



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 126 404.4**  
 (22) Anmeldetag: **28.09.2023**  
 (43) Offenlegungstag: **03.04.2025**

(51) Int Cl.: **G01N 27/74 (2006.01)**  
**G01N 33/497 (2006.01)**  
**B64D 13/00 (2006.01)**

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

(56) Ermittelte Stand der Technik:  
**US 2023 / 0 114 548 A1**

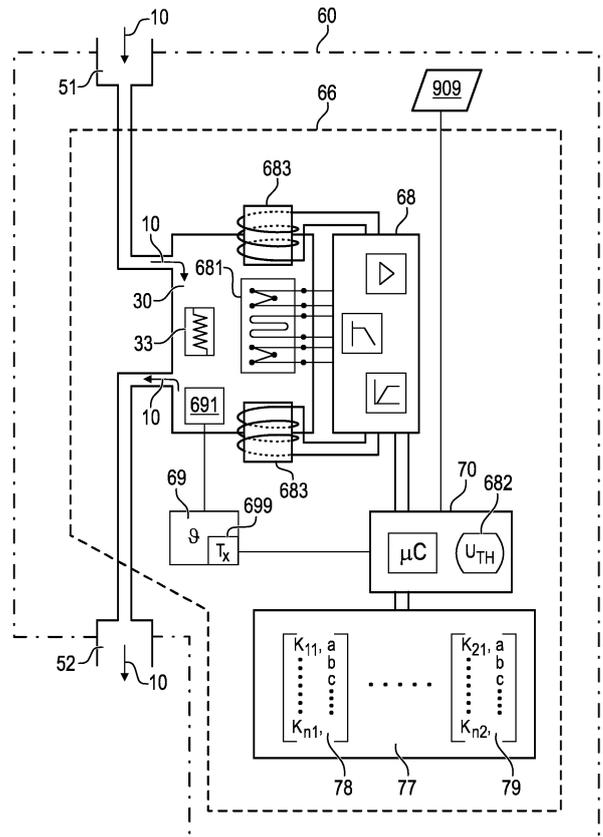
(72) Erfinder:  
**Blumenthal, Tilman von, 23558 Lübeck, DE;**  
**Hansmann, Hans-Ullrich, 23558 Lübeck, DE;**  
**Gerder, Henning, 23558 Lübeck, DE; Jahns,**  
**Robert, 23558 Lübeck, DE; Osterloh, Christoph,**  
**23558 Lübeck, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.  
 Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Messsystem für ein Überwachungssystem**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Messsystem (60, 69, 68) zur Bestimmung von Gaskonzentrationen als Teil eines Überwachungssystems zu einer Überwachung der Atemgasversorgung eines Flugzeugführers in einem Fluggerät. Das Messsystem (60, 69, 68) ist in der Lage, unter variablen Einsatztemperaturen (699) im Flugbetrieb des Fluggerätes eine Sauerstoffkonzentration (909) im Atemgasgemisch (10) des Flugzeugführers zu bestimmen.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein paramagnetisches Messsystem zur Bestimmung von Gaskonzentrationen. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Messsystem, welches als Teil eines Überwachungssystems zu einer Überwachung der Atemgasversorgung mit einer hinreichenden Konzentration an Sauerstoff eines Flugzeugführers in einem Fluggerät angewendet wird.

**[0002]** Das Messsystem ist erfindungsgemäß in der Lage, während eines Einsatzes des Fluggerätes im Flugbetrieb eine Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch des Flugzeugführers zu erfassen.

**[0003]** Zur Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in Gasen werden häufig paramagnetische Verfahren verwendet, die auf der Tatsache basieren, dass Sauerstoffmoleküle aufgrund ihres permanenten magnetischen Dipolmoments paramagnetisch sind, wohingegen die meisten anderen Gase diamagnetische Eigenschaften aufweisen. Es ist allgemein bekannt, dass sich bei paramagnetischen Gasen unter Einfluss magnetischer Felder die Wärmeleitfähigkeit ändert. Die Ursache dieses Verhaltens ist offenbar die Tatsache, dass paramagnetische Gase ein permanentes magnetisches Moment besitzen, das jedoch normalerweise, und zwar aufgrund der thermischen Molekularbewegung der Gasmoleküle, nach außen nicht in Erscheinung tritt. Ein ausreichend starkes externes Magnetfeld sorgt aber dafür, dass die magnetischen Dipolmomente der einzelnen Moleküle ausgerichtet werden. Dies bewirkt einerseits eine Änderung der Suszeptibilität, was eine Erhöhung des magnetischen Flusses zur Folge hat, andererseits stellt sich im Gas eine gewisse Molekülanordnung ein, wodurch die Freiheitsgrade und damit die Möglichkeiten, über Stöße Wärmeenergie an benachbarte Moleküle zu übertragen, eingeschränkt werden. Dadurch verändert sich in einem geringen Maße die Wärmeleitfähigkeit des Gases. Ein Grundprinzip zur Messung von Sauerstoff in einer Messkammer unter Ausnutzung von Wärmeleitungsänderungen im Zusammenhang mit Paramagnetismus wird in der US6430987B1 beschrieben. Die US20230114548A1 beschreibt eine Möglichkeit, zusätzlich zur Messung von Sauerstoff eine Anwesenheit eines Anästhesiegases im Atemgasgemisch zu bestimmen.

**[0004]** Ein Überwachungssystem zu einer Überwachung von Piloten und/oder Copiloten ist aus der US20210405008A1 bekannt. Das Überwachungssystem ist dabei vorzugsweise als Teil der Ausrüstung des Flugzeugführers als eine autarke und mobile, am Körper getragene Einheit mit eigenständiger Energieversorgung ausgestaltet.

**[0005]** Typische Ausgestaltungen von paramagnetischen Messsystemen weisen zumeist eine Temperierung der Messkammer auf eine konstante Temperatur deutlich oberhalb der typischen Umgebungstemperaturen auf, um stabile Verhältnisse für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen mit und ohne Einwirkung des Magnetfeldes sicherzustellen. Wird mittels einer Temperierung auf beispielsweise 55°C für den Messbetrieb ein Temperaturniveau deutlich oberhalb des üblichen Einsatztemperaturbereichs gewählt, so sind Schwankungen in der Umgebungstemperatur nahezu ohne Einfluss auf die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration. Für einen Einsatz in einem mobilen Überwachungssystem mit eigenständiger Energieversorgung bedingt dies, dass ein Teil der - zumeist mittels einer Batterie - mitgeführten mobilen Energiemenge für die Temperierung bereitgehalten werden muss. Ein Betrieb eines mobilen Systems mit Temperierung hat demzufolge vielfältige Konsequenzen, insbesondere in Bezug auf Größe und Gewicht von Batteriespeichern oder Batterielaufzeit mit Einfluss auf die unter diesen Bedingungen maximal erreichbare Einsatzdauer eines solchen Überwachungssystems.

**[0006]** Ausgehend vom Stand der Technik besteht daher ein Bedarf an im Hinblick auf Baugröße und Gewicht praktikablen, mobilen Messsystemen, welche in der Lage sind, eine Konzentration von Sauerstoff mit geringen Einschränkungen hinsichtlich der Einsatzdauer zu erfassen.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Messsystem mit einer Optimierung der Temperierung zur Verfügung zu stellen, um die vorstehend genannten Nachteile zu überwinden.

**[0008]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Messsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

**[0009]** Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

**[0010]** Ein erfindungsgemäßes Messsystem weist zur Lösung der Aufgaben zumindest die folgenden Komponenten auf:

ein Modul zum Gastransport,

eine Messgasleitung,

eine Messvorrichtung

- mit einem Messelement in einer Messkammer,
- mit einem Temperatursensor,
- mit einer Magnetanordnung mit einem Elektromagneten und mit einer Spule,

eine Kalkulations- und Kontrolleinheit mit einem zugeordneten Datenspeicher,

eine Schaltungsanordnung.

**[0011]** Das Modul zum Gastransport ist ausgebildet, mittels der Messgasleitung (sample line) definierte Mengen oder Teilmengen an Atemgasgemisch von einem Messort, insbesondere an der Atemmaske des Flugzeugführers und/oder aus Kabine oder Cockpit anzusaugen und hin zu dem Überwachungssystem bzw. in die Messkammer zu fördern. Dazu ist das Modul zum Gastransport mit Hilfe der Messgasleitung (sample line) pneumatisch und/oder fluidisch mit dem Messort und der Messkammer gasführend verbunden.

