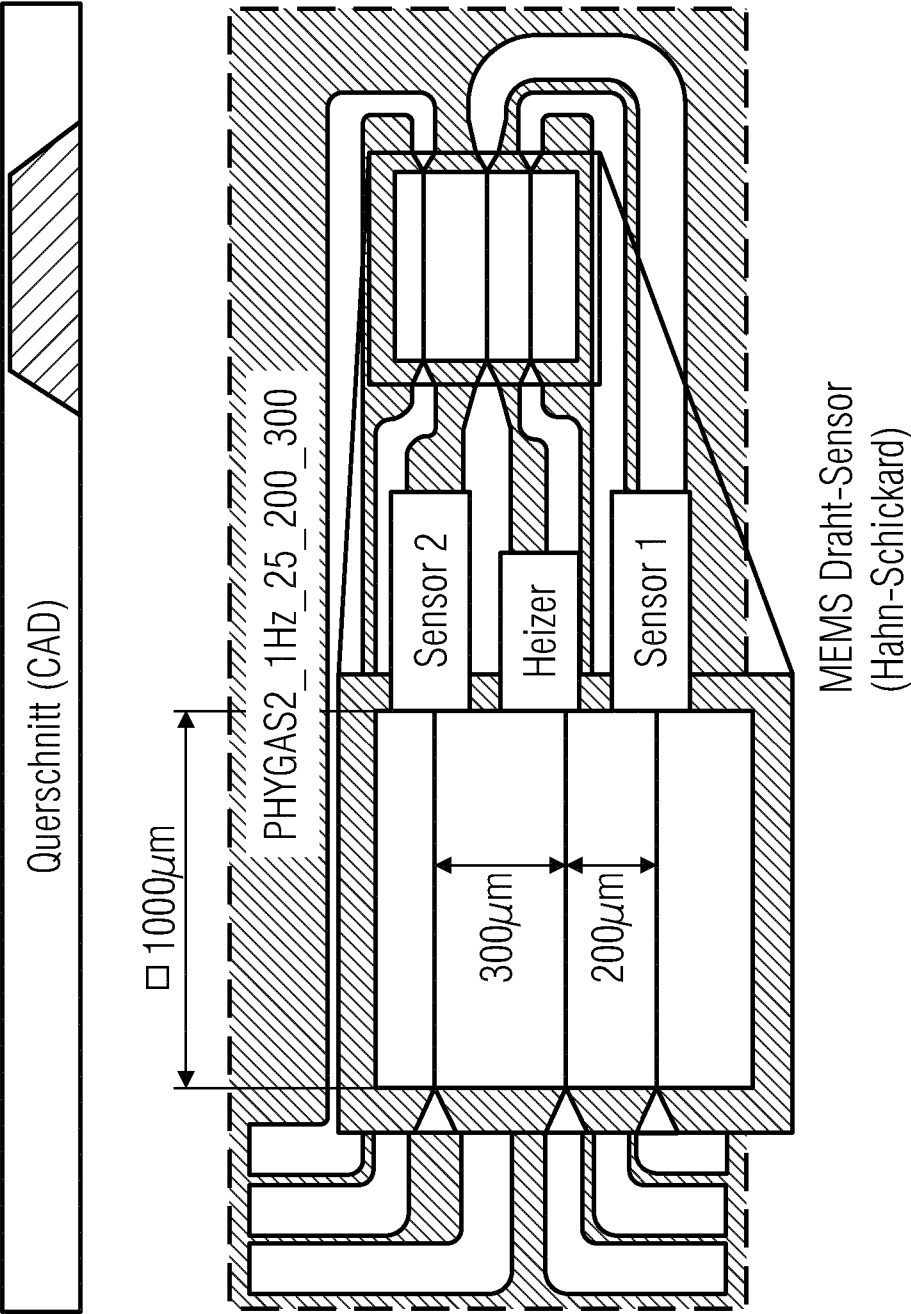
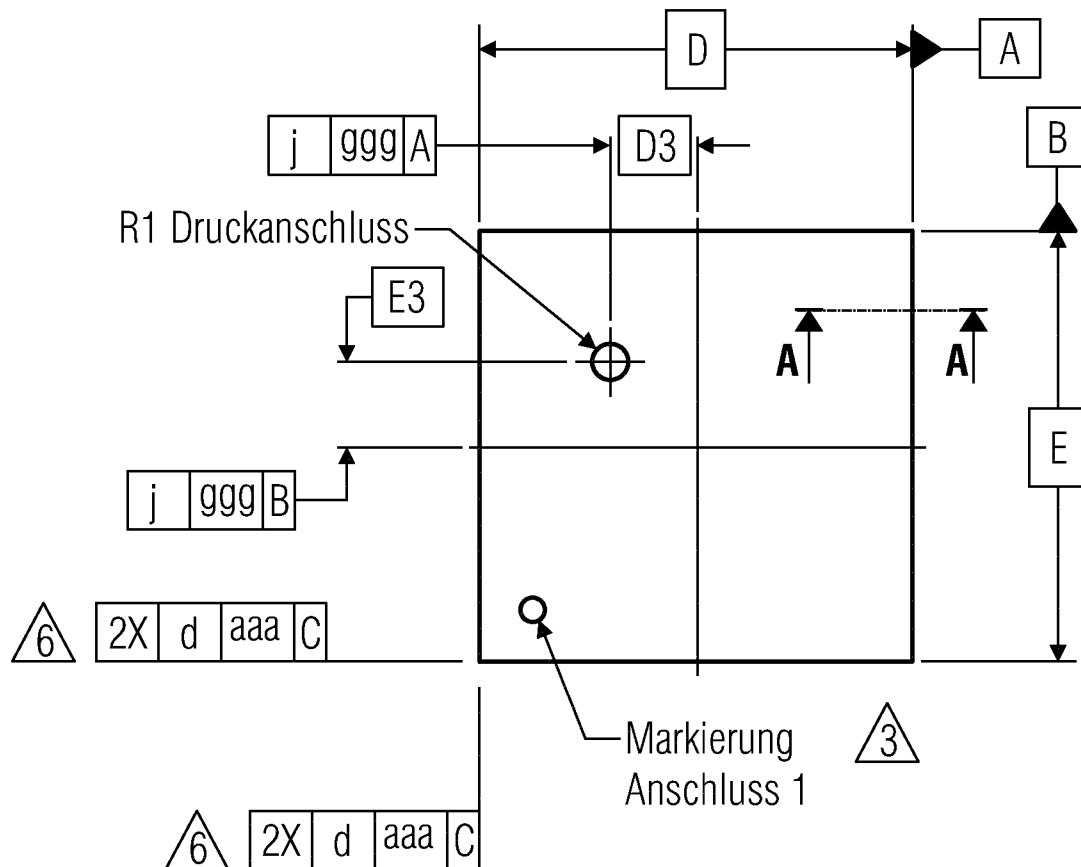


