(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2017 204 082 A1** 2018.09.13

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 204 082.3**
(22) Anmeldetag: **13.03.2017**
(43) Offenlegungstag: **13.09.2018**

(51) Int Cl.: ***G01N 21/63*** (2006.01)
G01N 21/35 (2014.01)
G01J 5/08 (2006.01)
G01N 33/497 (2006.01)
A61B 5/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, CH; Hamilton Medical AG, Bonaduz, CH

(74) Vertreter:
Ruttensperger Lachnit Trossin Gomoll Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft mit beschränkter Berufshaftung, 80335 München, DE

(72) Erfinder:
Giardina, Marco, Neuchâtel, CH; Offenbeck, Bernd, 93057 Regensburg, DE; Schranz, Christoph, Bonaduz, CH; Laubscher, Thomas, Rhäzüns, CH; Novotni, Dominik, Chur, CH; Schönfuss, Dirk, Tamins, CH

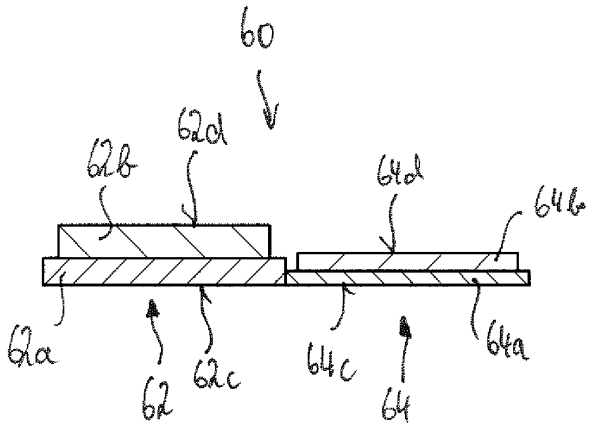
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur temperaturkompensierten optischen Erfassung eines Sauerstoffgehalts eines Fluids**

(57) Zusammenfassung: Eine Sensoranordnung (50) umfasst eine Reaktionsbaugruppe (72) mit einem Gehäuse (52) und mit einer Detektorbaugruppe (54), wobei im Gehäuse (52) eine Schichtbauteilanordnung (60) vorgesehen ist, welche umfasst:
- einen luminophorhaltigen Reaktionsschichtkörper (62), der durch Bestrahlung mit einer ersten elektromagnetischen Strahlung einer ersten Wellenlänge zur Abstrahlung einer zweiten elektromagnetischen Strahlung einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge anregbar ist, und
- einen Infrarot-Strahlung emittierenden Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64),wobei das Gehäuse (52) eine Öffnung (78a, 78b) aufweist, durch welche hindurch ein Fluid einleitbar ist, wobei das Gehäuse (52) ein Reaktionsfenster (66a) und ein räumlich davon entfernt angeordnetes Temperatur-Erfassungsfenster (66b) aufweist, wobei das ein Reaktionsfenster (66a) die erste (E1) und die zweite elektromagnetische Strahlung (E2) transmittiert, und wobei Erfassungsfenster (66b) von Infrarot-Strahlung (I) durchdringbar ist, wobei die Detektorbaugruppe (54) umfasst:
- eine Strahlungsquelle (82), welche zur Abstrahlung der ersten elektromagnetischen Strahlung (E1) ausgebildet ist,
- einen Strahlungsdetektor (86), welcher zur Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung (E2) ausgebildet ist, und
- einen Infrarot-Detektor (90), welcher zur Erfassung der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) abgestrahlten Infrarot-Strahlung (I) durch das Temperatur-Erfassungsfenster ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**33 46 810**	**C2**
DE	**100 51 220**	**A1**
DE	**10 2009 031 764**	**A1**
DE	**10 2014 103 721**	**A1**
DE	**602 13 231**	**T2**
DE	**691 28 644**	**T2**
FR	**2 538 550**	**A1**
US	**6 325 978**	**B1**
US	**6 815 211**	**B1**
US	**2002 / 0 098 120**	**A1**
US	**2007 / 0 212 792**	**A1**
US	**2012 / 0 012 756**	**A1**
US	**2015 / 0 282 749**	**A1**
US	**2017 / 0 348 047**	**A1**
US	**5 793 044**	**A**
EP	**1 319 933**	**A1**
WO	**97/ 24 606**	**A1**
WO	**2007/ 147 276**	**A1**
WO	**2008/ 070 629**	**A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine flächige Schichtbauteilanordnung zur temperaturkompensierten optischen Erfassung eines Sauerstoffgehalts eines Fluids, wobei die flächige Schichtbauteilanordnung umfasst:

- einen luminophorhaltigen Reaktionsschichtkörper, dessen Luminophor durch Bestrahlung mit einer ersten elektromagnetischen Strahlung einer ersten Wellenlänge zur Abstrahlung einer zweiten elektromagnetischen Strahlung einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge anregbar ist, wobei das angeregte Abstrahlverhalten des Luminophors abhängig von einem Sauerstoffpartialdruck in einem den Luminophor kontaktierenden Fluid ist, und

- einen Infrarot-Strahlung emittierenden Temperatur-Erfassungsschichtkörper.

[0002] Eine gattungsgemäße Schichtbauteilanordnung ist aus der US 2013/0023782 A1 bekannt. Diese Druckschrift beschreibt eine Sensoranordnung mit einer solchen Schichtbauteilanordnung zur Messung einer Sauerstoffkonzentration eines Beatmungsgases auf Grundlage des an sich bekannten Messprinzips der sauerstoffinduzierten Lumineszenzlöschung („luminescence quenching“) von Luminophoren. Dabei werden im Reaktionsschichtkörper vorhandene Luminophore durch Bestrahlung mit der ersten elektromagnetischen Strahlung zur Abstrahlung einer von der ersten verschiedenen zweiten elektromagnetischen Strahlung angeregt. In der Regel ist die zweite elektromagnetische Strahlung langwelliger als die erste elektromagnetische Strahlung.

[0003] Vereinfacht zusammengefasst kann das zugrundeliegende Messprinzip wie folgt dargestellt werden: Durch die Bestrahlung mit der ersten elektromagnetischen Strahlung findet ein Energieeintrag in den Luminophor statt. Die dem Luminophor durch Bestrahlung erteilte Anregungsenergie gibt der Luminophor mit gewissen zeitlichem Versatz in Form der zweiten elektromagnetischen Strahlung wieder ab. Wird der durch Bestrahlung mit der ersten elektromagnetischen Strahlung angeregte Luminophor dagegen durch Sauerstoff kontaktiert, findet eine strahlungsfreie Abregung des Luminophors durch Energieübertrag an den kontaktierenden Sauerstoff statt. Auf diese Weise beeinflusst am Luminophor präsenter Sauerstoff dessen Abstrahlverhalten in Antwort auf die durch Bestrahlung erhaltene Anregung.

[0004] Der den Luminophor kontaktierende Sauerstoff beeinflusst dessen Abstrahlverhalten bei ansonsten identischer Anregung hinsichtlich der Intensität der zweiten elektromagnetischen Strahlung und hinsichtlich der Dauer der Abstrahlung der zweiten elektromagnetischen Strahlung. Die Auswertung des durch präsenten Sauerstoff beeinflussten Abstrahlverhaltens des Luminophors als Antwort auf die Bestrahlung mit der ersten elektromagnetischen Strahlung auf Grundlage der zeitlichen Charakteristik des Abstrahlverhaltens gilt gegenüber der Auswertung auf Grundlage der beeinflussten Intensität als die genauere Auswertung, da die Auswertung nach der zeitlichen Charakteristik der Abstrahlung der zweiten elektromagnetischen Strahlung im Gegensatz zur Auswertung nach deren Intensität von einem alterungsbedingten Ausbleichen des Luminophors unbeeinflusst oder wenigstens weniger stark beeinflusst ist.

[0005] Das Abstrahlverhalten von Luminophoren wird bei ansonsten gleichen Bedingungen außerdem von der Temperatur des Luminophors beeinflusst. Dies macht die Auswertung des in der Regel sensorisch beobachteten Abstrahlverhaltens in temperaturveränderlicher Umgebung schwierig. Eine temperaturveränderliche Umgebung liegt beispielsweise bei der Messung der Sauerstoffkonzentration in einem Beatmungsgas vor, das dem Patienten in der Regel mit einer anderen Temperatur zugeführt wird als dieser es nach einer gewissen Verstoffwechslung wieder ausatmet. Auch kann sich die Temperatur des exspiratorischen Beatmungsgases abhängig vom Gesundheitszustand des Patienten ändern.

[0006] Zur Lösung dieses Problems schlägt die US 2013/0023782 A1 vor, die Temperatur des luminophorhaltigen Reaktionsschichtkörpers berührungslos durch einen Infrarot-Detektor zu messen. Dadurch soll gleichzeitig mit der Erfassung des Abstrahlverhaltens des Luminophors dessen Temperatur erfasst werden, so dass das Abstrahlverhalten in Kenntnis der Temperatur zutreffend ausgewertet werden kann.

[0007] Gemäß der US 2013/0023782 A1 sind daher der luminophorhaltige Reaktionsschichtkörper und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper ein und derselbe Körper.

[0008] Eine flächige Schichtbauteilanordnung für eine Sensoranordnung zur Messung eines Sauerstoffgehalts von Beatmungsgas ist außerdem aus der US 7,833,480 B2 bekannt. Auch diese Druckschrift lehrt, die durch die Temperaturabhängigkeit des Abstrahlverhaltens von Luminophoren systemimantente Unsicherheit bei der Auswertung des erfassten Abstrahlverhaltens dadurch zu eliminieren, dass der Reaktionsschichtkörper durch eine Heizeinrichtung auf eine konstante bekannte Temperatur gebracht und dort gehalten wird. Damit ändert sich die Temperatur des Luminophors während der Erfassung nicht und das erhaltene Abstrahlsignal kann ausgewertet werden.

[0009] Nachteilig an der zuletzt genannten Lösung ist der hohe apparative Aufwand, da an der Schichtbauteilanordnung eine Heizeinrichtung vorzusehen ist, die mit Energie zu versorgen ist. Darüber hinaus kann die zusätzliche Heizeinrichtung das Messergebnis verfälschen oder die Temperaturabhängigkeit nicht in dem gewünschten Maße ausblenden, da es aufgrund des Messprinzips notwendig ist, dass der angeregte Luminophor mit Sauerstoff in Kontakt kommt. Somit ist ein gewisses Maß an konvektivem Wärmeübergang zwischen dem Reaktionsschichtkörper und dem hinsichtlich seines Sauerstoffgehalts zu erfassenden Messobjekt-Fluid unvermeidlich, so dass trotz Vorsehen einer Heizeinrichtung nicht die Temperatur des Luminophors während der Erfassung seiner Abstrahlung notwendigerweise genau bekannt ist.

[0010] Auch die von der gattungsgemäßen Druckschrift US 2013/0023782 A1 vorgeschlagene Lösung zur Erfassung der Temperatur des Reaktionsschichtkörpers und zur datentechnischen Temperaturkompensation des erfassten Abstrahlverhaltens ist ebenfalls nicht frei von Nachteilen.

[0011] Zum einen befinden sich bei der gattungsgemäßen Lösung zwei Strahlungsquellen und zwei Strahlungsdetektoren im selben Messraum. Die erste Strahlungsquelle soll durch Ausstrahlung der ersten elektromagnetischen Strahlung den Luminophor im Reaktionsschichtkörper anregen. Zwar wird diese Anregung üblicherweise nicht im infraroten Wellenlängenbereich elektromagnetischer Strahlung erfolgen, jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass diese erste Strahlungsquelle neben der gewünschten ersten elektromagnetischen Strahlung auch mit weiteren Wellenlängen strahlt, die ins Infrarote reichen und somit eine Störsignalquelle bilden können.

[0012] Die zweite Strahlungsquelle ist der Luminophor des Reaktionsschichtkörpers, welcher sowohl die zweite elektromagnetische Strahlung als Antwort auf seine Anregung abstrahlt als auch eine seiner Temperatur entsprechende Infrarotstrahlung.

[0013] Zum einen können die Wellenlängen beider Strahlungen: zweite elektromagnetische Strahlung und Temperatur-Infrarotstrahlung, nahe beieinander liegen und somit nur schwer unterscheidbar sein, was wiederum eine wechselseitige Störquelle der jeweiligen Signale bildet.

[0014] Zum anderen wird der bekannte Reaktionsschichtkörper auf einer seiner Seiten mit dem Messobjekt-Fluid, dessen Sauerstoffgehalt zu erfassen ist, benetzt und wird auf seiner entgegengesetzten Seite hinsichtlich der von ihm ausgehenden Strahlung erfasst. Daher ist der bekannte Reaktionsschichtkörper zur ersten Strahlungsquelle sowie zu den Strahlungsdetektoren hin abzuschirmen, um zu verhindern, dass sauerstoffhaltiges Fluid auch von der Erfassungsseite her an den Luminophor des Reaktionsschichtkörpers gelangt und die Erfassung des Abstrahlverhaltens verfälscht.

