(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 097 312 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.10.2010 Patentblatt 2010/43

(21) Anmeldenummer: **07858177.4**

(22) Anmeldetag: **27.12.2007**

(51) Int Cl.:
B63C 11/24 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2007/064581

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/080948 (10.07.2008 Gazette 2008/28)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES KREISLAUFTAUCHGERÄTES UND EIN KREISLAUFGERÄT**

METHOD FOR OPERATING A REBREATHER AND A REBREATHER

PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UN APPAREIL DE PLONGÉE EN CIRCUIT ET UN APPAREIL DE PLONGÉE EN CIRCUIT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **28.12.2006 AT 8992006 U**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.09.2009 Patentblatt 2009/37

(73) Patentinhaber: **DP Scandinavia AB**
421 08 Västra Frölunda (SE)

(72) Erfinder: **SIEBER, Arne**
A-5700 Zell am See (AT)

(74) Vertreter: **VALEA AB**
Lindholmspiren 5
417 56 Göteborg (SE)

(56) Entgegenhaltungen:
GB-A- 2 329 343
GB-A- 2 427 366
US-A- 5 542 284
US-A1- 2006 201 509

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 097 312 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kreislauftauchgerätes, bei dem dem Atemgas Sauerstoff zudosiert wird, wobei der Saustoffgehalt durch mindestens einen Sauerstoffsensor überwacht wird und wobei der Sauerstoffsensor durch Spülung mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration geprüft wird.

[0002] Offene Tauchgeräte weisen sich durch einen Atemgasvorratsflasche, welche mit Pressluft oder einem anderen Atemgasgemisch gefüllt ist und einem ein- oder zweistufigen Druckminderer, welcher den Druck des Gases in der Flasche auf Umgebungsdruck reduziert, aus. Die ausgeatmete Luft wird ins Wasser abgegeben, wobei nur ein kleiner Teil des Sauerstoffs im Atemgas auch wirklich verbraucht wurde. So werden an der Wasseroberfläche ca. 3% (25 l Atemminutenvolumen, 0,8 l verbrauchter Sauerstoff, in Ruhe) des eingeatmeten Gases verbraucht, in einer Tiefe von beispielsweise 20 m beträgt dieser Wert bedingt durch den um 2 bar erhöhten Umgebungsdruck nur noch ein Drittel, also 1%. Somit muss für einen Tauchgang auf 20 m einhundertfach soviel Atemgas mitgeführt werden wie tatsächlich verbraucht wird.

[0003] Um die systembedingte den Atemgasverbrauch betreffende geringe Effizienz von offenen Tauchgeräten (SCUBA, Presslufttauchgeräte) zu umgehen, werden halbgeschlossene und geschlossene Kreislauftauchgeräte eingesetzt. Bei diesen Geräten wird in einem Kreislauf geatmet. Die ausgeatmete Luft wird bei diesen Geräten mittels eines Kohlendioxidabsorbers von Kohlendioxid gereinigt und wieder mit Sauerstoff angereichert. Weiters zeichnen sich solche Geräte durch eine ein- oder zweiteilige Gegenlunge aus, welche das ausgeatmete Gasvolumen aufnehmen kann. Mit Kreislaufgeräten kann die den Gasverbrauch betreffende Effizient auf bis zu 100% erhöht werden.

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft solche halb geschlossene und geschlossene Kreislauftauchgeräte und ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtungen.

[0005] Ein Kreislaufgerät und Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs der unabhängigen Ansprüche 1 und 10 sind bekannt aus GB 2 329 343.

[0006] Während man bei offenen Tauchgeräten im Normalfall immer ein Gas mit atembaren Sauerstoffgehalt atmet, wird bei semigeschlossenen Kreislaufgeräten der pO_2 im Kreislauf von der zugeführten Gasmenge und des Metabolismus des Tauchers bestimmt und in elektronisch gesteuerten geschlossenen Geräten mittels eines Regelkreises auf einem bestimmten Level gehalten (GB 24 045 93 A, US 2003188744 A1, WO 2005/107390 A2). Bei manuell gesteuerten geschlossenen Kreislaufgeräten wird die Sauerstoffzufuhr vom Taucher manuell eingestellt und somit der Sauerstoffpartialdruck manuell geregelt. Der Sauerstoffpartialdruck des Atemgases muss innerhalb bestimmter Grenzen liegen um atembar zu sein. Allgemein werden 0,16 bar als untere Grenze und 1,6 bar als obere Grenze angesehen. Ein pO_2 unter oder oberhalb dieser Grenzen wird als lebensbedrohend eingestuft. Daraus wird ersichtlich, dass für Kreislaufgeräte eine ständige Überwachung des pO_2 notwendig ist. Geschlossene Geräte benötigen pO_2 Sensoren zur manuellen oder elektronisch gesteuerten Regelung des pO_2 im Kreislauf. Als pO_2 Sensoren werden üblicherweise elektrochemische Sensoren eingesetzt, welche vor dem Tauchgang an der Oberfläche mit Luft oder 100% O_2 kalibriert werden.