**[0012]** Das Messelement ist als ein planares Halbleiter- oder Siliziumelement (MEMS, Halbleiter- Chip) mit einer Membran ausgebildet und weist auf der Membran eine Heizstruktur und an einer Messstelle eine Wärmeleitungs-Messeinheit auf. Die Wärmeleitungs-Messeinheit ist als ein Thermoelement oder als eine Thermosäule (Thermopile) ausgebildet. Die Heizstruktur kann beispielsweise als ein resistives Heizelement ausgebildet sein. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist zu einer Erfassung von von dem Messelement bereitgestellten Thermospannungssignalen der Messvorrichtung ausgebildet.

**[0013]** Die Messvorrichtung weist einen Temperatursensor auf, welcher derart in oder an der Messkammer oder dem Messelement angeordnet ist, einen Temperaturwert zu erfassen, welcher eine Temperatur im Inneren der Messkammer oder eine Temperatur einer Menge eines Atemgasgemisches im Inneren der Messkammer indiziert. Die Messvorrichtung ist mit dem Temperatursensor zu einer Bestimmung eines Temperaturwertes ausgebildet, welcher eine Temperatur im Inneren der Messkammer indiziert.

**[0014]** Die Messvorrichtung ist gemeinsam mit der Schaltungsanordnung zu einer Beheizung der Heizstruktur auf der Membran des Messelementes ausgebildet. Das Messelement ist in der Messkammer derart angeordnet, dass eine Menge des Atemgasgemisches als eine Gasprobe dem Messelement zugeführt werden kann. Das Messelement wird auf eine gegenüber der Temperatur der in der Messkammer befindlichen Menge des Atemgasgemisches erhöhte Arbeitstemperatur aufgeheizt. Die Messvorrichtung ist mit dem Elektromagneten, der Spule und der Schaltungsanordnung zu einer Erzeugung eines auf das Messelement einwirkenden Magnetfeldes ausgebildet. Bei Anwesenheit eines paramagnetischen Gases im Atemgasgemisch am Messelement ändert sich unter Einfluss des Magnetfeldes die Wärmeleitung proportional zum Anteil des paramagnetischen Gases. Ist beispielsweise Sauerstoff im Atemgasgemisch, erfolgt eine Temperaturerhöhung, welche einen Anstieg der am beheizten Messelement erfassbaren Thermospannungssignale zur Folge hat. Ausgestaltungen des Betriebes mittels der Kalkulations- und Kontrolleinheit und der Schaltungsanordnung, insbesondere zu Kontrolle, Steuerung und Regelung der Temperierung des Messelementes können vorzugsweise und beispielsweise:

- als Betrieb mit einer konstanten Heizspannung,
- als Betrieb mit einem konstanten Heizstrom,
- als Betrieb mit einer konstanten Heizleistung

in die Praxis umgesetzt werden.

**[0015]** Die Schaltungsanordnung ist zu einer Signalverarbeitung der Thermospannungssignale mit einer Bereitstellung von Messwerten mit einem Wechselspannungs- Signalanteil und mit einem Gleichspannungs- Signalanteil an die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet.

**[0016]** Die Signalverarbeitung ist mittels geeigneter Schaltkreise, etwa Lock-In- Systemen, Hochpass-/ Tiefpassfilterschaltungen zu einer Aufteilung der Thermospannungssignale in Wechselspannungs- Signalanteil und mit Gleichspannungs- Signalanteil ausgebildet. Geeignete Varianten für den Betrieb der Messelemente und die Signalverarbeitung der Thermospannungssignale finden sich beispielsweise in der US 2023 0114 548 A1.

**[0017]** Die Schaltungsanordnung ist ausgebildet, Messwerte des Messelements mit einem Wechselspannungs- Signalanteil  $U_{x\sim}$  und mit einem Gleichspannungs- Signalanteil  $U_{x=}$  an die Kalkulations- und Kontrolleinheit bereitzustellen.

**[0018]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist mit der Schaltungsanordnung dazu ausgebildet, mittels einer Aktivierung und Deaktivierung des Elektromagneten mit der Spulenordnung ein auf das Messelement wirkendes, moduliertes Magnetfeld zu erzeugen. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist mit der Schaltungsanordnung zu einer Aufteilung der Thermospannungssignale in Wechselspannungs- Signalanteile  $U_{x\sim}$  und Gleichspannungs- Signalanteile  $U_{x=}$  ausgebildet. Die Wechselspannungs- Signalanteile repräsentieren Anteile an Wärmeleitung, welche durch das Magnetfeld moduliert und beeinflusst sind. Eine solche Beeinflussung ist durch den Effekt des Paramagnetismus in der Wärmeleitung für die Anteile an Sauerstoff im Atemgasgemisch gegeben. Die Gleichspannungs- Signalanteile repräsentieren Anteile an der Wärmeleitung im Atemgasgemisch, welche nicht durch das Magnetfeld beeinflussbar sind. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist dazu ausgebildet, aus dem Verhältnis der modulierten Wärmeleitungsanteile zu den Wärmeleitungsanteilen, die nicht durch das Magnetfeld moduliert werden, die aktuelle Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch des Flugzeugführers zu bestimmen. Im idealen Fall stellt das Verhältnis der modulierten Wärmeleitungsanteile zu den Wärmeleitungsanteilen, die nicht durch das Magnetfeld moduliert werden, die aktuelle Sauerstoffkonzentration in Fällen dar, in denen ein binäres Gasgemisch gegeben ist, d.h. beispielsweise ein Gasgemisch aus einem relevanten Anteil an Sauerstoff und einem überwiegenden Anteil an Stickstoff mit vernachlässigbaren Anteilen von Kohlenstoffdioxid, Edelgasen und mit einem geringem Wassergehalt, beispielsweise trockene Umgebungsluft, technische oder medizinische Druckluft. In der Realität ist einem Atemgasgemisch jedoch kein binäres Gasgemisch gegeben, da während der Ausatmung insbesondere die Konzentrationen an Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid deutlich gegenüber der Einatmung erhöht sind. Zur Berücksichtigung von Gasgemischen, etwa Atemgasgemische mit mehr als zwei relevanten Gasanteilen werden Kennlinien für eine Korrektur des Verhältnisses der modulierten Wärmeleitungsanteile zu den Wärmeleitungsanteilen, die nicht durch das Magnetfeld moduliert werden, benötigt. Zusätzlich können noch andere physikalische Bedingungen wie z.B. der absolute Umgebungsdruck als Parameter in die Ausgestaltung der Kennlinien hinzugenommen werden.

**[0019]** Die Anzahl und Auswahl der erforderlichen Kennlinien ist entscheidend, aber bedeutet auch eine steigende Komplexität bei der systemischen oder der individuellen Kalibrierung und im Messbetrieb. Aus den Kennlinien werden vorzugsweise Koeffizienten für lineare oder höhere Ableitung der Einflüsse berechnet.

**[0020]** Für Konzentrationen von Sauerstoff ( $O_2$ ) in einem Atemgasgemisch ergibt sich beispielhaft der folgende Ansatz zur Aufstellung von Kennlinien gemäß der nachfolgenden Formel 1:

$$C_{O_2} = K_1 * a_1 / b_1 + K_2 * (a_1 / b_1)^2 + K_3 * a_1 + K_4 * a_1^2 + K_5 * b_1 + K_6 * b_1^2 + K_7 * c_1 + \dots,$$

wobei  $K_x$  die Koeffizienten der im Atemgas gegebenen Komponenten darstellen und die Größen  $a_1, b_1, c_1, \dots$  jeweils Messgrößen der Wärmeleitung abbilden, etwa die vom Magnetfeld abhängigen Wärmeleitungen und die vom Magnetfeld unabhängigen Wärmeleitungen der Gase im Gasgemisch. Zudem können die Größen  $a_1, b_1, c_1, \dots$  auch Angaben zu Dampfdrücken, Taupunkten der Gase im Gasgemisch oder deren Wassergehalt im Gasgemisch umfassen. Diese Koeffizienten stehen für den nachfolgenden Messbetrieb dem Messsystem zur Verfügung.