[0015] Die wenigstens sauerstoffdichte Abschirmung des Reaktionsschichtkörpers zur ersten Strahlungsquelle und zur Detektoranordnung hin muss sowohl die zweite elektromagnetische Strahlung als auch die Temperatur-Infrarotstrahlung möglichst unbeeinträchtigt durchlassen, um das Abstrahlverhalten des Reaktionsschichtkörpers möglichst unverfälscht erfassen zu können. Dies führt zu einer erheblichen Einschränkung der zur Abschirmung verwendbaren Werkstoffe. Für manche Wellenlängenbereiche an zweiter elektromagnetischer Strahlung und an Temperatur-Infrarotstrahlung kann unter Umständen überhaupt kein Werkstoff gefunden werden, welcher beide elektromagnetischen Strahlungen ausreichend unverfälscht transmittiert.

[0016] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine gattungsgemäße flächige Schichtbauteilanordnung derart weiterzubilden, dass die oben im Zusammenhang mit der bekannten gattungsgemäßen Schichtbauteilanordnung genannten Nachteile vermindert oder vollständig beseitigt werden. Es soll also eine Schichtbauteilanordnung bereitgestellt werden, welche eine sehr genaue optische Erfassung eines Sauerstoffgehalts eines Fluids durch Temperaturkompensation des erfassten Abstrahlverhaltens des Reaktionsschichtkörpers bei gleichzeitig möglichst einfachem konstruktivem Aufbau ermöglicht.

[0017] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Reaktionsschichtkörper und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper gesondert voneinander ausgebildet sind.

[0018] Durch die gesonderte Ausbildung von Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper können die beiden Schichtkörper räumlich getrennt an einer fluidführenden Leitung oder an einem fluidaufnehmenden Gefäß vorgesehen werden, so dass die zur messtechnischen Erfassung der von beiden Schichtkörpern ausgehenden Strahlung notwendigen Vorrichtungen räumlich voneinander getrennt vorgesehen werden können. So kann die Strahlungsquelle der ersten elektromagnetischen Strahlung räumlich getrennt und damit abgeschirmt von einem Infrarot-Detektor angeordnet werden, da die Strahlungsquelle nur den Reaktionsschichtkörper bestrahlen muss und der Infrarot-Detektor nur den Temperatur-Erfassungsschichtkörper erfassen muss. Somit fällt die Strahlungsquelle der ersten elektromagnetischen Strahlung als Störquelle für die berührungslose Temperaturerfassung des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers aus.

[0019] Weiterhin können der Reaktionssichtkörper und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper in jeweils an ihre Anforderungen optimal angepassten Messumgebungen angeordnet werden, sodass die Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung vom Reaktionsschichtkörper ebenso optimal erfolgen kann wie die Erfassung der Infrarotstrahlung vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper.

[0020] Wenn in der vorliegenden Anmeldung von einem Schichtkörper die Rede ist, so ist damit ausgesagt, dass dieser Körper als flächiger Körper in zwei zueinander orthogonalen Raumrichtungen eine wesentlich größere Abmessung aufweist als in seiner zu den beiden genannten Raumrichtungen jeweils orthogonalen Dickenrichtung. Die Dickenrichtung ist daher stets die kürzeste Abmessung des Schichtkörpers.

[0021] Grundsätzlich kann es ausreichen, dass der Reaktionsschichtkörper oder/und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper nur eine einzige Schicht aufweisen. Jeder der Schichtkörper kann jedoch eine Mehrzahl von Schichten aufweisen, wenn dies für seine Funktion oder für seinen Einsatzzweck erforderlich oder förderlich ist.

[0022] Ein Problem bei der gesonderten Ausbildung von Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper liegt in der Beurteilung der Aussagekraft der am Temperatur-Erfassungsschichtkörper erfassten Temperatur für die tatsächliche Temperatur des Reaktionsschichtkörpers. Eine möglichst einfache Lösung hierfür kann darin bestehen, eine identische Kopie des Reaktionsschichtkörpers als Temperatur-Erfassungsschichtkörper zu verwenden und an einem der beiden Schichtkörper nur die zweite elektromagnetische Strahlung zu erfassen und am jeweils anderen Schichtkörper nur die Infrarotstrahlung zu erfassen.

[0023] Wenngleich dies eine mögliche Ausgestaltungsform der vorliegenden Erfindung ist, ist zum einen die Verwendung eines weiteren Reaktionsschichtkörpers als Temperatur-Erfassungsschichtkörper teuer und daher wirtschaftlich fragwürdig. Zum anderen ist ohne die Gewährleistung einer tatsächlich identischen Ausbildung der beiden Reaktionsschichtkörper und deren Anordnung unter möglichst identischen Betriebsbedingungen während der Erfassung der von ihnen ausgehenden Strahlung dennoch eine Kalibration notwendig, um aus der am Temperatur-Erfassungsschichtkörper erfassten Infrarotstrahlung ausreichend genau auf die tatsächliche Temperatur des Reaktionsschichtkörpers schließen zu können. Schließlich kann die am Luminophor anregbare zweite elektromagnetische Strahlung die Infrarot-Strahlung des Temperatur-Erfassungsschichtkörper stören.

[0024] Daher ist es aus Gründen einer möglichst einfachen und kostengünstigen Konstruktion der erfindungsgemäßen flächigen Schichtbauteilanordnung bevorzugt, wenn der Temperatur-Erfassungsschichtkörper frei von Luminophor ist.

[0025] Damit ist sichergestellt, dass am Temperatur-Erfassungssichtkörper nicht unbeabsichtigterweise ein Luminophor zur Abstrahlung von elektromagnetischer Strahlung angeregt wird, die die Erfassung der von ihm temperaturbedingt ausgehenden Infrarot-Strahlung stören könnte. Da eine möglichst sichere Übertragung der mit Infrarot-Strahlungserfassung ermittelten Temperatur des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers auf eine ausgehend hiervon angenommene oder bestimmte Temperatur des Reaktionsschichtkörpers ohnehin mittels einer Datenverarbeitungsvorrichtung auf Grundlage einer zuvor durchgeführten Kalibration erfolgen kann oder erfolgen sollte, kann der konstruktive Aufbau des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers verglichen mit jenem des Reaktionsschichtkörpers erheblich vereinfacht werden. Daher kann ganz allgemein vorgesehen sein, dass der Reaktionsschichtkörper wenigstens abschnittsweise hinsichtlich Schichtmaterial oder/und Schichtfolge oder/und Schichtdicke einen anderen Schichtaufbau aufweist als der Temperatur-Erfassungsschichtkörper.

[0026] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass beide Schichtkörper: Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper eine einheitliche Substratlage aufweisen, auf der unterschiedliche funktionale Schichten aufgetragen sind, etwa einmal wenigstens eine luminophorhaltige Schicht und ein weiteres Mal eine zur Temperaturerfassung durch Erfassung von Infrarot-Strahlung bestimmte Schicht, oder die Substratlage selbst dient am Temperatur-Erfassungsschichtkörper ohne weitere zusätzliche funktionale Schicht unmittelbar der Erfassung von Infrarot-Strahlung und damit der Temperaturerfassung. Dann ist wegen des Vorhandenseins einer gemeinsamen Schicht die Ausbildung von Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper als integral zusammenhängende Schichtkörper möglich. Die Schichtbauteilanordnung kann dann eine einstückige Schichtbauteilanordnung sein.

[0027] Es kann jedoch auch aus Gründen der bestmöglichen Funktionserfüllung der beiden Schichtkörper daran gedacht sein, dass diese vollständig verschieden aufgebaut sind und hinsichtlich wenigstens eines der oben genannten Schichtparameter einen vollständig unterschiedlichen Schichtaufbau aufweisen.

[0028] Für ein möglichst aussagekräftiges, genaues Erfassungsergebnis des Sauerstoffgehalts im zu erfassenden Fluid (Messobjekt-Fluid) ist es vorteilhaft, wenn die Erfassung der von der Schichtbau-

teilanordnung ausgehenden Strahlung das zu erfassende Fluid nicht stört und umgekehrt. Zu diesem Zweck ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass der Reaktionsschichtkörper und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper jeweils eine Fluidkontaktseite aufweisen, auf welcher der jeweilige Schichtkörper zum Kontakt mit dem Messobjekt-Fluid ausgebildet ist, und eine der Fluidkontaktseite entgegengesetzte Erfassungsseite aufweisen, welche zum Zusammenwirken mit Strahlungsdetektoren ausgebildet ist.

[0029] Die berührungslose optische Sensierung der hier diskutierten Schichtbauteilanordnung ist nicht nur wegen des durch die Berührungslosigkeit verminderten Risikos einer Störung der zu erfassenden Vorgänge durch die hierfür verwendete Messtechnik selbst bevorzugt. Eine Kontakt-Temperaturerfassung der Temperatur des Reaktionsschichtkörpers mittels Messfühlern und dergleichen ist auch deshalb schwierig bis unmöglich, da die meisten Messfühler, die ausreichend standfest und robust sind, Temperaturen und Temperaturänderungen zu langsam erfassen und damit bei sich ändernden Temperaturen eine Temperatur anzeigen würden, die nicht die wirkliche Temperatur ist, die der Reaktionsschichtkörper zum Zeitpunkt einer erfassten Abstrahlung aufweist.

[0030] Temperaturmessfühler, die Temperaturänderungen schnell genug erfassen können, haben sich dagegen als zu fehleranfällig und zu wenig robust erwiesen, als dass diese in einem sicherheitskritischen Einsatzbereich, wie beispielsweise der Erfassung von Sauerstoffkonzentrationen eines Beatmungsgases während einer künstlichen Beatmung, zum Einsatz kommen könnten.

[0031] Da es folglich darauf ankommt, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper dann, wenn er die oben genannte Erfassungsseite und Fluidkontaktseite aufweist, eine Temperaturänderung auf der Fluidkontaktseite möglichst schnell zur Erfassungsseite weiterleitet, ist es vorteilhaft, wenn der Temperatur-Erfassungsschichtkörper eine Schicht aus möglichst gut wärmeleitendem Material aufweist, die überdies dünn ausgebildet sein kann. Hierzu kann konkret vorgesehen sein, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper eine Metallfolie aufweist.

[0032] Die Metallfolie kann grundsätzlich eine beliebige Metallfolie sein, beispielsweise eine Kupferfolie, die allerdings gerade in sauerstoffhaltiger Umgebung oxidationsanfällig ist und mit zunehmender Oxidation ihre Eigenschaften ändert. Bevorzugt wird daher als Metallfolie eine Aluminiumfolie vorgeschlagen, die sich selbst passiviert und daher über lange Zeit gleiche Materialeigenschaften bereitstellen kann. Außerdem kann eine Aluminiumfolie, wie andere Metallfolien auch, mit ausreichender Festigkeit selbst bei geringer Foliendicke von weniger als 15 µm ausgebildet werden. Bevorzugt weist eine Metallfolie, insbesondere die genannte Aluminiumfolie, als Teil des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers oder als dieser Schichtkörper eine Dicke im Bereich von 6 bis 12 µm, bevorzugt im Bereich von 8 bis 11 µm auf. Durch die von Metall, insbesondere Aluminium, bereitgestellte hohe Wärmeleitfähigkeit wird Wärme schnell durch das Material hindurchgeleitet. Durch die geringe Materialdicke von unter 15 µm ist außerdem der Wärmeleitweg kurz, so dass eine sich auf der Fluidkontaktseite ändernde Temperatur im Bereich weniger Millisekunden an der Erfassungsseite erfassbar ist.

[0033] Der Reaktionsschichtkörper kann dagegen als an sich bekannter Reaktionsschichtkörper aufgebaut sein und beispielsweise eine poröse, Sauerstoffmoleküle durchlässige Substratlage aus Polyvinylidenfluorid aufweisen. Es sind jedoch vorliegend beliebige bekannte Reaktionsschichtkörper an der hier diskutierten Schichtbauteilanordnung einsetzbar.

[0034] Um weiter sicherstellen zu können, dass eine sich fluidseitig ändernde Temperatur möglichst schnell an der Erfassungsseite des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers erfassbar wird, ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass eine Außenfläche der Metallfolie die Fluidkontaktseite des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers bildet.

[0035] Bevorzugt ist wenigstens ein Schichtkörper aus Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper eben. Besonders bevorzugt sind beide Schichtkörper eben, um eine etwaige Strömung des Fluids, dessen Sauerstoffgehalt erfasst werden soll, möglichst nicht zu stören. Wird der wenigstens eine Schichtkörper aus Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper zur Erfassung des Sauerstoffgehalts eines strömenden Fluids eingesetzt, dann kann der wenigstens eine Schichtkörper, vorzugsweise beide Schichtkörper, zur möglichst geringen Störung der Messobjekt-Fluidströmung um eine zur Strömungsrichtung des Fluids am Anbringungsort des wenigstens einen Schichtkörpers parallele Krümmungsachse gekrümmt sein. Bevorzugt ist der wenigstens eine Schichtkörper nur um diese Krümmungsachse gekrümmt.

[0036] Die Schichtkörper können adhäsiv mit dem Gehäuse verbunden sein, beispielsweise durch eine Klebstoffspur, welche auf der Erfassungsseite der Schichtbauteilanordnung aufgetragen jeweils einen für eine Strahlungserfassung vorgesehenen Bereich der Erfassungsseite des jeweiligen Schichtkörpers ausspart. Dadurch wird die Strahlungsemission des wenigstens einen Schichtkörpers und ihre Erfassung durch den Klebstoff nicht gestört.

[0037] Alternativ oder zusätzlich kann ein oder können beide Schichtkörper über ein Klebeband mit dem Gehäuse verbunden sein, wobei das Klebeband unter Aussparung eines Bereichs der jeweiligen Fluidkontaktseiten teilweise mit der Fluidkontaktseite und teilweise mit dem Gehäuse adhäsiv verbunden ist. Somit wird der Kontakt des wenigstens einen Schichtkörpers mit dem Fluid durch das Klebeband nicht gestört.

