(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 34 425 T2** 2006.06.29

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 677 740 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 34 425.0**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 103 879.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **16.03.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.10.1995**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **07.09.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01N 25/18*** (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)
G01N 27/18 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
226964 **13.04.1994** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
General Signal Corp., Stamford, Conn., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Butts, Charles G., Weaverville 28787, North Carolina, US

(54) Bezeichnung: **Gassensor und Regelungssystem für Kohlendioxid mit Feuchtigkeitsausgleich**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren und ein System zum präzisen Messen der Kohlendioxid-Gaskonzentration in einer im Wesentlichen gesättigten oder ungesättigten Gasumgebung, wie zum Beispiel einem Zellkultur-Inkubator, unabhängig von den absoluten Luftfeuchtigkeitsveränderungen.

Stand der Technik

[0002] Das Messen und Regeln der CO_2-Konzentration in Zellkultur-Inkubatoren in Laboren wird für gewöhnlich durch ein bestimmtes Wärmeleitfähigkeits-Detektionssystem erreicht. Bei der Wärmeleitfähigkeitszelle oder dem Detektor handelt es sich um ein Differenzthermometer, das als eine elektronische Brückenschaltung eingerichtet ist, die so ausgeglichen ist, dass sie zwei Thermistoren in einem gemeinsamen Block oder Metallgehäuse entspricht, um thermische Stabilität hinzuzufügen. (Siehe dazu das U.S. Patent US-A-3,929,584 an Mansfield). Diese Zelle wird für gewöhnlich in einer Arbeitsumgebung platziert, die von dem Umgebungsbereich getrennt bzw. isoliert ist, wobei sie jedoch nicht in Bezug auf ihre Platzierung beschränkt ist. In bestimmten Situationen ist die Detektorzelle in einem Luftströmungspfad außerhalb der Arbeitsumgebung angeordnet, jedoch in Nachbarschaft zu der Umgebung. Ein Thermistorsensor ist in dem Block/Gehäuse eingeschlossen und detektiert ausschließlich die Kammertemperatur. Der andere Thermistorsensor ist der Kammerumgebung ausgesetzt. Die gemessene Differenz zwischen den beiden Thermistorsensoren ist die Wärmeleitfähigkeit (Dichte) der Atmosphäre oder ihre Fähigkeit, bei gleichmäßiger Rate, die geringe Wärmemenge von dem exponierten Sensor zu entfernen. Wenn die anderen Faktoren konstant bleiben und nur der Kohlendioxidgehalt verändert wird, zeigt die „TC"-Zellenausgabe (bei richtiger Kalibrierung) die Veränderungen der CO_2-Konzentration an. Leider wird die TC-Zelle durch barometrischen Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und die die Sensorzelle passierende Luftströmungsgeschwindigkeit beeinflusst. Diese Variablen werden unter Verwendung einer elektronischen Nullstellungsschaltkreisanordnung geregelt und kompensiert, um Veränderungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeitswerte zu kompensieren. Bei der Überwachung der Effekte von CO_2 in einer Atmosphäre muss die absolute Luftfeuchtigkeit konstant gehalten werden, so dass jede Veränderung der Wärmeleitfähigkeit nur durch eine geringfügige Veränderung der CO_2-Konzentration bewirkt wird. Unter den ungünstigsten Umständen kann eine Veränderung der absoluten Luftfeuchtigkeit eine so große Veränderung der Wärmeleitfähigkeit bewirken, dass der Regler den CO_2-Gehalt um bis zu 4% verändern kann.

[0003] Um in Laborinkubatoren einen stabilen Feuchtigkeitswert aufrechtzuerhalten, wird eine Wasserpfanne in der Arbeitsumgebung platziert, und wobei ermöglicht wird, dass sich deren Temperatur ausgleicht. Der Inkubator, die Arbeitsatmosphäre müssen einen Punkt in der Nähe der Sättigung erreichen, um einen absoluten Feuchtigkeitswert zu erhalten, der sich nicht mit den Umgebungsbedingungen ändert.

[0004] Für den Laborprüfer, der den eigenen Inkubator nicht in einer gesättigten Umgebung betreiben möchte, jedoch eine präzise CO_2-Regelung wünscht, wird eine Verschiebung der Referenz der Wärmeleitfähigkeit des Sensors zu einem Problem in Bezug auf die Genauigkeit der CO_2-Gaskonzentration in dem Inkubator. Das heißt, wenn sich die absolute Feuchtigkeit verändert, ändert sich auch die Bezugsbasis des CO_2-Gassensors.

[0005] Beim Betrieb eines Trockeninkubators im Gegensatz zu einem gesättigten Inkubator beeinflussen Schwankungen der Umgebungsfeuchtigkeit die CO_2-Nullkalibrierung. Da die möglichen Schwankungen bei extrem Veränderungen der Umgebungstemperatur weniger Auswirkungen auf die absolute Feuchtigkeit insgesamt haben, kann die CO_2-Kalibrierung im ungünstigsten Fall um 1,5% beeinträchtigt werden, was kein gleich schwer wiegendes Problem darstellt, was jedoch einen Fehler erzeugen kann, der sich in Bezug auf den pH-Wert des kultivierten Zellenmediums in der Arbeitskammer des Inkubators als kritisch erweisen kann.

[0006] Das U.S. Patent US-A-3,848,569 offenbart ein analoges Kohlendioxidgas-Detektions- und Regelungssystem und -verfahren mit Feuchtigkeitsausgleich unter Verwendung eines Feuchtigkeitssensors, eines Kohlendioxidsensors auf der Basis der Wärmeleitfähigkeit und einer Brückenschaltkreisanordnung mit einem Potentiometer, das so angeordnet ist, dass es seinen Widerstandswert regelt und dadurch den Kohlendioxidwert in Bezug auf Schwankungen der Feuchtigkeit kompensiert.

[0007] Bereitgestellt wird ein Regelsystem, das die Zufuhr von Kohlendioxid an den Inkubator einleitet, bis ein ausgewählter Wert erreicht worden ist.

[0008] Ein Versatz des Nullbezugspunkt wird nicht offenbart.