Fig. 21



Draufsicht

Fig. 22

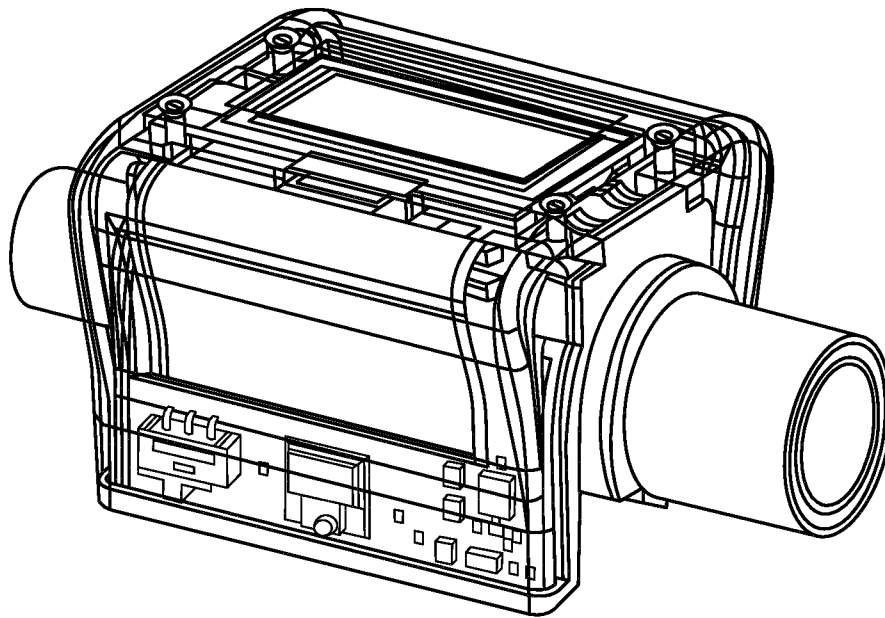


Fig. 23