[0038] Ganz grundsätzlich kann der Temperatur-Erfassungsschichtkörper eine Substratlage aufweisen, welche eine funktionale Schicht trägt. Hierauf wurde oben bereits hingewiesen. Die Substratlage kann beispielsweise die oben genannte Metallfolie sein, die ausreichend stabil bei geringer Dicke bereitgestellt werden kann. Auf der Erfassungsseite kann der Temperatur-Erfassungsschichtkörper eine mittelbar, also unter Zwischenanordnung weiterer Schichten, oder unmittelbar von der Substratlage getragene Emissionsschicht mit einem Emissionsgrad von nicht weniger als 0,75 aufweisen. Noch besser weist die Emissionsschicht einen Emissionsgrad von nicht weniger als 0,9 auf. Je höher der Emissionsgrad ist, desto besser kann störende Reflektion auf der Erfassungsseite des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers vermieden werden. Umso sicherer ist es, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper tatsächlich die Quelle der in der Nähe seiner Erfassungsseite erfassten Infrarot-Strahlung ist und letztere nicht lediglich an der Oberfläche der Erfassungsseite zum entsprechenden Detektor hin reflektiert wurde.

[0039] Ganz grundsätzlich soll nicht ausgeschlossen sein, dass die Emissionsschicht und die Substratlage materialidentisch sind und die Emissionsschicht auf der Erfassungsseite durch mechanisches oder/und chemisches Aufrauen der Oberfläche der Substratlage auf der Erfassungsseite gebildet ist. Dies kommt insbesondere bei Substratlagen mit materialimmanent hohem Emissionsgrad von mehr als 0, 75 in Betracht.

[0040] Da die als Substratlage bevorzugte Metallfolie häufig unerwünscht stark reflektierende Oberflächen aufweisen wird, kann jedoch eine gesonderte Emissionsschicht auf der Substratlage von Vorteil sein. Um ein möglichst vorteilhaftes Emissionsverhalten im infraroten Wellenlängenbereich erhalten zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Emissionsschicht Farbpigmente enthält. Dabei spielt die Farbe der Farbpigmente nur eine untergeordnete Rolle, da im infraroten Wellenlängenbereich viele Farbpigmente „schwarz“ sind und somit einen ausreichend hohen Emissionsgrad bereitstellen. Dennoch ist die Verwendung von anthrazitfarbenen bis schwarzen Farbpigmenten bevorzugt.

[0041] In Versuchen hat sich eine karbon-haltige Schicht als Emissionsschicht bewährt. Beispielsweise kann die Emissionsschicht als karbon-haltiger Lack aufgetragen sein. Als geeignet hat sich beispielsweise ein karbon-haltiger Leitlack der Firma Peters GmbH & Co. KG in Kempen (DE) mit der Bezeichnung „SD 2843 HAL“ erwiesen.

[0042] Ebenso kann ein Epoxid die Emissonsschicht bilden. Auch Epoxide sind in dünner Schichtdicke auf ein Substrat auftragbar, beispielsweise drucktechnisch oder durch Aufsprühen. Sie bilden nach dem Aushärten eine vorteilhaft feste, robuste Oberfläche. Mögliche vorteilhafte Epoxide zur Bildung einer Emissionsschicht sind unter der Produktbezeichnung EP 601 oder EP 653 mit der USP-Klasse VI von der Firma Polytec PT GmbH in Waldbronn (DE) erhältlich. Bevorzugt sollten diese Epoxide mit Farbpigmenten gefüllt verwendet werden, aus den genannten obigen Gründen bevorzugt wiederum mit schwarzen Farbpigmenten.

[0043] Da die vorliegend diskutierte Schichtbauteilanordnung zur Erfassung unmittelbar eines Sauerstoffpartialdrucks eines Fluids und daraus abgeleitet des Sauerstoffgehalts des Fluids geeignet und bestimmt ist, betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Reaktionsbaugruppe, umfassend ein Gehäuse und eine im Gehäuse vorgesehene Schichtbauteilanordnung, wie sie oben beschrieben und weitergebildet ist, wobei das Gehäuse eine Öffnung aufweist, durch welche hindurch ein Fluid in das Gehäuse einleitbar ist, wobei das Gehäuse ein Reaktionsfenster aufweist, durch welches hindurch der Reaktionsschichtkörper von der ersten elektromagnetischen Strahlung erreichbar und welches von der zweiten elektromagnetischen Strahlung durchdringbar ist, und wobei das Gehäuse ein vom Reaktionsfenster räumlich entfernt angeordnetes Temperatur-Erfassungsfenster aufweist, welches von der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper abgestrahlten Infrarotstrahlung durchdringbar ist.

[0044] In das Gehäuse ist das Messobjekt-Fluid, dessen Sauerstoffpartialdruck erfasst werden soll, zur Erfassung einleitbar. Mit den gesondert voneinander und räumlich entfernt voneinander ausgebildeten Fenstern: Reaktionsfenster und Temperatur-Erfassungsfenster, kann die von dem jeweiligen Schichtkörper: Reaktionsschichtkörper und Temperatur-Erfassungsschichtkörper, ausgehende elektromagnetische Strahlung an räumlich voneinander entfernt gelegenen Orten erfasst werden, so dass die involvierten elektromagnetischen Strahlungen sich nicht gegenseitig stören können.

[0045] Zur möglichst optimalen Ausrüstung des Gehäuses für eine Erfassung der einmal vom Reaktionsschichtkörper und ein weiteres Mal vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper ausgehenden elektromagnetischen Strahlung kann das Reaktionsfenster

konstruktiv vom Temperatur-Erfassungsfenster verschieden ausgebildet sein.

[0046] Die konstruktiv unterschiedliche Ausbildung kann zum einen in einer unterschiedlichen Materialwahl zum Ausdruck kommen. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das Reaktionsfenster dicker ist als das Temperatur-Erfassungsfenster. Dabei soll eine Dicke des Temperatur-Erfassungsfensters von Null ausdrücklich eingeschlossen sein. Eine ausreichend dicke Ausbildung des Reaktionsfensters ist auch deshalb vorteilhaft, da das Reaktionsfenster nicht nur einen Durchgang der ersten und der zweiten elektromagnetischen Strahlung ermöglichen muss, sondern auch den Reaktionsschichtkörper von der Erfassungsseite her gegen einen Kontakt mit Sauerstoff abschirmen soll, der nicht von dem Messobjekt-Fluid stammt.

[0047] Durch eine dünnere Ausbildung des Temperatur-Erfassungsfensters kann dann, wenn kein optimal für Infrarot-Strahlung durchlässiges Material verfügbar ist, das weniger optimale Material wenigstens so dünn ausgebildet werden, dass es möglichst wenig Störeinfluss aufweist.

[0048] Die Wahl eines infrarot-strahlungsdurchlässigen Materials kann jedoch entfallen, wenn man auf die oben bereits angedeutete Lösung eines Temperatur-Erfassungsfensters mit einer Dicke von Null zurückgreift. Dementsprechend ist gemäß einer besonders bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass das Reaktionsfenster ein für Licht im optisch wahrnehmbaren Wellenlängenbereich transparentes Material aufweist und dass das Temperatur-Erfassungsfenster ein das Gehäuse in dessen Dickenrichtung durchsetzendes Loch umfasst, das durch den Temperatur-Erfassungsschichtkörper bedeckt ist.

[0049] Besonders dann, wenn der Temperatur-Erfassungsschichtkörper die oben bevorzugt genannte Metallfolie aufweist, kann das eine Gehäusewand als Temperatur-Erfassungsfenster durchsetzende Loch sicher und dauerhaft mit dem Temperatur-Erfassungsschichtkörper bedeckt sein. Die Erfassungsseite des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers liegt dann bevorzugt für eine etwaig vorgesehene Infrarot-Detektoranordnung in dem Loch frei.

[0050] Das als Temperatur-Erfassungsfenster das Gehäuse durchsetzende Loch weist bevorzugt mit zunehmender Annäherung von der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper weg weisenden Gehäuseseite zu der dem Temperatur-Erfassungsschichtkörper nächstgelegenen Gehäuseseite eine zunehmende Lochquerschnittsfläche auf. Bevorzugt ist das Loch negativ konisch sich zum Temperatur-Erfassungsschichtkörper öffnend ausgebildet, so dass es wenigstens näherungsweise einem Erfassungskegel eines Infrarot-Detektors zur Erfassung von vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper ausgehender Infrarot-Strahlung entsprechen kann.

[0051] Zur Vermeidung von äußeren Störeinflüssen kann die das Loch zwischen Gehäuseaußen- und Gehäuseinnenseite begrenzende Gehäusefläche beschichtet, insbesondere verspiegelt sein. Damit kann ausgeschlossen werden, dass ein aus transparentem Material gebildetes Gehäuse als optischer Leiter wirkt und elektromagnetische Strahlung zum Temperatur-Erfassungsfenster leitet, die nicht als Infrarot-Strahlung vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper ausgeht.

[0052] Grundsätzlich kann das Gehäuse becherartig, also mit nur einer Öffnung ausgebildet sein, durch die Messobjekt-Fluid eingeleitet und wieder ausgeleitet werden kann. Ein derartiges Gehäuse kann beispielsweise zur Bestimmung eines Sauerstoff-Partialdrucks von in Flüssigkeit gelöstem Sauerstoff verwendet werden. Zur Verwendung in einer Beatmungsvorrichtung ist jedoch ein Gehäuse vorteilhaft, welches von dem Messobjekt-Fluid durchströmbar ist. Daher ist es bevorzugt, dass das Gehäuse eine von der Öffnung verschiedene und entfernt von dieser gelegene weitere Öffnung derart aufweist, dass das Gehäuse zwischen der Öffnung und der weiteren Öffnung von Fluid durchströmbar ist.

[0053] Somit ist grundsätzlich möglich, die Reaktionsbaugruppe vorteilhaft in einer Beatmungsvorrichtung im Haupt-Beatmungsgasstrom anzuordnen. Eine bevorzugt kompakte Reaktionsbaugruppe kann dabei dadurch erhalten werden, dass die Schichtbauteilanordnung zwischen der Öffnung und der weiteren Öffnung vorgesehen ist.

[0054] Bevorzugt ist das Gehäuse geradlinig durchströmbar, um Verwirbelungen des zu erfassenden Fluids beim Durchgang durch das Gehäuse und somit beim Vorbeigang an der Schichtbauteilanordnung möglichst zu vermeiden.

[0055] Zur Realisierung der besonders vorteilhaften Anwendung der vorstehend diskutierten Reaktionsbaugruppe in einer Beatmungsvorrichtung ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass die Reaktionsbaugruppe zur Anordnung in einer Beatmungsleitungsanordnung einer Beatmungsvorrichtung ausgebildet ist, wobei die Reaktionsbaugruppe im Bereich sowohl der Öffnung als auch der weiteren Öffnung je eine Anschlussformation zur Verbindung mit je einem Abschnitt der Beatmungsleitungsanordnung ausgebildet ist.

[0056] Vorteilhafterweise ist die Reaktionsbaugruppe als Sauerstoff-Messküvette ausgebildet. Eine derartige Messküvette weist in der Regel wenigstens ei-

nen als Parallelepiped gestalteten Gehäuseabschnitt auf. Bevorzugt ist die Reaktionsbaugruppe in einem solchen Parallelepiped-Abschnitt des Gehäuses angeordnet, wobei eine, vorzugsweise ebene oder um nur eine Krümmungsachse gekrümmte, Fläche des Parallelepiped-Abschnitts des Gehäuses bevorzugt sowohl das Reaktionsfenster als auch das Temperatur-Erfassungsfenster aufweist.

[0057] Da die beschriebene Reaktionsbaugruppe der sensorischen Erfassung des Sauerstoffpartialdrucks und daraus abgeleiteten Sauerstoffgehalts eines Fluids dient, betrifft die vorliegende Anmeldung weiter eine Sensoranordnung, umfassend eine Reaktionsbaugruppe, wie sie oben beschrieben und weitergebildet wurde, und weiter umfassend eine Detektorbaugruppe, mit

- einer Strahlungsquelle, welche zur Abstrahlung der ersten elektromagnetischen Strahlung durch das Reaktionsfenster ausgebildet ist,

- einem Strahlungsdetektor, welcher zur Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung durch das Reaktionsfenster ausgebildet ist, und

- einem Infrarot-Detektor, welcher zur Erfassung der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper abgestrahlten Infrarot-Strahlung durch das Temperatur-Erfassungsfenster ausgebildet ist.

[0058] Bevorzugt sind der Infrarot-Detektor und die Strahlungsquelle in voneinander bezüglich der ersten elektromagnetischen Strahlung und der Infrarot-Strahlung abgeschirmten Messräumen angeordnet, um eine wechselseitige strahlungsbedingte Störung möglichst zu vermeiden.

[0059] Wenngleich bei der Anwendung der Sensoranordnung bevorzugt an eine Anwendung in einer Beatmungsvorrichtung oder im Zusammenwirken mit dieser gedacht ist, sei darauf hingewiesen, dass die Sensoranordnung dazu grundsätzlich ausgebildet ist, beliebige Sauerstoffpartialdrücke von in einem Fluid gelösten Sauerstoff zu erfassen. Bevorzugt ist das Fluid jedoch Beatmungsgas.