[0009] DE-A-3.640.734 offenbart einen digitalen Gasverunreinigungsdetektor mit Temperatur- und Feuchtigkeitsausgleich unter Verwendung eines Halbleitersensors, wie etwa eines Zinndioxidsensors, um den Verunreinigungsstoff zu entdecken, sowie unter Verwendung von Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren. Die Ausgabe des Verunreinigungsdetektors wird durch einen Mikroprozessor korrigiert,

der eine zweidimensionale Verweistabelle verwendet, in der Feuchtigkeits- und Temperaturwerte gespeichert sind. Ein Versatz des Nullbezugspunktes wird nicht offenbart.

[0010] Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat ein einzigartiges System zum Detektieren oder Messen der CO_2-Gaskonzentration in einer geschlossenen Umgebung unter Verwendung eines Wärmeleitfähigkeitssensors ohne die Ungenauigkeiten der dem Stand der Technik entsprechenden Systeme entwickelt, die durch Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit bewirkt werden.

[0011] Vorgesehen ist gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Kohlendioxidgas-Detektions- und Regelungssystem mit Feuchtigkeitsausgleich zur Verwendung in einer im Wesentlichen gesättigten oder ungesättigten Gasumgebung, wobei das System folgendes umfasst:
eine Feuchtigkeitssensoreinrichtung, die eine Feuchtigkeitswertausgabe vorsehen kann;
eine Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung, die eine Kohlendioxidkonzentrationsausgabe vorsehen kann;
eine Einrichtung zum Berechnen der Differenz zwischen der genannten Feuchtigkeitswertausgabe und einem gespeicherten Feuchtigkeitswert, der detektiert wird, wenn die Nullreferenz an der Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung ursprünglich festgelegt oder kalibriert worden ist, zum Erzeugen einer Kohlendioxidkonzentrationsausgabe mit Feuchtigkeitsausgleich, wobei die genannte Einrichtung einen Mikroprozessor umfasst, der auf die genannte Differenz so anspricht, dass der Nullreferenzpunkt des CO_2-Gasregelungssystems gemäß dem genannten gespeicherten Feuchtigkeitswert versetzt wird, wobei der genannte Mikroprozessor eine Verweistabelle verwendet, die bestimmte Versatzwerte für den Nullreferenzpunkt umfasst.

[0012] Das System kann optional eine Einrichtung zur Regelung der Strömung von Kohlendioxidgas in die Umgebung gemäß der Ausgabe der Kohlendioxid-Gaskonzentration mit Feuchtigkeitsausgleich aufweisen. Ferner ist eine Einrichtung zum Messen der Temperatur der Umgebung wünschenswert, um die Ausgabe des Feuchtigkeitswertes entsprechend anzupassen.

[0013] Vorgesehen ist gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Messen und Regeln von Kohlendioxidgas in einer im Wesentlichen gesättigten oder ungesättigten Umgebung, wobei das Verfahren folgendes umfasst:
das Messen des Feuchtigkeitswerts der genannten Umgebung;
das Messen der Kohlendioxidkonzentration der genannten Umgebung; das Berechnen der Differenz zwischen dem genannten Feuchtigkeitswert und einem gespeicherten Feuchtigkeitswert, der detektiert wird, wenn die Nullreferenz an der Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung ursprünglich festgelegt oder kalibriert worden ist; und wobei als Reaktion auf die genannte Differenz in einem Mikroprozessor, der eine Verweistabelle aufweist, eine Kohlendioxidkonzentrationsausgabe mit Feuchtigkeitsausgleich erzeugt, indem ein Nullreferenzpunkt des CO_2-Gasregelungssystems gemäß dem genannten gespeicherten Feuchtigkeitswert versetzt wird, wobei die genannte Verweistabelle spezifische Werte aufweist, die zum Versetzen des genannten Nullreferenzpunkts verwendet werden.

[0014] Vorzugsweise kann die Strömung des Kohlendioxidgases in die Umgebung gemäß der Messung der Kohlendioxid-Gaskonzentration mit Feuchtigkeitsausgleich geregelt werden.

[0015] Die vorliegende Erfindung vermeidet die Ungenauigkeiten aufgrund des Effekts von Veränderungen der absoluten Feuchtigkeitswerte an dem Nullkalibrierungspunkt des Wärmeleitfähigkeitssensors, der zum Messen und Regeln des CO_2-Gehalts in jeder geregelten Atmosphäre verwendet wird (z.B. einem Zellkultur-CO_2-Inkubator). Erreicht wird dies in einem Ausführungsbeispiel, indem die Ausgabe des Wärmeleitfähigkeitsdetektors mit der Ausgabe eines Absolutfeuchtigkeitsdetektors über Firmware in einem Mikroprozessor-Regelsystem multiplexiert wird. Die Ausgabe des Mikroprozessor-Controllers ist ein feuchtigkeitskorrigiertes Signal, das eine stabile Referenzausgabe in Bezug auf die sich konstant verändernden absoluten Feuchtigkeitswerte in der geregelten Atmosphäre aufrechterhält. Durch die konstante Korrektur bzw. Berichtigung dieser Ausgabe durch Veränderungen der absoluten Feuchtigkeitswerte wurden die Genauigkeit und Fehler von einem Höchstwert von 4% bei herkömmlichen Systemen auf weniger unter 0,2% für bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung reduziert. Diese Fehler werden primär durch die manuelle oder automatische Nullstellung des Wärmeleitfähigkeits-Detektionssystems in einer potenziell instabilen Umgebung bewirkt. Diese Nullstellung wird für gewöhnlich durch den Benutzer des Produkts oder ein Regelungssystem ohne Kompensation vorgenommen.

[0016] Die vorliegende Erfindung eignet sich auch zum besonderen Messen und Regeln des CO_2-Anteils in einer geschlossenen Umgebung (z.B. einem CO_2-Inkubator in einem Labor) durch einen Wärmeleitfähigkeitssensor, wenn sich der relative Feuchtigkeitswert an die unmittelbaren Umgebungsbedingungen sowie die Bedingungen angleichen kann, die bis auf eine virtuelle Sättigung erhöht werden können.

[0017] In dem Messsystem des vorliegenden Systems der vorliegenden Erfindung werden zwei Faktoren berücksichtigt, die zu Ungenauigkeiten in einem Wärmeleitfähigkeits-Gasregelsystem beitragen, d.h.

die relative Luftfeuchtigkeit und die Trockenthermometer-Temperatur, um die absolute Kohlendioxid-Gaskonzentration mit Feuchtigkeitsausgleich zu erreichen.