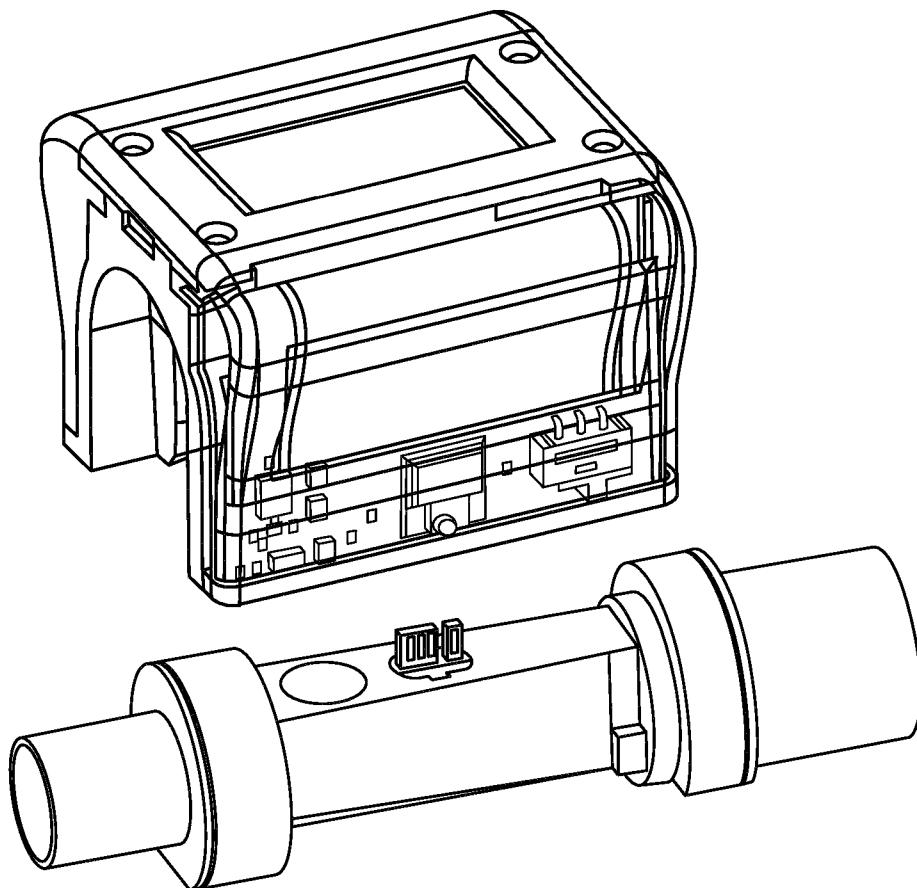
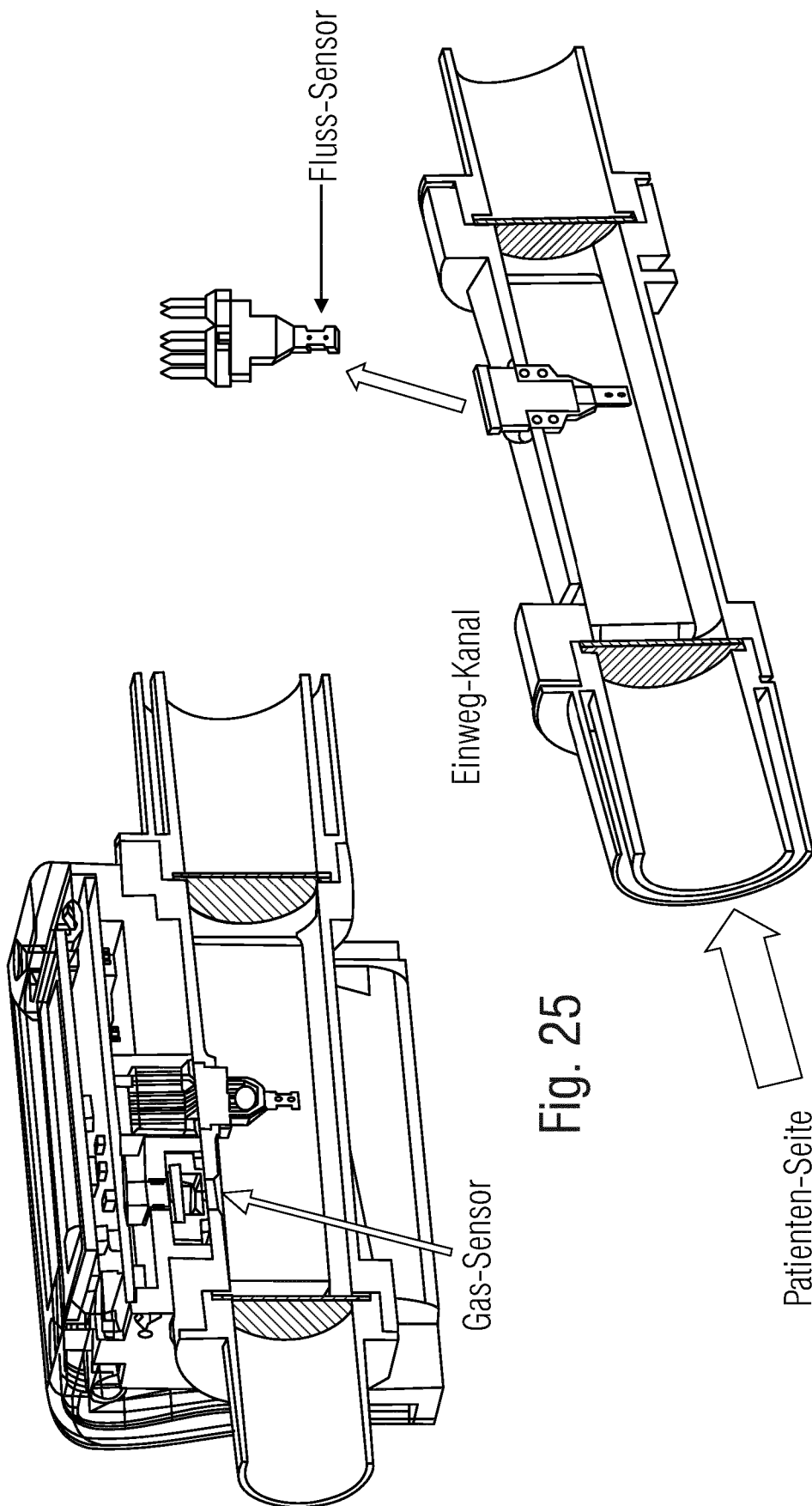