[0060] Um einen hohen Grad an Bauteilhygiene bei der unmittelbar mit dem Fluid in Kontakt kommenden Reaktionsbaugruppe sicherstellen zu können, ist es - wie oben bereits erwähnt - vorteilhaft, wenn die Detektorbaugruppe lösbar mit der Reaktionsbaugruppe verbindbar oder verbunden ist. Die wesentlich teurere Detektorbaugruppe kann somit zeitlich nacheinander mit mehreren Reaktionsbaugruppen zur Erfassung von Sauerstoffgehalten in Fluiden verwendet werden.

[0061] Bevorzugt handelt es sich daher bei der oben genannten Reaktionsbaugruppe um eine Einweg- bzw. Wegwerf-Reaktionsbaugruppe, welche etwa im klinischen Betrieb nach einmaligem Gebrauch an einem Patienten entsorgt werden kann. Um möglichst einfach und sicher, insbesondere verwechslungssicher, eine wiederverwendbare Detektorbaugruppe mit der Reaktionsbaugruppe, insbesondere mit der als Sauerstoff-Messküvette ausgebildeten Reaktionsbaugruppe, lösbar zu verbinden, ist die Ausbildung des Parallelepiped-Abschnitts als quaderförmiger Abschnitt bevorzugt. Vorteilhaft kann der quaderförmige Abschnitt Mantelseitenflächenpaare unterschiedlicher Breite aufweisen, um eine fehlerhafte Anbringung der Detektorbaugruppe an dem Gehäuse, insbesondere an der Messküvette zu vermeiden.

[0062] Wie eingangs im Zusammenhang mit der Schichtbauteilanordnung erläutert wurde, kann eine Kalibration der berührungslosen, infrarotbasierten Temperaturerfassung des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers mit der eigentlich interessierenden Temperatur des Reaktionsschichtkörpers erforderlich oder wenigstens vorteilhaft sein, um ein möglichst genaues luminophorbasiertes Erfassungsergebnis des Sauerstoffgehalts in dem Messobjekt-Fluid zu erhalten. Zu diesem Zweck kann vorgesehen sein, dass die Sensoranordnung mit einer elektronischen Auswertevorrichtung signalübertragungsmäßig verbunden ist, die wenigstens einen Datenspeicher und einen mit dem Datenspeicher in Datenaustauschverbindung stehenden Datenverarbeitungsprozessor aufweist, wobei im Datenspeicher Kalibrationsinformation zur Korrelation von erfasster Infrarotstrahlung des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers und Temperatur des Luminophors hinterlegt ist.

[0063] Der Temperatur des Luminophors steht die Temperatur des Reaktionsschichtkörpers gleich, wobei insbesondere die Temperatur der Erfassungsseite des Reaktionsschichtkörpers interessiert.

[0064] Die Kalibration kann vorab für die konkrete Schichtbauteilanordnung bzw. für die konkrete Reaktionsbaugruppe oder für eine Klasse von Schichtbaukörpern bzw. Reaktionsbaugruppen im Labor erfolgen. Hierzu können die beiden Schichtbaukörper nacheinander auf thermische Gleichgewichtszustände jeweils unterschiedlicher, aber einheitlicher und bekannter Temperatur gebracht werden. Dann kann für jeden Gleichgewichtszustand der Erfassungswert der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper abgestrahlten Infrarot-Strahlung mit der jeweiligen bekannten Gleichgewichtstemperatur des Reaktionsschichtkörpers verknüpft werden.

[0065] Um zu überprüfen, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper einer Temperaturänderung des Reaktionsschichtkörpers ausreichend schnell folgt, können die beiden Fluidkontaktseiten mit einer Temperaturquelle bekannter, sich mit der Zeit in bekannter Weise ändernden Temperatur in Kontakt gebracht werden und können die Temperaturen der Er-

fassungsseiten beider Schichtkörper als Funktion der Zeit berührungslos erfasst werden.

[0066] Aus den so gewonnenen Daten kann eine hochgenaue Kalibrationsbeziehung zwischen einer berührungslos an der Erfassungsseite des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers erfassten Temperatur und der Temperatur der Erfassungsseite des Reaktionsschichtkörpers und damit der Temperatur des darin vorhandenen Luminophors erhalten werden.

[0067] Weiterhin kann die elektronische Auswertevorrichtung Kalibrationsinformation zur Korrelation von vom Strahlungsdetektor erfasster zweiter elektromagnetischer Strahlung mit einem Sauerstoffkonzentrationswert oder Sauerstoffgehaltswert des Messobjekt-Fluids enthalten. Wie eingangs geschildert, steht die vom Strahlungsdetektor erfasste zweite elektromagnetische Strahlung bzw. ihre zeitliche oder/und intensitätsmäßige Beziehung zur anregenden ersten elektromagnetischen Strahlung in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Partialdruck des Sauerstoffs im Messobjekt-Fluid. Allerdings kann ohne weiteres aus dem erfassten Partialdruck die Sauerstoffkonzentration bzw. der Sauerstoffgehalt des Fluids ermittelt bzw. errechnet werden.

[0068] Da der bevorzugte Anwendungsfall der zuvor beschriebenen Sensoranordnung ihr Zusammenwirken mit einer Beatmungsvorrichtung zur künstlichen Beatmung ist, betrifft die vorliegende Erfindung weiter eine Beatmungsvorrichtung zur künstlichen Beatmung mit

- einer Beatmungsgasquelle,
- einer zwischen der Beatmungsgasquelle und einem patientenseitigen, proximalen Ende verlaufenden Beatmungsleitungsanordnung,
- einer Ventilanordnung, umfassend ein Inspirationsventil und ein Exspirationsventil,
- einer Durchflusssensoranordnung zur quantitativen Erfassung eines Gasflusses in der Beatmungsleitungsanordnung,
- einer Druckveränderungsanordnung zur Veränderung des Gasdrucks des in der Beatmungsleitungsanordnung strömenden Gases, und mit
- einer Steuereinrichtung welche wenigstens dazu ausgebildet ist, den Betrieb der Druckveränderungsanordnung auf Grundlage von Messsignalen des proximalen Durchflusssensors zu steuern, und
- einer Sensoranordnung, wie sie oben vorgestellt und vorteilhaft weitergebildet wurde, zur Ermittlung eines Sauerstoffgehalts von in der Beatmungsleitungsanordnung strömendem Gas.

[0069] Mit „Beatmungsgasquelle“ ist ganz allgemein jede Art von Beatmungsgasquelle gemeint, die dazu dient, Beatmungsgas in die Beatmungsleitungsanordnung einzuleiten. Dies kann eine Anschlussformation der Beatmungsvorrichtung sein, welche zur Verbindung mit einem austauschbaren oder gebäudeseitig fest installierten Beatmungsgasvorrat ausgebildet ist. Dies kann auch eine Pumpe sein, welche in der Beatmungsgasvorrichtung Beatmungsgas aus einem Vorrat, der auch die Außenumgebung sein kann, ansaugt und in die Beatmungsleitungsanordnung einleitet. Eine solche Pumpe kann auch als Gebläse ausgestaltet sein.

[0070] Als „Druckveränderungsanordnung“ ist jede Vorrichtung zu verstehen, welche dazu geeignet und bestimmt ist, den Druck des in der Beatmungsleitungsanordnung strömenden Beatmungsgases zu verändern. Dies kann dann, wenn die Beatmungsgasquelle lediglich eine Anschlussformation zum Anschluss an einen gebäudeseitig installierten Gasvorrat ist, eine Ventilanordnung zur Druckminderung sein. Die Druckveränderungsanordnung kann dann, wenn die Beatmungsgasquelle die oben genannte Pumpe bzw. das Gebläse aufweist, Teile oder die Gesamtheit der von der Steuereinrichtung in ihrer Leistung veränderlichen Beatmungsgasquelle, etwa die Pumpe oder das Gebläse, selbst umfassen oder sogar sein. Auch dann, wenn die Beatmungsgasquelle durch die oben genannte Pumpe oder das Gebläse gebildet ist, kann die Druckveränderungsanordnung zusätzlich zur Beatmungsgasquelle selbst ein Druckminderungsventil umfassen oder kann ausschließlich durch ein Druckminderungsventil gebildet sein, etwa wenn die Pumpe oder das Gebläse mit konstanter Last läuft.

[0071] Die Steuervorrichtung umfasst bevorzugt die oben genannte elektronische Auswertevorrichtung der Sensoranordnung oder ist diese.

[0072] Bevorzugt ist die Sensoranordnung in Beatmungsgas-Hauptstrom angeordnet, so dass sie unmittelbar wenigstens einen Strom aus exspiratorischem und inspiratorischem Beatmungsgasstrom erfassen kann. Bevorzugt ist die Sensoranordnung derart in der Beatmungsleitungsanordnung vorgesehen, dass sie sowohl exspiratorischen als auch inspiratorischen Beatmungsgasstrom erfassen kann. Hierzu kann die Sensoranordnung patientennah, also proximal, angeordnet sein, bevorzugt zwischen einer Y-Verbindung, mit welcher gesonderte exspiratorische und inspiratorische Beatmungsleitungsabschnitte in Richtung zum Patienten hin zusammengeführt werden, und einem endotrachealen Rohr am Patienten.

[0073] Weiter bevorzugt ist die Sensoranordnung angeordnet zwischen der Stelle der Zusammenführung von gesonderten exspiratorischen und inspiratorischen Beatmungsleitungsabschnitten in Richtung zum Patienten hin und dem Durchflusssensor.

[0074] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert werden. Es stellt dar:

Fig. 1 einen bevorzugten und dennoch nur beispielhaften Anwendungsfall der Schichtbauteilanordnung, Reaktionsbaugruppe und Sensoranordnung gemäß der vorliegenden Erfindung in einer erfindungsgemäßen Beatmungsvorrichtung,

Fig. 2A eine grobschematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße flächige Schichtbauteilanordnung der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2B eine Schnittansicht durch die Schichtbauteilanordnung von Fig. 2A längs der Schnittebene IIB-IIB von **Fig. 2A**,

Fig. 3A eine Draufsicht auf eine Baugruppe, umfassend die Schichtbauteilanordnung der Fig. 2A und 2B und ein Fensterbauteil eines die Schichtbauteilanordnung aufnehmenden Gehäuses einer Reaktionsbaugruppe,

Fig. 3B eine Schnittansicht durch die Baugruppe von Fig. 3A längs der Schnittebene IIIB-IIIB von **Fig. 3A**,

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Reaktionsbaugruppe der vorliegenden Erfindung und

Fig. 5 eine grobschematische Querschnittsansicht durch eine erfindungsgemäße Sensoranordnung mit der Reaktionsbaugruppe von **Fig. 4**, wie sie als Sensoranordnung an der Beatmungsvorrichtung von **Fig. 1** zur Anwendung kommt.

[0075] Zur Erläuterung des bevorzugten Anwendungsbereichs der in der vorliegenden Anmeldung diskutierten Gegenstände: Schichtbauteilanordnung, Reaktionsbaugruppe, Sensoranordnung und Beatmungsvorrichtung, sei zunächst eine die genannten Bauteile verwendende Beatmungsvorrichtung im Zusammenhang mit **Fig. 1** erläutert:

[0076] In **Fig. 1** ist eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Beatmungsvorrichtung allgemein mit 10 bezeichnet. Die Beatmungsvorrichtung **10** dient im dargestellten Beispiel zur künstlichen Beatmung eines humanen Patienten **12**.

[0077] Die Beatmungsvorrichtung **10** kann als mobile Beatmungsvorrichtung **10** auf einem rollbaren Gestell **13** aufgenommen sein.

[0078] Die Beatmungsvorrichtung **10** weist ein Gehäuse **14** auf, in dem - von außen wegen des blickdichten Gehäusematerials nicht erkennbar - eine Druckveränderungsanordnung **16** und eine Steuereinrichtung **18** aufgenommen sein können.

[0079] Die Druckveränderungsanordnung **16** ist in an sich bekannter Weise aufgebaut und weist eine Beatmungsgasquelle **15** in Gestalt einer Pumpe, eines Verdichters oder eines Gebläses auf, die jeweils lastveränderlich ansteuerbar sind und daher nicht nur der Einleitung von Beatmungsgas in die Beatmungsvorrichtung, sondern auch der Änderung des Drucks des eingeleiteten Beatmungsgases dienen. Die Beatmungsgasquelle **15** kann alternativ auch durch einen Druckbehälter gebildet sein, welcher an das Gehäuse **14** der Beatmungsvorrichtung **10** anschließbar ist. Die Druckveränderungsanordnung **16** kann die Beatmungsgasquelle **15** und gegebenenfalls zusätzlich - oder im Falle eines unter Druck stehenden Gasvorrats als Beatmungsgasquelle alternativ - ein Reduzierventil und dergleichen aufweisen. Weiter weist die Beatmungsvorrichtung **10** in an sich bekannter Weise ein Inspirationsventil **20** und ein Exspirationsventil **22** auf.