[0018] Darüber hinaus sieht die vorliegende Erfindung viele weitere Vorteile vor, die aus der folgenden Beschreibung deutlich werden.

[0019] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist nachstehend ausschließlich in Bezug auf die Abbildungen der Fig. 1 bis Fig. 4 der beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei die gleichen Teile jeweils mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet sind. Es zeigen:

[0020] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Inkubators mit darin angeordneten Feuchtigkeits-, CO_2- und Temperatursensoren, gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 2 ein Blockdiagramm eines CO_2-Gasmess- und Regelungssystems mit Feuchtigkeitsausgleich gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0022] Fig. 3 ein Schaltungsdiagramm eines CO_2-Gasmess- und Regelungssystems mit Feuchtigkeitsausgleich gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0023] Fig. 4 ein Flussdiagramm der Verfahrensschritte, die verwendet werden, um CO_2-Gasmessungen in Bezug auf Veränderungen der absoluten Feuchtigkeit auszugleichen.

[0024] Ein Wärmeleitfähigkeits-CO_2-Sensormessausgangssignal wird mit einem absoluten Feuchtigkeits-Sensormessausgangssignal über einen Mikroprozessor multiplexiert. Die Sensoren sind in einem geschlossenen Behälter angeordnet (d.h. einem Zellenkultur-Inkubator), so dass sie sich innerhalb des Pfads des zirkulierenden CO_2-Gases befinden. Sowohl die CO_2- als auch die absolute Feuchtigkeitsdetektionsvorrichtung ist über ein abgeschirmtes Verbindungskabel mit der entsprechenden elektrischen Schnittstellen-Leiterplatte verbunden. Die elektronisch konditionierten Signale, die von den CO_2- und absoluten Feuchtigkeitssensoren erzeugt werden, werden danach einzeln bzw. unabhängig voneinander für ein Firmware-Multiplexing zu einem Mikroprozessor geleitet. Bei durch den Sensor für die absolute Feuchtigkeit detektierten Veränderungen werden kontinuierlich elektronisch Änderungen in Bezug auf die Nullreferenzbasis der Wärmeleitfähigkeits-Gasregelungsschaltung vorgenommen. Dieses Kompensationssystem erhält ein präzises Gasregelungssystem aufrecht, das durch Veränderungen der absoluten Feuchtigkeitswerte nicht beeinträchtigt wird.

[0025] Die Abbildung aus Fig. 1 zeigt einen Zellkultur-Inkubator **11**, der mehrere perforierte Fächer **7** umfasst, die zwischen Wanddurchführungen **8** angeordnet sind. Die äußere Oberfläche der Wanddurchführungen **8** und die innere Oberfläche des Inkubatorgehäuses **20** bilden dazwischen einen Durchgang **9**, wobei das sich in dem Gehäuse **11** befindende Gas in Richtung der Pfeile zirkuliert wird, so dass sich das Gas von der Feuchtigkeitswasserpfanne **10** weg nach oben in Richtung eines an einem Gebläsemotor **4** angebrachten Gebläserads **5** bewegt und über die Durchgänge **9** zu dem Boden des Inkubators **11** zurückgeführt wird. Wenn das Gas von dem Gebläserad **5** abgeführt wird, verläuft es über den Feuchtigkeitssensor **1**, den Wärmeleitfähigkeitssensor **2** und den Temperatursensor **3**.

[0026] Die Feuchtigkeitswert- und CO_2-Sensoren interagieren mit einem Mikroprozessor gemäß dem Blockdiagramm aus Fig. 2. Die Feuchtigkeitssensoreinrichtung **30** kann die Umgebungsatmosphäre präzise messen, um das Vorhandensein von Feuchtigkeit zu detektieren, mit Temperaturausgleich für Stabilität und Genauigkeit über den gesamten Betriebsbereich des Systems. Dabei bildet der Inkubator **11** mit einer Wärmeerzeugungseinrichtung eine Kammer mit geregelten Umgebungsbedingungen, die sich für Forschungsarbeiten im Rahmen von Zellstudien in dem Labor eignet, das eine spezifische Regelung der Umgebungstemperatur und der pH-Werte erfordert. Unter Druck stehendes Kohlendioxid wird von außen bereitgestellt und mit dem Inkubator **11** verbunden, und dessen Strömung wird durch ein Solenoidventil **40** geregelt, das zwischen der CO_2-Versorgungseinrichtung **42** und dem Inkubator **11** angeordnet ist.

[0027] Der Kohlendioxidwert in der Kammer mit geregelter Atmosphäre in dem Inkubator **11** wird für gewöhnlich auf einem konstanten Wert gehalten, unempfindlich in Bezug auf Veränderungen der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte, und zwar durch den Mikroprozessor **34**, der diese Parameter dauerhaft überwacht und den gewünschten CO_2-Konzentrationswert aufrechterhält, indem das Solenoidventil **40** kontinuierlich geöffnet und geschlossen wird, um das Eintreten von unter Druck stehendem CO_2 über den Speichertank **42** in die Kammer mit geregelter Atmosphäre zu ermöglichen.

[0028] Die Wärmeleitfähigkeitszelle oder der Detektor **2** ist ein Differentialthermometer, das als elektronische Brückenschaltung eingerichtet ist, die so ausgeglichen ist, dass sie zwei Thermistoren in einem gemeinsamen Block oder einem Metallgehäuse entspricht, um Wärmestabilität hinzuzufügen. Das heißt, die Wärmeleitfähigkeit des CO_2 in der Kammer wird durch einen Thermistor dauerhaft gemessen, der Teil einer Wheatstone-Brückenschaltung ist, die ferner eine lineare Spannungsausgabe zur Verwendung durch den Mikroprozessor **34** vorsieht.