Fig. 24



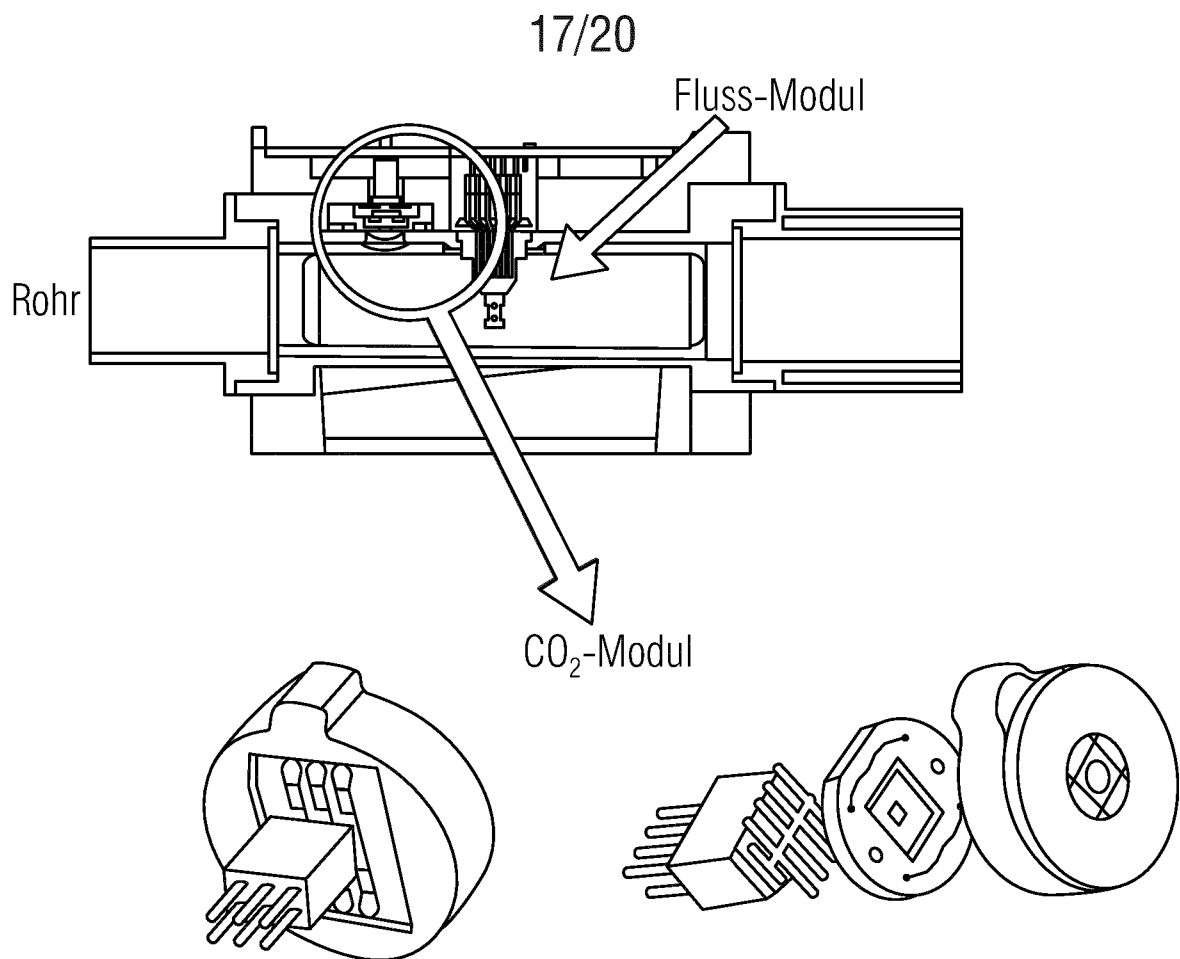


Fig. 27

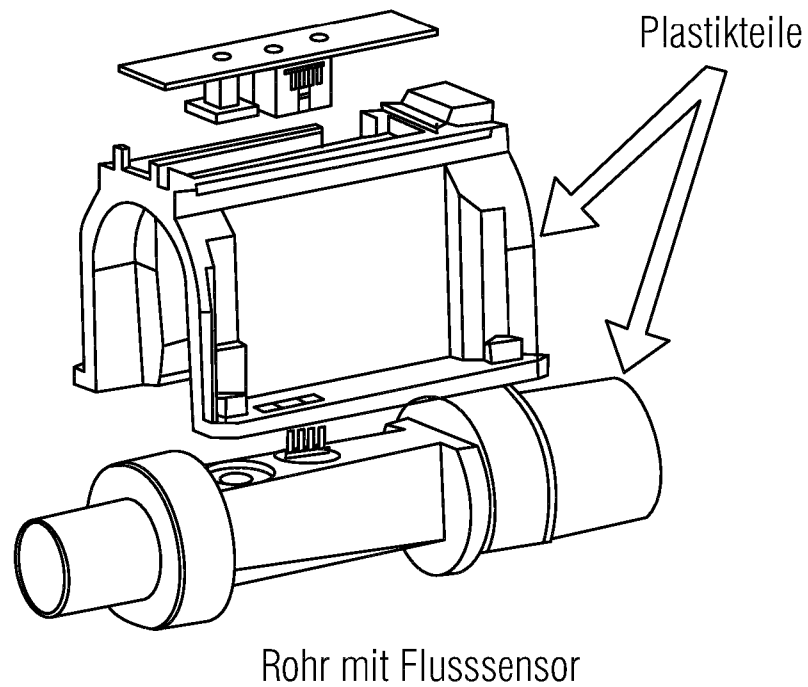