**[0021]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist erfindungsgemäß ausgebildet, einen Temperatureffekt der Wärmeleitfähigkeit mit in die Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch des Flugzeugführers einzubeziehen. Bei der Ausgestaltung des Messsystems erfolgt eine Aufnahme von Kennlinien, welche beispielsweise den Einfluss von Materialeigenschaften der Messelemente, Effekte und Randbedingungen von Einströmung, Strömung und/oder Ausströmung von zugeführten Mengen an Atemgasgemisch in die Messkammer, von Materialeigenschaften und konstruktiven Aufbauten der Messkammer oder durch Prozesse der Halbleiterfertigung der Messelemente (MEMS), etwa in Gestalt möglicher Streuungen in der Membrandicke der Messelemente widerspiegeln.

**[0022]** Um diese Einflüsse auszugleichen oder zu kompensieren, können für verschiedene Zusammensetzungen des Atemgasgemisches mit Anteilen an Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Feuchtigkeit bzw. Wasserdampf die Thermospannungssignale mit Wechselspannungs- Signalanteilen und Gleichspannungs- Signalanteilen und/oder die Verhältnisse von Wechselspannungssignalanteilen zu Gleichspannungssignalanteilen für typische Atemgasgemische mit Anteilen an Sauerstoff im Atemgasgemisch im Rahmen einer Funktionsüberprüfung messtechnisch erfasst werden und in einem Datenspeicher (RAM, ROM) als Datensätze,

welche dann in Form einer Kennlinie, einer Kennlinienschar oder als ein Kennfeld für dieses Messsystem individuell oder systemisch charakterisieren, abgelegt und gespeichert werden.

**[0023]** Im Messbetrieb des Messsystems im Einsatz für die Bestimmung von Gaskonzentrationen bei einer Versorgung eines Flugzeugführers werden die Datensätze aus dem Datenspeicher dann verwendet, um aus den Wechselspannungs- Signalanteilen und Gleichspannungs- Signalanteilen die aktuelle Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch des Flugzeugführers mit möglichst hoher Genauigkeit zu bestimmen. Die Aufnahmen der Kennlinien oder des Kennfeldes erfolgen üblicherweise bei Normalbedingungen von Druck und Temperatur oder bei typischen definierten Umgebungsbedingungen von Druck und Temperatur, beispielsweise nach dem mit der Formel 1 beschriebenen Ansatz bei einem temperierten Messsystem mit auf Betriebstemperatur stabil eingeschwungenen Temperaturniveau im Inneren der Messkammer. Ein geeignetes Temperaturniveau wird beispielsweise oberhalb von 35°C, etwa bei 37°, 45°C oder 50°C gebildet.

**[0024]** Soll nun, wie durch die Aufgabe der vorliegenden Erfindung beabsichtigt, die Energiemenge, welche zu der Temperierung erforderlich ist, reduziert werden oder gar weitgehend entfallen, so kann mit einer Kennlinie oder einem Kennfeld, welches ausschließlich auf Messwerten und Daten basiert, welche bei einem einzigen Temperaturniveau erfasst worden sind, insbesondere bei einem Wegfall der Temperierung bei dann variablen Temperaturverhältnisse im Betrieb nicht die gleiche Genauigkeit der Konzentrationsbestimmung von Sauerstoff erreicht werden wie bei einem Betrieb mit einer Temperierung der Messkammer auf stabile 50°C. Daher ist es erforderlich, den Temperatureffekt der Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Gasanteile im Atemgasgemisch auch für von einer stabilen Temperierung der Messkammer abweichende Temperaturen bei der Signalauswertung und Bestimmung einer aktuellen Sauerstoffkonzentration in dem Atemgasgemisch mit zu berücksichtigen und einzubeziehen. Auch ein Betrieb mit Schwankungen im Temperaturniveau im Inneren der Messkammer soll ermöglicht sein. Im Messbetrieb spielt dabei der Temperatursensor eine wesentliche Rolle, um das aktuelle Temperaturniveau im Inneren der Messkammer oder das Temperaturniveau des Atemgasgemisches - wie auch Schwankungen im Temperaturniveau - kontinuierlich zu ermitteln und der Kalkulations- und Kontrolleinheit bereitzustellen.

**[0025]** Eine erfindungsgemäße Einbeziehung des Temperatureffekts kann auf die nachfolgend beschriebene Art und Weise erfolgen. Erfindungsgemäß erfolgt die Aufnahme der Thermospannungssignale zur Bildung von Kennlinien oder Kennfeldern der Messelemente an mindestens zwei definierten und unterschiedlichen Temperaturniveaus.

**[0026]** Dies kann beispielsweise im Rahmen eines Tests des Messsystems im Anschluss an die Assemblierung oder Konfiguration oder auch im Rahmen einer zeitlich nachgelagerten Justage oder Kalibrierung erfolgen. Die Thermospannungssignale mit Wechselspannungs- und Gleichspannungs- Signalanteilen und/oder das Verhältnis von Wechselspannungs- zu Gleichspannungs- Signalanteil als ein Quotient werden für unterschiedliche und typische Zusammensetzungen von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch als eine erste Situation im Atemgasgemisch bei einem ersten Temperaturniveau ermittelt und als eine Kennlinie, eine Kennlinienschar oder ein Kennfeld als ein erster Datensatz im Datenspeicher abgelegt. Die Thermospannungssignale mit Wechselspannungs- und Gleichspannungs- Signalanteilen und/oder das Verhältnis von Wechselspannungs- zu Gleichspannungs- Signalanteil als ein Quotient werden für unterschiedliche und typische Zusammensetzungen von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch als eine zweite Situation im Atemgasgemisch bei mindestens einem weiteren zweiten Temperaturniveau ermittelt und als eine Kennlinie, eine Kennlinienschar oder ein Kennfeld als ein zweiter Datensatz im Datenspeicher abgelegt.

**[0027]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist auf Basis der Wechselspannungs- und Gleichspannungs-Signalanteile ausgebildet,

- unter Einbeziehung des Temperaturwertes, der ein aktuelles Temperaturniveau im Inneren der Messkammer indiziert,
- unter Einbeziehung des ersten Datensatzes und
- unter Einbeziehung des zweiten Datensatzes

eine Bestimmung einer aktuellen Sauerstoffkonzentration in dem Atemgasgemisch durchzuführen.

**[0028]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist damit ausgebildet, auf Basis der Wechselspannungs- und Gleichspannungs- Signalanteile, des aktuellen Temperaturniveaus im Inneren der Messkammer, am Messelement oder der Menge an Atemgasgemisch in der Messkammer, sowie des ersten und des zweiten Daten-

satzes ein Ausgabesignal zu bestimmen, welches eine Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch indiziert. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit kann dazu für die mindestens zwei Temperaturniveaus jeweils entsprechende Kennlinien, nach dem zuvor in der Formel 1 beschriebenen Ansatz anwenden.

**[0029]** Dabei können dann für mindestens zwei weitere Temperaturniveaus die Koeffizienten entsprechend als Koeffizienten  $R_x$ ,  $S_x$  ausgebildet und die Messgrößen  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  der Wärmeleitung für die mindestens zwei weiteren Temperaturniveaus als  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ , bzw.  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  ausgebildet und entsprechend jeweils im ersten, bzw. zweiten Datensatz abgelegt und für den Messbetrieb bereitgehalten werden. Eine Berücksichtigung des ersten Temperaturniveaus als Basis für den ersten Datensatz erfolgt beispielsweise mit dem Ansatz gemäß der nachfolgenden Formel 2:

$$C_{O_2} = R_1 * a_2 / b_2 + R_2 * (a_2 / b_2)^2 + R_3 * a_2 + R_4 * a_2^2 + R_5 * R_1 + R_6 * b_2^2 + R_7 * c_2 + \dots$$

**[0030]** Eine Berücksichtigung des weiteren oder zweiten Temperaturniveaus als Basis für den zweiten Datensatz erfolgt beispielsweise mit dem Ansatz gemäß der nachfolgenden Formel 3:

$$C_{O_2} = S_1 * a_3 / b_3 + S_2 * (a_3 / b_3)^2 + S_3 * a_3 + S_4 * a_3^2 + S_5 * S_1 + S_6 * b_3^2 + S_7 * c_3 + \dots$$

**[0031]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist zu einer Bereitstellung des Ausgabesignals, welches die bestimmte Sauerstoffkonzentration indiziert, ausgebildet.