[0029] Der Sensor **2** des Feuchtigkeitssystems verwendet einen monolithischen integrierten Schaltungsdetektor **30**, der mit einem Dünnfilm-Platin-RTD-Sensor **50** gekoppelt ist, für eine Temperaturmessung und Kompensation innerhalb des Feuchtigkeits-Detektionssystem für Stabilität über den ganzen Betriebsfeuchtigkeitsbereich. Der Festkörperschaltkreis, der für die Feuchtigkeitsmessung verwendet wird, ist ein Kapazitätssensor, der bei einer Integration in eine CMOS-Schaltung (CMOS als Abkürzung von Complimentary Metal Oxide Semiconductor), das Signal in eine lineare Spannungsausgabe zur Verwendung durch das Mikroprozessor-Steuersystem **34** konvertiert.

[0030] Die beiden Signale werden in dem Mikroprozessor **34** unter Verwendung von Firmware zusammen multiplexiert. Der Mikroprozessor **34** vergleicht danach den durch die Feuchtigkeitssensoreinrichtung **30** detektierten aktuellen Feuchtigkeitswert mit dem gespeicherten Feuchtigkeitswert **36**, der detektiert worden ist, als die Nullreferenz des CO_2-Sensors ursprünglich festgelegt oder kalibriert worden ist. Danach wird ein Kompensationswert ermittelt, der einem Versatz bzw. einer Verschiebung ähnlich ist, indem die Werte in der Vergleichstabelle **38** verglichen werden. Die Verweistabelle **38** umfasst differentielle Daten, die spezielle Werte zum Versatz des Nullreferenzpunktes des CO_2-Gasregelungssystems darstellen. Die Differenz zwischen den beiden Feuchtigkeitsmessungen wird danach mit dem tatsächlich durch die Wärmeleitfähigkeits-Sensoreinrichtung **32** gemessenen CO_2-Wert verglichen. Die gemessene CO_2-Konzentration wird danach gemäß der Differenz angepasst, und die Ausgabe wird als Referenz für den Anwender bzw. Benutzer zu der Bedienfeldanzeige **44** geleitet. Nachdem die tatsächliche CO_2-Konzentration detektiert und neu kalibriert worden ist, zeigt der Mikroprozessor **34** der CO_2-Gasregelungseinrichtung **41** an, das Solenoidventil **40** entweder zu öffnen oder zu schließen, um das Eintreten von unter Druck stehendem CO_2 in die Kammer zu ermöglichen, um darin einen gewünschten CO_2-Konzentrationswert aufrechtzuerhalten. Die Abbildung aus Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm der Verfahrensschritte, die unmittelbar vorstehend im Text beschrieben worden sind.

[0031] Die Abbildung aus Fig. 3 zeigt die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendete Schaltkreisanordnung, wobei der Feuchtigkeitswert aus der Kombination aus Feuchtigkeits- und Temperatursensor, nicht abgebildet, angeordnet in der Arbeitsumgebung, in das elektronische Schaltungssystem eingegeben wird. Der Feuchtigkeits-Temperatursensor ist über einen Feuchtigkeitssensoreingang **6** mit dem elektronischen Schaltungssystem verbunden. Die Feuchtigkeitswerteingabe wird durch einen Operationsverstärker U1A konditioniert, dessen Ausgabe bzw. Ausgang direkt zu der Feuchtigkeitsschaltkreisanordnung an der Mikroprozessor-Leiterplatte verläuft, und zwar über die Ausgabe **1**, die danach zu der Feuchtigkeitsparameteranzeige des Inkubators geleitet wird. Gleichzeitig wird die konditionierte Ausgabe aus dem Operationsverstärker U1A zu der Multiplexing-Schaltkreisanordnung geleitet.

[0032] Der Feuchtigkeits-Temperatursensor ist über einen Temperatursensoreingang **2** ferner mit dem elektronischen Schaltungssystem verbunden. Die Temperaturwerteingabe wird über den Operationsverstärker U3B mit der konditionierten Feuchtigkeitswerteingabe verknüpft bzw. kombiniert, wobei ein Korrekturfaktor auf die kombinierten Signale angewandt wird, der danach in einen absoluten Feuchtigkeitswert umgewandelt wird.

[0033] Der Kohlendioxidsensor ist über einen Kohlendioxidsensoreingang **4** mit dem elektronischen Schaltungssystem verbunden. Das von dem Eingang **4** empfangene Signal wird durch den Operationsverstärker U2A konditioniert. Dieses konditionierte Ausgangssignal verläuft direkt zu der zusätzlichen Wärmeleitfähigkeits-Überwachungsschaltkreisanordnung an der Mikroprozessor-Leiterplatte über den Ausgang **3**. Gleichzeitig wird das konditionierte Ausgangssignal auch zu der Multiplexing-Schaltkreisanordnung weitergeleitet. Das hießt, das konditionierte Kohlendioxid-Ausgangssignal von dem U2D wird zu der Multiplexing-Schaltkreisanordnung übertragen, wo es mit der Null-berichtigten absoluten Feuchtigkeitsausgabe von dem U3B multiplexiert wird (d.h. der U3B sieht eine Korrektur vor, um die absoluten Feuchtigkeitswerte von dem Nullreferenz-Rh-Wert anzupassen , und wobei das Signal danach über den Ausgang **5** direkt zu der Überwachungsschaltkreisanordnung an der Mikroprozessor-Leiterplatte verläuft.

[0034] Die Kohlendioxid- und Feuchtigkeitswerte werden verglichen, die Ausgabe der absoluten Feuchtigkeit wird mit dem Wert der absoluten Feuchtigkeit verifiziert, der detektiert worden ist, als die Nullreferenz für das Kohlendioxid-Gassystem vorgenommen worden ist, und die interne Nullreferenz des Kohlendioxid-Gassystems wird angepasst (d.h. kompensiert), wenn Veränderungen des Wertes der absoluten Feuchtigkeit gegeben waren. Jeder Einstellpunktfehler in Bezug auf das Kohlendioxid wird durch das Hinzufügen von Kohlendioxidgas korrigiert. Vorgenommen wird dies durch das Bereitstellen einer Spannungsausgabe, die ein Solenoidventil öffnet, was es ermöglicht, dass Kohlendioxid in gemessenen Mengen in die Arbeitsumgebung eintritt.

[0035] Diese Art von Regelungs- und Kompensationssystem ist bis auf +/–0,1% der gemessenen tatsächlichen Konzentration genau. Der durch Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen erzeugte Gesamtfehler wird auf ungefähr +/–0,1% gehalten sowie

in Bezug auf die Auflösungsfähigkeit der Ausgabeanzeige.