Fig. 28

18/20

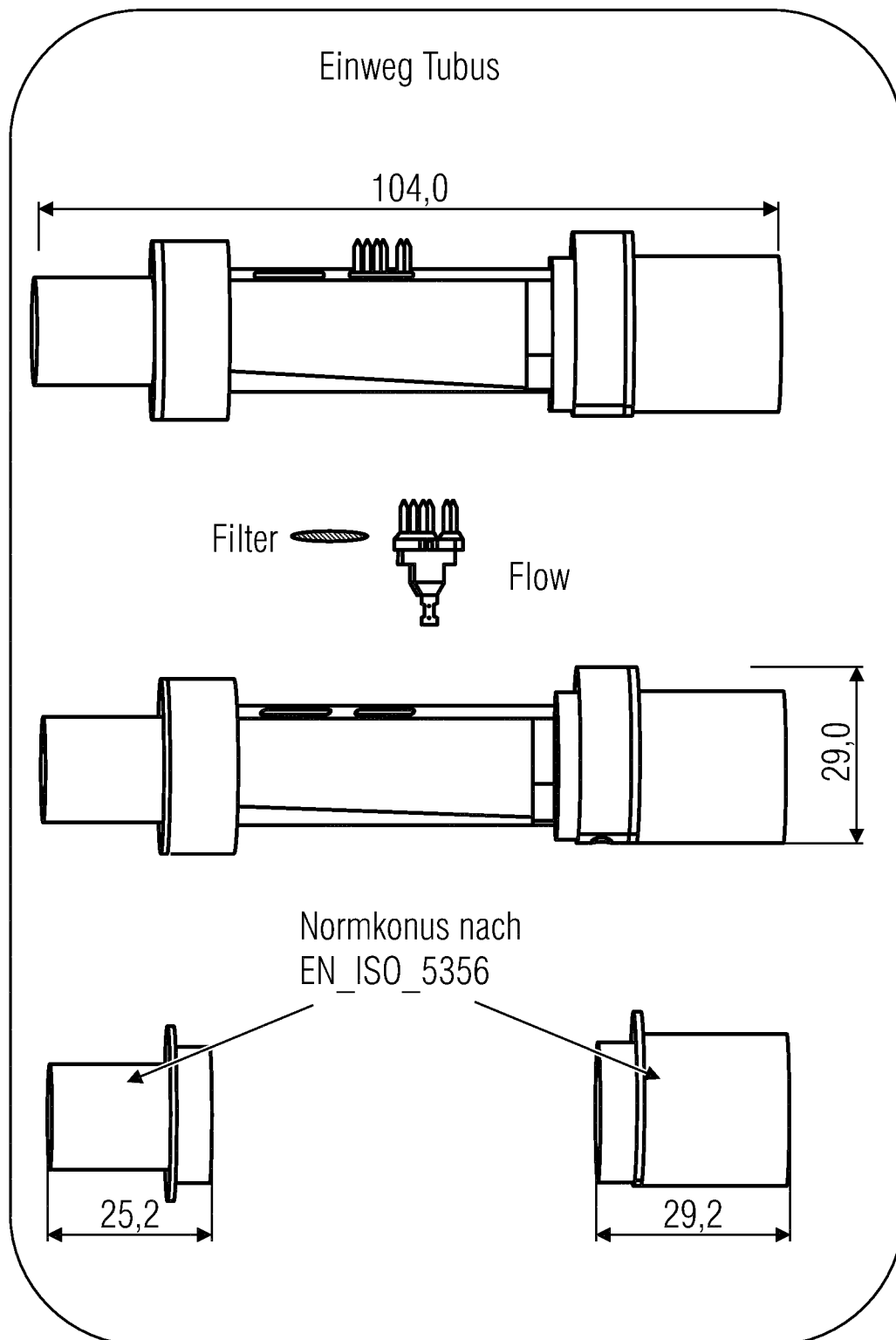


Fig. 29