[0007] Ein korrekt funktionierender pO_2 Sensor für den Einsatz in Kreislauftauchgeräten weist ein Ausgangssignal (Strom oder Spannung) auf, welches linear nur von dem pO_2 vor der Membran des Sensors abhängt.

[0008] pO_2 Sensoren sind sehr fehleranfällig. Typische Fehler, die auftreten können, sind:

a. Nichtlinearität;

b. Stromlimitierung: in diesem Fall wird der pO_2 Sensor ab einem bestimmten pO_2 nichtlinear da der Ausgangsstrom des Sensors (oder Ausgangsspannung) fehlerbedingt nicht über einen bestimmten Level ansteigen kann. Dies resultiert in zu niedrigen Sensorsignalen bei hohem pO_2;

c. Fehlerhafte Signale von einem oder mehreren Sensoren bzw. der Sensorsignalverarbeitung;

d. Fehlerhafte Kalibration;

[0009] pO_2 Messgeräte werden wie schon erwähnt an der Oberfläche mit Luft oder 100% O_2 unter normobaren Bedingungen (auf Meeresniveau daher ~1000 mbar Umgebungsdruck) kalibriert, wobei die Empfindlichkeit der Sensoren bestimmt wird. Der maximal erreichbare pO_2 ist daher 1,0 bar. Da bei Tauchgängen oft ein pO_2 höher als 1,0 bar auftritt, ist es wichtig die Sensoren auf a) und b) zu prüfen. (Beispiel für eine Kalibration mit 100% O_2: Umgebungsdruck: 1000 mbar, Ausgangsspannungssignal: 50 mV -> Empfindlichkeit = 50 mV/bar pO_2)

[0010] Der Fehleranfälligkeit der pO_2 Sensoren versucht man mit dem redundanten Einsatz von pO_2 Sensoren zu entgegnen. So werden in geschlossenen Kreislaufgeräten üblicherweise drei Sauerstoffsensoren eingesetzt. Falls ein Sensor ausfällt, sich daher sein Ausgangssignal von dem der anderen beiden unterscheidet, wird dieser durch einen Vergleich aller drei Sensorsignale mit einem "Votingalgorithmus" (GB 240 45 93 A, WO 2004/112905 A1) erkannt, und dieser Sensor nicht mehr zur Regelung des pO_2 herangezogen.

[0011] Ein fehlerhafter Sensor kann so ermittelt werden. Diese Methode versagt aber bei folgenden Fehlern:

e. Ausfall von zwei Sensoren, die jedoch ein gleiches Ausgangssignal haben;

f. gleiche Nichtlinearität von mindestens zwei Sen-

soren (>= zwei Sensoren aus der gleichen Produktionscharge, gleiches Alter, gleiche Bedingungen ...);

g. gleiche Stromlimitierung von mindestens zwei Sensoren

[0012] Weiters ist für eine detaillierte Tauchgangsanalyse eine kontinuierliche Aufzeichnung aller tauchgangsrelevanten Daten notwendig, so werden Tiefenprofil, Zeit und pO_2 oft in einem internen Speicher des pO_2 Messgerätes abgelegt und können nach dem Tauchgang auf einen Personal Computer übertragen werden, wobei die zeitliche Auflösung und die maximale Länge der Aufzeichnung von der internen Speichergröße abhängt und somit limitiert ist.

[0013] Zur Übertragung auf den Personal Computer werden üblicherweise spezielle Interface Kabel benötigt. Speziell für die effektive Behandlung von Tauchunfällen ist eine rasche Auswertung der Tauchgangsdaten wichtig. Oft ist jedoch das passende Interface Kabel nicht vor Ort verfügbar. Die Möglichkeit zum Auslesen der Tauchgangsdaten ohne solch spezielle Kabel mit jedem handelsüblichen PC ist somit wünschenswert.

[0014] Der Erfindung wie beanspruchs in unabhängigen Ansprüchen 1 und 10 liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine pO_2 Messvorrichtung so auszugestalten, dass Fehler in den pO_2 Sensorsignalen, Nichtlinearitäten der pO_2 Sensorsignalen, eine eventuelle Strombegrenztheit von pO_2 Sensoren zuverlässig erkannt und eine detaillierte Aufzeichnung der tauchgangsrelevanten Daten ermöglicht werden.

[0015] Aus der US 4,939,647 A ist ein Verfahren bekannt, das die oben beschriebenen Probleme zumindest teilweise löst. Dabei wird ein Sauerstoffsensor durch Spülung mit reinem Sauerstoff kalibriert. Dies ermöglicht eine Kalibration bei einem Sauerstoffpartialdruck von 1 bar. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass eine solche Kalibrierung nicht ausreicht, um die oben dargestellten Fehlerfälle zuverlässig zu erkennen.