Beispiel 1

[0036] Zum Beispiel hält ein Inkubator, der mit 37°C betrieben wird, mit einem relativen Luftfeuchtigkeitswert der Umgebung von 35% (die absolute Luftfeuchtigkeit ist gleich 14,6 g/kg trockener Luft (102 Gran Feuchtigkeit je Pfund trockener Luft), und bei einer Nullkalibrierung des CO_2-Detektorsystems unter diesen Bedingungen, den Wert des CO_2-Gases bei 5% der Umgebung. Danach wird Wasser in den Inkubator gegeben, um dessen Feuchtigkeitswert auf Sättigung zu erhöhen. Nach der Stabilisierung bleibt die Temperatur auf 37°C, und die CO_2-Konzentration basiert auf dem angezeigten Wert. Die relative Luftfeuchtigkeit in dem Inkubator sollte ungefähr 98% betragen (die absolute Luftfeuchtigkeit entspricht 44 g Feuchtigkeit pro kg Trockenluft (308 Gran Feuchtigkeit je Pfund Trockenluft)). Eine Verifizierung der tatsächlichen CO_2-Konzentration offenbart, dass sie nun ungefähr 9% der Umgebung entspricht.

[0037] Dieses Beispiel zeigt, was passieren kann, wenn ein Inkubator trocken CO_2-nullkalibriert wird, und danach wird ohne erneute Nullsetzung Wasser hinzugefügt. Das heißt, wenn ein Inkubator auf Null referenziert wird, differiert der tatsächliche CO_2-Anteil um 4% von dem auf der Anzeige abgebildeten Wert.

Beispiel 2

[0038] Ein Inkubator, der ein CO_2-Gasmessungs- und Regelungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet, wurde auf 37°C erwärmt, mit einem relativen Luftfeuchtigkeitswert der Umgebung von 35% (die absolute Luftfeuchtigkeit entspricht dabei 14,6 g Feuchtigkeit pro kg Trockenluft (102 Gran Feuchtigkeit je Pfund Trockenluft)), und wobei das CO_2-Detektionssystem unter diesen Bedingungen referenziert wurde. Der CO_2-Gaswert wird auf 5% der Umgebung gehalten. Jetzt wird Wasser in den Inkubator gegeben, um dessen Luftfeuchtigkeitswert auf Sättigung zu erhöhen. Nach der Stabilisierung bleibt die Temperatur bei 37°C, und die relative Luftfeuchtigkeit in dem Inkubator sollte jetzt 98% betragen (die absolute Luftfeuchtigkeit entspricht 44 g Feuchtigkeit pro kg Trockenluft (308 Gran Feuchtigkeit je Pfund Trockenluft)). Die CO_2-Konzentration basiert auf dem angezeigten Wert mit Nullkorrektur (kompensierter Luftfeuchtigkeit) für die Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit von dem ursprünglichen Luftfeuchtigkeitswert des Inkubators bei der Einrichtung. Eine Verifizierung der tatsächlichen CO_2-Konzentration offenbart, dass der Wert auf 5% der Umgebung des Inkubators geblieben ist.

[0039] Die vorliegende Erfindung wurde hierin in Bezug auf verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung dargestellt und beschrieben, wobei hiermit eindeutig festgestellt wird, dass diesbezüglich zahlreiche für den Fachmann auf dem Gebiet ersichtliche Abänderungen möglich sind. Die Erfindung ist somit nicht auf die dargestellten und beschriebenen Details beschränkt, vielmehr umfasst sie alle Abänderungen und Modifikationen, die gemäß dem Umfang der anhängigen Ansprüche enthalten sind.

Patentansprüche

1. Kohlendioxidgas-Detektions- und Regelungssystem mit Feuchtigkeitsausgleich zur Verwendung in einer im Wesentlichen gesättigten oder ungesättigten Gasumgebung, wobei das System folgendes umfasst:
eine Feuchtigkeitssensoreinrichtung (**1**), die eine Feuchtigkeitswertausgabe vorsehen kann;
eine Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung (**2**), die eine Kohlendioxidkonzentrationsausgabe vorsehen kann;
eine Einrichtung zum Berechnen der Differenz zwischen der genannten Feuchtigkeitswertausgabe und einem gespeicherten Feuchtigkeitswert, der detektiert wird, wenn die Nullreferenz an der Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung ursprünglich festgelegt oder kalibriert worden ist, zum Erzeugen einer Kohlendioxidkonzentrationsausgabe mit Feuchtigkeitsausgleich, wobei die genannte Einrichtung einen Mikroprozessor (**34**) umfasst, der auf die genannte Differenz so anspricht, dass der Nullreferenzpunkt (**36**) des CO_2-Gasregelungssystems gemäß dem genannten gespeicherten Feuchtigkeitswert versetzt wird, wobei der genannte Mikroprozessor eine Verweistabelle verwendet, die bestimmte Versatzwerte für den Nullreferenzpunkt umfasst.

2. System nach Anspruch 1, wobei das System ferner eine Einrichtung (**41**) zur Regelung des Flusses von Kohlendioxidgas in die genannte Umgebung gemäß der genannten Kohlendioxidgaskonzentrationsausgabe mit Feuchtigkeitsausgleich umfasst.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei das System ferner eine Einrichtung (**3**) zum Messen der Temperatur der genannten Umgebung umfasst.

4. System nach Anspruch 3, wobei das System ferner eine Einrichtung zur Anpassung der Feuchtigkeitswertausgabe gemäß der genannten Temperatur umfasst.