19/20

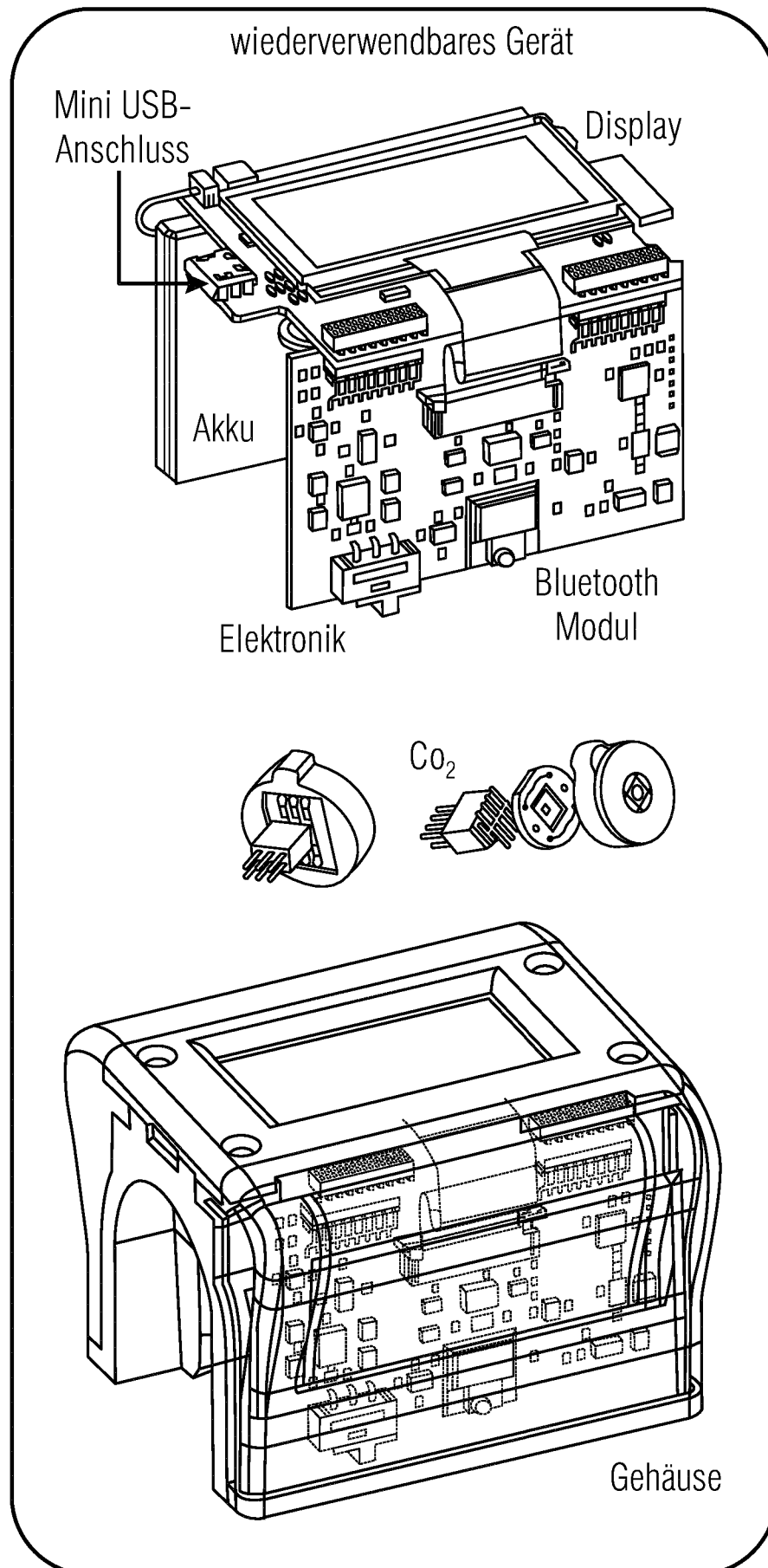


Fig. 30

ERSATZBLATT (REGEL 26)