[0016] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Prüfung automatisch ausgelöst wird. Es wird also nach einer notwendigen und vorgeschriebenen Kalibrierung eine Überprüfung vorgenommen, die jedoch nicht manuell gestartet wird, sondern automatisch ausgelöst wird. Die Prüfung ist somit unabhängig von einer eventuellen Stresssituation, in der sich der Taucher befindet. Gerade in einer solchen Stresssituation ist jedoch bedingt durch einen erhöhten Sauerstoffbedarf und eine erhöhte Atemfrequenz, sowie die damit verbundene gesteigerte Produktion von CO_2 die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls eines Sensors vergrößert. Die Prüfung kann je nach Einstellung, Art der Abweichung und dgl. zu einem Alarmsignal führen, eine Umschaltung auf Notbetrieb auslösen oder eine Korrektur der Kalibrierung bewirken.

[0017] Vorzugsweise erfolgt dabei die Prüfung unter Wasser unter Berücksichtigung des Umgebungsdrucks. Wesentlich an der vorliegenden Erfindung ist die Tatsache, dass der Umgebungsdruck bei der Prüfung auch für die Wahl des Zeitpunktes der Prüfung ausschlaggebend ist. Auf diese Weise kann man die Prüfung bei einem Sauerstoffpartialdruck durchführen, der im oberen Bereich des gewöhnlichen Messbereiches liegt. Dies bedeutet, dass insbesondere der Sauerstoffpartialdruck im Bereich des oberen Grenzwertes des Sauerstoffpartialdruckes liegt, der aus medizinischen Gründen Menschen zugemutet werden kann. Dies bedeutet etwa, dass bei einer Tauchtiefe von 6 m eine Spülung mit reinem Sauerstoff vorgenommen wird, bei dem dann der Partialdruck bei etwa 1,6 bar liegt. Die Spülung wird dabei so lange durchgeführt, bis zuverlässig ein Signal vorliegt, das reinem Sauerstoff entspricht. Dies wird in der Regel vier bis sechs Sekunden benötigen.

[0018] Durch diese Prüfung erster Art kann insbesondere die Linearität des Sauerstoffsensors und die Funktion in dem wichtigen Bereich höherer Sauerstoffpartialdrücke überprüft werden. Dies ermöglicht die Aufdekkung von Fehlerquellen, die bei einer Kalibrierung oder Überprüfung an Land nicht entdeckt werden können, da hier der maximale Sauerstoffpartialdruck mit 1 bar begrenzt ist. Diese Prüfung erster Art wird in der Regel während des Abtauchens durchgeführt, wenn die oben beschriebene Tauchtiefe von etwa 6 m erreicht ist. In weiterer Folge können laufende weitere Überprüfungen, nämlich Prüfungen zweiter Art durchgeführt werden, die beispielsweise aufdecken sollen, wenn ein Sauerstoffsensor durch Kondenswasser in seiner Funktion beeinträchtigt ist. Da diese Überprüfungen in der Regel bei größeren Tauchtiefen erfolgen, werden diese nicht mit reinem Sauerstoff durchgeführt, da ansonsten unzulässig hohe Partialdrücke erreicht werden würden. Die Überprüfung erfolgt mit Mischgas, wobei hier der Sauerstoffpartialdruck durchaus auch unterhalb von 1 bar liegen kann.

[0019] Weiters betrifft die vorliegende Erfindung ein Kreislauftauchgerät mit mindestens einer Druckflasche für Sauerstoff und einer weiteren Druckflasche für ein Verdünnergas und mit einem Ventil zur Zufuhr von Sauerstoff und/oder Verdünnergas in den Kreislauf, welches Ventil in Abhängigkeit von dem Signal mindestens eines Sauerstoffsensors gesteuert ist, wobei eine Einrichtung zur Spülung des Sauerstoffsensors mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration vorgesehen ist.

[0020] Erfindungsgemäß ist dieses Kreislauftauchgerät dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung mit einem Drucksensor in Verbindung steht und in Abhängigkeit vom Signal des Drucksensors gesteuert ist, um den Sauerstoffsensor zu prüfen.

[0021] Der Gasbedarf für die Überprüfung des Sauerstoffsensors kann insbesondere dadurch minimiert werden, dass die Vergleichsgaseinspritzung direkt vor der Sensormembran angebracht ist und so nur der Raum vor der Membran gespült wird.

[0022] Ein Steckplatz für Speicherkarten ermöglicht, dass tauchgangsrelevante Daten mit hoher Zeitauflösung abgespeichert werden und ein Personal Computer

mit Speicherkartensteckplatz ausreicht, um die Daten auszulesen.