5. Verfahren zum Messen und Regeln von Kohlendioxidgas in einer im Wesentlichen gesättigten oder ungesättigten Umgebung, wobei das Verfahren folgendes umfasst:
das Messen des Feuchtigkeitswerts der genannten Umgebung;
das Messen der Kohlendioxidkonzentration der ge-

nannten Umgebung; das Berechnen der Differenz zwischen dem genannten Feuchtigkeitswert und einem gespeicherten Feuchtigkeitswert, der detektiert wird, wenn die Nullreferenz an der Wärmeleitfähigkeitssensoreinrichtung ursprünglich festgelegt oder kalibriert worden ist; und wobei als Reaktion auf die genannte Differenz in einem Mikroprozessor (**34**), der eine Verweistabelle (**38**) aufweist, eine Kohlendioxidkonzentrationsausgabe mit Feuchtigkeitsausgleich erzeugt, indem ein Nullreferenzpunkt (**36**) des CO_2-Gasregelungssystems gemäß dem genannten gespeicherten Feuchtigkeitswert versetzt wird, wobei die genannte Verweistabelle spezifische Werte aufweist, die zum Versetzen des genannten Nullreferenzpunkts (**36**) verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren ferner den Schritt des Regelns des Flusses des genannten Kohlendioxidgases in die genannte Umgebung gemäß der genannten Messung der Kohlendioxidgaskonzentration mit Feuchtigkeitsausgleich umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei das Verfahren ferner den Schritt des Messens der Temperatur der genannten Umgebung umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Verfahren ferner eine Einrichtung zum Anpassen der genannten Feuchtigkeitswertausgabe gemäß der genannten Temperatur umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