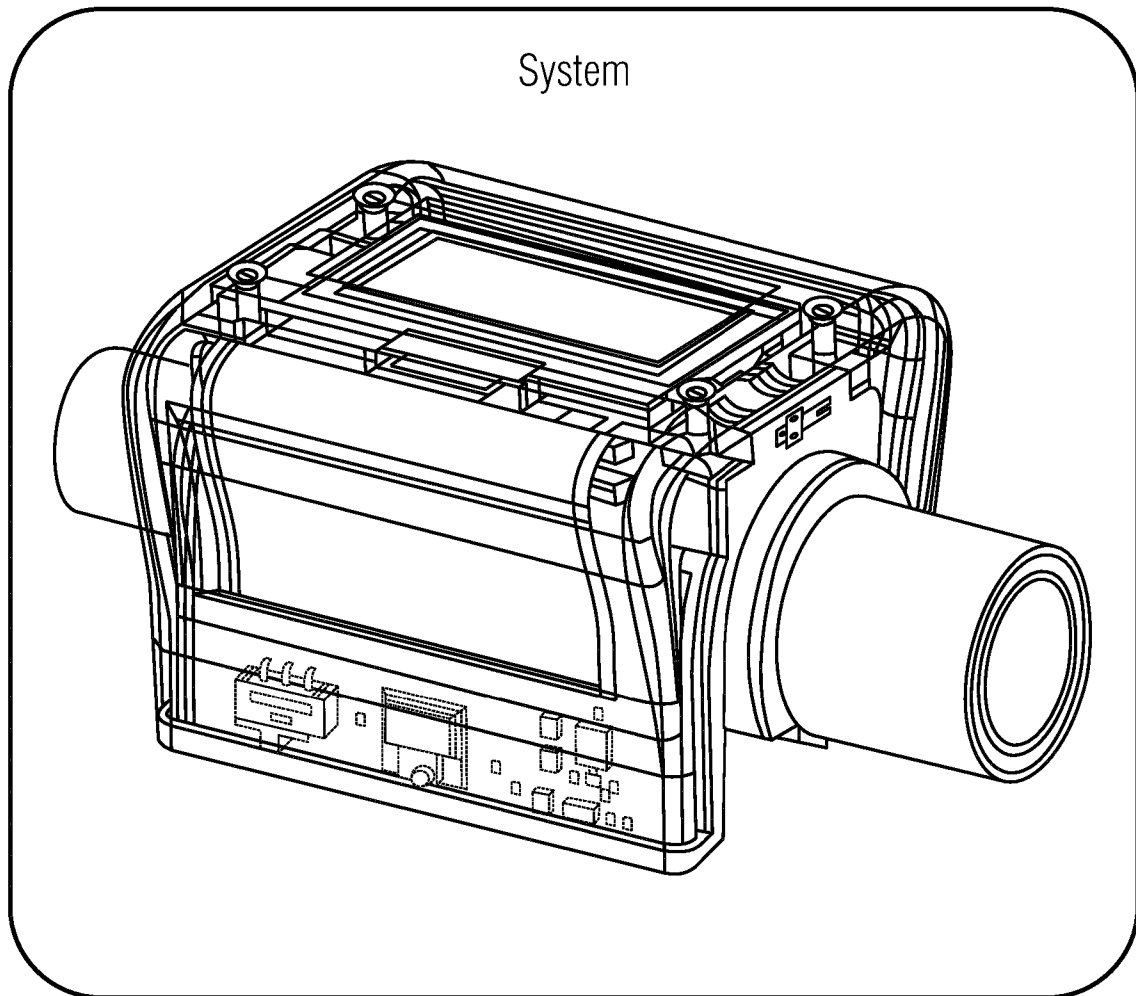


Fig. 31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/071838

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01N 33/497</i> (2006.01)i; <i>G01N 27/18</i> (2006.01)i; <i>G01N 33/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G01N		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017176405 A1 (PRETRE PHILIPPE [CH] ET AL) 22 June 2017 (2017-06-22)	1, 5, 6, 14-20, 31
Y	abstract	21-24
A	paragraphs [0122], [0149] - [0151]; figures 3, 8a	3, 4, 10-13, 25, 29, 30
X	John Van Baar. "Distributed thermal micro sensors for fluid flow" In: Distributed thermal micro sensors for fluid flow, Universiteit Twente , 13 November 2002 (2002-11-13), ISBN: 978-90-36-51828-4. XP055524493	1-9, 14-19, 31
A	page 11 - page 16	10-13, 20-30
Y	DE 102010047159 A1 (DRAEGER MEDICAL GMBH [DE]) 05 April 2012 (2012-04-05)	21-24
A	paragraph [0012]; figure 2 paragraph [0011]	15-20, 25-30
X	US 2011009764 A1 (LANIER GREGORY R [US] ET AL) 13 January 2011 (2011-01-13)	32
	paragraph [0105] - paragraph [0106]	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
21 January 2019		01 February 2019
Name and mailing address of the ISA/EP		Authorized officer
European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Steinmetz, Johannes Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/071838**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-31

Sensor assembly and manufacturing process

2. claim: 32

Method for calibrating a sensor device

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/071838

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017176405	A1	22 June 2017	CN	104181074	A	03 December 2014
				EP	2806271	A1	26 November 2014
				EP	3273237	A1	24 January 2018
				ES	2626074	T3	21 July 2017
				HK	1201922	A1	11 September 2015
				US	2014345363	A1	27 November 2014
				US	2017176405	A1	22 June 2017
				US	2017261480	A1	14 September 2017
DE	102010047159	A1	05 April 2012	NONE			