**[0032]** Nachfolgend erfolgt eine zusammenfassende Beschreibung der erfinderischen Ausgestaltung des Messsystems zur Bestimmung von Gaskonzentrationen bei Versorgung eines Flugzeugführers mit Atemgasgemisch. Das Messsystem weist ein Modul zum Gastransport, eine Messgasleitung und eine Messvorrichtung auf.

**[0033]** Die Messvorrichtung weist ein Messelement in einer Messkammer auf.

**[0034]** Das Modul zum Gastransport ist zu einer Zuführung einer Menge eines Atemgasgemisches zu dem Messelement in der Messkammer ausgebildet.

**[0035]** Die Messvorrichtung weist eine Kalkulations- und Kontrolleinheit mit einem zugeordneten Datenspeicher und eine Schaltungsanordnung auf. Die Messvorrichtung weist zudem eine Anordnung mit einem Elektromagneten und einer Spule auf.

**[0036]** Die Messvorrichtung ist mit der Schaltungsanordnung zu einem Betrieb einer Heizstruktur auf einer Membran des Messelementes ausgebildet, um definierte Wärmemengen in das Atemgasgemisch oder auf Teilmengen des Atemgasgemisches in der Messkammer zu übertragen.

**[0037]** Die Messvorrichtung ist mit dem Temperatursensor zu einer Bestimmung eines Temperaturwertes, welcher eine Temperatur im Inneren der Messkammer indiziert, ausgebildet.

**[0038]** Die Messvorrichtung ist mit dem Elektromagneten, der Spule und der Schaltungsanordnung zu einer Erzeugung eines auf das Messelement einwirkenden Magnetfeldes ausgebildet.

**[0039]** Die Schaltungsanordnung ist ausgebildet, Messwerte des Messelements mit einem Wechselspannungs- Signalanteil und mit einem Gleichspannungs- Signalanteil an die Kalkulations- und Kontrolleinheit bereitzustellen.

**[0040]** Im Datenspeicher sind ein erster Datensatz mit ersten Werten und mindestens ein zweiter Datensatz mit weiteren Werten hinterlegt. Der erste Datensatz indiziert eine Situation von Gasen oder Atemgasgemischen an einem ersten Temperaturniveau. Der zweite Datensatz indiziert eine Situation von Gasen oder Atemgasgemischen an einem zweiten Temperaturniveau. In besonderen Ausführungsformen kann im Datenspeicher mindestens ein weiterer oder dritter Datensatz mit weiteren Werten für ein drittes oder weitere Temperaturniveaus hinterlegt sein, welcher eine dritte oder weitere Situationen im Atemgasgemisch an einem weiteren Temperaturniveau indizieren.

**[0041]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist ausgebildet, auf Basis der Wechselspannungs- Signalanteile, Gleichspannungs- Signalanteile unter Einbeziehung des Temperaturwertes, der ein aktuelles Temperaturni-

veau im Inneren der Messkammer indiziert, unter Einbeziehung des ersten Datensatzes und des zweiten Datensatzes eine aktuelle Sauerstoffkonzentration in dem Atemgasgemisch zu bestimmen.

**[0042]** Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist zu einer Bereitstellung eines Ausgabesignals, welches eine aktuelle Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch indiziert, ausgebildet.

**[0043]** Die nachfolgend aufgeführten Ausführungsformen zeigen drei beispielhafte Varianten, wie die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet sein kann, den aktuellen Temperaturwert und die im Datenspeicher hinterlegten Datensätze im Messbetrieb in die Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch einzubeziehen.

**[0044]** Zur Erläuterung einer ersten Variante sei beispielhaft angenommen, dass der erste Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 25°C als Datenbasis aufweist und der zweite Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 40°C als Datenbasis aufweist. In diesem ersten Beispiel sei das im Messbetrieb herrschende Temperaturniveau mit 35°C gegeben. In dieser ersten Variante wäre es ein Ansatz, im Messbetrieb den zweiten Datensatz so lange zu verwenden, wie das aktuelle Temperaturniveau des Atemgasgemisches oberhalb von 30°C gegeben ist und dann auf den ersten Datensatz umzuschalten, sobald das aktuelle Temperaturniveau des Atemgasgemisches unterhalb von 31°C gegeben ist. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit ist in einer entsprechenden bevorzugten Ausführungsform ausgebildet, den aktuellen Temperaturwert, den ersten Datensatz und den zweiten Datensatz oder den dritten oder auch weitere Datensätze mittels einer Umschaltung zwischen den Datensätzen zur Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration einzubeziehen.

**[0045]** Zur Erläuterung einer zweiten Variante gemäß einer weiteren bevorzugte Ausführungsform sei beispielhaft angenommen, dass der erste Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 25°C als Datenbasis aufweist und der zweite Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 40°C als Datenbasis aufweist. In diesem zweiten Beispiel sei das im Messbetrieb herrschende Temperaturniveau mit 32°C gegeben.

**[0046]** In dieser zweiten Variante wäre es ein Ansatz, im Messbetrieb eine Interpolation der Daten des ersten und des zweiten Datensatzes durchzuführen und im Betrieb einen interpolierten Datensatz zu erzeugen, der für das aktuelle Temperaturniveau von 32°C im Hinblick auf unterschiedliche und typische Zusammensetzungen von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch repräsentativ ist.

**[0047]** Vorzugsweise kann bei einer Anzahl von zwei Datensätzen eine lineare Interpolation zur Anwendung kommen.

**[0048]** Zur Erläuterung einer dritten Variante gemäß einer weiteren bevorzugte Ausführungsform sei beispielhaft angenommen, dass der erste Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 25°C als Datenbasis aufweist und der zweite Datensatz ein Kennfeld mit einem Temperaturniveau von 40°C als Datenbasis aufweist. In diesem zweiten Beispiel sei das im Messbetrieb herrschende Temperaturniveau mit 20°C gegeben.

**[0049]** In dieser dritten Variante wäre es ein Ansatz, im Messbetrieb eine Extrapolation der Daten des ersten und des zweiten Datensatzes auf das aktuelle Temperaturniveau von 20°C durchzuführen und im Betrieb einen extrapolierten Datensatz zu erzeugen, der für das aktuelle Temperaturniveau von 20°C im Hinblick auf unterschiedliche und typische Zusammensetzungen von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch repräsentativ ist.

**[0050]** Vorzugsweise kann bei einer Anzahl von zwei Datensätzen eine lineare Extrapolation zur Anwendung kommen und bevorzugte Ausführungsformen ausbilden.

**[0051]** In weiter bevorzugten Ausführungsformen können die Thermospannungssignale, deren Wechselspannungs- und Gleichspannungs- Signalanteile und/oder deren Quotient für unterschiedliche und typische Zusammensetzungen von Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch für weitere Temperaturniveaus ermittelt und als Kennlinien, Kennlinienschar oder Kennfeld als weitere Datensätze im Datenspeicher abgelegt werden. Damit kann beispielsweise in vorteilhafter Weise erreicht werden, dass die Umschaltung auf Basis des Temperaturwertes zum aktuellen Messzeitpunkt im Messbetrieb zwischen verschiedenen Kennlinien feinstufiger erfolgen kann. Damit kann alternativ in vorteilhafter Weise beispielsweise auch erreicht werden, dass Interpolationen wie auch Extrapolationen auf Basis des Temperaturwertes zum aktuel-

len Messzeitpunkt im Messbetrieb anhand einer Vielzahl von Stützpunkten auf den Kennlinien mit verbesserter Annäherung an den realen Temperatureffekt erfolgen können.

**[0052]** Zudem können bei mehr als drei oder fünf Stützpunkten auch nichtlineare Interpolationen oder Extrapolationen zur Anwendung kommen.

**[0053]** In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Interpolation oder die Extrapolation als eine lineare Interpolation oder Extrapolation oder eine abschnittsweise lineare Interpolation oder Extrapolation von der Kalkulations- und Kontrolleinheit durchgeführt werden.