[0023] Die Messvorrichtung zeichnet sich durch ein oder mehrere integrierte Vergleichsgaszufuhren aus. Ein Mikrocontroller mit geeigneter Software wird dabei zur Signalverarbeitung, für die Berechnungen, zur Steuerung der Magnetventile, für Ausgaben am Display und das Abspeichern von Daten auf einer Speicherkarte eingesetzt. Wie oben ausgeführt, werden als Vergleichsgas einerseits reiner Sauerstoff und das Verdünnergas bei geschlossenen Kreislaufgeräten, bzw. das Versorgungsgas bei halbgeschlossenen Kreislaufgeräten, herangezogen. Mittels eines Magnetventils können die Vergleichsgase direkt vor die Membran der Sauerstoffsensoren eingespritzt werden. Die Einspritzdauer beträgt dabei vorzugsweise zwischen 5 und 10 Sekunden, je nach der Einstellzeit der Sauerstoffsensoren. So misst der Sauerstoffsensor für die Zeitdauer der Gaseinspritzung nur den Sauerstoffpartialdruck des Vergleichsgases, während das Gasgemisch im Kreislauf vor dem Sensor durch den Vergleichgasstrom verdrängt wird. Aus der Tiefe, die üblicherweise mit einem Drucksensor bestimmt wird, wird der Umgebungsdruck berechnet und zusammen mit dem bekannten Sauerstoffgehalt der Vergleichsgase der tatsächliche Sauerstoffpartialdruck vor der Sensormembran berechnet (Sollwert) und mit dem Istwert (berechnet aus dem Sensorsignal und der bei der Kalibration bestimmten Empfindlichkeit) des Sensors verglichen. Weiters wird durch integrierte Blenden der maximale Vergleichsmassenfluss auf 1 bis 2 bar l/min begrenzt.

[0024] Es ist hervorzuheben, dass die Funktion des Kreislauftauchgerätes während dieser Überprüfungen nicht beeinträchtigt wird und der Taucher somit ganz normal atmen kann. Auch entspricht die zeitlich zugeführte Menge an Sauerstoff bei der Überprüfung mit 100% Sauerstoff etwa dem menschlichen psychologischen Sauerstoffverbrauch pro Zeiteinheit und sollte daher nicht zu einer nennenswerten Erhöhung des Sauerstoffpartialdruckes im Kreislauf führen.

[0025] Die im Folgenden beschriebenen Überprüfungen a), b), c) und d) werden von dem μ-controller automatisch durchgeführt.

[0026] Zur Überprüfung der korrekten Funktion eines pO_2 Sensors wird folgendes Verfahren angewandt:

In einem bestimmten Zeitintervall (beispielsweise alle 2 min) wird vom μ-controller der pO_2 Messvorrichtung Verdünnergas bei geschlossenen Kreislaufgeräten oder das Versorgungsgas bei halbgeschlossenen Geräten vor die Membran des Sensors eingespritzt. Durch den Vergleich der Soll- und Istwerte kann der pO_2 Sensor dann auf ein korrektes Funktionieren überprüft werden. Ebenso kann mit dieser Überprüfung auf korrekte Kalibration geprüft werden.

[0027] Linearitätsüberprüfung bei halbgeschlossenen Kreislaufgeräten:

Die pO_2 Messvorrichtung wird an der Oberfläche mit Luft oder dem Versorgergas kalibriert. In einem bestimmten Zeitintervall (beispielsweise alle 2 min) wird vom μ-controller der pO_2 Messvorrichtung Versorgungsgas (bekannter Sauerstoffgehalt) vor die Membran des Sensors eingespritzt. Durch den Vergleich der Soll- und Istwerte kann der pO_2 Sensor auf Linearität überprüft werden.

[0028] Linearitätsüberprüfung bei geschlossenen Kreislauftauchgeräten:

Die pO_2 Messvorrichtung wird an der Oberfläche mit 100% Sauerstoff (1,0 bar pO_2) kalibriert. Am Beginn des Tauchganges wird vom μ-controller automatisch in einer Tiefe von vorzugsweise 5 m bis 7 m 100% Sauerstoff vor die Membran des Sensors eingespritzt. Der tatsächliche Wert des pO_2 des Gases vor der Sensormembran ist demnach 1,5 bar - 1,7 bar. Ein Vergleich mit dem tatsächlichen Sensorsignal lässt eine Beurteilung des Sensors auf Linearität zu. Prinzipiell ließe sich auch das Sauerstoffventil des Regelkreises einsetzen um den Raum vor den Sensoren zu fluten, um so eine automatische Linearitätsüberprüfung durchzuführen. In diesem Fall sollte der Taucher für die Zeit der Überprüfung den Atem anhalten, um nicht das Messergebnis zu verfälschen.

[0029] Diese Linearitätsüberprüfungen eignen sich genauso zur Prüfung der Sensoren auf Strombegrenztheit.

[0030] Diese Prüfmethoden erlauben im Gegensatz zum Votingalgorithmus ein echtes Prüfen eines Sauerstoffsensors während des Tauchganges. Die Fehlerfälle a), b), c), d), e), f) und g) können zuverlässig erkannt werden. Insbesondere ist eine Überprüfung der Sensoren auf eine korrekte Funktion während des ganzen Tauchganges in bestimmten Intervallen möglich.