US	2011009764	A1	13 January 2011	US	2011009764	A1	13 January 2011
				WO	2011008774	A2	20 January 2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N33/497 G01N27/18 G01N33/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	US 2017/176405 A1 (PRETRE PHILIPPE [CH] ET AL) 22. Juni 2017 (2017-06-22) Zusammenfassung Absätze [0122], [0149] - [0151]; Abbildungen 3,8a	1,5,6, 14-20,31 21-24 3,4, 10-13, 25,29,30
X	----- John Van Baar: "Distributed thermal micro sensors for fluid flow" In: "Distributed thermal micro sensors for fluid flow", 13. November 2002 (2002-11-13), Universiteit Twente, XP055524493, ISBN: 978-90-36-51828-4	1-9, 14-19,31
A	Seite 11 - Seite 16 ----- -/-	10-13, 20-30



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Januar 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/02/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Steinmetz, Johannes

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 047159 A1 (DRAEGER MEDICAL GMBH [DE]) 5. April 2012 (2012-04-05)	21-24
A	Absatz [0012]; Abbildung 2 Absatz [0011]	15-20, 25-30

X	US 2011/009764 A1 (LANIER GREGORY R [US] ET AL) 13. Januar 2011 (2011-01-13) Absatz [0105] - Absatz [0106]	32

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☒ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN**PCT/ISA/ 210**

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-31

Sensoranordnung und Verfahren zur Herstellung

2. Anspruch: 32

Verfahren zur Kalibrierung einer Sensorvorrichtung

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/071838

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017176405 A1	22-06-2017	CN 104181074 A	03-12-2014
		EP 2806271 A1	26-11-2014
		EP 3273237 A1	24-01-2018
		ES 2626074 T3	21-07-2017
		HK 1201922 A1	11-09-2015
		US 2014345363 A1	27-11-2014
		US 2017176405 A1	22-06-2017
		US 2017261480 A1	14-09-2017

DE 102010047159 A1	05-04-2012	KEINE	

US 2011009764 A1	13-01-2011	US 2011009764 A1	13-01-2011
		WO 2011008774 A2	20-01-2011