**[0054]** In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Interpolation oder die Extrapolation als eine nichtlineare Interpolation oder nichtlineare Extrapolation, insbesondere als eine quadratische oder als eine kubische Interpolation oder Extrapolation von der Kalkulations- und Kontrolleinheit durchgeführt werden.

**[0055]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet sein, in Zusammenarbeit mit einer Messkammerbeheizung eine Temperierung der Messkammer auf ein Temperaturniveau mit einer vorgegebenen Temperaturdifferenz oberhalb der Umgebungstemperatur, beispielsweise oberhalb der im Cockpit des Luftfahrzeugs gegebenen Temperatur, durchzuführen. Auf diese Weise kann mit einem geringen Aufwand an Heizenergie eine Kondensation in der Messkammer verhindert werden. Zur Ausgestaltung dieser weiter bevorzugten Ausführungsform in der Praxis ist es erforderlich, dass der Kalkulations- und Kontrolleinheit an einer Schnittstelle ein Temperaturwert bereitgestellt wird, welcher die Umgebungstemperatur und/oder die Cockpitterperatur indiziert.

**[0056]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet sein, nach einem Ablauf vorbestimmter Zeitintervalle eine Temperierung der Messkammer auf ein Temperaturniveau deutlich oberhalb einer typischen Körpertemperatur des Luftfahrzeugführers und der aktuellen Umgebungstemperatur für eine vorgegebene Zeitdauer zu initiieren. Auf diese Weise kann mit einem geringen Aufwand an Heizenergie während der vorgegebenen Zeitdauer einerseits eine Kondensation in der Messkammer sicher verhindert werden. Zudem kann der Einfluss von den Temperaturabhängigkeiten der Wärmeleitfähigkeiten der im Atemgasgemisch beteiligten Gase Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoffdioxid, wie auch der Einfluss von Feuchtigkeit auf die Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch für die Dauer der vorgegebenen Zeitdauer reduziert werden.

**[0057]** Auf diese Weise kann von Zeit zu Zeit ein aktueller Sauerstoffkonzentrationswert des Atemgasgemisches ermittelt werden, der sich dadurch auszeichnet, dass er eine verbesserte Genauigkeit gegenüber dem mittels Umschaltungen, Interpolationen oder Extrapolationen auf Basis des ersten und zweiten Datensatzes ermittelten Sauerstoffkonzentrationswert aufweist.

**[0058]** In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Kalkulations- und Kontrolleinheit in einer Zusammenarbeit mit einer Messkammerbeheizung ausgebildet sein, eine Temperierung der Messkammer auf ein ausgewähltes Temperaturniveau für eine vorgegebene Zeitdauer durchzuführen. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit kann dabei ausgebildet sein, das für die vorgegebene Zeitdauer ausgewählte Temperaturniveau anhand des aktuellen Temperaturwertes und anhand mindestens eines der im Datenspeicher hinterlegten Datensätze auszuwählen. Damit kann in vorteilhafter und energiesparender Weise ermöglicht werden, die Temperierung der Messkammer mit geringem Unterschied zum aktuellen Temperaturniveau durchzuführen, indem die Temperierung der Messkammer auf ein Temperaturniveau ausgeführt wird, welches auch bei der Erzeugung des ersten Datensatzes oder des zweiten oder der weiteren Datensätze gegeben war.

**[0059]** Dazu ein Beispiel: Die aktuelle Temperatur in der Messkammer sei 33 °C, der erste Datensatz umfasst eine Kennlinie, eine Kennlinienschar oder ein Kennfeld mit einer Bezugstemperatur von 25°C, der zweite Datensatz umfasst eine Kennlinie, eine Kennlinienschar oder ein Kennfeld mit einer Bezugstemperatur von 40°C. Erfolgt nun eine stabile Temperierung der Messkammer auf 40°C, so kann der zweite Datensatz in direkter Weise, also ohne eine Anwendung von Interpolationen oder Extrapolationen zur Anwendung kommen. Die Kalkulations- und Kontrolleinheit kann dann aus den Thermospannungssignalen mit Wechselspannungs- Signalanteil und Gleichspannungs- Signalanteil unter Einbeziehung des Temperaturwertes - im vorliegenden Beispiel dann 40°C - ausschließlich unter Einbeziehung des zweiten Datensatzes eine aktuelle Sauerstoffkonzentration in dem Atemgasgemisch bestimmen. Auf diese Weise kann fortwährend oder auch nur von Zeit zu Zeit im Messbetrieb ein aktueller Sauerstoffkonzentrationswert des Atemgasgemisches ermittelt werden, der sich dadurch auszeichnet, dass er eine verbesserte Genauigkeit gegenüber dem mittels Umschaltungen, Interpolationen oder Extrapolationen auf Basis des ersten und zweiten Datensatzes ermittel-

ten Sauerstoffkonzentrationswert aufweist, wobei nur ein geringer Energieaufwand für die zeitweilige Temperierung erforderlich ist.

**[0060]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet sein, in die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration einen Messwert eines Drucksensors, welcher ein Druckniveau in der Messkammer indiziert, und/oder eine bereitgestellte Information hinsichtlich eines Druckniveaus im Atemgasgemisch einzubeziehen. In einem vergleichbaren Vorgehen, wie zu den mit den Formeln 1, 2, 3 dargestellten Ansätzen für unterschiedliche Temperaturniveaus als Basis zur Realisierung von in Datensätzen im Datenspeicher abgelegten Kennlinien, Kennfeldern oder Scharen von Kennlinien, können in dieser bevorzugten Ausführungsform weitere Ansätze mit den Formeln 4 und 5 angegeben werden, um mindestens zwei unterschiedliche Druckniveaus bei der Ermittlung der Sauerstoffkonzentration als Datensätze zusätzlich mit in Interpolationen, Extrapolationen auf Basis der Datensätze oder Umschaltungen zwischen den Datensätzen einzubeziehen.

**[0061]** Dabei können beispielsweise für zwei unterschiedliche Druckniveaus die Koeffizienten entsprechend als Koeffizienten  $P_x$ ,  $Q_x$  ausgebildet werden und die Messgrößen  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  der Wärmeleitung für die zwei Druckniveaus als  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ , bzw.  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  ausgebildet werden und entsprechend in weiteren Datensätzen abgelegt und für den Messbetrieb bereitgehalten werden. Eine Berücksichtigung eines Druckniveaus als Basis für einen dritten Datensatz erfolgt beispielsweise mit dem Ansatz gemäß der nachfolgenden Formel 4:

$$C_{O_2} = P_1 * a_2 / b_2 + P_2 * (a_2 / b_2)^2 + P_3 * a_2 + P_4 * a_2^2 + P_5 * P_1 + P_6 * b_2^2 + P_7 * c_2 + \dots$$

**[0062]** Eine Berücksichtigung eines weiteren Druckniveaus als Basis für einen fünften Datensatz erfolgt beispielsweise mit dem Ansatz gemäß der nachfolgenden Formel 5:

$$C_{O_2} = Q_1 * a_3 / b_3 + Q_2 * (a_3 / b_3)^2 + Q_3 * a_3 + Q_4 * a_3^2 + Q_5 * Q_1 + Q_6 * b_3^2 + Q_7 * c_3 + \dots$$

**[0063]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann die Kalkulations- und Kontrolleinheit ausgebildet sein, in die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration einen Messwert eines Feuchtigkeitssensors, welcher eine Feuchtigkeitssituation im Atemgasgemisch in der Messkammer indiziert, und/oder eine bereitgestellte Information hinsichtlich eines aktuellen Feuchtigkeitsgehalts im Atemgasgemisch einzubeziehen.

**[0064]** Der aktuelle Feuchtigkeitsgehalt im Atemgasgemisch kann beispielsweise mit in die Datensätze auf Basis der Formeln 1 bis 5 oder direkt oder indirekt in die Formeln 1 bis 5 einbezogen werden, welche die Messgrößen der Wärmeleitung  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  als Parameter oder Angaben zu Dampfdrücken, Taupunkten der Gase im Gasgemisch oder deren Wassergehalt im Gasgemisch aufweisen.

**[0065]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann ein Drucksensor in oder an der Messkammer angeordnet sein.