[0031] Somit ist im Prinzip auch der sichere Betrieb eines geschlossenen Kreislauftauchgerätes mit nur einem Sauerstoffsensor möglich.

[0032] Weichen Soll- und Istwerte voneinander ab, so wird der Taucher durch eine Alarmfunktion aufmerksam gemacht. Bei geschlossenen Kreislauftauchgeräten werden für die Regelung nur pO_2 Sensoren verwendet, die die automatische Funktionsüberprüfung erfolgreich bestanden haben.

[0033] Bedingt durch Kondensation von Wasser direkt auf der Membran (Wassertropfen) von Sauerstoffsensoren kann Fehlerfall c) auftreten. Mittels dem Vergleichsgasvolumenstrom kann solch ein Wassertropfen von der Membran weggeblasen werden. Danach sollte der pO_2 Sensor wieder korrekte Werte liefern.

[0034] Weiters zeichnet sich die Erfindung durch einen integrierten Speicherkartensteckplatz aus. Tauchgangs-

relevante Daten wie Sensorsignale von einem oder mehreren Sensoren, Zeit, Tiefe und Batteriespannung werden einmal pro s auf eine Secure Digital Speicherkarte geschrieben (Filesystem FAT 12, 16 oder 32). Ein 60 min Tauchgang entspricht einer Datei mit etwa 500 kByte. Diese Datei lässt sich dann mit jedem Personal Computer auslesen, der mit einem handelsüblichen Lesegerät/ Kartensteckplatz für Secure Digital Speicherkarten ausgestattet ist.

[0035] In der Folge wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den grundsätzlichen Aufbau eines erfindungsgemäßen Kreislauf- tauchgerätes; und

Fig. 2 eine erweiterte Ausführungsvariante der Erfindung.

[0036] In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau eines geschlossenen Kreislaufgerätes dargestellt. Der Taucher atmet durch das Mundstück mit Richtungsventilen 1 durch den Ausatemschlauch in die Ausatemgegenlunge 2 aus. Durch das Überdruckventil 3 kann überschüssiges Gas in die Umgebung abgegeben werden. Die ausgeatmete Luft wird im Atemkalkbehälter 4 von Kohlendioxid gereinigt. Mit der Einatemgegenlunge 13 und dem Einatemschlauch schließt sich der Kreislauf. Die Sauerstoffsensoren 11 sind im Kalkbehälter angebracht. Ein µ-controller 12 berechnet aus den Signalen der Sauerstoffsensoren den pO_2 und zeigt die tauchgangsrelevanten Daten auf einem Display 14 an. Falls der Sauerstoffpartialdruck pO_2 im Kreislauf zu niedrig ist, wird über die Sauerstoffflasche 5, dem Druckminderer 8 und einem Magnetventil 10 Sauerstoff zugeführt. Weiters kann über ein lungenautomatisches Ventil oder ein Bypassventil 9 aus der Verdünnergasflasche 6 und einem weiteren Druckminderer 7 Verdünnergas dem Kreislauf zugeführt werden (wichtig beim Abtauchen, beim Spülen des Kreislaufes, oder beim Ausblasen der Taucherbrille). Die Druckminderer reduzieren den Flaschendruck auf einen Druck ~8 - 12 bar höher als der Umgebungsdruck. Weiters dient ein Drucksensor 30 zur Bestimmung des Umgebungsdruckes.