[0080] Die Steuereinrichtung **18** ist üblicherweise als Computer oder Mikroprozessor realisiert. Sie umfasst eine in **Fig. 1** nicht dargestellte Datenspeichereinrichtung, um für den Betrieb der Beatmungsvorrichtung **10** notwendige Daten speichern und erforderlichenfalls aufrufen zu können. Die Speichereinrichtung kann bei Netzwerkbetrieb auch außerhalb des Gehäuses **14** gelegen und durch eine Datenübertragungsverbindung mit der Steuereinrichtung **18** verbunden sein. Die Datenübertragungsverbindung kann durch eine Kabel- oder eine Funkstrecke gebildet sein. Um jedoch zu verhindern, dass Störungen der Datenübertragungsverbindung sich auf den Betrieb der Beatmungsvorrichtung **10** auswirken können, ist die Speichereinrichtung bevorzugt in die Steuereinrichtung **18** integriert oder wenigstens im selben Gehäuse **14** wie diese aufgenommen.

[0081] Zur Eingabe von Daten in die Beatmungsvorrichtung **10** bzw. genauer in die Steuereinrichtung **18** weist die Beatmungsvorrichtung **10** einen Dateneingang **24** auf, welcher in dem in **Fig. 1** dargestellten Beispiel durch eine Tastatur repräsentiert ist. Die Steuereinrichtung **18** kann alternativ oder zusätzlich zur dargestellten Tastatur Daten über verschiedene Dateneingänge erhalten, etwa über eine Netzwerkleitung, eine Funkstrecke oder über Sensoranschlüsse **26**, auf die weiter unten im Einzelnen eingegangen wird.

[0082] Zur Ausgabe von Daten an den behandelnden Therapeuten kann die Beatmungsvorrichtung **10** ein Ausgabegerät **28** aufweisen, im dargestellten Beispiel einen Bildschirm.

[0083] Zur künstlichen Beatmung ist der Patient **12** mit der Beatmungsvorrichtung **10**, genauer mit der Druckveränderungsanordnung **16** im Gehäuse **14**, über eine Beatmungsleitungsanordnung **30** verbunden. Der Patient **12** ist hierfür mit einem endotrachealen Rohr **58** intubiert.

[0084] Die Beatmungsleitungsanordnung **30**, über welche frisches Beatmungsgas von der Beatmungsgasquelle **15** und der Druckveränderungsanordnung **16** in die Lunge des Patienten **12** geleitet werden kann, weist außerhalb des Gehäuses **14** einen Inspirationsschlauch **32** auf. Der Inspirationsschlauch **32** kann unterbrochen sein und einen ersten Inspirationsteilschlauch **34** und einen zweiten Inspirationsteilschlauch **36** aufweisen, zwischen welchen eine Konditionierungseinrichtung **38** zur gezielten Befeuchtung und gegebenenfalls auch Temperierung des dem Patienten **12** zugeführten frischen Beatmungsgases vorgesehen sein kann. Die Konditionierungseinrichtung **38** kann mit einem externen Flüssigkeitsvorrat **40** verbunden sein, über den Wasser zur Befeuchtung oder auch ein Medikament, etwa zur Entzündungshemmung oder zur Erweiterung der Atemwege, dem Beatmungsgas zugeführt werden kann. Bei einem Einsatz der vorliegenden Beatmungsvorrichtung **10** als Anästhesie-Beatmungsvorrichtung können auf diese Weise volatile Anästhetika kontrolliert über die Beatmungsvorrichtung **10** an den Patienten **12** abgegeben werden. Die Konditionierungseinrichtung **38** sorgt dafür, dass das frische Beatmungsgas dem Patienten 12 mit einem vorbestimmten Feuchtegehalt, gegebenenfalls unter Zugabe eines Medikamenten-Aerosols, und mit einer vorbestimmten Temperatur zugeleitet wird.

[0085] Die Beatmungsleitungsanordnung **30** weist neben dem bereits erwähnten Inspirationsventil **20** das Exspirationsventil **22** und weiter einen Exspirationsschlauch **42** auf, über welchen verstoffwechseltes Beatmungsgas aus der Lunge des Patienten 12 in die Atmosphäre abgeblasen wird.

[0086] Der Inspirationsschlauch **32** ist mit dem Inspirationsventil **20** gekoppelt, der Exspirationsschlauch **42** mit dem Exspirationsventil **22**. Von den beiden Ventilen ist jeweils nur eines gleichzeitig zum Durchlass einer Gasströmung geöffnet. Die Betätigungssteuerung der Ventile **20** und **22** erfolgt ebenfalls durch die Steuereinrichtung **18**.

[0087] Während eines Beatmungszyklus ist zunächst für die Dauer der Inspirationsphase das Exspirationsventil **22** geschlossen und das Inspirationsventil **20** geöffnet, sodass frisches Beatmungsgas vom Gehäuse **14** zum Patienten **12** geleitet werden kann. Eine Strömung des frischen Beatmungsgases wird durch gezielte Druckerhöhung des Beatmungsgases durch die Druckveränderungsanordnung **16** bewirkt. Aufgrund der Druckerhöhung strömt das frische Beatmungsgas in die Lunge des Patienten **12** und expandiert dort den lungennahen Körperbereich, also insbesondere den Brustkorb, gegen die individuelle Elastizität der lungennahen Körperteile. Hierdurch steigt auch der Gasdruck im Inneren der Lunge des Patienten **12** an.

[0088] Am Ende der Inspirationsphase wird das Inspirationsventil **20** geschlossen und das Exspirationsventil **22** geöffnet. Es beginnt die Exspirationsphase. Aufgrund des bis zum Ende der Inspirationsphase erhöhten Gasdrucks des in der Lunge des Patienten 12 befindlichen Beatmungsgases strömt dieses nach dem Öffnen des Exspirationsventils **22** in die Atmosphäre, wobei sich mit fortschreitender Strömungsdauer der Gasdruck in der Lunge des Patienten **12** verringert. Erreicht der Gasdruck in der Lunge **12** einen an der Beatmungsvorrichtung **10** eingestellten positiven end-exspiratorischen Druck, also einen geringfügig höheren Druck als den Atmosphärendruck, wird die Exspirationsphase mit dem Schließen des Exspirationsventils **22** beendet und es schließt sich ein weiterer Beatmungszyklus an.

[0089] Während der Inspirationsphase wird dem Patienten **12** das sogenannte Beatmungs-Tidalvolumen zugeführt, also das Beatmungsgas-Volumen pro Atemhub. Das Beatmungs-Tidalvolumen multipliziert mit der Anzahl an Beatmungszyklen pro Minute, also multipliziert mit der Beatmungsfrequenz, ergibt das Minutenvolumen der vorliegend durchgeführten künstlichen Beatmung.

[0090] Bevorzugt ist die Beatmungsvorrichtung **10**, insbesondere die Steuereinrichtung **18**, dazu ausgebildet, Beatmungs-Betriebsparameter, die den Beatmungsbetrieb der Beatmungsvorrichtung **10** kennzeichnen, während des Beatmungsbetriebs wiederholt zu aktualisieren bzw. zu ermitteln, um sicherzustellen, dass der Beatmungsbetrieb zu jedem Zeitpunkt möglichst optimal auf den jeweils zu beatmenden Patienten **12** abgestimmt ist. Besonders vorteilhaft erfolgt die Bestimmung eines oder mehrerer Beatmungs-Betriebsparameter mit der Beatmungsfrequenz, sodass für jeden Beatmungszyklus aktuelle und damit optimal an den Patienten **12** angepasste Beatmungs-Betriebsparameter bereitgestellt werden können.

[0091] Hierzu ist die Beatmungsvorrichtung **10** mit einem oder mehreren Sensoren datenübertragungsmäßig verbunden, welche den Zustand des Patienten oder/und den Betrieb der Beatmungsvorrichtung überwachen.

[0092] Einer dieser Sensoren ist ein proximaler Durchflusssensor **44**, welcher auf der dem Patienten **12** näher gelegenen Seite eines Y-Verbindungsstücks 45 angeordnet ist und dort die in der Beatmungsleitungsanordnung **30** herrschende Beatmungsgas-Strömung erfasst. Der Durchflusssensor **44** kann mittels einer Sensor-Leitungsanordnung **46** mit den Dateneingängen **26** der Steuereinrichtung **18** gekoppelt sein. Die Sensor-Leitungsanordnung **46** kann, muss jedoch nicht, elektrische Signalübertragungsleitungen umfassen. Sie kann ebenso Schlauchleitungen aufweisen, die den in Strömungs-

richtung beiderseits des Durchflusssensors **44** herrschenden Gasdruck an die Dateneingänge **26** übertragen, wo diese von Drucksensoren **27** quantifiziert werden. Der Durchflusssensor **44** ist zwar bevorzugt ein nach dem Differenzdruck-Prinzip arbeitender Durchflusssensor, kann jedoch auch ein nach einem anderen physikalischen Wirkprinzip arbeitender Durchflusssensor sein.

[0093] Im Gehäuse **14** ist ein weiterer Durchflusssensor **48** vorgesehen, welcher aufgrund seiner größeren Entfernung vom Patienten **12** - verglichen mit dem proximalen Durchflusssensor **44** - als distaler Durchflusssensor **48** bezeichnet ist.

[0094] In der Beatmungsleitungsanordnung **30** zwischen dem Y-Verbindungsstück 45 und dem Durchflusssensor **44** ist eine Sensoranordnung **50**, umfassend eine Reaktionsbaugruppe **72** mit einem als Messküvette **52** ausgebildeten Gehäuse **52** und eine Detektorbaugruppe **54** angeordnet, um sowohl im exspiratorischen wie auch im inspiratorischen Beatmungsgas-Hauptstrom den Sauerstoffgehalt des Beatmungsgases zu erfassen. Die Sensoranordnung **50**, die weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 5 näher erläutert werden wird, ist über eine Signalleitung **56** mit der Steuereinrichtung 18 gekoppelt und überträgt an diese die Erfassungsergebnisse ihrer Detektorbaugruppe **54** zur weiteren Auswertung.

[0095] In der Datenspeichereinrichtung der Steuereinrichtung **18** ist Kalibrationsinformation gespeichert, um die Erfassungsergebnisse der Sensoranordnung **50** hochgenau auszuwerten.

[0096] Die Sensoranordnung **50** ist zur temperaturkompensierten luminophorbasierten Erfassung des Partialdrucks des im das Gehäuse **52** durchströmenden Beatmungsgas enthaltenen Sauerstoffs ausgebildet. Sowohl die Temperaturkompensation als auch die Umrechnung der unmittelbar im Zusammenhang mit dem Sauerstoff-Partialdruck erhaltenen Erfassungswerte in eine Sauerstoffkonzentration bzw. einen Sauerstoffgehalt des Beatmungsgases erfolgt durch die Steuereinrichtung **18** anhand der hinterlegten Kalibrationsinformationen.

[0097] Die luminophorbasierte Erfassung eines Sauerstoffgehalts in einem Fluid ist an sich bekannt. Sie erfolgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel unter Beteiligung einer in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** dargestellten und allgemein mit 60 bezeichneten Schichtbauteilanordnung der vorliegenden Erfindung. Sie umfasst zur optischen Erfassung eines Sauerstoffgehalts des Messobjekt-Fluids, wie des zuvor genannten Beatmungsgases, einen Reaktionsschichtkörper **62** (siehe auch **Fig. 2B**), welcher vorliegend als zweilagiger Reaktionsschichtkörper **62** dargestellt ist. Tatsächlich kann der Reaktionsschichtkörper **62** nur eine oder auch mehr als zwei Schichten aufweisen. Im dargestellten Beispiel - zu erkennen auch in der Querschnittsansicht von Fig. 2B - weist der Reaktionsschichtkörper **62** eine Substratlage **62a** und eine darauf aufgetragene luminophorhaltige Reaktionsschicht **62b** auf.

[0098] Die Verhältnisse von Länge und Breite des Reaktionsschichtkörpers **62** zu seiner Dicke sind in den Figuren nicht maßstäblich. Der in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** quadratisch dargestellte Reaktionsschichtkörper **62** kann eine Kantenlänge von etwa 7 bis 10 mm aufweisen, wobei seine Dicke über beide Schichten **62a** und **62b** gemessen etwa 300 µm betragen kann.

[0099] Die Substratlage **62a** kann dabei aus einem für Sauerstoffmoleküle ausreichend porösen Werkstoff gebildet sein, wie beispielsweise Polyvinylidenfluorid. Die Substratlage **62a** kann aus einer entsprechenden Folie ausgeschnitten sein und eine Dicke von zwischen 100 bis 150 µm aufweisen. Unter Umständen kann die Dicke der Substratlage auch geringer sein.

[0100] Die luminophorhaltige Reaktionsschicht **62b** kann ebenfalls Polyvinylidenfluorid als Matrixmaterial enthalten, in welches Luminophore eingebettet sind.

[0101] Der Reaktionsschichtkörper **62** weist eine Fluidkontaktseite **62c** und eine Erfassungsseite **62d** auf.

[0102] Die luminophorhaltige Reaktionsschicht **62b** kann etwas kleiner ausgebildet sein als die sie tragende Substratlage **62a**, um die adhäsive Anbringung des Reaktionsschichtkörpers **62** mit der Erfassungsseite an einem Fensterbauteil oder allgemein an einem Gehäuse zu erleichtern, ohne hierdurch die Erfassungsseite der luminophorhaltigen Reaktionsschicht **62b** mit Klebstoff belegen zu müssen.