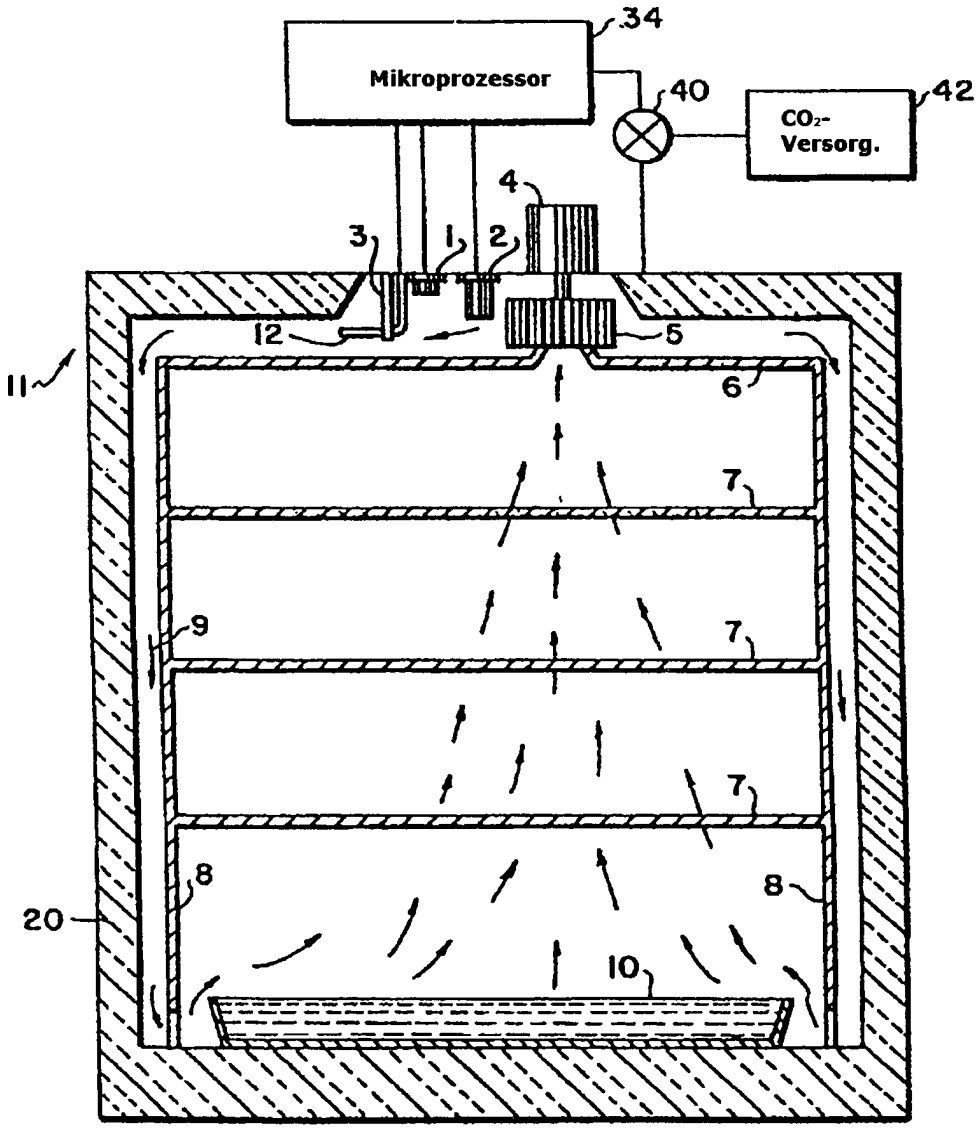

FIG.1

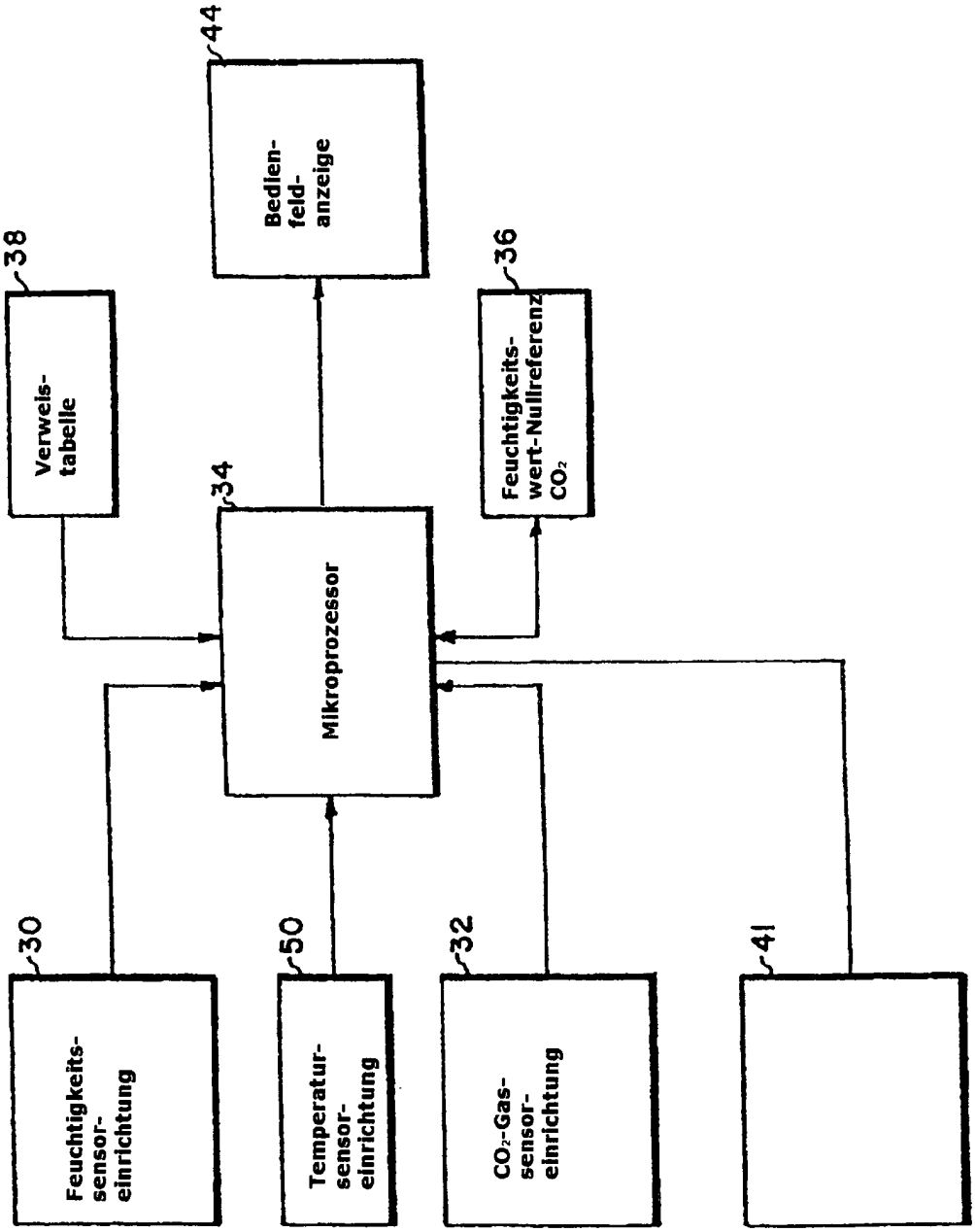
44
Bedien-
feld-
anzeige
38
Verweis-
tabelle
36
Feuchtigkeits-
wert-Nullreferenz
CO_2
34
Mikroprozessor
30
Feuchtigkeits-
sensor-
einrichtung
50
Temperatur-
sensor-
einrichtung
32
CO_2-Gas-
sensor-
einrichtung
41

FIG.2

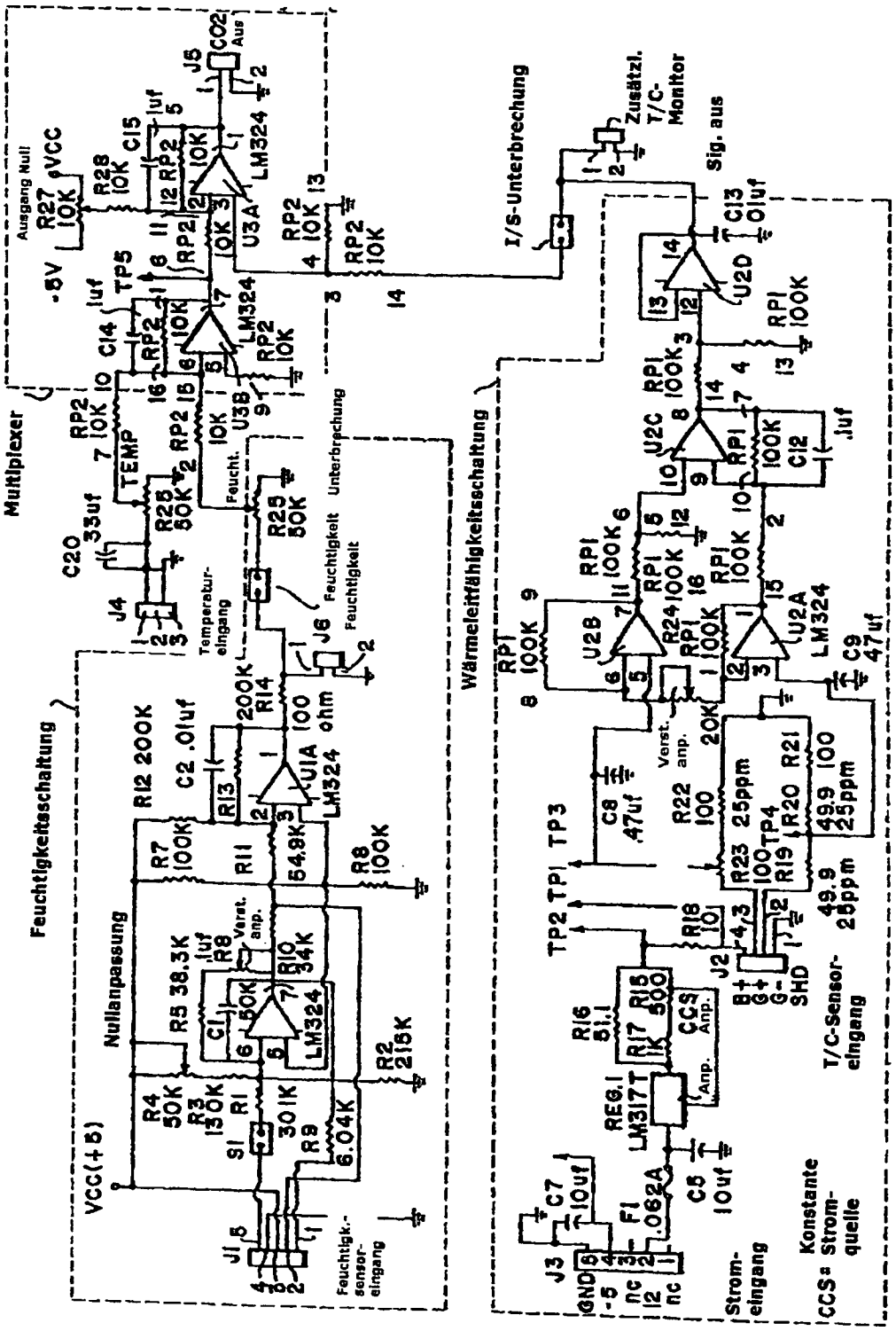
Multiplexer
Ausgang Null
-5V
VCC
R27 10K
R28 10K
C15
RP2 10K
LM324
U3A
U3B
TP5
C14
C20 33uf
TEMP
R25 50K
J4
J5
CO2 Aus
Temperatur-eingang
Feucht.
Unterbrechung
Feuchtigkeit
J6
Feuchtigkeitsschaltung
Nullanpassung
VCC(+5)
R12 200K
C2 .01uf
R13
R14 200K
U1A LM324
R7 100K
R11 54.9K
R8 100K
R5 38.3K
R8 .1uf
Verst. anp.
R10 34K
C1 50K
LM324
R4 50K
R3 130K
R1 301K
S1
R9 6.04K
R2 215K
J1
Feuchtigk.-sensor-eingang
I/S-Unterbrechung
Zusätzl. T/C-Monitor
Sig. aus
C13 .01uf
U2D
RP1 100K
U2C
C12 .1uf
U2B
R24 100K
U2A LM324
C9 47uf
Wärmeleitfähigkeitsschaltung
Verst. anp.
C8 .47uf
R22 100
R23 25ppm
R19 100
TP4
R20 49.9 25ppm
R21 100
TP2 TP1 TP3
R18 10
J2
B+ G+ G- SHD
T/C-Sensor-eingang
R16 51.1
R17 1K
R15 500
CCS Anp.
REG.1 LM317T
Anp.
C7 10uf
F1 .062A
C5 10uf
J3
GND -5 nc 12 nc
Strom-eingang
Konstante Strom-quelle
CCS=