[0037] In Fig. 2 ist der Erfindungsgegenstand, welcher eine Erweiterung für Kreislaufgeräte beispielsweise, dargestellt. Der µ-controller 20 wertet die Signale des (der) Sauerstoffsensors(en) 11 aus. Diese sind in einer Aufhängung 24 an der Auslassseite im Kalkbehälter eingeschraubt. Über eine Serial Peripheral Interface (kurz SPI) Verbindung 22 ist ein Display 21 angeschlossen. Über eine weitere SPI Verbindung 23 ist ein Speicherkartensteckplatz 19 für Secure Digital (kurz SD) Karten angeschlossen. Werden Compact Flashkarten verwendet, so werden diese nicht über eine SPI Verbindung sondern über eine parallele Verbindung beschrieben. Der µ-controller 20 kann über ein Magnetventil 10 aus einer Sauerstoffflasche 5 und Druckminderer 8 100% Sauerstoff direkt vor die Membran des (der) pO_2 Sensors(en) leiten, wobei die Durchflussmenge (beispielsweise 1 bar l/min) durch eine Blende 18 definiert wird. Weiters kann Verdünnergas mit bekanntem Sauerstoffgehalt aus der Vorratsflasche 6 über den Druckminderer 7 und einem weiteren Magnetventil 16 vor die Membran des (der) pO_2 Sensors(en) leiten. Auch hier wird der maximale Gasfluss durch eine Blende 17 definiert (wieder beispielsweise 1 bar l/min). Die Zuleitungen werden mittels einer Halterung 25 vor der Sensormembran befestigt. Weiters ist noch anzumerken, dass Fig. 2 eine Erweiterung zu Fig. 1 darstellt, sprich das Magnetventil 10 und das manuelle Ventil 9 sind weiterhin noch Bestandteil des Kreislaufes.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kreislauftauchgerätes, bei dem dem Atemgas Sauerstoff zudosiert wird, wobei der Saustoffpartialdsruck durch mindestens einen Sauerstoffsensor (11) überwacht wird und wobei der Sauerstoffsensor (11) durch Spülung mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration geprüft wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfung automatisch ausgelöst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfung unter Wasser unter Berücksichtigung des Umgebungsdrucks erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spülung durch direkte Eindüsung des Gases mit bekannter Sauerstoffkonzentration vor die Membran des Sauerstoffsensors (11) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfung in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Prüfung erster Art bei einem vorbestimmten Umgebungsdruck durch Spülung mit reinem Sauerstoff durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfung erster Art bei einem Umgebungsdruck durchgeführt wird, bei dem der Sauerstoff-Partialdruck pO_2 im Bereich des oberen Grenzwerts des SauerstoffPartialdrucks pO_2 liegt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfung erster Art bei einem Umgebungsdruck durchgeführt wird, bei dem der Sauerstoff-Partialdruck pO_2 zwischen 1,5 bar und 2 bar, vorzugsweise bei etwa 1,6 bar liegt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Prüfungen zweiter Art in bestimmten Abständen durch Spülung mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration durchgeführt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfungen zweiter Art durch Spülung mit Verdünnergas durchgeführt werden.

10. Kreislauftauchgerät mit mindestens einer Druckflasche (5) für Sauerstoff und einer weiteren Druckflasche (6) für ein Verdünnergas und mit einem Ventil (9; 10) zur Zufuhr von Sauerstoff und/oder Verdünnergas in den Kreislauf, welches Ventil (9; 10) in Abhängigkeit von dem Signal mindestens eines Sauerstoffsensors (11) gesteuert ist, wobei eine Einrichtung zur Spülung des Sauerstoffsensors (11) mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung mit einem Drucksensor (30) in Verbindung steht und in Abhängigkeit vom Signal des Drucksensors (30) gesteuert ist, um den Sauersoffsensor automatisch zu prüfen.

11. Kreislauftauchgerät nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffsensor (11) eine Membran aufweist, auf die eine Spüldüse zur Spülung des Sauerstoffsensors (11) mit einem Gas mit bekannter Sauerstoffkonzentration gerichtet ist.

12. Kreislauftauchgerät nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Steuergerät (20) vorgesehen ist, das die Spülung mit Sauerstoff bei Vorliegen eines bestimmten Umgebungsdrucks auslöst.

13. Kreislauftauchgerät nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät (20) einen Speicherkartensteckplatz (19) aufweist.

14. Kreislauftauchgerät nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Blende (18) vorgesehen ist, die den Volumenstrom des Gases reduziert.

Claims

1. Method for operating a rebreather, in which oxygen is metered to the breathing gas, wherein the oxygen partial pressure is monitored by at least one oxygen sensor (11) and wherein the one oxygen sensor (11) is tested by flushing with a gas with known oxygen concentration, **characterized in that** the test is automatically triggered.

2. Method according to claim 1, **characterized in that** the test occurs under water considering the ambient pressure.

3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the flushing occurs by direct injection of gas with known oxygen concentration before the membrane of the oxygen sensor (11).

4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the test is carried out as a function of the ambient pressure.

5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** a test of a first kind is carried out at a predefined ambient pressure by flushing with pure oxygen.

6. Method according to claim 5, **characterized in that** the test of the first kind is carried out at a ambient pressure, at which the oxygen partial pressure pO_2 is in the range of the upper limit of the oxygen partial pressure pO_2.

7. Method according to claim 6, **characterized in that** the test of the first kind is carried out at an ambient pressure, at which the oxygen partial pressure pO_2 is between 1.5 and 2 bar, preferably at about 1.6 bar.

8. Method according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** tests of a second kind are carried out at defined intervals by flushing with a gas with known oxygen concentration.

9. Method according to claim 8, **characterized in that** the tests of the second kind are carried out by flushing with diluting gas.

10. Rebreather apparatus with at least one pressure cylinder (5) for oxygen and an additional pressure cylinder (6) for a diluting gas and with a valve (9; 10) for supply of oxygen and/or diluting gas in the circuit, which valve (9; 10) is controlled as a function of the signal of the at least one oxygen sensor (11), wherein a device for flushing of the oxygen sensor (11) with a gas with known oxygen concentration is provided, **characterized in that** the device is in connection with a pressure sensor (30) and is controlled as a function of the signal of the pressure sensor (30) in order to automatically test the oxygen sensor.