[0103] Wie weiter unten im Zusammenhang mit **Fig. 5** erläutert werden wird und wie grundsätzlich allgemein bekannt ist, wird die Reaktionsschicht **62b** mit einer ersten elektromagnetischen Strahlung einer ersten Wellenlänge bestrahlt und dadurch zur Abstrahlung einer zweiten elektromagnetischen Strahlung mit einer zweiten, in der Regel größeren, Wellenlänge angeregt. Die Intensität und die Dauer der angeregten zweiten elektromagnetischen Strahlung hängt von der Präsenz von Sauerstoff, genauer von der Kontaktierung der in der Reaktionsschicht **62b** eingebetteten Luminophore durch Sauerstoff ab. Außerdem ist das Abstrahlverhalten der Reaktionsschicht 62b temperaturabhängig.

[0104] Zur Temperaturkompensation der Erfassung des Abstrahlverhaltens des Reaktionsschichtkörpers **62** weist die Schichtbauteilanordnung **60** einen Temperatur-Erfassungsschichtkörper **64** auf, welcher im

dargestellten Beispiel eine identisch große Fläche einnimmt wie der Reaktionsschichtkörper **62**, wenngleich dies nicht zwingend notwendig ist.

[0105] Auch die Darstellung des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers **64** ist hinsichtlich seiner Abmessungen nicht maßstäblich. Er weist im dargestellten Beispiel eine Kantenlänge in dem identischen Bereich auf wie der Reaktionsschichtkörper **62**, ist jedoch aufgrund seines vom Reaktionsschichtkörper **62** abweichenden Aufbaus bevorzugt dünner als dieser.

[0106] Wiederum weist der Temperatur-Erfassungsschichtkörper **64** eine Substratlage **64a** auf, aus Gründen möglichst guter Wärmeleitung beispielhaft gebildet aus einer Aluminiumfolie mit einer Dicke von etwa 10 µm oder auch weniger.

[0107] Auf der Substratlage **64a** ist im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Erfassungsschicht **64b** aufgetragen, beispielsweise aus einem karbon-haltigen Lack. Der karbon-haltige Lack, wie er in der Beschreibungseinleitung beispielhaft angegeben ist, umfasst Karbon als schwarze Farbpigmente und weist daher einen sehr hohen Emissionsgrad von mehr als 0,9 auf.

[0108] Da, wie nachfolgend im Zusammenhang mit den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** erläutert werden wird, die von der Erfassungsschicht **64b** ausgehende Infrarot-Strahlung durch ein beispielhaft kreisrundes Loch **68** erfasst wird, das längs seiner Lochachse, längs welcher sich das Loch **68** erstreckt, stets einen kreisrunden Querschnitt aufweist, ist auch die Erfassungsschicht **64b** als Kreisfläche auf der beispielhaft quadratisch ausgestalteten Substratlage **64a** ausgebildet.

[0109] Die von der Erfassungsschicht **64b** weg weisende Oberfläche der Substratlage **64a** liegt als Fluidkontaktseite **64c** frei. Sie ist gebildet durch die metallische Oberfläche der die Substratlage **64a** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers **64** bildenden Aluminiumfolie. Die Erfassungsseite **64d** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers 64 bildet die freie Oberfläche der Erfassungsschicht **64b**. Fluid kann also an der Schichtbauteilanordnung **60** auf deren Fluidkontaktseite **62c** bzw. **64c** vorbeiströmen, wobei durch die Substratlage **62a** Sauerstoff zur luminophorhaltigen Reaktionsschicht **62b** gelangt und dort für eine Ablöschung einer durch die erste elektromagnetische Strahlung erzeugten Anregung sorgt, während der Fluidkontakt an der Fluidkontaktseite **64c** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers **54** allein dem Wärmeübertrag vom Fluid auf den Temperatur-Erfassungsschichtkörper **64** dient.

[0110] Wegen des ausgewählten Materials (Aluminium) für die Substratlage **64a** und wegen ihrer geringen Dicke nimmt die Substratlage **64a** im Millisekundenbereich die Temperatur des an seiner Fluidkontaktseite **64c** vorbeiströmenden Fluids an und sorgt für eine Temperaturangleichung auch der Erfassungsschicht **64b**, so dass mit einem Infrarot-Detektor an der Erfassungsseite **64d** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers **64** ein zumindest mit der Temperatur des Messobjekt-Fluids in Zusammenhang stehender Temperaturwert erfassbar ist. Da der Reaktionsschichtkörper **62** mit dem gleichen Fluid in näherungsweise gleicher Art und Weise in Kontakt kommt, lässt die Erfassung der Temperatur der Erfassungsseite **64d** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers **64** aufgrund der in der Datenspeichereinrichtung der Steuereinrichtung 18 hinterlegten Kalibrationsinformation Rückschlüsse auf die Temperatur der Erfassungsseite **62d** der Reaktionsschicht **62b** zu, was Voraussetzung für eine Temperaturkompensation der an dem Reaktionsschichtkörper **62** erhaltenen Messergebnisse betreffend den Sauerstoffgehalt des Messobjekt-Fluids ist.

[0111] Die Temperaturkompensation ist notwendig, da das Messobjekt-Fluid während seiner Vorbeiströmung an der Schichtbauteilanordnung **60** seine Temperatur ändern kann, beispielsweise weil einem Patienten in der Beatmungsvorrichtung von **Fig. 1** Beatmungsluft mit einer niedrigeren Temperatur zugeführt wird, als diese nach dem Ausatmen exspiratorisch zurückgegeben wird.

[0112] Die Schichtbauteilanordnung **60** kommt daher in der Regel in dem Gehäuse **52** zur Anordnung, welches die Strömung des Messobjekt-Fluids während der Erfassung seines Sauerstoffgehalts und der Temperatur führt.

[0113] Die Erfassungsseiten **62d** und **64d** der beiden Schichtkörper **62** und **64** sind dabei vorteilhafterweise nach außen, also vom Messobjekt-Fluid weg gerichtet, während die Fluidkontaktseite **62c** bzw. **64c** der beiden Schichtkörper möglichst großflächig mit dem Fluid in Kontakt gelangt.

[0114] Um sicherzustellen, dass die Reaktionsschicht **62b** nur von im Messobjekt-Fluid gelöstem Sauerstoff erreicht wird, ist der Reaktionsschichtkörper auf seiner Erfassungsseite von einem Fenster abgedeckt. **Fig. 3A** zeigt die Schichtbauteilanordnung 60 der **Fig. 2A** und **Fig. 2B** in der Draufsicht von **Fig. 2A** mit einem darüber angeordnetem Fensterbauteil **66**. Das Fensterbauteil **66** ist Teil des in **Fig. 1** gezeigten Gehäuses 52 der Sensoranordnung **50**. Das Fensterbauteil kann aus einem transparenten Polyamid oder auch aus einem anderen für die erste und die zweite elektromagnetische Strahlung durchlässigen Kunststoff gebildet sein. Beispielsweise kann das Fensterbauteil **66** aus amorphem Poylamid gebildet sein, wie er unter dem Namen „Grilamid

TR“ von der Firma EMS-Chemie AG in Domat (CH) angeboten wird.

[0115] In seinem unmittelbar über der Reaktionsschicht **62b** gelegenen Bereich bildet das Fensterbauteil **66** somit ein Reaktionsfenster **66a**, durch welches hindurch die Reaktionsschicht **62b** von erster elektromagnetischer Strahlung erreicht wird und die dadurch angeregte abgestrahlte zweite elektromagnetische Strahlung transmittiert wird.

[0116] Um den von der Erfassungsschicht **64b** des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers 64 abgestrahlte Infrarot-Strahlung möglichst unverfälscht erfassen zu können, ist im Fensterbauteil **66** unmittelbar über dem Ort der Anordnung des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers ein Erfassungsfenster **66b** ausgebildet, welches als sich negativ-konisch von der von der Schichtbauteilanordnung **60** weg weisenden Seite hin zur Erfassungsschicht **64b** erweiterndes, das Fensterbauteil **66** in seiner gesamten Dicke durchsetzendes Loch **68** ausgebildet ist.

[0117] Der kreisrunde Lochrand **68a** auf der der Erfassungsschicht **64b** zugewandten Seite des Fensterbauteils **66** ist durchmessergrößer als der konzentrische Lochrand **68b** des Lochs **68** auf der von der Erfassungsschicht **64b** abgewandten Seite des Fensterbauteils **66**. Die sich zwischen den beiden Lochrändern **68a** und **68b** erstreckende negativ-konische Lochwand **68c** ist bevorzugt beschichtet, besonders bevorzugt verspiegelt, um Störeinflüsse von Strahlungsanteilen, die durch das Fensterbauteil **66** geleitet werden könnten, zu minimieren bzw. auszuschließen.

[0118] In **Fig. 4** ist das Gehäuse **52** der Sensoranordnung **50** in einer Art Explosionsansicht dargestellt.

[0119] Das Gehäuse **52** umfasst ein Grundgehäuse **53** und das Fensterbauteil **66** mit der daran angeordneten, in **Fig. 4** jedoch nicht zu erkennenden Schichtbauteilanordnung 60. Mit dem Fensterbauteil **66** kann eine Öffnung **70** im Grundgehäuse **53** verschlossen werden, so dass dann das Gehäuse **52** geschlossen ist und aufgrund der Anordnung der Schichtbauteilanordnung **60** darin die Reaktionsbaugruppe **72** bildet.

[0120] Das Gehäuse **52** weist zu beiden Seiten des unter Beteiligung des Fensterbauteils 66 gebildeten parallelepipedförmigen Abschnitts **74** Anschlussstutzen **76a** und **76b** zum Anschluss von Beatmungsleitungsabschnitten daran auf.

[0121] Das Gehäuse **52** ist bidirektional längs der Strömungsachse S durchströmbar.

[0122] In **Fig. 5** ist die Sensoranordnung **50** grobschematisch im Querschnitt dargestellt.

[0123] Das Gehäuse **52** ist zwischen seinen beiden Öffnungen **78a** und **78b** längs der Strömungsachse S bidirektional von Beatmungsgas durchströmbar. Dabei strömt das Beatmungsgas unter Kontaktierung der Fluidkontaktseiten **62c** und **64c** der Schichtkörper **62** und **64** an diesen vorbei. Die Strömungsachse S liegt in der Zeichenebene von **Fig. 5**.

[0124] Die Sensoranordnung **54**, welche lösbar am Gehäuse **52** angeordnet werden kann und hierzu den parallelepipedförmigen Abschnitt **74** von drei Seiten U-förmig umgibt, wobei die Basis des „U“ dem Fensterbauteil **66** gegenüberliegt, umfasst zwei Messkammern **80** und **82**, welche baulich voneinander getrennt sind.

[0125] In der Messkammer **80** ist eine Strahlungsquelle **82**, beispielsweise in Form einer LED, vorgesehen, welche elektromagnetische Strahlung E1 einer ersten Wellenlänge ausstrahlt. Um das Wellenlängenband der von der Strahlungsquelle **82** ausgehenden ersten elektromagnetischen Strahlung möglichst eng zu halten und Störstrahlung zu vermeiden, kann die Strahlungsquelle **82** vorteilhafterweise von einem Filterkörper 84 umgeben sein, welcher erste elektromagnetische Strahlung E1 mit der genannten Wellenlänge mit einer möglichst kleinen Toleranz durchlässt.

[0126] Weiter ist in der ersten Messkammer **80** ein Strahlungsdetektor **86** angeordnet, welcher eine von der Reaktionsschicht **62b** nach deren Anregung durch die erste elektromagnetische Strahlung E1 ausgehende zweite elektromagnetische Strahlung E2 erfasst. Auch dem Strahlungsdetektor **86** kann ein Strahlungsfilter **88** vorgelagert sein, um nur die zweite elektromagnetische Strahlung E2 mit ihrer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge durchzulassen. Durch die Filteranordnungen **84** und **88** kann sichergestellt werden, dass keine Strahlung direkt von der Strahlungsquelle **82** zum Strahlungsdetektor **86** gelangt und das dort erfasste Signal „verrauscht“.

[0127] Das vom Strahlungsdetektor **86** aufgrund seiner Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung E2 ausgegebene Signal wird über die in **Fig. 1** gezeigte Datenleitung **56** an die Steuereinrichtung **18** übertragen. Es ist in an sich bekannter Weise indikativ für den Sauerstoff-Partialdruck in dem das Gehäuse **52** durchströmenden Fluid.

[0128] In der zweiten Messkammer **82** ist ein Infrarot-Detektor **90** angeordnet, welcher von der Erfassungsschicht **64b** abgestrahlte Infrarot-Strahlung I erfasst. Auch das vom Infrarot-Detektor **90** aufgrund seiner Erfassung der Infrarot-Strahlung I ausgegebene Signal wird über die Datenleitung **56** an die Steuereinrichtung **18** übertragen. Dieses Signal ist indikativ für eine Temperatur der Erfassungsschicht **64b**.

[0129] Aufgrund der in der Datenspeichereinrichtung der Steuereinrichtung **18** hinterlegten Kalibrationsinformation, welche vor dem Einsatz der Schichtbauteilanordnung **60** abseits im Labor ermittelt wurde, kann die Steuereinrichtung **18** für jeden Erfassungszeitpunkt eines Signals des Strahlungsdetektors **86** die Temperatur der Reaktionsschicht **62b** aus dem Erfassungssignal des Infrarot-Detektors **90** ermitteln und so das Erfassungssignal des Strahlungsdetektors **86** bezüglich der Temperatur des abstrahlenden Reaktionssichtkörpers **62** bzw. der Reaktionsschicht **62b** desselben kompensieren. Das Ergebnis ist eine hochgenaue Bestimmung des SauerstoffPartialdrucks in dem das Gehäuse **52** durchströmenden Fluid als zeitlich variable Größe.