FIG.3

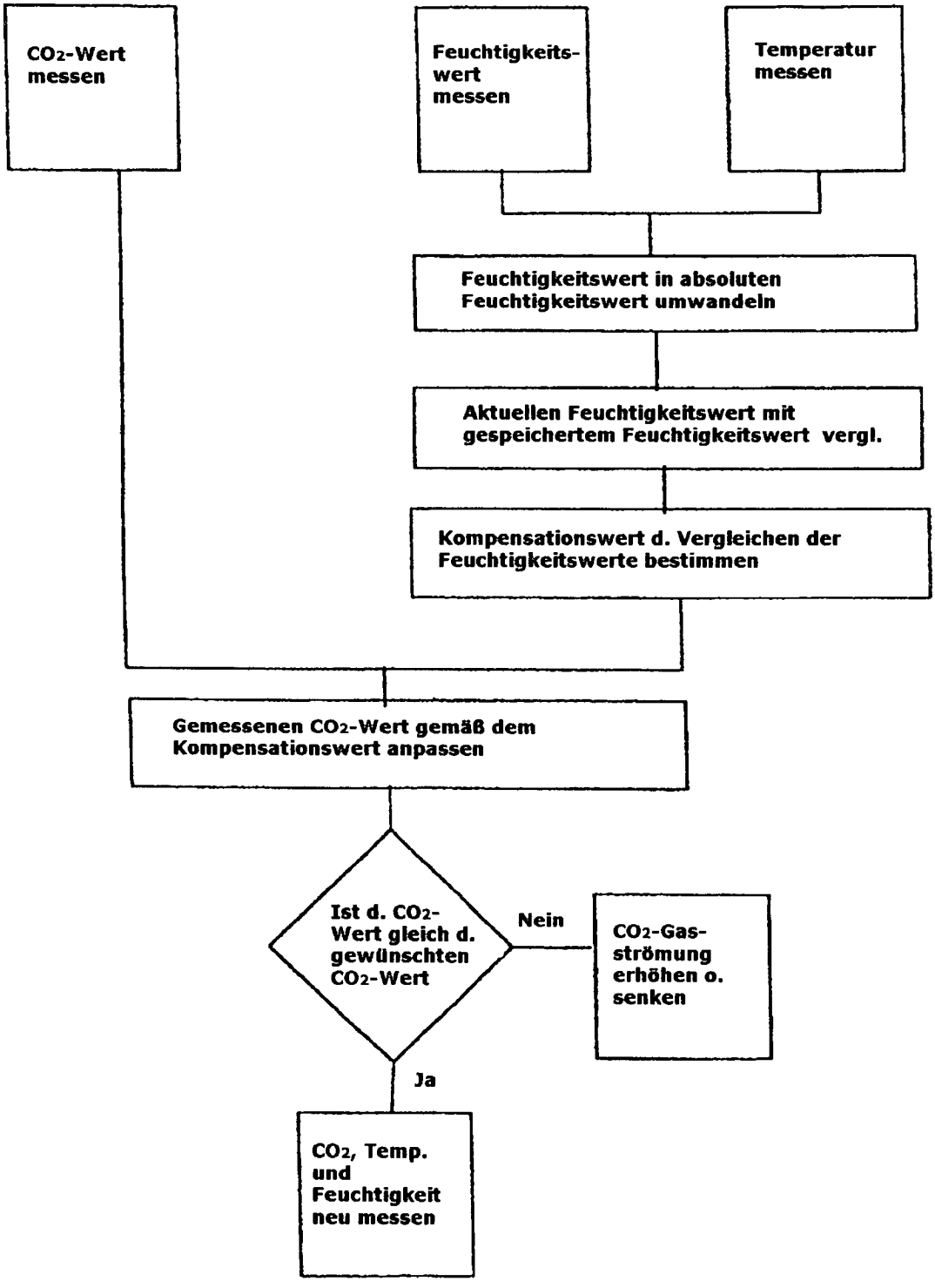
CO2-Wert messen
Feuchtigkeits-wert messen
Temperatur messen
Feuchtigkeitswert in absoluten Feuchtigkeitswert umwandeln
Aktuellen Feuchtigkeitswert mit gespeichertem Feuchtigkeitswert vergl.
Kompensationswert d. Vergleichen der Feuchtigkeitswerte bestimmen
Gemessenen CO2-Wert gemäß dem Kompensationswert anpassen
Ist d. CO2-Wert gleich d. gewünschten CO2-Wert
Nein
CO2-Gas-strömung erhöhen o. senken
Ja
CO2, Temp. und Feuchtigkeit neu messen

FIG.4