11. Rebreather apparatus according to claim 10, **characterized in that** the oxygen sensor (11) has a membrane, at which a flushing nozzle for flushing of the oxygen sensor (11) with a gas with known oxygen concentration is pointed.

12. Rebreather apparatus according to any one of claims 10 or 11, **characterized in that** a control device (20)

is provided, which triggers the flushing with oxygen when a defined ambient pressure is on hand.

13. Rebreather apparatus according to claim 12, **characterized in that** the control device (20) has a memory card slot (19).

14. Rebreather apparatus according to any one of claims 10 to 13, **characterized in that** an aperture (18) is provided which reduces the flow rate of the gas.

Revendications

1. Procédé de conduite d'un recycleur, dans lequel l'oxygène est dosé dans le gaz respiratoire, la pression partielle de l'oxygène étant monitorée par au moins un détecteur d'oxygène (11) et l'au moins un détecteur d'oxygène (11) étant testé par rinçage avec un gaz d'une concentration en oxygène connue, **caractérisé en ce que** le test est déclenché automatiquement.

2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le test a lieu sous l'eau en raison de la pression ambiante.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rinçage a lieu par injection directe d'un gaz d'une concentration en oxygène connue devant la membrane du détecteur d'oxygène (11).

4. Procédé suivant une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le test est effectué en fonction de la pression ambiante.

5. Procédé suivant une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**un test d'un premier type est effectué à une pression ambiante prédéfinie par rinçage avec de l'oxygène pur.

6. Procédé de conduite suivant la revendication 5, **caractérisé en ce que** le test selon le premier type est effectué à une pression ambiante, à laquelle la pression partielle d'oxygène pO_2 se situe dans la plage de la limite supérieure de la pression partielle d'oxygène pO_2.

7. Procédé suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** le test selon le premier type est effectué à une pression ambiante, à laquelle la pression partielle de l'oxygène pO_2 se situe entre 1, 5 et 2 bars, de préférence à 1,6 bar environ.

8. Procédé suivant une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** des tests d'un second type sont effectués à des intervalles définis par rinçage avec un gaz d'une concentration en oxygène connue.

9. Procédé suivant la revendication 8, **caractérisé en ce que** les tests selon le second type sont effectués par rinçage avec un gaz diluant.

10. Recycleur avec au moins un vérin pneumatique (5) pour l'oxygène et un vérin pneumatique supplémentaire (6) pour un gaz diluant et avec un robinet (9, 10), qui est commandée en fonction du signal de l'au moins un détecteur d'oxygène (11), pour alimenter le circuit en oxygène et/ou en gaz diluant, un dispositif de rinçage du détecteur d'oxygène (11) avec un gaz d'une concentration en oxygène connue étant prévu, **caractérisé en ce que** le dispositif est relié à un détecteur de pression (30) et commandé en fonction du signal de celui-ci, afin de tester automatiquement le détecteur d'oxygène.

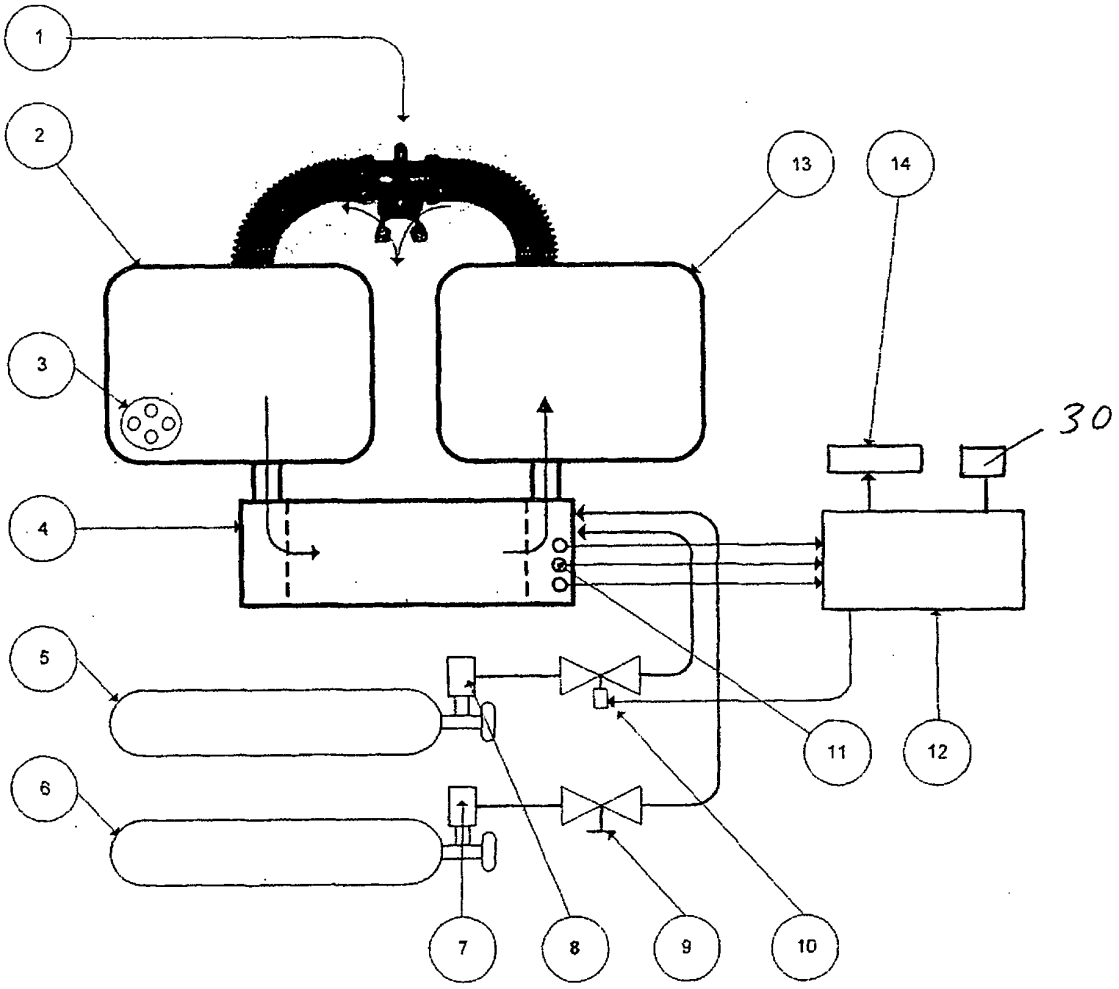
11. Recycleur suivant la revendication 10, **caractérisé en ce que** le détecteur d'oxygène (11) présente une membrane, sur laquelle est dirigée une buse de rinçage pour le rinçage du détecteur d'oxygène avec un gaz d'une concentration en oxygène connue.