**[0066]** In einer weiter bevorzugten Ausführungsform kann ein Feuchtigkeitssensor in oder an der Messkammer angeordnet sein.

**[0067]** Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Gleiche Elemente in den **Fig. 1** und **2** sind in den **Fig. 1, 2** mit identischen Bezugsziffern bezeichnet.

**[0068]** Es zeigen:

die **Fig. 1**: Eine Darstellung eines Überwachungssystems,

die **Fig. 2**: Ein Messsystem zu einer Konzentrationsbestimmung.

**[0069]** Die **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Überwachungssystems 100 nach dem Stand der Technik gemäß der US20210405008 A1.

**[0070]** Das Überwachungssystem 100 ist mit einer Messgasleitung 10 mittels einer Atemmaske 20 mit einer Person 99 verbunden. Die Person 99 stellt einen Flugzeugführer (Piloten, Copiloten) dar. Die Atemmaske 20 weist einen Gasanschluss 21, ein Anschlusselement 23 sowie Schlauchleitungen 24, 25 auf. Die Schlauchleitungen 24, 25 dienen der Abfuhr und Zufuhr von Atemgasen zu der Person 99. Das Überwachungssystem

100 weist Bedienungselemente 40, Anzeigeelemente 44, ein Modul zur Gasförderung 50, ein Messsystem 60 mit einer Messvorrichtung 66 auf.

**[0071]** Die Messvorrichtung 66 weist eine Sensorik, insbesondere eine Sensorik zu einer Gasanalyse auf, kann aber auch weitere Sensorik aufweisen, beispielsweise eine Sensorik, welche ausgebildet ist, Temperaturen, Drücke oder Feuchtigkeit messtechnisch zu erfassen. Das Modul zur Gasförderung 50 ist vorzugsweise als eine Pumpe  $P_M$  ausgebildet.

**[0072]** Zudem weist das Überwachungssystem 100 eine Kontroll- und Auswerteeinheit 70 auf. Die Bedienungselemente 40, die Anzeigeelemente 44, die Sensorik, das Modul zur Gasförderung 50 sind mit der Kontroll- und Auswerteeinheit 70 über - in dieser **Fig. 1** nicht mit dargestellte - Signal- und Datenleitungen oder Kontrollleitungen verbunden. Diese Kontrollleitungen bzw. Signal- und Datenleitungen können beispielsweise als ein Bussystem (CAN) oder Netzwerk ausgestaltet sein.

**[0073]** Die Kontroll- und Auswerteeinheit 70 ist ausgebildet und dazu vorgesehen, das Modul zur Gasförderung 50 derart zu kontrollieren und/oder anzusteuern, dass eine Förderung von Atemgasen von der Atemmaske 20 durch die Messgasleitung 10 und einen Gaseinlass 51 zu dem Messsystem 60 zustande kommt. Somit steht dann der Messvorrichtung 66 eine Menge oder Teilmenge an Atemgas 10 zur Verfügung, um diese messtechnisch zu analysieren und der Kontroll- und Auswerteeinheit 70 als Messwerte bereitzustellen.

**[0074]** Mittels der Kontroll- und Auswerteeinheit 70 wird ermöglicht, die Messwerte auszuwerten, aufzubereiten und auf Anzeigeelementen 44 zur Darstellung zu bringen.

**[0075]** Die **Fig. 2** zeigt das Messsystem 60 mit der Messvorrichtung 66 und der Kontroll- und Auswerteeinheit 70 nach der **Fig. 1** im Detail, sowie mit einem zusätzlichen Datenspeicher 77, der vorgesehen und dazu geeignet ist, einen ersten Datensatz 78 und mindestens einen weiteren Datensatz 79 zu speichern und der Kontroll- und Auswerteeinheit 70 bereitzustellen. Mengen an Atemgasgemisch 10 können mittels einer Förderung durch das Modul 50 (**Fig. 1**) zum Gastransport über einen Gaseinlass 51 zu und in eine Messkammer 30 und über einen Gasauslass 52 wieder hinaus gelangen.

**[0076]** Das Messsystem 60 weist eine Messvorrichtung 66 mit einer Schaltungsanordnung 68 auf, welche auf Basis von paramagnetischen Effekten der Wärmeleitfähigkeit zu einer Ermittlung einer Konzentration an Sauerstoff ( $O_2$ ) im Atemgasgemisch 10 ausgebildet ist.

**[0077]** Die Schaltungsanordnung 68 weist eine Magnetanordnung 683 mit einem Elektromagneten und einer Spule sowie Elektronikkomponenten zu Betrieb von Spule, Magnetfeld und zu einer Durchführung einer Signalverarbeitung und Signalfilterung auf. Die Messvorrichtung 66 weist ein Messelement 681 mit Heizelementen, Thermoelementen oder Thermosäulen auf, welche auf einer Membran angeordnet sind. Mittels einer Zusammenwirkung der Kontroll- und Auswerteeinrichtung 70, Schaltungsanordnung 68 und einer Magnetanordnung 683 wird im Betrieb eine zyklische Einwirkung eines Magnetfeldes auf das Messelement 681 erzeugt. Die Magnetanordnung 683 weist neben den in dieser **Fig. 2** schematisch angedeuteten Elementen zur Führung eines Magnetfeldes einen Elektromagneten mit Spulen in einer Spulenordnung auf, welche - wie auch das Magnetfeld selbst - aus Gründen der Übersichtlichkeit in dieser **Fig. 2** nur andeutungsweise mit dargestellt sind. An den Thermoelementen oder Thermosäulen werden Thermospannungssignale 682 mit und ohne einen Einfluss des Magnetfeldes als Signale mit einem Gleichspannungsanteil  $U_{TH}$  und mit einem Wechsellspannungsanteil  $U_{TH\sim}$  ermittelt.

**[0078]** Die an den Thermoelementen oder Thermosäulen ermittelten Thermospannungssignale 682  $U_{TH=}$ ,  $U_{TH\sim}$  indizieren eine Wärmeleitfähigkeit des Atemgasgemisches 10 bei einem Kontakt mit dem Messelement 681. Die Thermospannungssignale 682  $U_{TH=}$ ,  $U_{TH\sim}$  werden an die Kontroll- und Auswerteeinheit 70 bereitgestellt. Die Messvorrichtung 66 weist eine Temperaturmessanordnung 69 mit einem zugeordneten und in oder an der Messkammer 30 angeordneten Temperatursensor 691 zu einer Bestimmung eines Temperaturniveaus im Atemgasgemisch 10 wie auch deren Veränderungen in der Atemgasversorgung des Flugzeugführers 99 (**Fig. 1**) auf. Die Kontroll- und Auswerteeinheit 70 ist ausgebildet, aus Signalen des Temperatursensors 691 ein Temperaturniveau im Inneren der Messkammer 30 als einen aktuellen Temperaturwert  $T_x$  699 kontinuierlich zu erfassen, welcher ein Temperaturniveau im Atemgasgemisch 10 repräsentiert.

**[0079]** Es ist eine optionale Messkammerbeheizung 33 an der Messkammer 30 angeordnet, welche dazu ausgebildet ist, in Zusammenwirkung mit der Kalkulations- und Kontrolleinheit 70 eine zumindest zeitweise

Beheizung der Messkammer 30 zu bewirken, um eine Kondensation von Feuchtigkeit in der Messkammer 30 zumindest zeitweise zu verringern.

**[0080]** Im ersten Datensatz 78 ist eine Kennlinie für verschiedene typische Anteile von Feuchtigkeit und der Gase Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch 10 mit Bezug zu einem ersten Temperaturniveau hinterlegt.

**[0081]** Im zweiten Datensatz 79 ist eine Kennlinie für typische Anteile von Feuchtigkeit und der Gase Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid im Atemgasgemisch 10 mit Bezug zu einem weiteren Temperaturniveau hinterlegt.