[0130] Die hochgenaue Temperaturkompensation wird dabei mit äußerst einfachen Mitteln erreicht, wie beispielsweise der Metallfolie **64a** als Substrat und der darauf aufgetragenen Erfassungsschicht **64b**. Die Verwendung der Metallfolie **64a** (Aluminiumfolie) gestattet, das Fensterbauteil **66** bzw. allgemein das Gehäuse **52** zur Ausbildung eines Erfassungsfensters **68** vollständig zu durchsetzen, so dass die von der Erfassungsschicht **64b** als Infrarot-Strahlung abgestrahlte Temperaturinformation mit geringstmöglicher Verfälschung den Infrarot-Detektor **90** erreicht.

[0131] Die Steuereinrichtung **18** kann weitere Kalibrationsinformation in einem Datenspeicher enthalten, die die übliche Umrechnung des mit der Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung unmittelbar in Zusammenhang stehenden Sauerstoffpartialdrucks des Fluids in einen Sauerstoffgehalt desselben ermöglicht.

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 2013/0023782 A1 [0002, 0006, 0007, 0010]
- US 7833480 B2 [0008]

Patentansprüche

1. Flächige Schichtbauteilanordnung (60) zur temperaturkompensierten optischen Erfassung eines Sauerstoffgehalts eines Fluids, wobei die flächige Schichtbauteilanordnung (60) umfasst:
- einen luminophorhaltigen Reaktionsschichtkörper (62), dessen Luminophor durch Bestrahlung mit einer ersten elektromagnetischen Strahlung (E1) einer ersten Wellenlänge zur Abstrahlung einer zweiten elektromagnetischen Strahlung (E2) einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge anregbar ist, wobei das angeregte Abstrahlverhalten des Luminophors abhängig von einem Sauerstoffpartialdruck in einem den Luminophor kontaktierenden Fluid ist, und
- einen Infrarot-Strahlung (I) emittierenden Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktionsschichtkörper (62) und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) gesondert voneinander ausgebildet sind.

2. Schichtbauteilanordnung (60) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) frei von Luminophor ist.

3. Schichtbauteilanordnung (60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktionsschichtkörper (62) wenigstens abschnittsweise, vorzugsweise vollständig, hinsichtlich Schichtmaterial oder/- und Schichtfolge oder/und Schichtdicke einen anderen Schichtaufbau aufweist als der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64).

4. Schichtbauteilanordnung (60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktionsschichtkörper (62) und der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) jeweils eine Fluidkontaktseite (62d, 64d) aufweisen, auf welcher der jeweilige Schichtkörper (62, 64) zum Kontakt mit dem Fluid ausgebildet ist, und eine der Fluidkontaktseite (62c, 64c) entgegengesetzte Erfassungsseite (62d, 64d) aufweisen, welche zum Zusammenwirken mit Strahlungsdetektoren (86, 90) ausgebildet ist.

5. Schichtbauteilanordnung (60) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) eine Metallfolie (64a), insbesondere eine Aluminiumfolie (64a), aufweist.

6. Schichtbauteilanordnung (60) nach Anspruch 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Außenfläche der Metallfolie (64a) die Fluidkontaktseite (64c) des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers (64) bildet.

7. Schichtbauteilanordnung (60) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, unter Einbeziehung des Anspruchs 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) eine Substratlage (64a), vorzugsweise die Metallfolie gemäß Anspruch 5 als die Substratlage (64a), aufweist, wobei der Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) auf seiner Erfassungsseite (64d) eine mittelbar oder unmittelbar von der Substratlage (64a) getragene Emissionsschicht (64b) aufweist, welche einen Emissionsgrad von nicht weniger als 0,75, bevorzugt von nicht weniger als 0,9 aufweist.

8. Schichtbauteilanordnung (60) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Emissionsschicht (64b) eine Farbpigmente, vorzugsweise anthrazitfarbene bis schwarze Farbpigmente, besonders bevorzugt schwarze Farbpigmente enthaltende Schicht (64b) ist, wie etwa eine Karbon-haltige Schicht, insbesondere ein Karbon-haltiger Lack ist.

9. Reaktionsbaugruppe (72), umfassend ein Gehäuse (52) und eine im Gehäuse (52) vorgesehene Schichtbauteilanordnung (60) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (52) eine Öffnung (78a, 78b) aufweist, durch welche hindurch ein Fluid in das Gehäuse (52) einleitbar ist, wobei das Gehäuse (52) ein Reaktionsfenster (66a) aufweist, durch welches hindurch der Reaktionsschichtkörper (62) von der ersten elektromagnetischen Strahlung (E1) erreichbar und welches von der zweiten elektromagnetischen Strahlung (E2) durchdringbar ist, und wobei das Gehäuse (52) ein vom Reaktionsfenster (66a) räumlich entfernt angeordnetes Temperatur-Erfassungsfenster (66b) aufweist, welches von der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) abgestrahlten Infrarotstrahlung (I) durchdringbar ist.

10. Reaktionsbaugruppe (72) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktionsfenster (66a) konstruktiv vom Temperatur-Erfassungsfenster (66b) verschieden ausgebildet ist.

11. Reaktionsbaugruppe (72) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktionsfenster (66a) dicker ist als das Temperatur-Erfassungsfenster (66b).

12. Reaktionsbaugruppe (72) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reaktionsfenster (66a) ein für Licht im optisch wahrnehmbaren Wellenlängenbereich transparentes Material aufweist und dass das Temperatur-Erfassungsfenster (66b) ein das Gehäuse (52) durchsetzendes Loch (68) umfasst, das durch den Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) bedeckt ist.

13. Reaktionsbaugruppe (72) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (52) eine von der Öffnung (78a) verschiedene und entfernt von dieser gelegene weite-

re Öffnung (78b) derart aufweist, dass das Gehäuse (52) zwischen der Öffnung (78a) und der weiteren Öffnung (78b) von Fluid durchströmbar ist.

14. Reaktionsbaugruppe (72) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtbauteilanordnung (60) zwischen der Öffnung (78a) und der weiteren Öffnung (78b) vorgesehen ist.

15. Reaktionsbaugruppe (72) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zur Anordnung in einer Beatmungsleitungsanordnung (30) einer Beatmungsvorrichtung (10) ausgebildet ist, insbesondere als Sauerstoff-Messküvette, wobei die Reaktionsbaugruppe (72) im Bereich sowohl der Öffnung (78a) als auch der weiteren Öffnung (78b) je eine Anschlussformation (76a, 76b) zur Verbindung mit je einem Abschnitt der Beatmungsleitungsanordnung (30) ausgebildet ist.

16. Sensoranordnung (50), umfassend eine Reaktionsbaugruppe (72) gemäß einem der Ansprüche 9 bis 15 und weiter umfassend eine Detektorbaugruppe (54), umfassend
- eine Strahlungsquelle (82), welche zur Abstrahlung der ersten elektromagnetischen Strahlung (E1) durch das Reaktionsfenster (66a) ausgebildet ist,
- einen Strahlungsdetektor (86), welcher zur Erfassung der zweiten elektromagnetischen Strahlung (E2) durch das Reaktionsfenster (66a) ausgebildet ist, und
- einen Infrarot-Detektor (90), welcher zur Erfassung der vom Temperatur-Erfassungsschichtkörper (64) abgestrahlten Infrarot-Strahlung (I) durch das Temperatur-Erfassungsfenster (66b) ausgebildet ist.

17. Sensoranordnung (50) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektorbaugruppe (54) lösbar mit der Reaktionsbaugruppe (72) verbindbar oder verbunden ist.

18. Sensoranordnung (50) nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie mit einer elektronischen Auswertevorrichtung (18) signalübertragungsmäßig verbunden ist, die wenigstens einen Datenspeicher und einen mit dem Datenspeicher in Datenaustauschverbindung stehenden Datenverarbeitungsprozessor aufweist, wobei im Datenspeicher Kalibrationsinformation zur Korrelation von erfasster Infrarot-Strahlung (I) des Temperatur-Erfassungsschichtkörpers (64) und Temperatur des Luminophors hinterlegt ist.

19. Beatmungsvorrichtung (10) zur künstlichen Beatmung mit
- einer Beatmungsgasquelle (15),
- einer zwischen der Beatmungsgasquelle (15) und einem patientenseitigen, proximalen Ende verlaufenden Beatmungsleitungsanordnung (30),
- einer Ventilanordnung (20, 22), umfassend ein Inspirationsventil (20) und ein Exspirationsventil (22),
- einer Durchflusssensoranordnung (44, 48) zur quantitativen Erfassung eines Gasflusses in der Beatmungsleitungsanordnung (30),
- einer Druckveränderungsanordnung (16) zur Veränderung des Gasdrucks des in der Beatmungsleitungsanordnung (30) strömenden Gases, und mit
- einer Steuereinrichtung (18) welche wenigstens dazu ausgebildet ist, den Betrieb der Druckveränderungsanordnung auf Grundlage von Messsignalen des proximalen Durchflusssensors (44) zu steuern, und
- einer Sensoranordnung (50) nach einem der Ansprüche 16 bis 18 zur Ermittlung eines Sauerstoffgehalts von in der Beatmungsleitungsanordnung (30) strömendem Gas.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