12. Recycleur suivant une quelconque des revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'**est prévu un dispositif de commande (20), qui déclenche le rinçage avec de l'oxygène lorsqu'une pression ambiante définie est disponible.

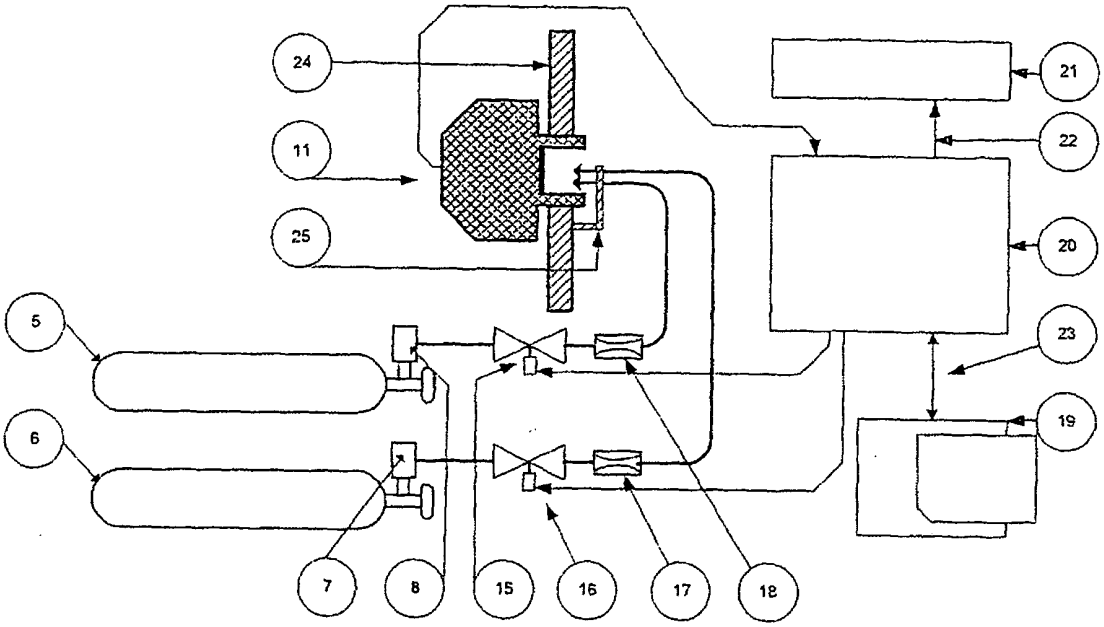
13. Recycleur suivant la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (20) présente un emplacement pour carte mémoire (19).

14. Recycleur suivant une quelconque des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce qu'**est prévue une ouverture (18) qui réduit le débit du gaz.

FIGUR 1



FIGUR 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- GB 2329343 A **[0005]**
- GB 2404593 A **[0006] [0010]**
- US 2003188744 A1 **[0006]**
- WO 2005107390 A2 **[0006]**
- WO 2004112905 A1 **[0010]**
- US 4939647 A **[0015]**