**[0082]** Die Kontroll- und Auswerteeinheit 70 ist ausgebildet, auf Grundlage der Daten des ersten Datensatzes 78 und der Daten des weiteren Datensatzes 79 unter Einbeziehung des aktuellen Temperaturniveaus  $T_x$  699 die Thermospannungssignale 682  $U_{TH=}$ ,  $U_{TH\sim}$  auszuwerten, d.h. ein Verhältnis aus Gleichspannungsanteil  $U_{TH=}$  und Wechsellspannungsanteil  $U_{TH\sim}$  zu bilden, um einen aktuellen Konzentrationswert an Sauerstoff ( $O_2$ ) im dem Atemgasgemisch 10 zu bestimmen und als ein Ausgangssignal 909 bereitzustellen, welches den aktuellen Konzentrationswert an Sauerstoff in dem Atemgasgemisch 10 indiziert, und einer Ausgabeeinheit 44 (**Fig. 1**) oder an einer optionalen Schnittstelle bereitzustellen.

**[0083]** Das Messsystem 60 kann in optionalen Ausgestaltungen weitere Messanordnungen zu Temperatur- und/oder Druckmessungen und/oder Feuchtigkeitsmessungen aufweisen.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

10	Messgasleitung für Atemgasgemisch
20	Atemmaske
21	Gasanschluss an Atemmaske
23	Anschlusselement
24, 25	Schlauchleitungen
30	Messkammer
40	Eingabeelemente
44	Anzeigeelemente
50	Modul zur Gasförderung, Pumpe $P_M$
51	Gaseinlass
52	Gasauslass
60	Messsystem
66	Messvorrichtung, Sensorik
68	Schaltungsanordnung
681	Messelement mit Heiz- und Thermoelement- Anordnung
682	Thermospannungssignale $U_{TH}$
683	Magnetanordnung
69	Temperaturmessanordnung
691	Temperatursensor
699	Temperaturwert
70	Kontroll- und Auswerteeinheit
77	Datenspeicher
78, 79	Datensatz, Datensätze
99	Person, Pilot, Flugzeugführer

100 Überwachungssystem  
909 Ausgabesignal

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 6430987B1 [0003]
- US 20230114548A1 [0003, 0016]
- US 20210405008A1 [0004, 0069]

## Patentansprüche

1. Messsystem (60) zur Bestimmung von Gaskonzentrationen bei einer Versorgung eines Flugzeugführers mit einem Atemgasgemisch (10) in einem Luftfahrzeug mit einem Modul zum Gastransport (50), einer Messgasleitung (10), einer Messvorrichtung (66) mit einem Messelement (60) in einer Messkammer (380), mit einem Temperatursensor (691), einer Magnetanordnung (68) mit einem Elektromagneten und einer Spule, einer Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) mit einem zugeordneten Datenspeicher (77) und einer Schaltungsanordnung (68),
  - wobei das Modul zum Gastransport (50) zu einer Zuführung einer Menge eines Atemgasgemisches (10) zu dem Messelement (60) in der Messkammer (30) ausgebildet ist,
  - wobei die Messvorrichtung (66) mit der Schaltungsanordnung (68) zu einem Betrieb einer Heizstruktur auf einer Membran des Messelementes (60) ausgebildet ist, um definierte Wärmemengen in das Atemgasgemisch (10) oder auf Teilmengen des Atemgasgemisches (10) in der Messkammer (30) zu übertragen,
  - wobei die Messvorrichtung (66) mit dem Temperatursensor (691) zu einer Bestimmung eines Temperaturwertes (699), welcher eine Temperatur im Inneren der Messkammer (30) indiziert, ausgebildet ist,
  - wobei die Messvorrichtung (66) mit dem Elektromagneten (4), der Spule (70) und der Schaltungsanordnung (68) zu einer Erzeugung eines auf das Messelement (681) einwirkenden Magnetfeldes (60) ausgebildet ist,
  - wobei die Schaltungsanordnung (68) ausgebildet ist, Messwerte des Messelements (60) mit einem Wechselspannungs- Signalanteil  $U_{x\sim}$  und mit einem Gleichspannungs-Signalanteil  $U_{x=}$  an die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) bereitzustellen,
  - wobei im Datenspeicher (70) ein erster Datensatz (78) mit ersten Daten und mindestens ein zweiter Datensatz (79) mit weiteren Daten hinterlegt sind,
  - wobei der erste Datensatz (78) eine erste Situation im Atemgasgemisch (10) an einem ersten Temperaturniveau indiziert,
  - wobei der zweite Datensatz (79) eine zweite Situation von Gasen oder Atemgasgemisch (10) an einem zweiten Temperaturniveau indiziert,
  - wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) auf Basis der Wechselspannungs-Signalanteile und Gleichspannungs- Signalanteile
    - unter Einbeziehung des Temperaturwertes (699), der ein aktuelles Temperaturniveau im Inneren der Messkammer (30) indiziert,
    - unter Einbeziehung des ersten Datensatzes (78) und
    - unter Einbeziehung des zweiten Datensatzes (79) zu einer Bestimmung einer aktuellen Sauerstoffkonzentration in dem Atemgasgemisch (10) ausgebildet ist,
  - wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) zu einer Bereitstellung eines Ausgabesignals (909), welches die aktuelle Sauerstoffkonzentration im Atemgasgemisch (10) indiziert, ausgebildet ist.
2. Messsystem (100) nach Anspruch 1, wobei im Datenspeicher (70) mindestens ein weiterer oder dritter Datensatz mit weiteren Werten für ein drittes oder weitere Temperaturniveaus hinterlegt sind, welcher eine dritte oder weitere Situationen im Atemgasgemisch (10) an einem weiteren Temperaturniveau indiziert.
3. Messsystem (100) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) den aktuellen Temperaturwert (699), den ersten Datensatz (78) und den zweiten Datensatz (79) oder den dritten oder auch weitere Datensätze mittels einer Umschaltung zwischen den Datensätzen (78, 79) zur Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration einbezieht.
4. Messsystem (100) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) ausgebildet ist, den ersten Datensatz und den zweiten Datensatz oder den dritten oder auch weitere Datensätze mittels einer Interpolation auf Basis der Werte der Datensätze für den aktuellen Temperaturwert zur Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration einzubeziehen.
5. Messsystem (100) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) ausgebildet ist, den ersten Datensatz und den zweiten Datensatz oder den dritten oder auch weitere Datensätze mittels einer Extrapolation auf Basis der Werte der Datensätze für den aktuellen Temperaturwert zur Bestimmung der aktuellen Sauerstoffkonzentration einzubeziehen.
6. Messsystem nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70)

zu einer Durchführung der Interpolation oder Extrapolation als eine lineare Interpolation oder Extrapolation oder eine abschnittsweise lineare Interpolation oder Extrapolation  
oder

zu einer Durchführung der Interpolation oder Extrapolation als eine nichtlineare Interpolation oder nichtlineare Extrapolation, insbesondere als eine quadratische oder als eine kubische Interpolation ausgebildet ist.

7. Messsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) in einer Zusammenwirkung mit einer Messkammerbeheizung (33) ausgebildet ist,  
eine Temperierung der Messkammer (30) auf ein Temperaturniveau mit einer vorgegebenen Temperaturdifferenz (34) oberhalb einer Umgebungstemperatur  
oder  
eine Temperierung der Messkammer (30) auf ein Temperaturniveau oberhalb einer Körpertemperatur des Luftfahrzeugführers (99) für eine vorgegebene Zeitdauer durchzuführen.

8. Messsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) in einer Zusammenwirkung mit einer Messkammerbeheizung (33) ausgebildet ist, eine Temperierung der Messkammer (30) auf ein ausgewähltes Temperaturniveau für eine vorgegebene Zeitdauer durchzuführen, wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) ausgebildet ist, das für die vorgegebene Zeitdauer ausgewählte Temperaturniveau anhand des aktuellen Temperaturwertes und anhand mindestens eines der im Datenspeicher (77) hinterlegten Datensätze (78, 79) auszuwählen.

9. Messsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) ausgebildet ist,  
in die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration einen Messwert eines Drucksensors, welcher ein Druckniveau in der Messkammer (30) indiziert, und/oder eine bereitgestellte Information hinsichtlich eines Druckniveaus im Atemgasgemisch (10) einzubeziehen  
und/oder  
wobei die Kalkulations- und Kontrolleinheit (70) ausgebildet ist,  
in die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration einen Messwert eines Feuchtigkeitssensors, welcher eine Feuchtigkeitssituation im Atemgasgemisch (10) in der Messkammer (30) indiziert, und/oder eine bereitgestellte Information hinsichtlich eines aktuellen Feuchtigkeitsgehalts im Atemgasgemisch (10) einzubeziehen.