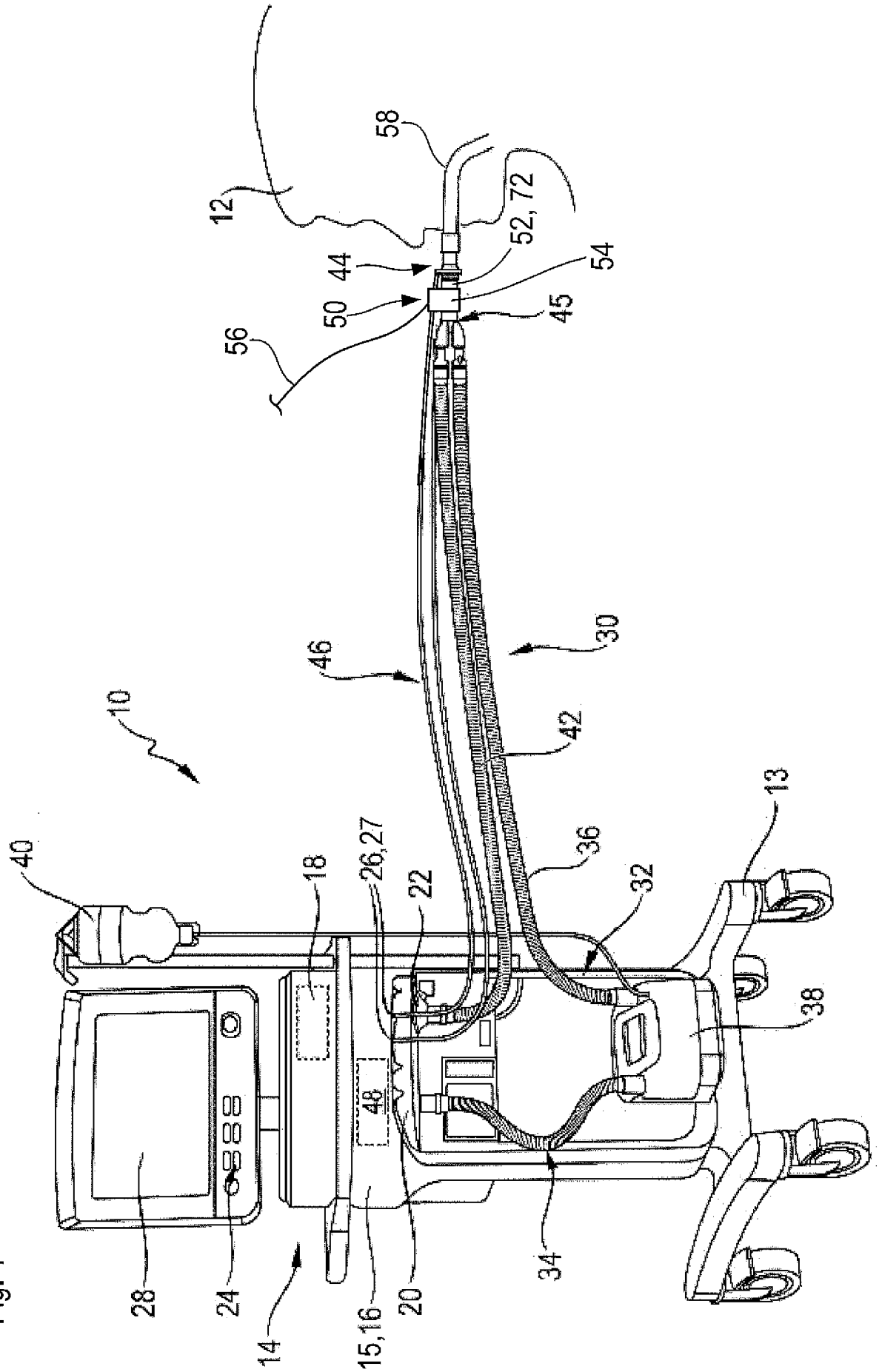


Fig. 1

Fig. 2A

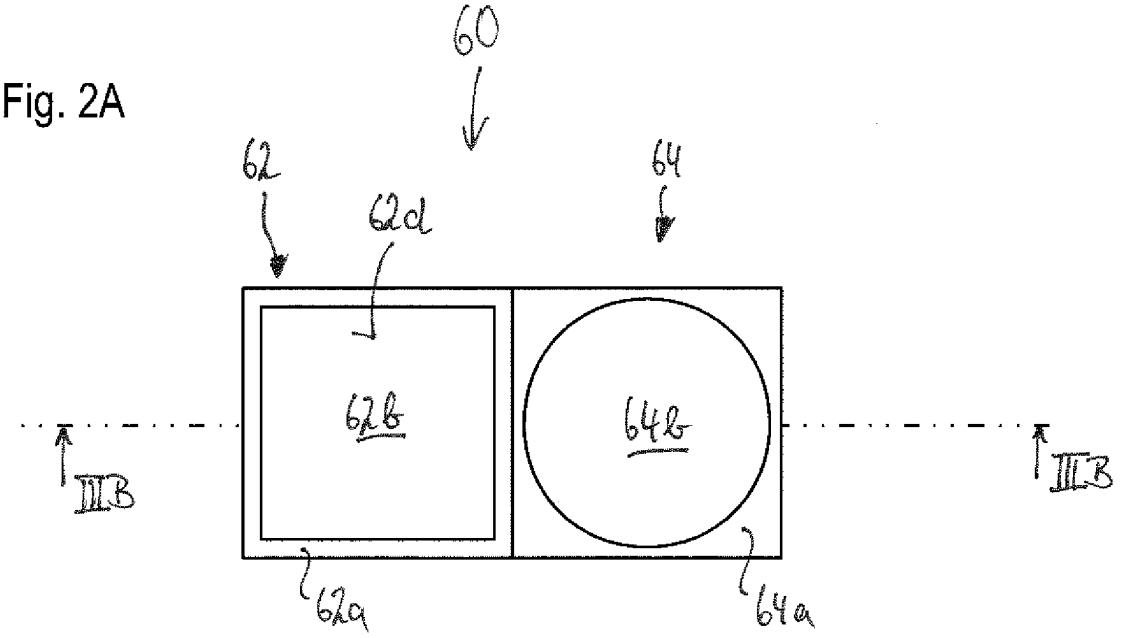

60
62
62d
64
62b
64b
IIIB
IIIB
62a
64a

Fig. 2B

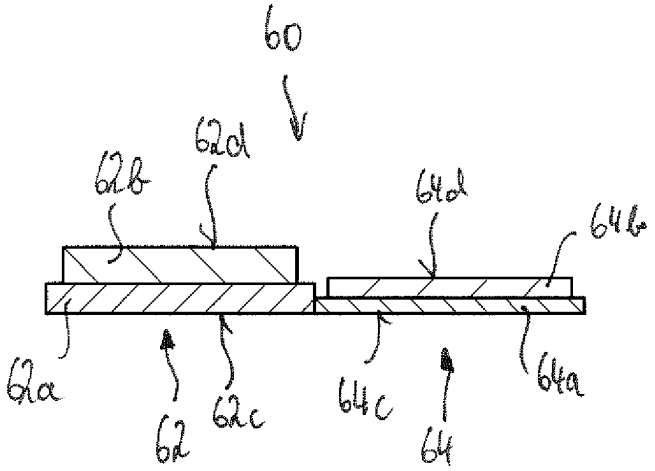

60
62d
62b
64d
64b
62a
62
62c
64c
64
64a

Fig. 3A

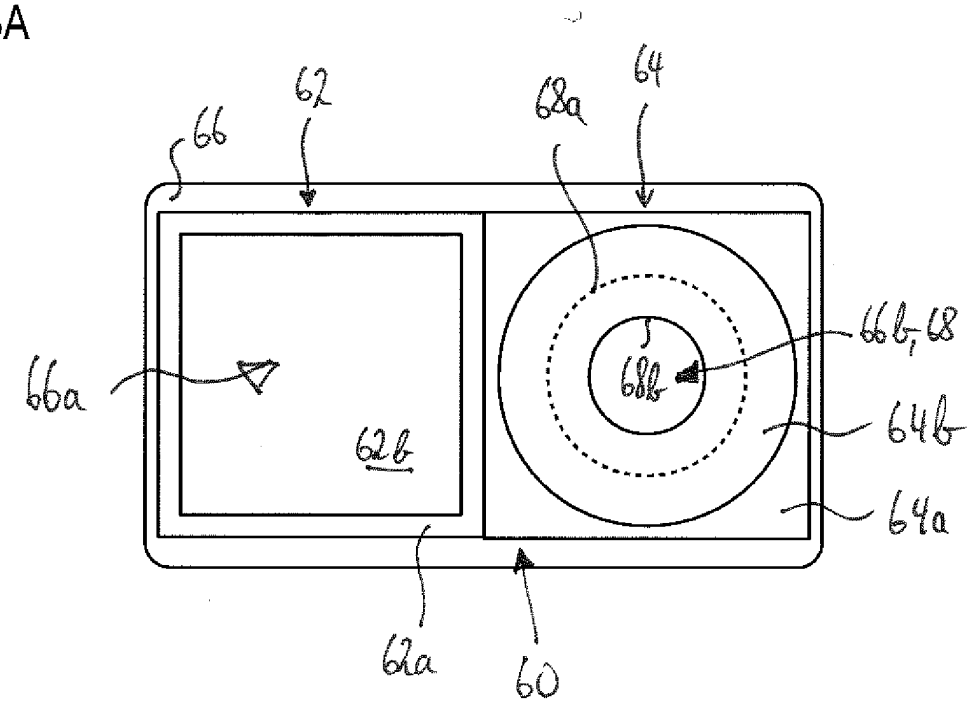

66
62
68a
64
66b, 68
68b
66a
64b
62b
64a
62a
60

Fig. 3B

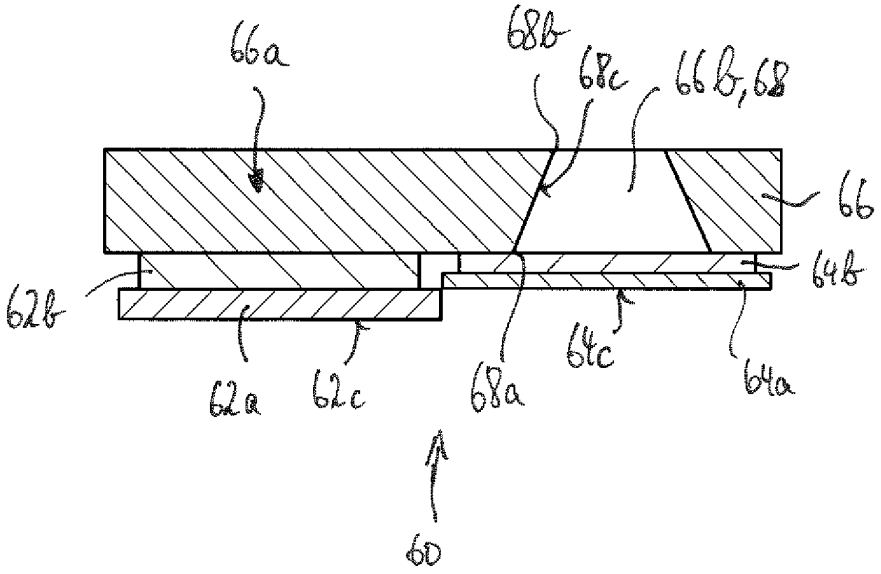

66a
68b
68c
66b, 68
66
64b
62b
64c
62a
62c
68a
64a
60

Fig. 4

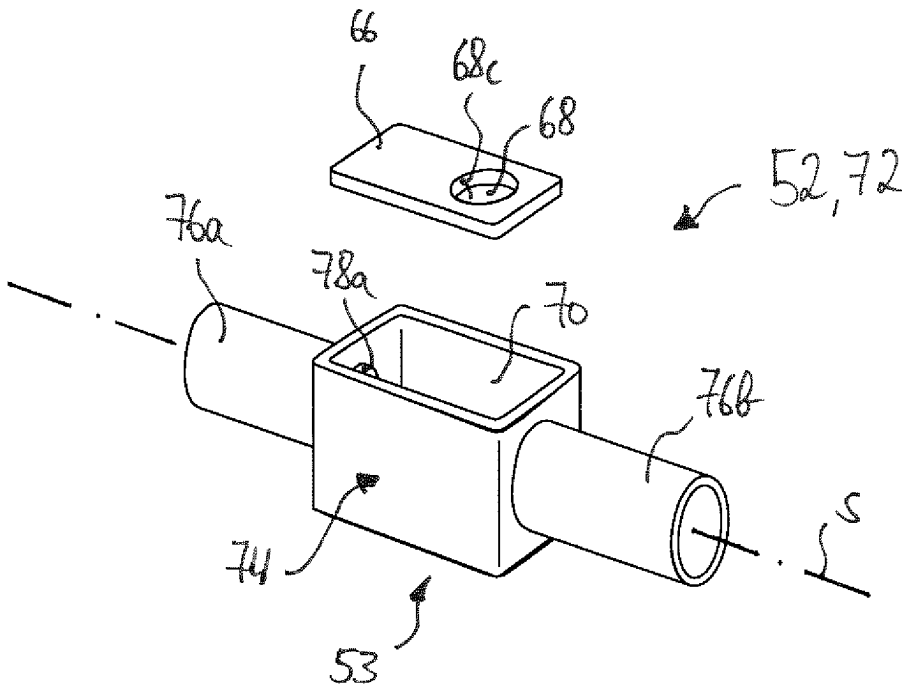
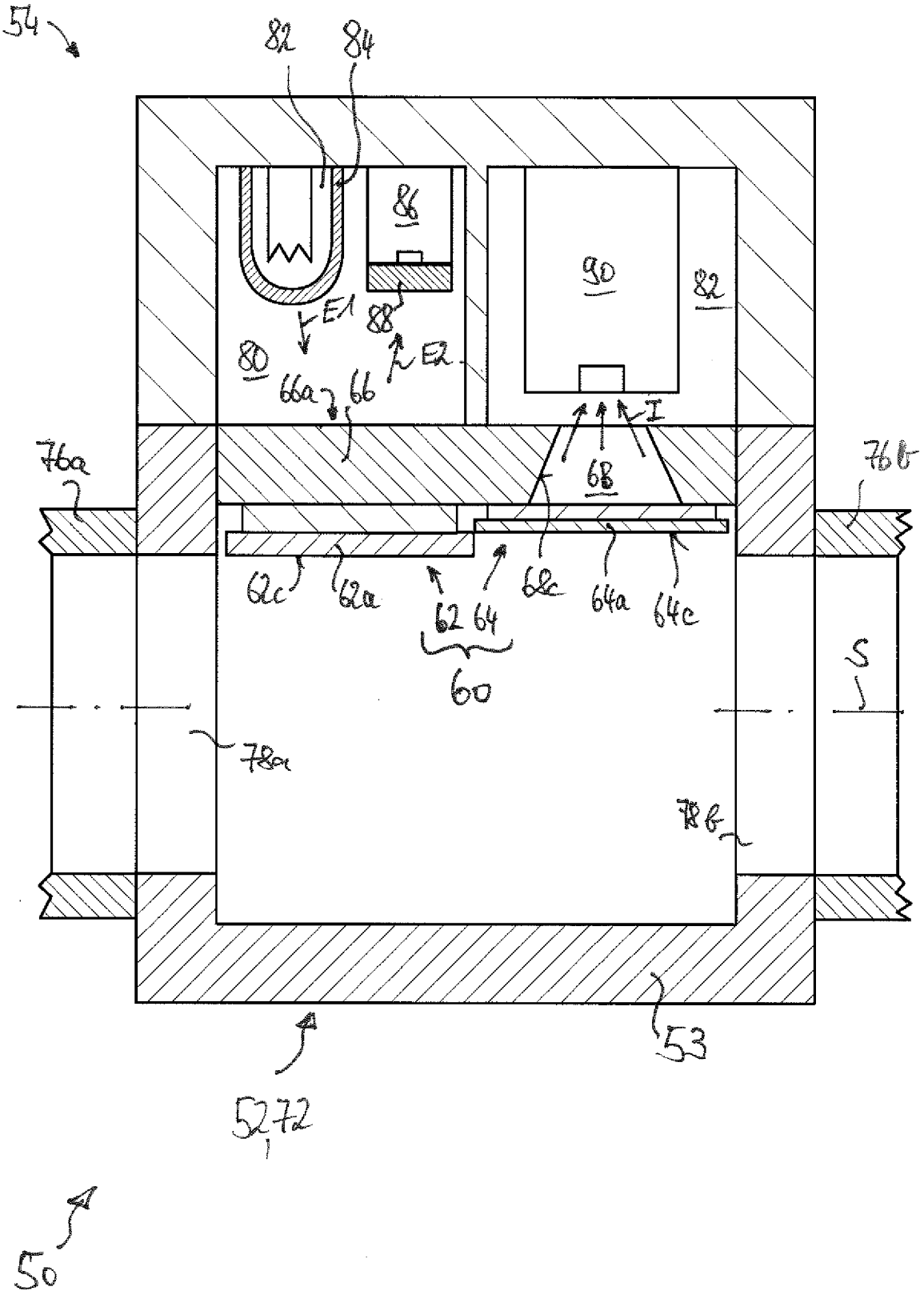


Fig. 5


54
82
84
86
90
82
E1
88
E2
80
66a
66
I
68
76a
76b
62c
62a
62
64
62c
64a
64c
60
S
78a
78b
53
52
72
50