10. Messsystem nach Anspruch 9,  
wobei ein Drucksensor in oder an der Messkammer angeordnet ist,  
welcher ein Druckniveau in der Messkammer (30) indiziert  
und/oder  
wobei ein Feuchtigkeitssensor in oder an der Messkammer angeordnet ist, welcher ein Feuchtigkeitsniveau in der Messkammer (30) indiziert.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

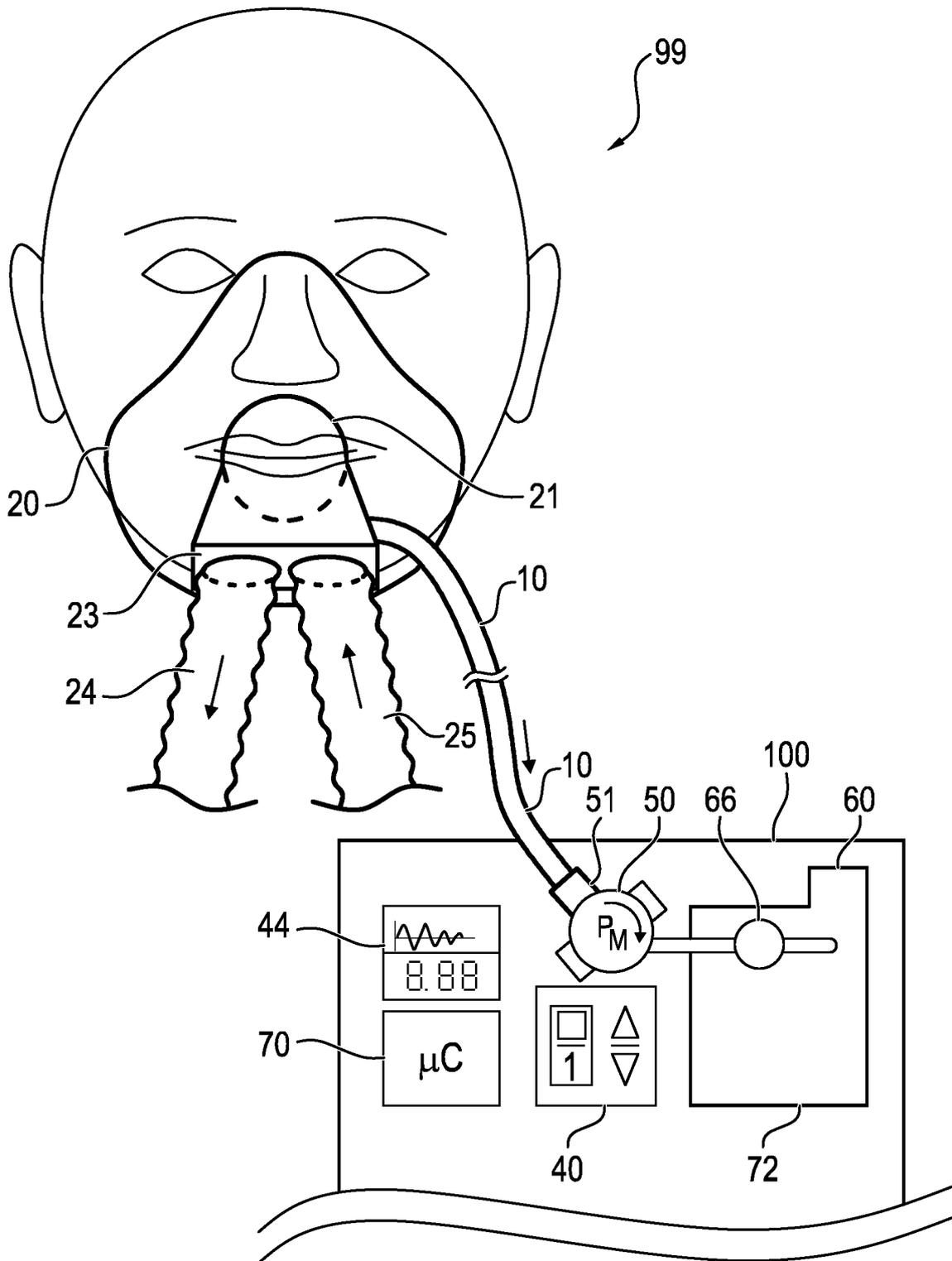


FIG. 1

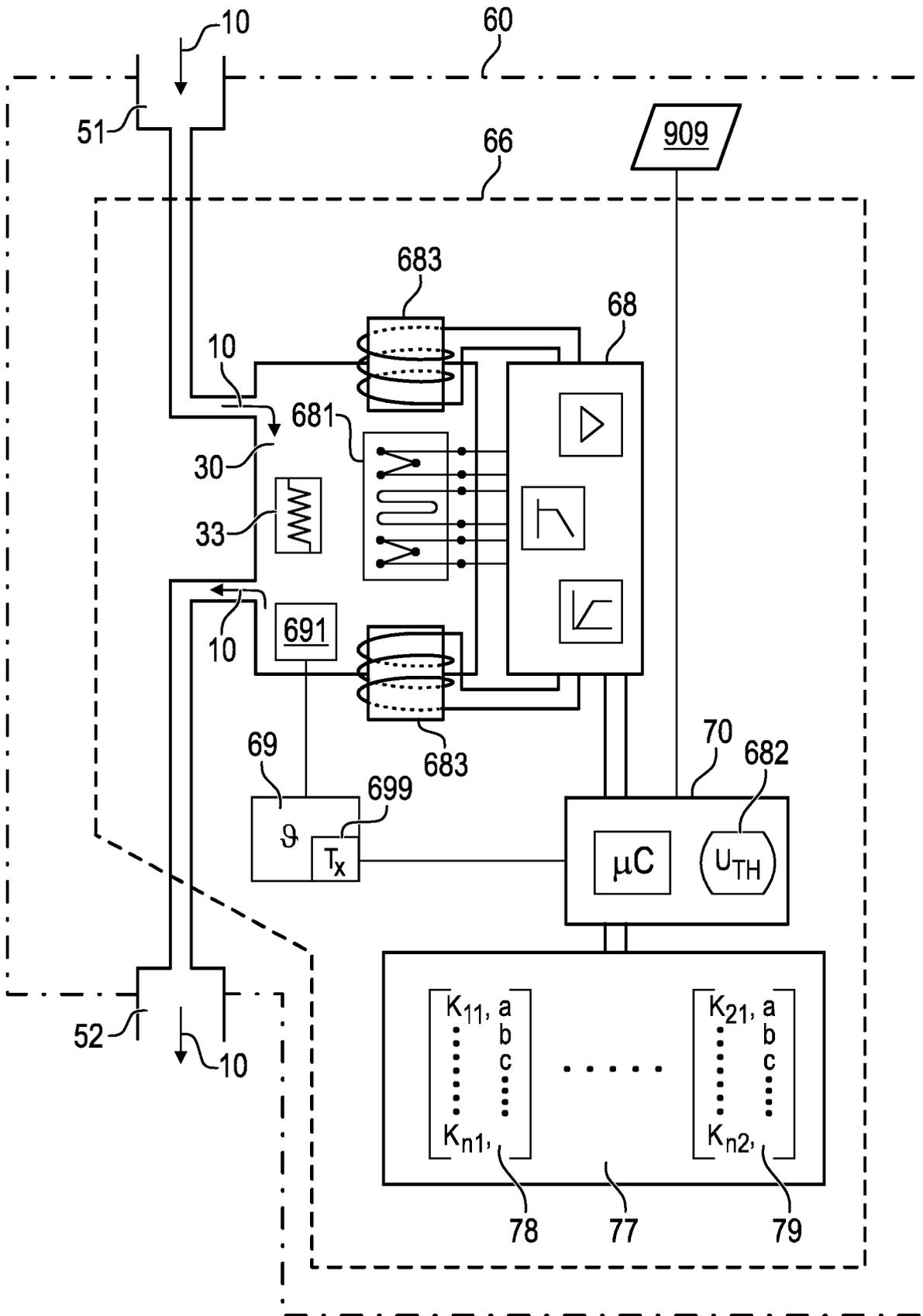


FIG. 2